



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de una bioimpresora 3D de propósito
general y bajo coste para su uso con
biomateriales*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Adrián Torralba Mijares

DIRECTORES: Jesús del Val García

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño de una bioimpresora 3D de propósito
general y bajo coste para su uso con
biomateriales*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Infantería de Marina

UniversidadeVigo

RESUMEN

La impresión 3D ha supuesto una revolución en la fabricación de prototipos y productos personalizados. Además, en los últimos años, ha sido posible extender su potencial hacia campos de aplicación de muy diversa índole, como la fabricación aditiva con biomateriales de cara a su uso en aplicaciones biomédicas. Este hecho ha implicado que se adentre en el campo de la medicina regenerativa y la ingeniería de tejidos.

En este contexto, el presente proyecto surge como un eslabón clave en esta evolución, pretendiendo explorar la posibilidad de transformar una impresora 3D convencional de uso docente, más concretamente la Ender 5 Pro, en una bioimpresora 3D. Para ello, este trabajo fin de grado ilustra el desarrollo realizado para el diseño de ensamblajes y piezas adaptadas para esta conversión, utilizando software de diseño 3D (CAD) teniendo en consideración materiales como el aluminio 6061 y el acero inoxidable para garantizar durabilidad y resistencia de la bioimpresora. Además, se han generado planos detallados permitiendo la visualización del montaje final.

Por último, se evalúan los aspectos económicos, sociales y medioambientales más relevantes a tener en cuenta, como puede ser el costo de fabricación, la posible accesibilidad al público y el impacto medioambiental de los materiales empleados.

PALABRAS CLAVE

Bioimpresión 3D, Impresora 3D Ender 5 Pro, Biomateriales, Autodesk Inventor Professional 2024

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a mi director de trabajo, Jesús del Val García, la implicación y comprensión mostrada hacia el alumno durante toda la realización de este, a pesar de las dificultades. Siempre intentando sacar lo mejor de uno mismo sin darme el trabajo hecho y poniendo fin a mi etapa formativa como alumno de la Escuela Naval Militar.

Agradecer también a la promoción 424-154 de oficiales de armada todos estos años juntos de momentos y experiencias únicas e inolvidables. Amigos que me llevo toda la vida y a toda la ayuda que me han brindado en los momentos más difíciles de esta carrera. Les deseo lo mejor y les doy las gracias por todo el apoyo.

Continuando, querría agradecer al departamento 4 de Infantería de Marina por su labor durante estos 5 años a la hora de forjar ese espíritu de sacrificio propio de un Oficial de Infantería de Marina, y aprender esos valores que predica el cuerpo que irán siempre conmigo y me ayudarán en situaciones del futuro.

Y para despedirme, quiero terminar agradeciendo a mi familia. Mi familia me ha visto crecer desde 0 y ha estado conmigo tanto en los malos como en los buenos recuerdos, decir que siempre me han apoyado y motivado día a día, lo cual me ha ayudado e impulsado a estar siempre con la cabeza bien alta y superar cualquier situación que se me ha dado a lo largo de mi vida y, especialmente, la historia vivida en la Escuela Naval Militar. Muchas gracias por todo.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Introducción y motivación	7
1.1.1 Antecedentes de la impresión 3D	7
1.1.2 Uso de la impresión 3D en el ámbito de las Fuerzas Armadas.	7
1.1.3 Motivación.....	8
1.2 Objetivos	8
1.3 Estructura del proyecto	9
2 Estado del arte	10
2.1 Técnicas de fabricación.....	10
2.1.1 Impresión por estereolitografía (SLA).....	11
2.1.2 Sinterizado selectivo por láser (SLS)	12
2.1.3 Procesamiento digital de luz (DLP).....	13
2.1.4 Impresión 3D por inyección de tinta	14
2.1.5 Modelado por deposición fundida (FDM).....	15
2.2 Evolución de los materiales de impresión 3D.....	16
2.3 El mundo de la bioimpresión 3D	17
2.3.1 Introducción	17
2.3.2 Aplicaciones en la medicina	18
2.4 Problemas y desafíos tecnológicos en la actualidad	19
2.4.1 Retos tecnológicos	19
2.4.2 Retos para la traslación a la práctica clínica	20
2.4.3 Retos éticos y legales.....	21
3 Requisitos de diseño	22
3.1 Diseño	22
3.1.1 Introducción	22
3.1.1 Condiciones de diseño	23
4 Diseño de una Bioimpresora 3D.....	24
4.1 Descripción del apartado.....	24
4.1.1 Especificaciones	24
4.2 Inventor	25

4.3 Sistema de almacenamiento de material	26
4.3.1 Sistema de soporte del almacenamiento de material	26
4.3.1.1 Soporte depósito 1	27
4.3.1.2 Soporte depósito 2	27
4.3.1.3 Soporte depósito 3	28
4.3.2 Sistema de almacenamiento de material	29
4.3.2.1 Depósito	30
4.3.2.2 Émbolo	31
4.3.2.3 Guía del husillo	32
4.3.2.4 Guía motor-tapa-husillo	32
4.3.2.5 Husillo TR8x8	33
4.3.2.6 Tapa depósito	34
4.3.2.7 Unión husillo-émbolo	35
4.3.2.8 Tórica 52x3	36
4.3.2.9 Motor	36
4.3.2.10 Racor depósito	37
4.3.2.11 Soporte depósito-impresora	38
4.3.2.12 Soporte motor	38
4.3.2.13 Acoplamiento elástico	39
4.3.1 Tubo de Tecalán	40
4.4 Sistema de inyección de material	41
4.4.1 Soporte boquilla	41
4.4.2 Boquilla	42
4.4.3 Racor boquilla	43
4.4.4 Soporte sistema de inyección	44
4.4.5 Tórica 27x3	44
4.4.6 Tapa sistema de inyección	45
4.4.7 Mezclador	46
4.4.8 Tubo boquilla	46
4.5 Montaje completo Bioimpresora 3D	47
5 Estudio estático de la Bioimpresora	50
5.1 Análisis de tensiones del sistema de almacenamiento de materiales	50
5.1.1 Von Mises	50
5.1.2 Deformaciones	51
5.1.3 Desplazamientos	51
5.2 Análisis de tensiones sobre la estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro	52

5.2.1 Von Mises	52
5.2.2 Deformaciones	53
5.2.3 Desplazamientos	54
6 Conclusiones y líneas futuras	56
6.1 Descripción del apartado.....	56
6.2 Conclusiones de los objetivos iniciales.....	56
6.2.1 Diseño y modelado 3D	56
6.3 Objetivos adicionales	56
6.4 Líneas futuras	57
7 Bibliografía.....	58
8 Presupuesto.....	61
9 Planos	66
9.1 Descripción del apartado.....	66
Anexo I: Implicaciones Sociales, y/o Económicas, y/o Ambientales	67
Anexo II: Reflexiones Éticas y Sociales	68
Anexo III: Pliego de condiciones	69
Anexo IV: Hojas características	71
Anexo V: Análisis de Tensiones	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Tipos de fabricación.....	11
Figura 2.2 Esquema impresión por estereolitografía.....	11
Figura 2.3 Proceso de impresión SLS	12
Figura 2.4 Proceso DLP	13
Figura 2.5 Impresora 3D DLP	14
Figura 2.6 Prototipo por inyección de tinta	14
Figura 2.7 Impresión 3D por inyección de tinta.....	15
Figura 2.8 Proceso de impresión 3D FDM.....	16
Figura 2.9 Material CX5	17
Figura 3.1 Esquema conceptual bioimpresora 3D.....	22
Figura 4.1 Impresora Ender 5 Pro	24
Figura 4.2 Autodesk Inventor Professional 2024.....	26
Figura 4.3 Ensamblaje soporte depósito A) Vista frontal B) Vista seccionada	26
Figura 4.4 Soporte depósito 1.....	27
Figura 4.5 Soporte depósito 2 A) Vista frontal B) Vista lateral	28
Figura 4.6 Soporte depósito 3 A) Vista frontal B) Vista posterior.....	28
Figura 4.7 A) Ensamblaje depósito B) Vista seccionada	30
Figura 4.8 Depósito A) Vista superior B) Vista seccionada	31
Figura 4.9 Émbolo	31
Figura 4.10 A) Vista superior B) Vista seccionada.....	32
Figura 4.11 Guía motor-tapa-husillo	33
Figura 4.12 Husillo TR8x8.....	34
Figura 4.13 Tapa depósito A) Vista frontal B) Vista seccionada.....	35
Figura 4.14 Unión husillo-émbolo	35
Figura 4.15 A) Tórica 52x3 B) Vista ensamblaje	36
Figura 4.16 Prototipo motor	37
Figura 4.17 Racor depósito A) Prototipo inventor B) Racor real	37
Figura 4.18 Soporte depósito-impresora	38
Figura 4.19 Soporte motor.....	39
Figura 4.20 Prototipo acoplamiento elástico A) Vista superior B) Vista inferior.....	39
Figura 4.21 Acoplamiento elástico.....	40
Figura 4.22 Tubo Tecalán	40
Figura 4.23 A) Ensamblaje boquilla B) Vista seccionada.....	41
Figura 4.24 Base boquilla A) Vista frontal B) Vista posterior.....	42

Figura 4.25 Puntera boquilla A) Vista superior B) Vista inferior	43
Figura 4.26 Racor boquilla A) Prototipo inventor B) Racor real	43
Figura 4.27 Racor doble	43
Figura 4.28 Soporte boquilla A) Vista frontal B) Vista posterior	44
Figura 4.29 A) Tórica 27x3 B).....	45
Figura 4.30 Tapa boquilla.....	46
Figura 4.31 Tornillo sin fin	46
Figura 4.32 Tubo boquilla	47
Figura 4.33 Montaje completo Bioimpresora 3D.....	48
Figura 4.34 Montaje boquilla Bioimpresora 3D.....	49
Figura 4.35 Montaje depósito Bioimpresora 3D	49
Figura 5.1 Von Mises Sistema de almacenamiento de material.....	50
Figura 5.2 Von Mises A) 1º Tensión principal B) 3º Tensión principal	51
Figura 5.3 Deformaciones Sistema de almacenamiento de material.....	51
Figura 5.4 Desplazamientos A) Eje X B) Eje Y.....	52
Figura 5.5 Desplazamientos Eje Z	52
Figura 5.6 Von Mises Estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro	53
Figura 5.7 Von Mises A) 1º Tensión principal B) 3º Tensión principal	53
Figura 5.8 Deformaciones Estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro	54
Figura 5.9 Desplazamientos A) Eje X B) Eje Y.....	54
Figura 5.10 Desplazamientos Eje Z	55
Figura 6.1 Cartuchos desechables	57
Figura 6.2 Cartucho simple	57
Figura A3.0.1 Diseño y montaje	69
Figura A3.0.2 Ensamblaje almacenamiento de material	70
Figura A3.0.3 Ensamblaje sistema de inyección de material	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precio hora maquinaria.....	61
Tabla 2 Materiales, peso del material e importe.....	63
Tabla 3 Precio total piezas, suministradores de las piezas y horas mecanizado	64
Tabla 4 Importes de las piezas y presupuesto final	65
Tabla 5 Importe final	65

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción y motivación

1.1.1 Antecedentes de la impresión 3D

La impresión 3D, presente desde los años ochenta, ha experimentado una transformación notable que la ha llevado a ocupar un lugar destacado en hogares de todo el mundo gracias a su precio tan barato y capacidad de producción en masa. Aunque ha avanzado considerablemente, es crucial recordar que sigue siendo una tecnología en constante desarrollo.

En un contexto donde la conectividad a Internet se ha convertido omnipresente, observar cómo la impresión 3D, pese a su asentamiento, todavía se asoma tímidamente a las redes, resulta ineludible. Las actuales plataformas tampoco basadas en hardware de código abierto (open source hardware), están lejos de exprimir todas capacidades que podrían optar. No obstante, en un escenario en el que el bien llamado Internet de las Cosas (IoT) está cobrando terreno [1], la impresión 3D no es una excepción.

En este sentido, la convergencia del IoT y la impresión 3D parece inevitable, abriendo nuevas perspectivas para la personalización y la conectividad. Aunque las plataformas actuales pueden parecer limitadas, la evolución hacia una integración más profunda con el IoT podría potenciar enormemente las capacidades de la impresión 3D.

Así, en este contexto de desarrollo continuo, la impresión 3D se vislumbra como una pieza clave en el rompecabezas del futuro conectado, donde la interconexión de dispositivos y la capacidad de imprimir objetos trascienden las fronteras de la tecnología actual. La evolución de la impresión 3D no solo se limita a la mejora de la tecnología en sí, sino también a su integración en un ecosistema más amplio de conectividad e interacción digital [2].

1.1.2 Uso de la impresión 3D en el ámbito de las Fuerzas Armadas.

El Ministerio de Defensa ha iniciado una estrategia ambiciosa para impulsar la producción de piezas y repuestos a través de la fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D. Con un presupuesto de 82,6 millones de euros para los próximos cuatro años [3], esta iniciativa refleja un compromiso significativo hacia el avance en esta tecnología. En colaboración con la empresa jienense Soluciones Sicnova, el Ministerio firmó un convenio detallado en diciembre para poner en marcha la nueva estrategia, con una duración inicial de cuatro años y la posibilidad de una prórroga adicional.

La estrategia se estructura en cinco pilares clave: centros físicos, plataforma digital, plan de innovación, plan de formación y plan de transferencia y oportunidades. Sicnova establecerá una red de centros de fabricación en Linares (Jaén), Albacete-Maestranza Aérea, Rota-Base Naval y Córdoba-

Base Logística. El centro en Linares, sede de la empresa, se centrará en el escaneado, diseño y fabricación en impresión 3D, y también albergará laboratorios de pruebas.

Soluciones Sicnova, especializada en la distribución de tecnología de impresión y digitalización 3D, ya ha colaborado en proyectos con las Fuerzas Armadas y cuenta con acuerdos con una decena de fabricantes en el campo de la fabricación aditiva. El Ministerio espera que esta estrategia mejore las cadenas de suministro y logística de las Fuerzas Armadas, aumente la operatividad de las flotas y recursos en operaciones, evite problemas relacionados con la obsolescencia de piezas y prolongue la vida útil de los componentes, así como implemente mejoras de rendimiento.

Este proyecto también se considera de especial relevancia para cumplir con los compromisos internacionales de España, tanto en el ámbito de la OTAN como en la Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD). Con esta iniciativa, el Ministerio de Defensa busca no solo avanzar en la tecnología de impresión 3D, sino también fortalecer la capacidad operativa y estratégica de las Fuerzas Armadas en el ámbito internacional.

1.1.3 Motivación

Este proyecto nace de la necesidad de poder traer el acceso a la tecnología de bioimpresión 3D, llevando esta innovación al ámbito cotidiano de las personas. La bioimpresión 3D está experimentando un crecimiento constante y se está desarrollando en diversos campos, con especial relevancia en la medicina y la biotecnología. La motivación principal de esta iniciativa radica en el deseo de hacer que esta tecnología sea accesible para un público más amplio.

El objetivo fundamental de este proyecto es lograr que la bioimpresión 3D sea alcanzable para la mayoría de la población, mediante la adaptación de una impresora común a una bioimpresora. Esto implica la creación de accesorios específicos que permitan utilizar la impresora para imprimir tejidos biológicos y otros materiales relacionados con la biomedicina.

La importancia de este proyecto radica en su potencial para revolucionar la forma en que se abordan ciertos aspectos de la medicina y la salud. La capacidad de imprimir tejidos y órganos humanos podría tener un impacto significativo en áreas como la investigación médica, la terapia personalizada y la regeneración de tejidos.

Además, hay que añadir la accesibilidad económica de esta tecnología que podría ampliar su alcance y beneficiar a comunidades que actualmente no tienen acceso a tratamientos médicos avanzados. Esto podría contribuir a reducir las desigualdades en el acceso a la atención médica y mejorar la calidad de vida de muchas personas en todo el mundo.

1.2 Objetivos

Con la finalidad de poder transformar una impresora convencional, como es la impresora 3D Ender 5 Pro, en una bioimpresora 3D, el presente proyecto tiene como objeto el diseño de los sistemas y piezas pertinentes que permitan la adecuación de una impresora de uso doméstico en una bioimpresora, de tal forma que dichas modificaciones tengan el menor costo posible, sean fáciles de implementar y permitan, de forma sencilla modificaciones posteriores.

Para ello, el trabajo presenta los siguientes objetivos principales:

- Diseño y modelado 3D: se detallará de manera visual y detallada cada una de las piezas diseñadas y modeladas en 3D, incluyendo sus características, funciones específicas y su papel dentro del ensamblaje y montaje final de la impresora. Se explicará cómo cada pieza contribuye al correcto funcionamiento del sistema, así como su importancia en el proceso de impresión. Además, se proporcionarán ejemplos visuales de las representaciones en 3D de las piezas para una mejor comprensión.
- Configurabilidad y planos detallados: se detallarán una serie de planos con medidas acotadas que permitirán entender cómo se ensamblan todas las piezas y cómo encajan entre

si para formar el conjunto completo. Se proporcionará una descripción detallada de cada plano, indicando las medidas específicas de las piezas y su ubicación en el montaje final. Esto permitirá una fácil comprensión de la configuración del sistema y facilitará su posterior ensamblaje.

- Análisis de esfuerzos en la estructura: se detallará un análisis detallado de las diferentes fuerzas que actuarán sobre la estructura de la impresora 3D, incluyendo tanto las fuerzas internas generadas por los movimientos de los componentes como las fuerzas externas aplicadas durante su funcionamiento.

1.3 Estructura del proyecto

La estructura del trabajo presentará el siguiente formato, el cual se ha adaptado al establecido por el Centro Universitario de la Defensa para lograr un mejor entendimiento del proyecto:

- Introducción y Objetivos: antecedentes de la impresión 3D, ámbito en las Fuerzas Armadas, la motivación del proyecto y los objetivos planeados.
- Estado del arte: un contexto sobre la historia y los diversos ámbitos de la impresión 3D, la bioimpresión y los materiales utilizados para esta.
- Requisito del diseño: en este apartado se explicará que herramienta se ha utilizado para el diseño y un diagrama de bloques detallando el montaje final en su conjunto.
- Diseño de una Bioimpresora 3D: este apartado abarca el proceso de planificación, modelado y ensamblaje de cada componente, acabando con el montaje final.
- Estado estático de la Bioimpresora 3D: se detalla un análisis de los esfuerzos a los que estará expuesta la impresora, una vez que se haya instalado el montaje completo.
- Conclusiones y líneas futuras: resumen del alcance y consecución de los objetivos del trabajo.
- Bibliografía
- Presupuesto: se detallarán los costos individuales de cada pieza, los costos de fabricación por parte de diversas empresas y se establecerá un presupuesto final teniendo en cuenta múltiples factores adicionales.
- Planos: se detallarán los planos detallados de cada pieza y ensamblaje, siguiendo las normativas de estandarización ISO, con el objetivo de facilitar su fabricación y montaje.
- Anexos

2 ESTADO DEL ARTE

En este apartado se hará una revisión de lo que ha supuesto, supone y supondrá la impresión 3D tanto de manera industrial como doméstica. Se hará hincapié en la capacidad de bio-impresión 3D y se expondrán los diferentes tipos de avances en el mundo de la impresión

2.1 Técnicas de fabricación

Desde la antigüedad, la humanidad ha buscado formas de crear objetos que satisfagan sus necesidades y deseos. Buscaban desde las herramientas más básicas, como las de piedra tallada hasta los dispositivos electrónicos de última generación, la historia de la fabricación está repleta de descubrimientos e innovaciones que han permitido crear objetos cada vez más complejos y sofisticados.

Sabiendo esto, llegamos a la conclusión que la fabricación es un proceso fundamental para la creación de objetos y en las últimas décadas han cobrado especial relevancia dos métodos: la fabricación sustractiva y la fabricación aditiva.

Cuando hablamos de la fabricación sustractiva nos referimos a una serie de procesos controlados, los cuales implican mecanizado y eliminación de materiales (Figura 2.1), los cuales pueden realizarse manualmente o con maquinaria CNC [4]. Este método es adecuado para proyectos que requieren tolerancias precisas y geométricas complejas, ofreciendo una amplia gama de materiales y técnicas de mecanizado.

Por otro lado, nos encontramos con la fabricación aditiva o también llamada impresión 3D. La fabricación aditiva nos permite construir objetos mediante la adición progresiva de material (Figura 2.1). este enfoque permite una libertad de diseño sin precedentes y es particularmente útil para la creación de prototipos, herramientas y modelos de fundición, así como para la producción personalizada de piezas finales [5].

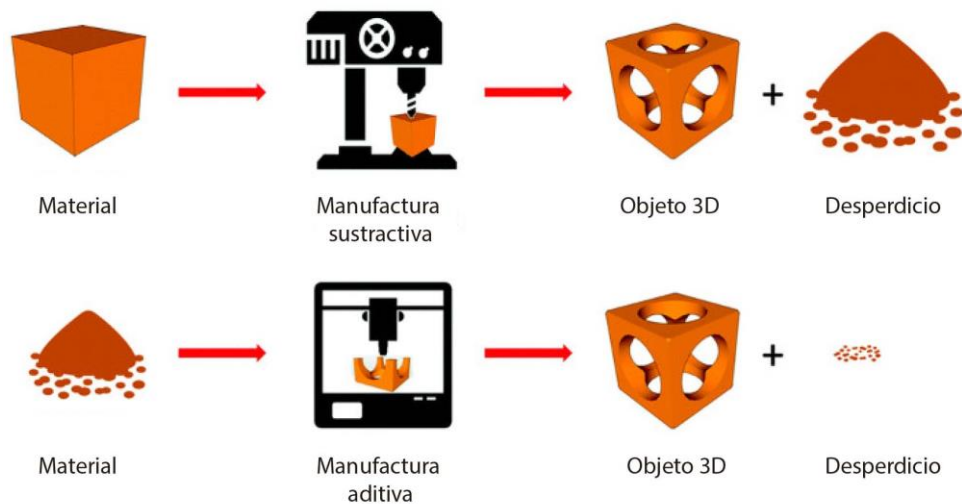


Figura 2.1 Tipos de fabricación

Con respecto de la fabricación aditiva, a continuación se explicarán brevemente algunas de las técnicas más habituales para este tipo de metodología [6]:

- Impresión por estereolitografía (SLA)
- Sinterizado selectivo por láser (SLS)
- Procesamiento digital de luz (DLP)
- Modelado por deposición fundida (FDM)

2.1.1 Impresión por estereolitografía (SLA)

La estereolitografía es una técnica de fabricación aditiva, representa un proceso excepcional en el ámbito de la impresión 3D. Esta tecnología tuvo sus inicios en el año 1984 [7], cuando pioneros como Alain Le Méhauté, Oliver de Witte y Jean Claude André presentaron patentes de estereolitografía, sentando así las bases para la creación de objetos 3D capa por capa, siguiendo un patrón definido por el modelo digital del objeto a imprimir, dicho proceso viene representado en la Figura 2.2 Esquema impresión por estereolitografía.

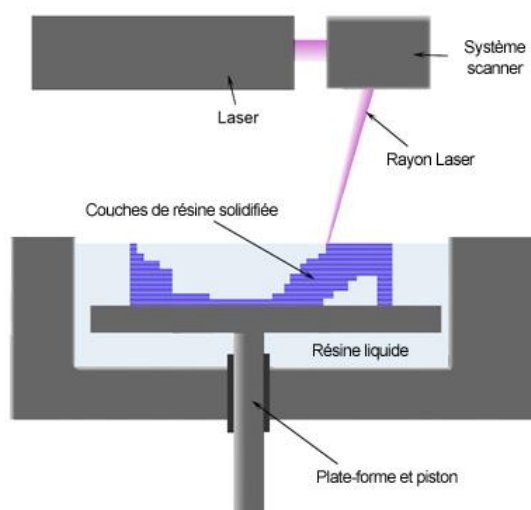


Figura 2.2 Esquema impresión por estereolitografía

El proceso comienza con la creación de un modelo digital del objeto en un software de diseño por ordenador (CAD). Posteriormente, este modelo se divide en capas ultrafinas, las cuales serán las capas individuales de la impresión de la pieza.

Iniciado el proceso de impresión la resina líquida se vierte en un tanque de impresión (Figura 2.2) para nivelar las capas y garantizar una superficie uniforme. A continuación, la primera capa se solidifica, siguiendo el patrón del modelo digital, gracias a luz del láser ultravioleta. Este proceso se realiza capa por capa hasta que se completa la impresión del objeto completo.

La tecnología SLA se destaca por su versatilidad y precisión, proporcionando un acabado superficial superior y siendo fundamental en la creación de prototipos y componentes funcionales en diversas industrias. Su continua evolución, marcada por innovaciones como la tecnología DLP y CLIP, la posiciona como una herramienta inigualable en el panorama de la impresión 3D, brindando resultados de alta calidad y apertura a nuevas posibilidades de fabricación [8].

2.1.2 Sinterizado selectivo por láser (SLS)

La sinterización selectiva por láser permite la creación de piezas 3D mediante la fusión de polvo termoplástico o metálico utilizando un láser de alta potencia. Este proceso se desarrolla capa por capa, fusionando el polvo en las áreas específicas definidas por un modelo digital 3D asistido por ordenador.

El proceso de SLS comienza con la preparación de un modelo digital del objeto, el cual se divide en capas delgadas, que serán las capas individuales de la impresión, Figura 2.3.

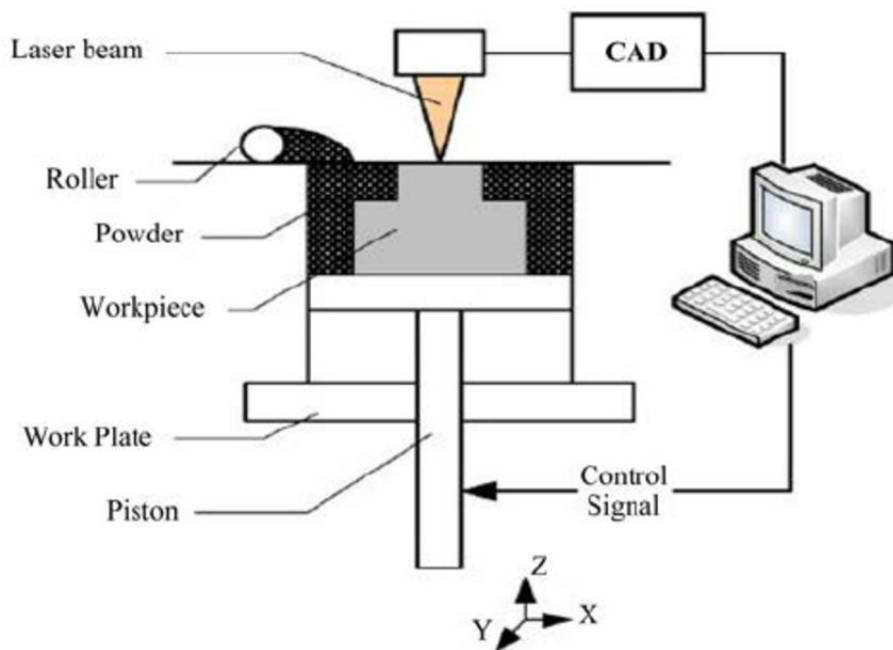


Figura 2.3 Proceso de impresión SLS

En el proceso de impresión, una capa de polvo termoplástico o metálico se extiende uniformemente sobre la plataforma de construcción. Posteriormente un láser de alta potencia se utiliza para escanear las áreas correspondientes a la primera capa con respecto al modelo digital. El láser funde o sinteriza las partículas de polvo en dichas áreas, fusionándolas entre sí. Una vez que se completa una capa, la plataforma de construcción desciende ligeramente y se agrega una nueva capa de polvo. Este proceso se repite hasta la construcción del objeto.

Una vez finalizada la impresión, el objeto impreso se retira del polvo no fundido y se somete a un proceso de enfriamiento. Posteriormente, se realiza un proceso de post-procesamiento que puede incluir la eliminación del exceso de polvo, el pulido y, en el caso de algunos materiales, el tratamiento térmico para mejorar las propiedades mecánicas.

La tecnología SLS ofrece varias ventajas, como la capacidad de imprimir objetos complejos sin necesidad de soportes, una amplia variedad de materiales disponibles, incluidos plásticos de ingeniería y metales, y una alta resistencia y calidad superficial en las piezas finales [9]. Sin embargo, el equipo SLS puede ser costoso de adquirir y operar, y el polvo no fundido debe ser reciclado o desechado adecuadamente debido a posibles riesgos para la salud y el medio ambiente [10].

2.1.3 Procesamiento digital de luz (DLP)

La tecnología de procesamiento digital de luz (DLP) es una forma avanzada de impresión 3D que utiliza la luz ultravioleta para solidificar resinas líquidas y crear piezas tridimensionales capa por capa. Este método es altamente preciso y eficiente, lo que lo hace popular en aplicaciones que requieren detalles finos y una superficie de alta calidad [11].

En el proceso de DLP, una luz ultravioleta proyecta una imagen de cada capa del objeto en una bandeja de resina líquida, Figura 2.4. La resina se solidifica donde la luz incide, formando una capa del objeto impreso. Posteriormente, la bandeja de construcción desciende y se aplica una nueva capa de resina, y el proceso se repite hasta que se completa el objeto.

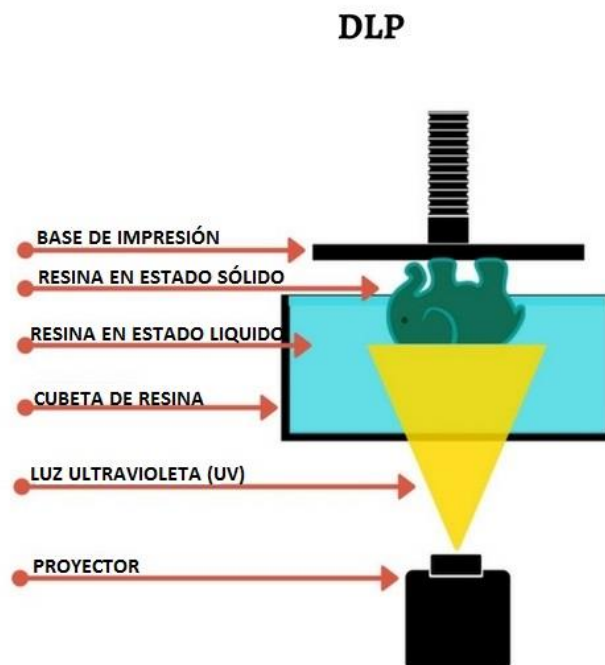


Figura 2.4 Proceso DLP

El DLP ofrece varias ventajas, como una alta velocidad de impresión y una precisión excepcional en la reproducción de detalles finos. Además, puede trabajar con una amplia gama de resinas, incluidas aquellas diseñadas para aplicaciones dentales, médicas y de ingeniería.

En cuanto a los materiales, las resinas utilizadas en el DLP varían según las necesidades específicas de la aplicación. Existen resinas estándar que ofrecen una amplia variedad de propiedades, como flexibilidad, resistencia y transparencia [12]. También hay resinas especializadas, como las resinas biocompatibles para aplicaciones médicas y dentales, así como resinas con rellenos metálicos para la fabricación de piezas de metal.

Las impresoras comerciales que utilizan tecnología DLP están disponibles en el mercado en una variedad de tamaños y capacidades. Algunas son más adecuadas para entornos industriales, mientras que otras son más compactas y están diseñadas para su uso en laboratorios y entornos de oficina. Independientemente del tamaño, estas impresoras suelen ofrecer una alta resolución y una fácil operación, lo que las hace accesibles para una amplia gama de usuarios, Figura 2.5.



Figura 2.5 Impresora 3D DLP

2.1.4 Impresión 3D por inyección de tinta

La impresión 3D por inyección de tintas es una técnica de manufactura aditiva que se vale de fotopolímeros, metales o cera que se solidifican bajo la exposición a la luz o al calor, de manera análoga a la estereolitografía, asegurando la construcción progresiva y estratificada de objetos tridimensionales. La versatilidad de esta técnica radica en su capacidad para imprimir en 3D con diferentes materiales en una misma pieza, consiguiendo así la fabricación de prototipos realistas y funcionales, Figura 2.6.



Figura 2.6 Prototipo por inyección de tinta

En el proceso de inyección de tinta, se dispensa un fotopolímero a través de cientos de diminutas boquillas en un cabezal de impresión para construir la pieza capa por capa. Este método posibilita la deposición rápida y lineal del material de construcción, similar a otras tecnologías de deposición puntual, mediante la cual se sigue una trayectoria para completar la sección transversal de una capa. Después de la deposición, la exposición a luces UV cura y solidifica las gotas directamente en la plataforma de construcción, Figura 2.7. Para sostener la estructura durante la impresión, se requiere el uso de soportes, generalmente impresos en 3D simultáneamente con un material soluble. Estos soportes son eliminados manualmente durante la fase de post-procesamiento.

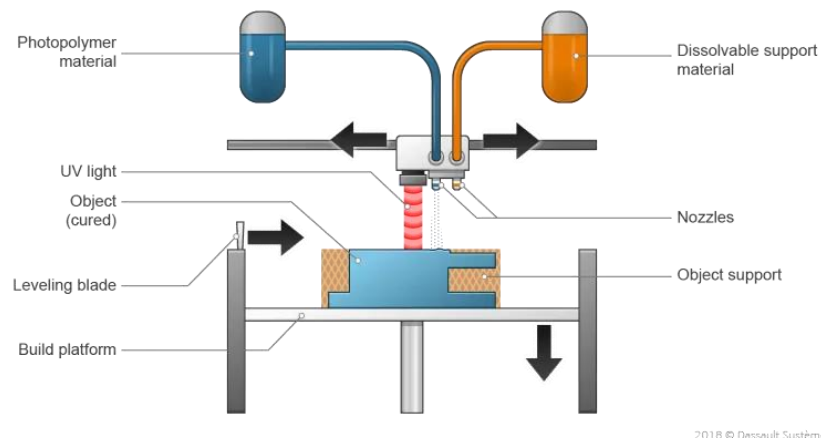


Figura 2.7 Impresión 3D por inyección de tinta

Existen varias técnicas dentro del marco de la inyección de material, siendo tres de las más destacadas las siguientes [13]:

- **Drop On Demand (DOD):** Esta variante emplea dos chorros de impresión, uno para depositar el material de construcción y otro para el material de soporte soluble. Las impresoras DOD siguen una trayectoria predeterminada, depositando el material de forma puntual para construir cada capa. Esta tecnología es esencial para producir patrones similares a la cera, siendo crucial para aplicaciones de fundición a la cera perdida y fabricación de moldes.
- **PolyJet by Objet:** Patentada por Objet (actualmente parte de Stratasys), utiliza capas ultrafinas de fotopolímero inyectadas en una bandeja de construcción, similar a la impresión de documentos por inyección de tinta. Cada capa se cura con luz UV inmediatamente después de la inyección, produciendo modelos completamente curados que son manipulables de inmediato. El material de soporte gelatinoso, diseñado para geometrías complejas, puede retirarse fácilmente a mano o mediante chorro de agua.
- **NanoParticle Jetting (NPJ) de XJet:** Esta tecnología emplea un líquido que contiene nanopartículas de construcción o nanopartículas de soporte inyectadas en capas extremadamente finas. Las altas temperaturas en la bandeja de construcción hacen que el líquido se evapore, dejando las piezas hechas con el material de construcción.

La impresión 3D por inyección de material destaca por su excelente nivel de detalle, gran precisión y acabado superficial suave. Permite imprimir diseños en múltiples colores y varios materiales en una sola impresión, lo que la convierte en una opción ideal para diseñadores que buscan prototipos realistas y funcionales. Sin embargo, es importante considerar su elevado costo y la posible pérdida de propiedades mecánicas de los fotopolímeros activados por UV con el tiempo.

2.1.5 Modelado por deposición fundida (FDM)

El modelado por deposición fundida (FDM) es una técnica popular de fabricación aditiva que se utiliza ampliamente en la impresión 3D. En este proceso, un filamento de material termoplástico se alimenta a través de un cabezal de impresión que se calienta a altas temperaturas. El material se deposita capa por capa sobre una plataforma de construcción, solidificándose rápidamente para formar el objeto deseado, Figura 2.8.

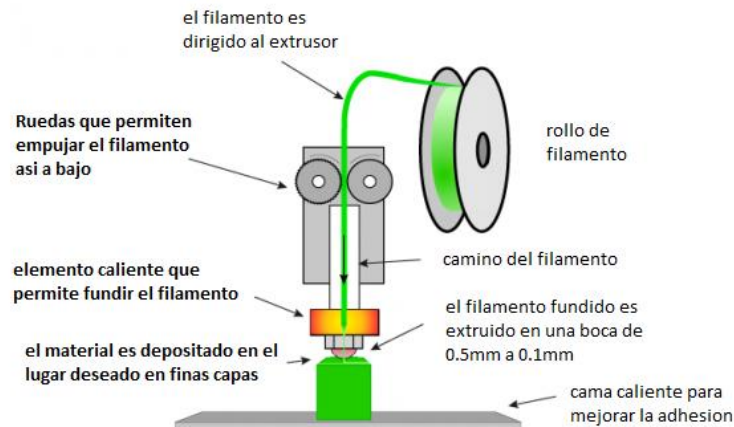


Figura 2.8 Proceso de impresión 3D FDM

Una de las principales ventajas del FDM es su versatilidad en términos de materiales. Se pueden utilizar una variedad de termoplásticos, como el PLA, ABS, PETG, TPU, entre otros. Cada material tiene diferentes propiedades, como resistencia, flexibilidad, durabilidad y temperatura de fusión, lo que permite una amplia gama de aplicaciones [14].

Además, el FDM es conocido por su facilidad de uso y su bajo costo en comparación con otras tecnologías de impresión 3D. Las impresoras FDM están disponibles en una amplia gama de tamaños y precios, lo que las hace accesibles para una variedad de usuarios, desde aficionados hasta profesionales de la industria.

Sin embargo, el FDM también tiene algunas limitaciones. La calidad de la superficie de las piezas impresas puede ser inferior en comparación con otras tecnologías de impresión, y la resolución máxima es generalmente más baja. Además, la precisión dimensional puede variar dependiendo de varios factores, como el material, la configuración de la impresora y la geometría de la pieza [15].

Por último, cabe decir que para el desarrollo de este proyecto se ha elegido como adaptación a bioimpresora 3D la Impresora 3D Ender 5 Pro, la cual es una impresora que fabrica sus piezas como se ha descrito en esta sección, es decir, por modelado por deposición fundida (FDM).

2.2 Evolución de los materiales de impresión 3D.

La evolución de la impresión 3D ha sido una innovación constante que ha permitido que esta tecnología se mantenga en la vanguardia de las industrias modernas. La premisa fundamental para el avance de cualquier tecnología es la capacidad de innovar, y la impresión 3D no es la excepción. A pesar de que esta tecnología vio la luz en los años ochenta, el continuo desarrollo de sus técnicas y la búsqueda de nuevos materiales han sido el motor que impulsa su evolución.

En sus inicios, la impresión tridimensional se basaba en la resina, pero con el tiempo, se incursionó en métodos como la impresión por deposición de material fundido (Fused Deposition Modeling, FDM), utilizando materiales plásticos como acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y ácido poliláctico (PLA). Estos materiales han ido mejorándose para lograr resultados finales más eficientes y de mayor calidad. Sin embargo, la historia de la impresión 3D no se estanca aquí; al contrario, cada día se exploran nuevos horizontes en la búsqueda de innovación.

La impresión en resina, que se remonta a 1984 con la estereolitografía de Charles Hull, utilizaba resinas fotopoliméricas. Aunque cada marca producía su propio insumo, también se empleaban resinas genéricas, y esta técnica destacaba por su alta precisión y resolución, siendo ideal para el prototipado

rápido de piezas complejas. No obstante, las resinas presentaban desafíos, como la fragilidad del producto final y la necesidad de un postprocesado de endurecimiento.

El surgimiento del FDM a finales de los ochenta y principios de los noventa introdujo materiales como ABS y PLA. El ABS, resistente y duro, permitía un postprocesado con vapor de acetona, adecuado para piezas mecánicas, aunque con riesgos para la salud. En cambio, el PLA, biodegradable pero más frágil, encontró su lugar en aplicaciones domésticas. Ambos materiales, debido a su costo accesible, se convirtieron en pilares fundamentales para la impresión 3D [16].

La llegada del polietileno tereftalato (PET) supuso un paso más hacia la sostenibilidad. Obtenido mediante el reciclaje de botellas plásticas, el PET combina las características del PLA y el ABS, siendo resistente, manipulable y apto para contacto con alimentos [17]. Aunque con desventajas en altas temperaturas, su contribución a la reducción de residuos y su aprobación por la FDA son puntos destacados.

La bioimpresión busca utilizar materiales basados en tejidos humanos. Aunque se encuentra en experimentación, la posibilidad de generar tejidos vivos para trasplantes y reconstrucciones ofrece un horizonte prometedor para la medicina.

El CX5 (Figura 2.9), creado por el escultor Adam Bean, es un material que busca perfeccionar las impresiones [18]. Aunque el secreto de su composición se mantiene, su capacidad para comportarse como arcilla caliente, permitir acabados similares a la cera y moldearse después de la impresión son atributos que lo distinguen. A pesar de su elevado costo, el CX5 representa un salto hacia la perfección en la impresión 3D.

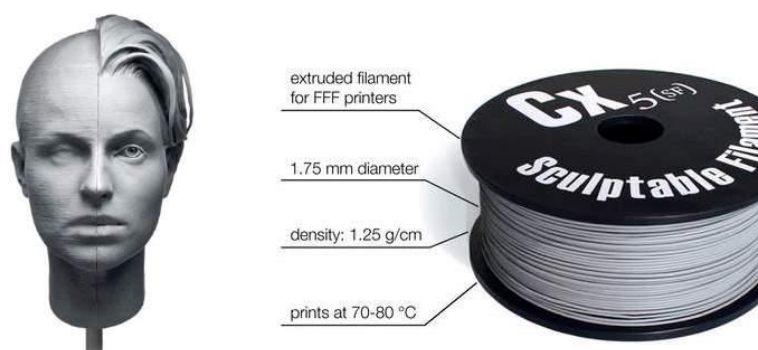


Figura 2.9 Material CX5

Estos innovadores materiales no solo han revolucionado la tecnología de impresión 3D, sino que también han generado un impacto significativo en diversas industrias. Desde el poliestireno de alto impacto (HIPS) utilizado en la industria alimentaria hasta la fibra de carbono para piezas mecánicas, la gama de materiales disponibles para la impresión 3D se ha expandido enormemente, abordando diversas necesidades.

2.3 El mundo de la bioimpresión 3D

2.3.1 Introducción

La impresión 3D, una de las técnicas de fabricación por adición consiste en la aplicación capa por capa de material, y en las últimas décadas ha experimentado una expansión significativa en diversas áreas científicas, tecnológicas e industriales. Uno de los campos de aplicación más prometedores des el relacionado con la medicina, donde ha evolucionado hacia un horizonte prometedor: la bioimpresión. Este proceso pionero implica la obtención de estructuras tridimensionales mediante la adición de capas de materiales biológicos, bioquímicos y células vivas, marcando un hito en la búsqueda de soluciones médicas personalizadas y precisas.

La bioimpresión, con su enfoque avanzado, se propone como el catalizador para la fabricación de estructuras, con compatibilidad con los seres humanos, complejas en 3D, dotadas de propiedades biológicas y mecánicas. Su objetivo central es restaurar la función de tejidos u órganos [19], especialmente aquellos cuya obtención mediante métodos convencionales de fabricación resulta imposible. Este avance no solo implica un cambio en la forma en que enfrentamos los desafíos médicos, sino que también ofrece una perspectiva emocionante en la Medicina Personalizada de Precisión [20].

En la actualidad, ya ha demostrado su capacidad para fabricar tejidos utilizados en la sustitución de estructuras enfermas, dañadas o envejecidas. Un caso destacable de su aplicabilidad práctica es la bioimpresión de piel, que representa solo el primer paso hacia un futuro donde órganos sólidos funcionales se crearán a partir de células del propio paciente. Esta perspectiva personalizada marca un cambio paradigmático en el abordaje de problemas médicos, reduciendo la dependencia de modelos animales en estudios farmacológicos y generación de modelos de enfermedades.

La bioimpresión no se detiene aquí; en cambio, está en constante evolución, explorando nuevas fronteras y aplicaciones. El desarrollo de modelos tumorales mediante bioimpresión promete diseñar estrategias terapéuticas personalizadas como por ejemplo para el tratamiento del cáncer de páncreas [21]. Además, conceptos innovadores como la impresión in situ, la impresión 4D [22], y la bioimpresión a gran escala, aunque en fase experimental actualmente, proyectan cambiar radicalmente nuestra aproximación a campos cruciales como el trasplante de órganos, la medicina regenerativa y el abordaje personalizado de tumores y otras patologías.

La bioimpresión, en su constante progreso, se perfila como un actor central en el futuro de la investigación biomédica. Sus aplicaciones están destinadas a redefinir no solo la forma en que concebimos los tratamientos, sino también a ofrecer nuevas estrategias que desempeñarán un papel vital en la evolución de la medicina. Desde la perspectiva de la impresión 3D y la bioimpresión, el futuro médico se vislumbra emocionante y lleno de posibilidades, donde la precisión y la personalización son los pilares fundamentales de los avances biomédicos.

En este contexto, cabe mencionar que la rápida evolución de la inteligencia artificial y la computación cuántica está desempeñando un papel esencial en la mejora de los algoritmos utilizados en la planificación y ejecución de procesos de bioimpresión [23]. Estas tecnologías emergentes pueden acelerar significativamente la investigación y desarrollo en el campo, abriendo aún más las puertas a la innovación médica. Con el tiempo, se espera que la convergencia de disciplinas como la bioinformática y la bioingeniería potencie aún más el impacto positivo de la bioimpresión en la atención médica.

2.3.2 Aplicaciones en la medicina

La impresión 3D ha emergido como una revolucionaria tecnología en el ámbito médico desde el comienzo del siglo XXI, abriendo un vasto abanico de aplicaciones que van más allá de la fabricación de materiales ortopédicos. Este método de fabricación por adición, que consiste en la aplicación capa por capa de un material, ha transformado significativamente la forma en que abordamos los tratamientos médicos y la planificación quirúrgica.

Uno de los avances más impactantes es la capacidad de generar prótesis personalizadas y dispositivos médicos adaptados a las necesidades específicas de cada paciente [24]. Las prótesis torácicas y los implantes para reconstrucciones dentales y maxilofaciales son ejemplos destacados de cómo la impresión 3D ha permitido diseños avanzados y flexibles. Al utilizar técnicas de imagen médica, se logra una personalización sin precedentes, permitiendo que estas estructuras se adapten de manera óptima a la anatomía única de cada paciente. Este enfoque ha mejorado la calidad de vida de aquellos que requieren soluciones ortopédicas, al tiempo que ha marcado el inicio de una era de tratamientos personalizados.

Otra área significativa que ha experimentado avances notables es la generación de tratamientos para enfermedades mediante la impresión 3D de medicamentos [25]. A medida que la fabricación de medicamentos evoluciona hacia la personalización, la impresión 3D se presenta como una herramienta esencial en este proceso. Esta tecnología permite la creación de estructuras complejas, como cavidades internas o combinaciones de múltiples materiales, en un solo paso, lo que tiene implicaciones profundas en la flexibilidad de las dosis y los perfiles de liberación. En el contexto de la Medicina Personalizada de Precisión, la impresión 3D ofrece la capacidad de personalizar los medicamentos según las características únicas de cada paciente, mejorando la efectividad del tratamiento y reduciendo los efectos adversos.

La impresión 3D también ha revolucionado la planificación quirúrgica mediante la creación de modelos prequirúrgicos [26]. Estas réplicas exactas de las estructuras anatómicas del paciente permiten a los cirujanos planificar y ensayar intervenciones altamente complejas de manera personalizada y anticipada. Especialmente crucial en operaciones que involucran órganos delicados o de elevada complejidad estructural, como los modelos de cráneo y cerebro, estos modelos 3D brindan a los equipos quirúrgicos una comprensión más profunda y una visión previa de la intervención. La planificación detallada reduce el tiempo de la cirugía, disminuye los riesgos asociados y contribuye a una tasa de éxito más alta, al tiempo que optimiza los costos involucrados en estos procedimientos.

El futuro de la impresión 3D en medicina se vislumbra con mayor positividad debido al desarrollo de nuevas aplicaciones. La bioimpresión, una evolución de la impresión 3D en el ámbito médico, tiene como objetivo la fabricación de estructuras humanas complejas en 3D utilizando materiales biológicos, bioquímicos y células vivas. Este enfoque tiene el potencial de transformar radicalmente la medicina regenerativa, el trasplante de órganos y la terapia personalizada para diversas patologías.

La bioimpresión ya ha demostrado su eficacia en la fabricación de tejidos utilizados para reemplazar estructuras enfermas o dañadas [27]. La impresión 3D de piel es solo el primer paso hacia una bioimpresión más personalizada, que utiliza células del propio paciente para crear órganos sólidos funcionales en el futuro. Además, el desarrollo de aplicaciones como la bioimpresión de modelos tumorales para diseñar estrategias terapéuticas personalizadas, la impresión in situ, la impresión 4D y la bioimpresión a gran escala abre nuevas fronteras en la investigación biomédica y enfoques terapéuticos innovadores.

La tecnología de bioimpresión enfrenta desafíos, como el diseño preciso de andamiajes que imiten las estructuras de los tejidos humanos y la selección cuidadosa de células para garantizar la viabilidad y funcionalidad celular. Sin embargo, estas barreras están siendo abordadas con el desarrollo de biomateriales avanzados y técnicas mejoradas de impresión 3D.

2.4 Problemas y desafíos tecnológicos en la actualidad

2.4.1 Retos tecnológicos

La bioimpresión, un campo nuevo y en constante evolución dentro de la impresión 3D, ha emergido como una fuerza transformadora en la Medicina Personalizada de Precisión. Aunque promete revolucionar la creación de órganos humanos funcionales, aún se enfrenta a desafíos tecnológicos cruciales que requieren atención y solución antes de que esta visión se convierta en una realidad tangible [25]. Estos desafíos están vinculados a las bioimpresoras, a los biomateriales y biotintas utilizados en el proceso.

En el ámbito de las bioimpresoras, es esencial garantizar condiciones óptimas para la supervivencia celular durante la impresión. La técnica de bioimpresión basada en extrusión, aunque prometedora para fabricar tejidos y órganos de tamaño clínicamente relevante, enfrenta limitaciones en velocidad y resolución. Mejorar la resolución y velocidad es crucial para su aplicación clínica futura, manteniendo la compatibilidad con la fisiología de las células y los biomateriales. Los avances en estas tecnologías son fundamentales para el progreso de la bioimpresión.

En el caso de los biomateriales utilizados en las bio-tintas, el desafío radica en encontrar el equilibrio perfecto. Estos materiales deben ser modificados o diseñados para facilitar su uso en bioimpresoras sin comprometer las propiedades post-impresión deseadas. Deben asegurar la supervivencia celular en la estructura de soporte, manteniendo condiciones específicas de viscosidad y temperatura para permitir una impresión efectiva.

La investigación en bioimpresión debe dirigirse hacia el desarrollo de bio-tintas que imiten las propiedades de la matriz extracelular del tejido. Una comprensión más profunda de las interacciones célula-matriz dentro de las bio-tintas es esencial para garantizar la seguridad de los trasplantes de tejidos bioimpresos en humanos [28].

Superados estos desafíos tecnológicos, se abren nuevas fronteras en la bioimpresión de órganos de mayor tamaño y complejidad. Dos aspectos críticos son la vascularización y la innervación [29]. La creación de árboles vasculares bien desarrollados es esencial para garantizar la perfusión de los tejidos, y la investigación debe centrarse en lograrlo para órganos más grandes con propiedades mecánicas adecuadas. Además, la innervación de los tejidos es crucial para su correcto funcionamiento. Desarrollar sistemas híbridos que integren diferentes modalidades de bioimpresión será esencial para imprimir tejidos y órganos con una citoarquitectura altamente compleja.

Finalmente, el desarrollo de modelos matemáticos y simulaciones computacionales permitirá una comprensión más profunda del crecimiento y fusión de los tejidos tras la implantación [30]. Esta aproximación contribuirá a diseñar y optimizar el proceso de bioimpresión, mejorando la eficacia y seguridad de los tejidos impresos.

2.4.2 Retos para la traslación a la práctica clínica

La bioimpresión, a pesar de su fulgurante avance, se enfrenta a desafíos críticos más allá de los aspectos tecnológicos, destacando la necesidad imperiosa de agilizar su traslación a la práctica clínica. Este proceso requiere estrategias meticulosas para reducir los tiempos de desarrollo de tejidos u órganos [25], marcando así un reto significativo en el panorama de la Medicina Personalizada de Precisión.

Un obstáculo esencial se centra en garantizar una fuente adecuada de células vivas, fundamentales para la bioimpresión de órganos y tejidos. La obtención de células bien caracterizadas, compatibles y disponibles en tiempos médicamente viables es esencial. Actualmente, se necesita un mayor entendimiento de la heterogeneidad celular y la combinación de fenotipos con funciones específicas. La caracterización y reproducibilidad de las células deben ser meticulosas para minimizar la variabilidad entre lotes. Además, la disponibilidad limitada de células autólogas, especialmente en casos de tejidos específicos, implica la necesidad de expandirlas, añadiendo un tiempo considerable al proceso. Estrategias de investigación deben centrarse en reducir los tiempos de expansión celular para impulsar la eficiencia del procedimiento.

El uso de células alogénicas [31], aunque útil para coberturas temporales, requiere la creación de bancos de células de donantes para asegurar la disponibilidad inmediata y acelerar la impresión de órganos y tejidos. Estudios a largo plazo serán esenciales para evaluar la viabilidad celular, funcionalidad y posibles cambios fenotípicos, especialmente en el caso de células madre, donde el control de la diferenciación es crucial.

La maduración de los tejidos u órganos producidos también presenta un desafío temporal, llevándose a cabo en biorreactores para mejorar la viabilidad celular y asegurar la diferenciación deseada. Este paso crítico agrega complejidad al proceso de bioimpresión y destaca la necesidad de investigaciones continuas para optimizar la eficacia del proceso de maduración.

En el camino hacia la aplicación clínica de la bioimpresión, el aumento de costes asociados con la producción individualizada y productos personalizados plantea interrogantes complejos tanto para la industria como para los sistemas de salud. Los procesos intrahospitalarios y externos deben ser

cuidadosamente diseñados para garantizar la seguridad, esterilidad y conservación adecuada del producto de bioimpresión antes de su implantación en el paciente. Este esfuerzo requiere un equipo multidisciplinario, desde profesionales de la informática para el manejo del software hasta especialistas en materiales, biología celular e ingenieros, todos contribuyendo a la complejidad del proceso de bioimpresión.

2.4.3 Retos éticos y legales

La bioimpresión, una tecnología emergente con el potencial de revolucionar la medicina regenerativa y los trasplantes de órganos se encuentra en un punto crítico de desarrollo. A medida que avanzamos hacia su aplicación práctica, se plantean diversas cuestiones legales y éticas que requieren una cuidadosa consideración.

En la actualidad, la Agencia Europea del Medicamento (EMA) desempeña un papel crucial al clasificar los productos de terapia avanzada, que incluyen los medicamentos de ingeniería tisular derivados de la bioimpresión [32]. Estos productos contienen células o tejidos destinados a reparar, regenerar o reemplazar tejido humano. La clasificación como productos de terapia avanzada impone restricciones significativas, exigiendo que los productos de bioimpresión cumplan con criterios estrictos de seguridad, reproductibilidad, eficacia y relación costo-efectividad para el paciente. Esta clasificación representa una limitación importante para la traslación efectiva de la bioimpresión a la práctica clínica.

La regulación de la bioimpresión plantea desafíos adicionales, como la necesidad de definir la categorización de productos que combinan componentes biológicos y tecnológicos. La pregunta sobre si estos productos deben considerarse medicamentos y, por lo tanto, estar sujetos a ensayos clínicos, así como las regulaciones que deben cumplir las bioimpresoras, son aspectos cruciales que deben abordarse en el marco regulatorio. La colaboración activa entre los desarrolladores de tecnología y los organismos reguladores es esencial para garantizar el desarrollo seguro y eficiente de la bioimpresión en medicina.

Desde la perspectiva de la bioética, la bioimpresión enfrenta desafíos éticos únicos y amplifica preocupaciones ya existentes en la ingeniería de tejidos. Además de las preguntas tradicionales sobre la fuente y donación de células, la singularidad de la bioimpresión plantea interrogantes éticos adicionales. La gestión ética de la propiedad de los órganos bioimpresos y los costos asociados a esta tecnología se convierten en temas críticos. La posibilidad de que la bioimpresión sea accesible solo para aquellos con un mayor poder adquisitivo podría generar desigualdades y dilemas éticos profundos [33].

En este contexto, la resolución de los desafíos éticos podría depender en gran medida de la evolución de nuevas necesidades legales. La propiedad de los órganos bioimpresos, junto con el valor potencial de los productos biofabricados, plantea desafíos éticos y legales simultáneos. La preocupación por la explotación y la hipotética presencia de órganos biofabricados en el mercado negro destaca la necesidad de marcos legislativos sólidos. La intersección de la ética y la legalidad será crucial para abordar problemas emergentes, como la posible bioimpresión de órganos cerebrales y los criterios aceptables para esta práctica.

A medida que la bioimpresión avanza hacia el futuro, la comunidad científica, los reguladores y los bioeticistas deben colaborar de manera activa y continua. La ética y la legalidad deben evolucionar al mismo ritmo que la tecnología para garantizar que los beneficios de la bioimpresión sean accesibles de manera equitativa y segura. Además, la atención especial a la bioimpresión cerebral y la creación de marcos legislativos específicos pueden anticipar y abordar desafíos éticos y legales emergentes en este emocionante campo de la medicina.

3 REQUISITOS DE DISEÑO

3.1 Diseño

3.1.1 Introducción

Para comprender mejor la estructura del montaje final, se utilizará un diagrama de bloques, representado en la Figura 3.1, que organice y visualice de manera clara y concisa las diferentes piezas individuales y ensamblajes involucrados. Este diagrama proporcionará una visión general de cómo se integran estas partes para garantizar el funcionamiento y entendimiento del sistema de impresión, con el cual se logrará cambiar una impresora convencional como es la impresora Ender 5 Pro a una Bioimpresora 3D capaz de utilizar biomateriales. Por lo tanto, es necesario realizar los siguientes procesos:

- Mezclado de los diferentes materiales
- Transporte del material a través del sistema de soporte de almacenamiento de material
- Inyección de la mezcla a través del sistema de inyección

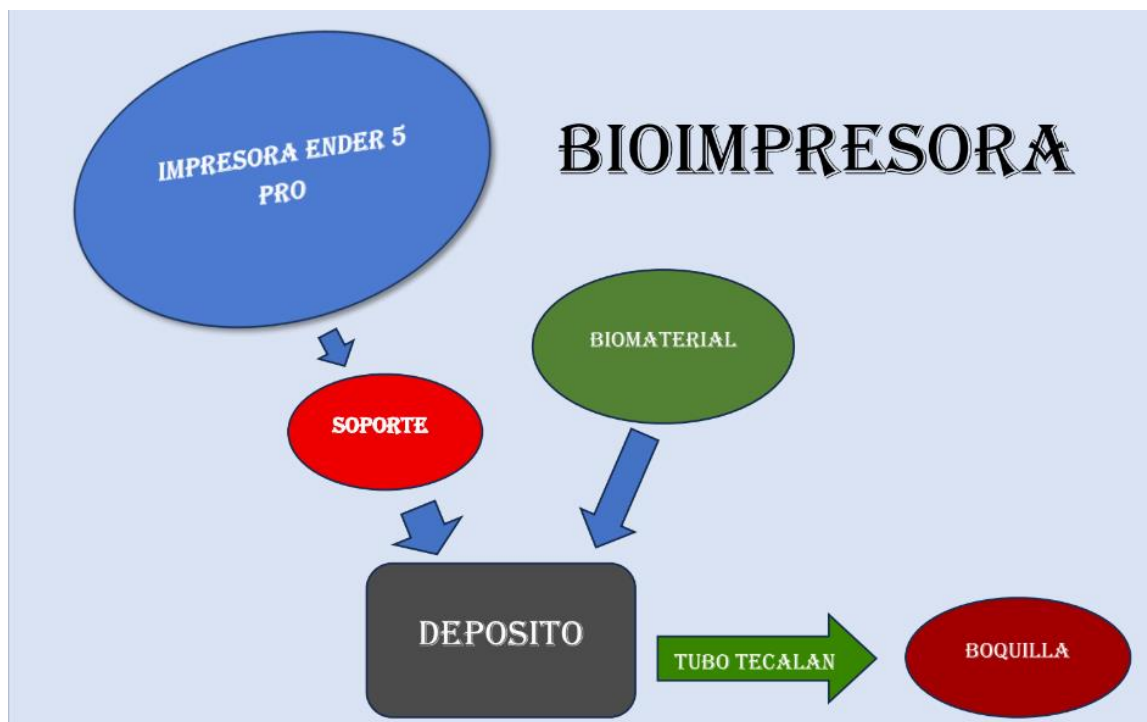


Figura 3.1 Esquema conceptual bioimpresora 3D

3.1.1 Condiciones de diseño

A la hora de diseñar el sistema tanto del almacenamiento del material, como el soporte de este y el sistema de inyección de material se han impuesto una serie de condiciones de diseño:

- Obtener un flujo constante de material.
- Compatibilidad con la impresora base: el diseño debe de ser compatible y adaptable a la estructura y características de la impresora base, en este caso, la impresora 3D Ender 5 Pro.
- Resistencia y durabilidad: las piezas diseñadas deben de ser lo suficientemente resistentes y duraderas para soportar las fuerzas y condiciones de funcionamiento durante la impresión 3D.
- El sistema debe de ser hermético: las conexiones entre piezas deben ser totalmente herméticas para evitar fugas de material y garantizar un funcionamiento eficiente del sistema de impresión.
- Facilidad de montaje y ensamblaje: el diseño debe permitir un montaje y ensamblaje sencillo y rápido, facilitando así la instalación del conjunto completo en la impresora.
- Adaptabilidad a múltiples materiales: el sistema debe ser capaz de manejar y trabajar con diferentes tipos de materiales de impresión 3D, asegurando así su versatilidad y utilidad en diferentes aplicaciones.
- Seguridad: el diseño debe incorporar características de seguridad para prevenir accidentes durante el proceso de impresión y garantizar la protección del usuario y del equipo.
- Eficiencia en el uso de materiales: se debe tener en cuenta la eficiencia en el uso de los materiales de impresión, minimizando desperdicios y optimizando el rendimiento de cada impresión.
- Mezclado de material continuo: realizar el mezclado de los materiales de una forma continua, es decir, sin interrumpir el flujo de los diferentes materiales.
- Compatibilidad con el software de modelado y de impresión: el diseño debe ser compatible con el software utilizado para el modelado 3D y el proceso de impresión, asegurando una integración fluida y sin problemas.
- Costo efectivo: el diseño debe ser económico en términos de materiales y fabricación, buscando minimizar los costos sin comprometer la calidad y el rendimiento del sistema.
- Documentación y planos detallados: se deben proporcionar documentación y planos detallados de cada pieza y ensamblaje para facilitar la fabricación, el montaje y el mantenimiento del sistema.

4 DISEÑO DE UNA BIOIMPRESORA 3D

4.1 Descripción del apartado

En este apartado se describirá el trabajo realizado en cuanto al diseño y montaje de las diferentes piezas para la transformación de una impresora 3D convencional, la Impresora 3D Ender 5 pro representada en la Figura 4.1, en una bioimpresora 3D. De forma detallada se explicará paso a paso el desarrollo y las razones de diseño de las distintas piezas



Figura 4.1 Impresora Ender 5 Pro

Hay que recalcar que en el diseño del sistema de almacenamiento de material precursor (depósito y elemento sustentadores) se ha tenido en cuenta la posibilidad de disponer sobre una misma bioimpresora hasta 4 de ellos y así, disponer de 4 materiales distintos de cara a poder tener una mayor versatilidad en cuanto a la fabricación de diferentes piezas con partes de distinto material, e incluso con la posibilidad de generar piezas cuya composición varía gradualmente a lo largo de alguna de sus dimensiones («*Functionally graded material*»).

4.1.1 Especificaciones

El diseño se ha concebido como una estructura modular compuesta por diversas partes o piezas interconectadas. Esta premisa ha sido el punto de partida para organizar los ensamblajes y facilitar su posterior montaje en la impresora Ender 5 Pro. Las piezas citadas serían las siguientes:

- Acoplamiento elástico para la unión del motor con el husillo.
- Base para la boquilla

- Cuerpo de la boquilla materializado como un tubo.
- Puntera de la boquilla por donde saldrá el material.
- Tornillo sin fin, facilitará la mezcla de los diferentes biomateriales.
- Depósito para los biomateriales.
- Una guía para el husillo.
- Una guía para unir del motor con el husillo y evitar desplazamientos rotatorios del motor.
- Husillo TR8x8.
- Motor para permitir el movimiento del husillo TR8x8.
- Racores de diferentes medidas, todos ellos para permitir el paso de los diferentes materiales de los depósitos.
- Soporte para permitir el acoplamiento de la boquilla en la impresora 3D Ender 5 Pro.
- Se han desarrollado en 3 piezas diferentes, llamadas entre si soporte depósito 1,2 y 3, el soporte que servirá para el soporte del depósito y a su vez servirá para el acoplamiento con la base para unir el conjunto entero a la impresora.
- Se ha desarrollado un soporte que unirá el conjunto del depósito con la impresora.
- Soporte para acoplar el motor al acoplamiento elástico y a las diferentes guías.
- Tapa para unir la base de la boquilla al soporte de la boquilla y a su vez diseñada para el acoplamiento de los correspondientes racores.
- Tapa para el depósito.
- Diferentes tóricas con la finalidad de asegurar la estanqueidad tanto de la boquilla como del depósito.
- Chapa para permitir el cierre del émbolo con el husillo.

El diseño de todas las piezas ha sido meticulosamente ejecutado, cerciorándose que cada una de ellas cumpla con las medidas exactas necesarias para su ensamblaje y posterior montaje en la impresora. Este proceso garantiza que al final del proyecto, cuando se lleve a cabo el montaje final, todas las piezas y sus correspondientes ensamblajes encajarán perfectamente, sin contratiempos ni ajustes adicionales.

4.2 Inventor

Es esencial destacar que, para el desarrollo del montaje final, incluyendo tanto las piezas individuales como los ensamblajes, se ha empleado la versión 2024 de Autodesk Inventor Professional, Figura 4.2. Este software ha sido esencial para el diseño detallado de todas las piezas, así como para la creación de los ensamblajes correspondientes y la simulación del montaje completo en la impresora 3D Ender 5 Pro.

Por otro lado, es importante mencionar que se han realizado planos detallados de cada una de las piezas, con todas las dimensiones adecuadamente acotadas y en conformidad con las normativas de estandarización ISO. Este enfoque garantizará la fabricación de las piezas, asegurando la precisión y coherencia en cada etapa del proyecto.



Figura 4.2 Autodesk Inventor Professional 2024

4.3 Sistema de almacenamiento de material

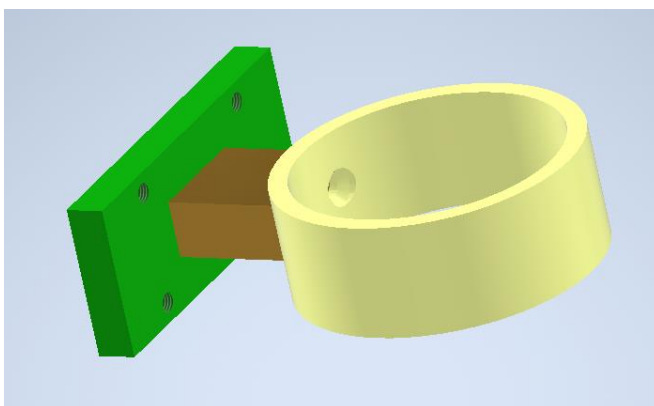
A continuación, se detallará cada una de las piezas mencionadas, así como la función que desempeñará cada una durante el proceso de montaje. Este análisis permitirá comprender con claridad la importancia y la contribución de cada componente al conjunto final, facilitando así una ejecución precisa y eficiente del proyecto.

4.3.1 Sistema de soporte del almacenamiento de material

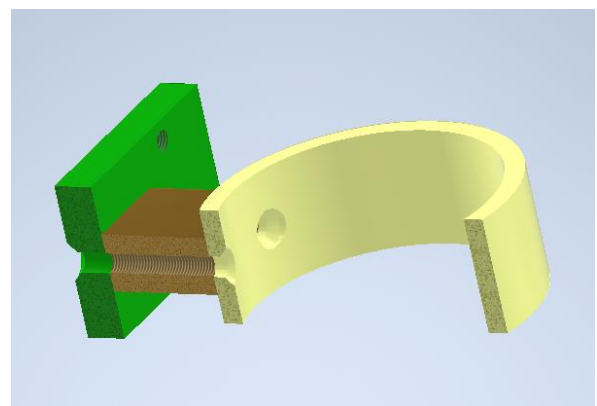
En este apartado se detallarán las tres piezas que conforman el sistema de brindar soporte al sistema del almacenamiento de material. Este conjunto de piezas tiene la función de unir el depósito con el soporte que a su vez se encargará de fijar el ensamblaje completo del depósito a la impresora.

Este sistema de soporte desempeña un papel crucial en la estabilidad y funcionalidad del proceso de almacenamiento de material, asegurando una conexión firme y segura entre el depósito y la impresora. Cada una de las tres piezas ha sido especialmente diseñada y fabricada para garantizar una integración óptima y un rendimiento confiable del sistema en su conjunto.

A continuación, se incluirá en la siguiente imagen (Figura 4.3) una representación gráfica del conjunto completo. Hay que destacar que se muestran de diferentes colores cada pieza para distinguirlas.



A)



B)

Figura 4.3 Ensamblaje soporte depósito A) Vista frontal B) Vista seccionada

4.3.1.1 Soporte depósito 1

Con respecto a esta parte del diseño, es importante destacar que se trata de la base que establecerá la conexión entre una parte del soporte y otro soporte de la impresora, asegurando así su fijación de manera sólida y estable. Como se puede apreciar, esta base con forma de chapa cuenta con cuatro orificios externos de 5 mm de diámetro, los cuales han sido roscados para facilitar la mencionada fijación. Por otro lado, se pueden observar dos agujeros avellanados que tienen como propósito facilitar la sujeción de esta base con la tercera pieza del ensamblaje del soporte del depósito, la cual será explicada con mayor detalle en el siguiente apartado.

Es importante mencionar que el material elegido para la fabricación de esta base es el *aluminio 6061*, lo cual dará mayor facilidad en su proceso de fabricación y también contribuirá a la reducción de costes asociados al proyecto. Este material proporciona la resistencia y durabilidad necesarias [34] para garantizar una fijación segura y confiable, fundamental para el correcto funcionamiento del sistema en su conjunto. La pieza queda representada en la Figura 4.4, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

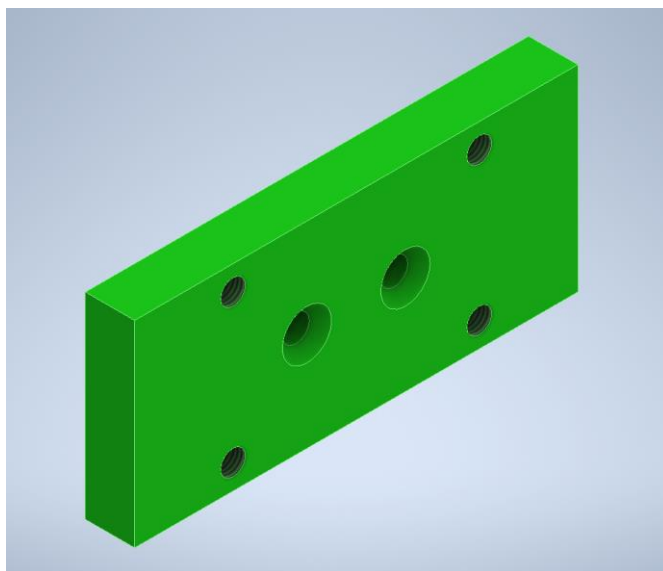


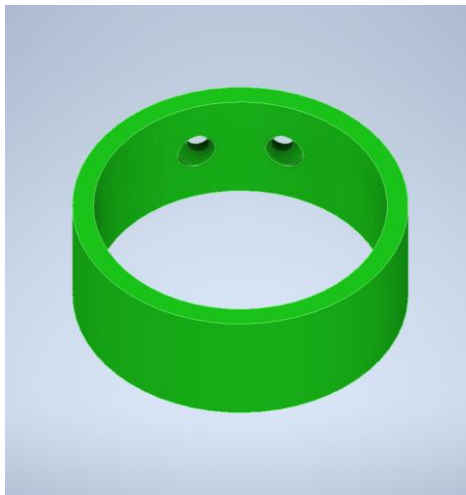
Figura 4.4 Soporte depósito 1

4.3.1.2 Soporte depósito 2

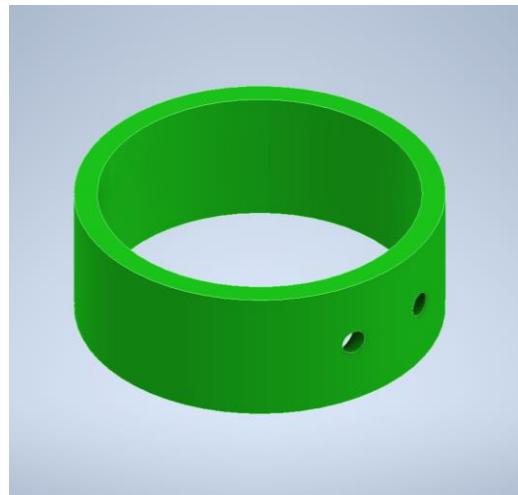
Continuando con el análisis del sistema de soporte del almacenamiento del depósito, se va a explicar la segunda pieza del ensamblaje, la cual cumple con la función de sostener al depósito con el material almacenado. Esta pieza será unida a la primera pieza a través de la tercera pieza, cuyo diseño será detallado posteriormente.

La segunda pieza del ensamblaje está diseñada con dos orificios avellanados a través de los cuales se llevará a cabo la unión con la tercera pieza, y así de esta forma dando lugar al ensamblaje completo del ensamblaje del soporte del depósito. Estos orificios avellanados garantizan una conexión firme y estable entre las piezas, asegurando así la integridad y estabilidad del sistema del soporte en su conjunto.

Al igual que el caso anterior, el material elegido para la fabricación de esta pieza es el *aluminio 6061*. Esta elección se basa en las características de este material [34], que proporciona una mayor ligera y resistencia. Esto permite que la segunda pieza del ensamblaje pueda soportar el peso del depósito con el material almacenado inclusive, así como las diversas fuerzas y cargas ejercidas por las demás piezas del sistema. La pieza queda representada en la Figura 4.5, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto



A)



B)

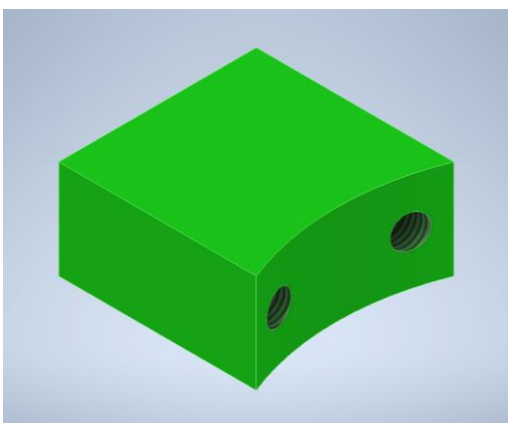
Figura 4.5 Soporte depósito 2 A) Vista frontal B) Vista lateral

4.3.1.3 Soporte depósito 3

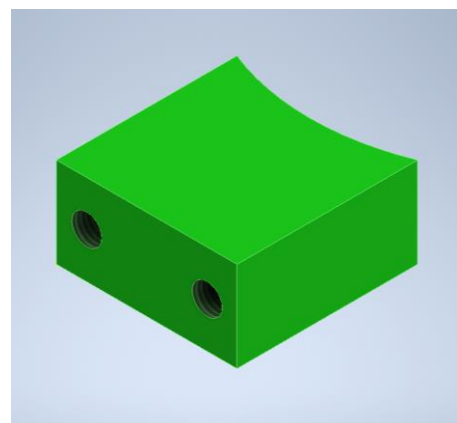
Como se ha mencionado anteriormente, esta constituye la tercera pieza del ensamblaje, y la cual desempeña la importante función de unir ambas piezas, tanto pieza número 1 del soporte como la 2. Con este fin, se ha diseñado una pieza rectangular que presenta una cara plana y otra cóncava.

Empezando con la parte plana, esta ha sido diseñada para quedar fijada mediante dos orificios roscados, los cuales son pasantes, permitiendo así su fijación a la primera pieza del soporte. Por otro lado, la cara que es cóncava está diseñada con un radio para asegurar un cierre hermético, y para ello cuenta con dos agujeros roscados que atraviesan los agujeros avellanados anteriormente mencionados en la pieza anterior. Estos orificios roscados tienen la función de fijar ambas piezas y cumplir con su cometido de unir ambas partes para el ensamblaje final del soporte del depósito.

Es importante recalcar que, al igual que las anteriores piezas del ensamblaje, el material seleccionado para su fabricación es el *aluminio 6061*. Este material, conocido por su resistencia [35], ligereza y excelente capacidad de mecanizado, garantiza una gran durabilidad y fiabilidad del ensamblaje, contribuyendo así a la robustez del sistema en su conjunto. La pieza queda representada en la Figura 4.6, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.



A)



B)

Figura 4.6 Soporte depósito 3 A) Vista frontal B) Vista posterior

4.3.2 Sistema de almacenamiento de material

En este apartado se detallarán todas las piezas que componen el sistema de almacenamiento de material. Cada una de las piezas desempeña un papel esencial en la estructura y en el funcionamiento del depósito y el proceso de impresión, contribuyendo significativamente a su eficiencia y rendimiento general.

Dicho sistema está formado por las siguientes piezas: el depósito, el émbolo, el soporte del depósito, la guía del husillo, la guía del motor, el husillo TR8x8, la tapa del depósito, la unión entre el husillo y el émbolo, una tórica de 52x3 mm, una serie de tornillos en T M5, el motor, su correspondiente racor, el soporte que unirá el depósito a la impresora, el soporte del motor, su correspondiente acoplamiento elástico y cuatro tuercas M5.

Cada una de estas piezas desempeña una importante función, desde la contención y distribución del material hasta la transmisión de fuerza y movimiento dentro del sistema.

Se presentará en la siguiente ilustración (Figura 4.7) una representación visual completa del depósito y con su correspondiente vista seccionada del montaje final completo. Este montaje está diseñado para ser acoplado directamente en la impresora 3D Ender 5 Pro, consiguiendo de esta forma transformar la impresora convencional en una bioimpresora 3D, capaz de realizar impresiones con materiales biocompatibles para aplicaciones médicas y de investigación.

Hay que añadir que para asegurar la fijación del ensamblaje del sistema de almacenamiento de material a la estructura de la impresora 3D Ender 5 Pro se utilizarán tuercas en T. Estas tuercas en T se utilizarán como contratueras para tornillos M5 a través de las cavidades de la placa encargada de sujetar todo el sistema. Estas tuercas son de acero galvanizado para garantizar la resistencia y durabilidad de la unión entre ambas partes.

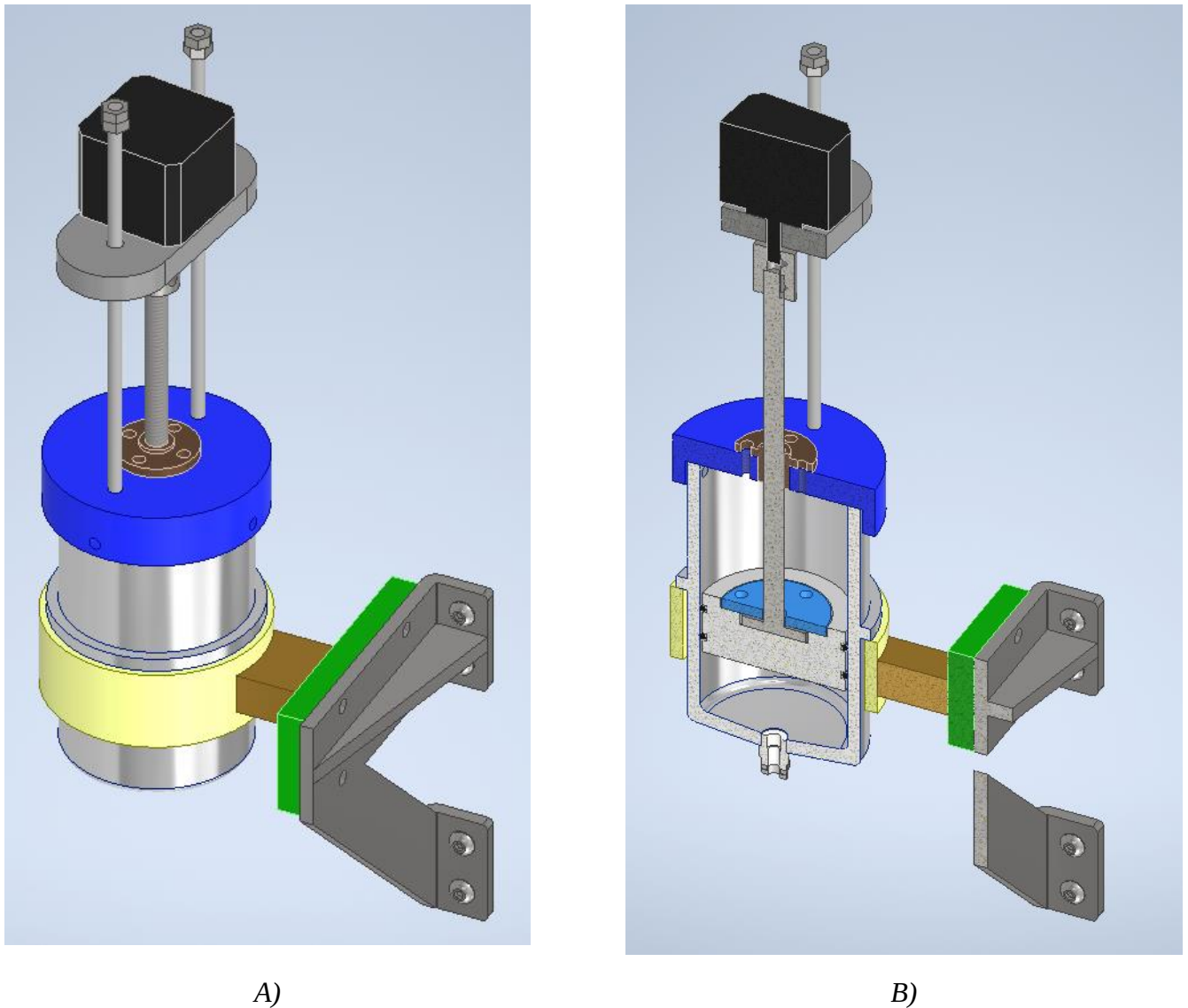


Figura 4.7 A) Ensamblaje depósito B) Vista seccionada

4.3.2.1 Depósito

Con respecto a esta pieza, quiero recalcar que constituye la base fundamental del diseño del montaje final. Su principal función consiste en almacenar el material que posteriormente será extruido a través del émbolo por el tubo Tecalán, el cual está conectado al racor del depósito en su parte inferior. Es importante señalar que el diseño de esta pieza consiste en un cilindro hueco, a través del cual se desplazará el émbolo. Además, presenta cuatro agujeros roscados en la parte superior para la fijación de la tapa del depósito, así como un orificio roscado en la parte inferior para el acoplamiento del racor. Además, cuenta con una aleta circular lateral que facilita su instalación en el soporte diseñado para su sujeción, y posterior montaje con la impresora Ender 5 Pro.

En cuanto al material para la construcción de dicho depósito, se utilizará el *aluminio 6061* con el fin de reducir los costos de fabricación y prevenir la corrosión [35]. Esta elección se apoya en la durabilidad y la resistencia a la corrosión que ofrece este tipo de aluminio, lo que garantiza una larga vida útil del depósito y un mantenimiento mínimo. La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.8, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

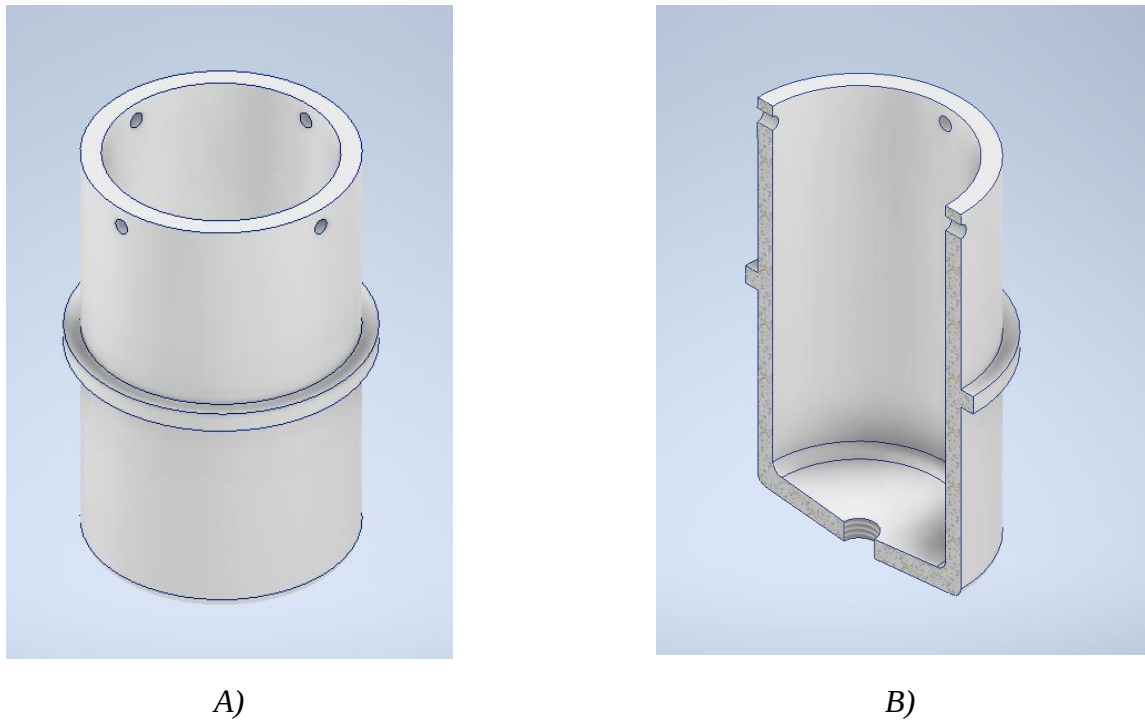


Figura 4.8 Depósito A) Vista superior B) Vista seccionada

4.3.2.2 Émbolo

El émbolo desempeña un papel fundamental dentro del conjunto del depósito, ya que su función consiste en, a través del husillo, impulsar el material hacia el racor conectado al tubo de Tecalán, que a su vez llevará dicho material hacia la boquilla. El diseño del émbolo presenta una cara interna circular con dos niveles, siendo el nivel exterior el que cuenta con 4 orificios roscados para fijar una capa que une la base del husillo al émbolo. Además, se han incorporado dos orificios en la superficie exterior para alojar dos tóricas, garantizando de esta forma la estanqueidad durante todo el proceso. Se optará por *aluminio 6061* como material de fabricación para prevenir la corrosión [35] al estar en contacto con los materiales y para lograr una mayor economía. La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.9, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

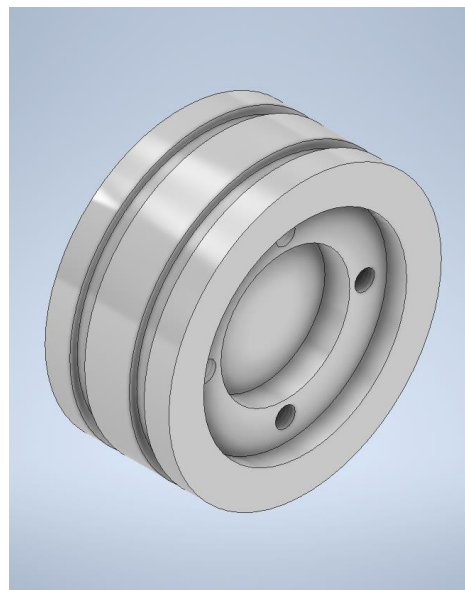


Figura 4.9 Émbolo

4.3.2.3 Guía del husillo

La guía del husillo cumple con su función tal como su propio nombre indica. La sección roscada visible en el agujero central está diseñada para acoplar el husillo TR8x8, pudiendo así fijar el movimiento del husillo en un solo eje. Hay que añadir que en el cilindro superior se puede observar 4 orificios que sirven como guía para los tornillos que se enroscarán desde la guía del husillo hasta la tapa del depósito, asegurando así el correcto funcionamiento del sistema. Es decir, esto posibilita que el émbolo pueda ejercer correctamente el movimiento de extracción del material de manera efectiva gracias al husillo.

Es importante destacar que el material seleccionado para la fabricación de la guía del husillo es el *bronce*. Esta elección se basa en las propiedades innatas de ese material, como su resistencia al desgaste y su bajo coeficiente de fricción. El bronce ofrece durabilidad y estabilidad [36], lo que garantiza un deslizamiento suave y uniforme del husillo a lo largo de la propia guía, garantizando así a la eficiencia y precisión del movimiento del émbolo durante el proceso de extracción del material.

La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.10, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

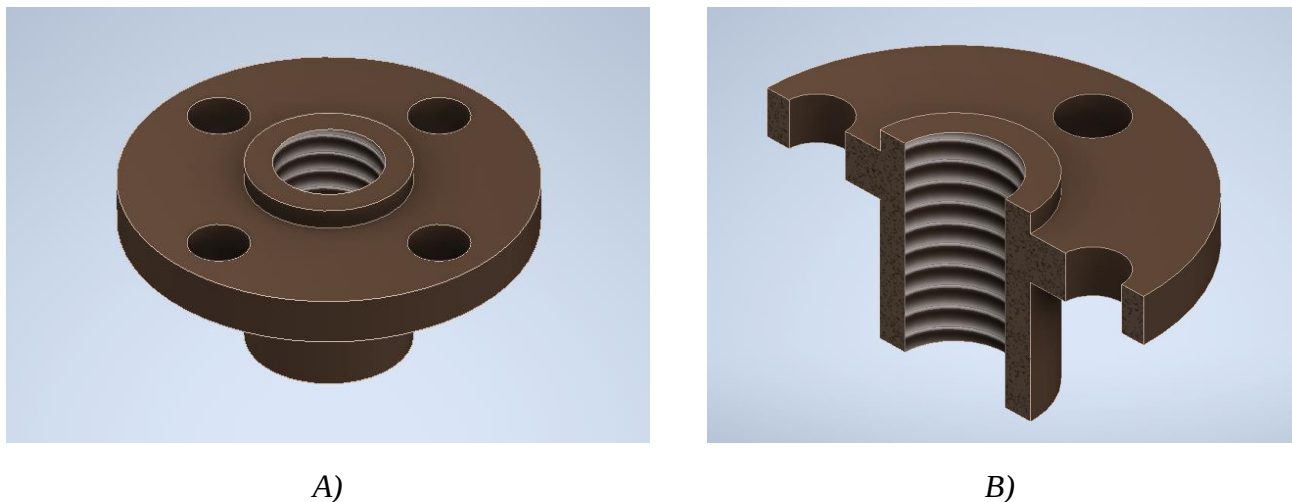


Figura 4.10 A) Vista superior B) Vista seccionada

4.3.2.4 Guía motor-tapa-husillo

Para garantizar el correcto funcionamiento del ensamblaje, se requerirán de dos guías. Estas guías se colocarán en los orificios externos roscados de la tapa del depósito y pasarán por la tapa donde irá anclada el motor, permitiendo de esta forma que el motor no se pueda mover circularmente. Esta disposición asegurará que el motor transmita la fuerza correctamente a través de su eje hacia el husillo.

También es importante que el material del cual está fabricada la guía es de *acero estructural S355* debido a maleabilidad [37] y costo. Esta guía estará compuesta por dos partes roscadas, una en la parte superior y otra en la inferior, que permitirán sujetarla tanto a la tapa como a través de 2 tuercas para evitar que la tapa que asegura al motor se salga. Esta configuración permitirá una fijación sólida y estable, proporcionando estabilidad al sistema y garantizando un funcionamiento seguro y eficiente. La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.11, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

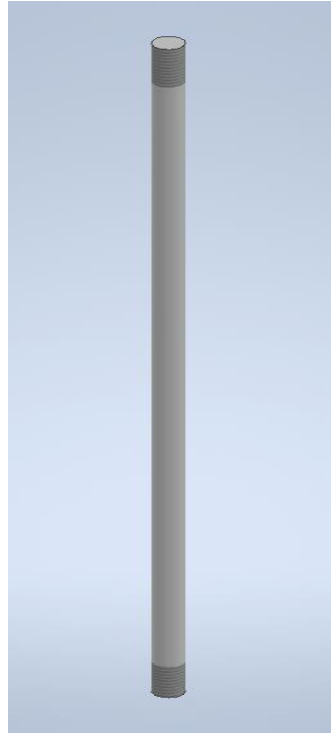


Figura 4.11 Guía motor-tapa-husillo

4.3.2.5 Husillo TR8x8

El husillo TR8x8 cumple la función crucial de transferir la fuerza motriz generada por el motor hacia el émbolo. Presenta un chaflán en su parte superior que servirá como punto de fijación para el motor a través del acoplamiento elástico, facilitando así la transmisión de la fuerza al émbolo. Además, para mejorar esta función, el husillo ha diseñado con una placa cilíndrica que se acoplará al émbolo para impulsarlo, permitiendo así la transferencia el material a través del tubo de Tecalán.

El husillo, a diferencia de las piezas que operan dentro del depósito, se fabricará utilizando *acero inoxidable 316*. Esta elección se basa en la necesidad de prevenir el desgaste provocado por la fricción generada [38] durante su movimiento giratorio, así como para evitar la oxidación. Además, el uso de acero inoxidable simplificará su construcción, garantizando durabilidad y resistencia a lo largo del tiempo. Esta selección del material asegura un funcionamiento óptimo del husillo, contribuyendo así a la eficiencia y fiabilidad del sistema en su conjunto.

La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.12, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

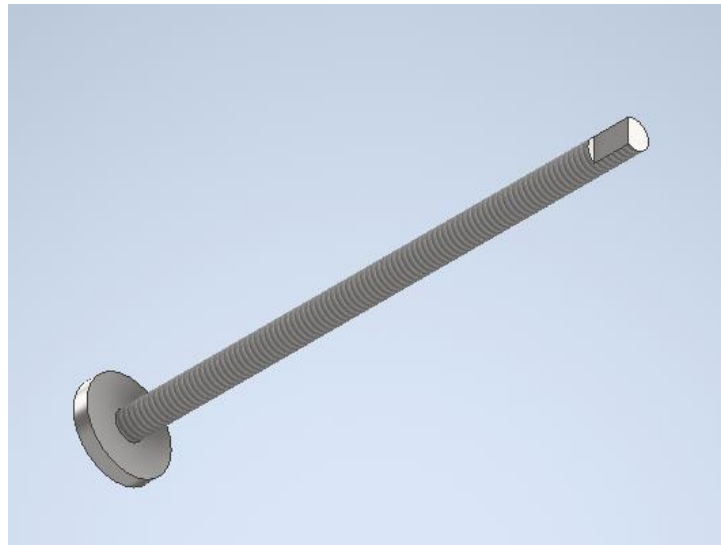


Figura 4.12 Husillo TR8x8

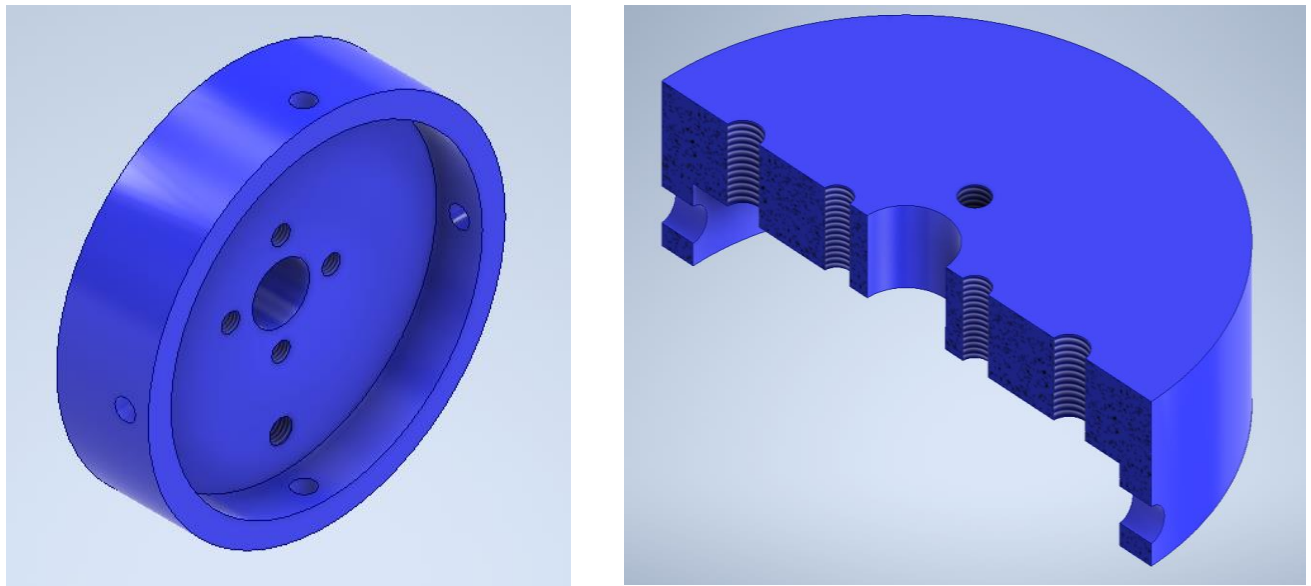
4.3.2.6 Tapa depósito

La tapa del depósito se presenta como una chapa circular con un borde sobresaliente. Al explorar esta pieza en detalle, encontramos una serie de características que merecen atención.

En primer lugar, la parte circular plana de la tapa alberga cinco agujeros, destacando un orificio central con 12,5 mm de diámetro. Este orificio actúa como guía para el husillo TR8x8, permitiendo que este último se desplace de manera precisa a lo largo de la tapa. Además, equidistantemente dispuestos alrededor del orificio central, encontramos cuatro orificios roscados de 4 mm de diámetro. Estos orificios sirven para fijar la guía del husillo, reforzando así su sujeción y garantizando un funcionamiento estable del conjunto.

En cuanto al borde de la chapa, nos encontramos con otros cuatro orificios, cada uno con un diámetro de 4,5 mm. Estos orificios actúan como puntos de fijación para los tornillos de M4, asegurando una unión hermética entre la tapa y el depósito. Esta unión firme y estanca es crucial para garantizar el correcto funcionamiento del conjunto, permitiendo que el émbolo junto al motor opere de manera efectiva y sin contratiempos.

Entrando en detalle con respecto al material a elegir para la fabricación, en esta pieza se ha optado por el *acero inoxidable 316*. Este material ha sido una elección consistente a lo largo del proyecto debido a que este material nos proporciona una gran resistencia y fiabilidad [38] garantizando así su correcto funcionamiento y durabilidad. Además de proporcionar un rendimiento excepcional, el uso de *acero inoxidable 316* también contribuye a la reducción de costos, lo que refuerza aún más su idoneidad para esta aplicación específica. La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.13, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.



A) B)

Figura 4.13 Tapa depósito A) Vista frontal B) Vista seccionada

4.3.2.7 Unión husillo-émbolo

Esta pieza esta encargada de la unión entre el husillo y el émbolo. Su función es crucial para asegurar una conexión firme y estable entre la placa circular del husillo TR8x8 y el émbolo.

La pieza dispone de cuatro orificios equidistantes, cada uno con un diámetro de 4,5 mm, que han sido diseñados específicamente para permitir el paso de los tornillos M4. Estos tornillos, al atravesar los distintos orificios, ejercen una presión sobre la placa circular del husillo TR8x8 y el émbolo, asegurando así una fijación sólida y segura.

Por otro lado, es importante destacar que el material utilizado para la fabricación de esta pieza es el *aluminio 6061*, el cual ha demostrado ser una elección confiable y efectiva [35] en otras piezas del proyecto. La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.14, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.

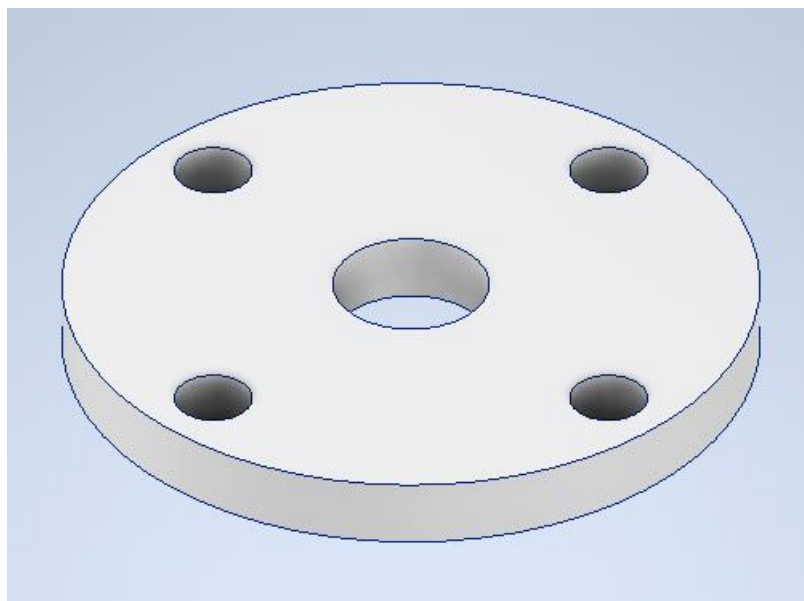


Figura 4.14 Unión husillo-émbolo

4.3.2.8 Tórica 52x3

Como se mencionó anteriormente, para facilitar el proceso de extrusión del material a lo largo del depósito, se han incorporado dos ranuras en la superficie exterior del émbolo. Estas ranuras están diseñadas específicamente para alojar dos tóricas de 52x3 mm, las cuales desempeñan un papel crucial al asegurar una extrusión del material herméticamente. Esta disposición no solo garantiza un sellado efectivo, sino que también contribuye a evitar cualquier tipo de desgaste que pudiera surgir debido al contacto entre el émbolo y el depósito.

Siguiendo las prácticas estándar, las tóricas están fabricada con *caucho* [39] y han sido diseñadas utilizando el software de diseño de este proyecto, Inventor. Este diseño se ha llevado a cabo para poder colocar las correspondientes tóricas en su lugar. La representación visual de este componente se puede encontrar en la Figura 4.15, a parte en dicha figura también viene representado donde ira alojada ambas tóricas.

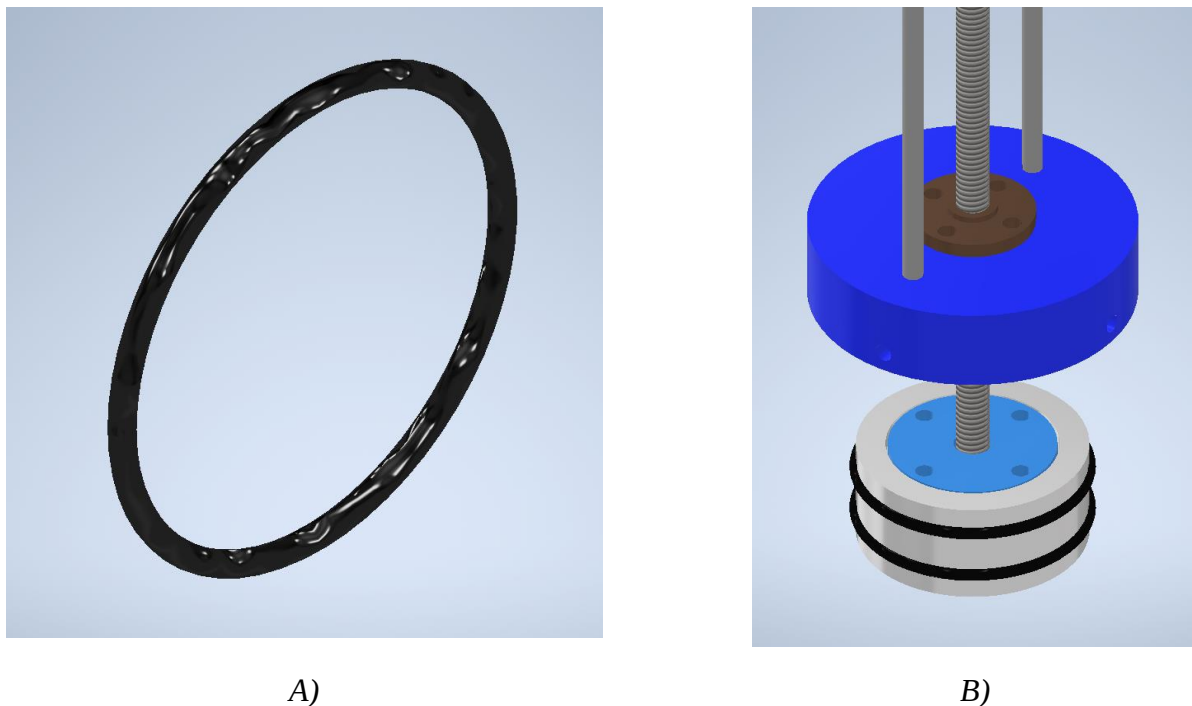


Figura 4.15 A) Tórica 52x3 B) Vista ensamblaje

4.3.2.9 Motor

Con respecto al motor, se ha escogido el motor Nema 17 Motor paso a paso 3V 1.7A 2 Nm. Este motor desempeñará un papel crucial en el funcionamiento del ensamblaje del sistema de almacenamiento de material, ya que será el responsable de proporcionar la fuerza motriz necesaria para poder, a través del husillo TR8x8, empujar al émbolo y extraer el material pertinente.

El motor será instalado en el soporte diseñado específicamente para este propósito. Este soporte, fabricado con *acero S275JR* para garantizar resistencia y estabilidad [40], permitirá una fijación segura del motor a la impresora Ender 5 Pro. En dicho soporte se han diseñado una serie de orificios distribuidos de tal forma que puedan asegurar la unión entre el motor y el depósito.

Hay que añadir que el motor estará conectado al husillo Tr8x8 a través de un acoplamiento elástico, lo que facilitará la transmisión de la fuerza motriz hacia el émbolo. Este émbolo, a su vez, será impulsado por el husillo para desplazar el material a través del tubo de Tecalán hacia la boquilla, donde se realizará la impresión.

La selección del motor Nema 17 Motor paso a paso 3V 1.7A 2 Nm se basa en su capacidad para proporcionar un par de motor para garantizar las tareas requeridas durante el proceso de impresión.

Debido a la complejidad de su diseño, se ha realizado un diseño más simplificado para poder verlo espacialmente en el ensamblaje final. La representación de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.16, en la cual se ha elegido como material para simular el peso de la pieza real, el *acero S275JR*.

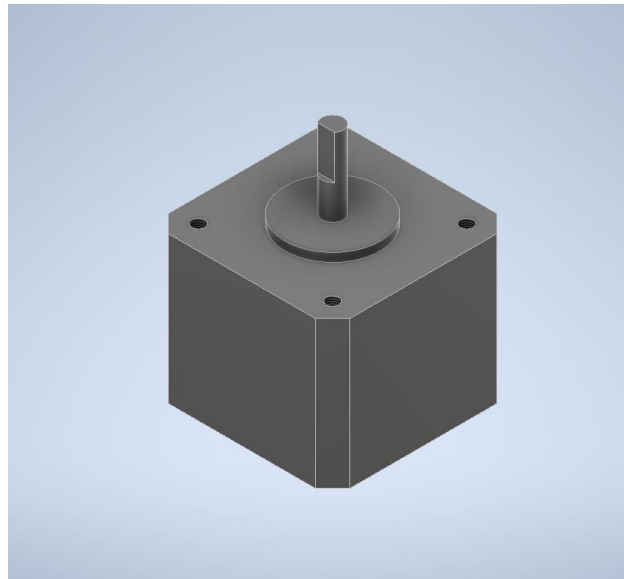
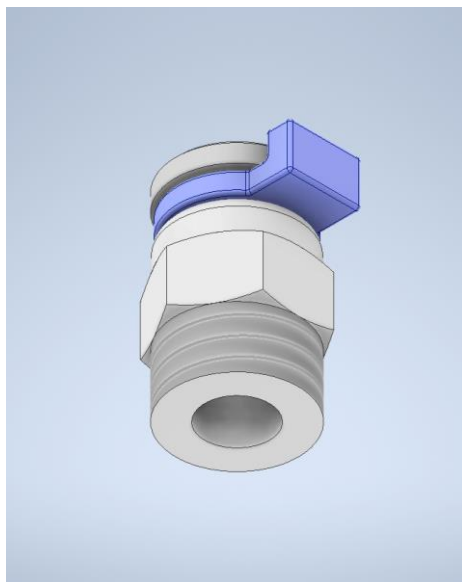


Figura 4.16 Prototipo motor

4.3.2.10 Racor depósito

Siguiendo con lo explicado anteriormente sobre el funcionamiento de los racores, se presenta una situación similar con el racor de la boquilla. Se ha desarrollado un prototipo en inventor para incorporarlo en el montaje final y poder apreciar visualmente donde va colocado. La diferencia principal respecto al racor anterior radica en que la parte roscada es de 10 mm de diámetro. La pieza que servirá como prototipo está representada en la Figura 4.17, donde se incluye una imagen del racor real a utilizar.



A)



B)

Figura 4.17 Racor depósito A) Prototipo inventor B) Racor real

Es importante mencionar que, al igual que en el caso anterior, también está la posibilidad de utilizar un racor de la misma medida roscada, pero con doble boca para permitir el transporte de varios materiales simultáneamente. En esta disposición ocurre la misma situación que en el racor de la boquilla, todo ello se ha diseñado para garantizar un flujo controlado y preciso de los diferentes materiales hacia la boquilla durante el proceso de impresión.

4.3.2.11 Soporte depósito-impresora

El soporte ha sido diseñado con una placa en forma de L y un postizo formando una escuadra para soportar los esfuerzos provocados por el sistema de almacenamiento de material, como se muestra en la Figura 4.18. Hay que añadir que aparte desempeña un papel crucial al fijar a través de sus diferentes orificios el conjunto del depósito con la impresora. En el lado corto de la L y de la escuadra, se pueden apreciar dos orificios en cada placa con un diámetro de 5 mm. Estos orificios están diseñados para permitir la fijación de la pieza utilizando tornillos M5 y tuercas en T a la estructura de la impresora.

Por otro lado, en el lado largo de la L, encontramos cuatro orificios de diámetro de 5,5 mm. Estos orificios son atravesados por los tornillos M5 correspondientes, los cuales aseguran la sujeción de todo el conjunto del depósito.

El material seleccionado para la fabricación de este soporte es el *acero S275JR*, debido a que nos proporciona la suficiente resistencia [40] para soportar el peso total del conjunto del depósito. Esta elección garantiza que el soporte pueda cumplir adecuadamente su función de unir el depósito a la estructura de la impresora, proporcionando una conexión sólida y estable que contribuye a la estabilidad del sistema en su conjunto.

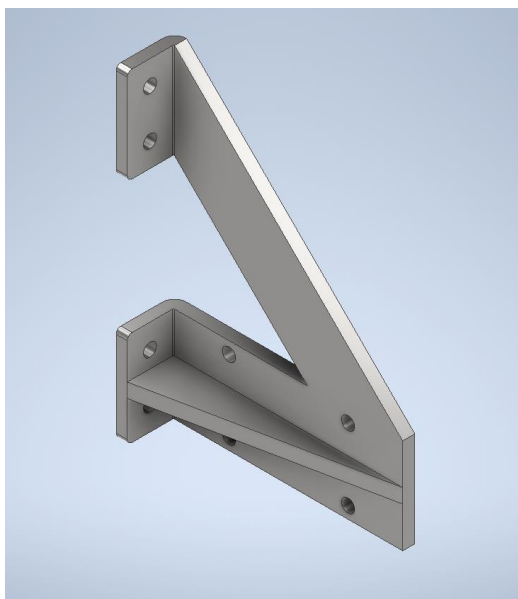


Figura 4.18 Soporte depósito-impresora

4.3.2.12 Soporte motor

El soporte que se ha diseñado para el motor es una placa con la forma de elipse mostrada en la Figura 4.19. Comenzando por los orificios exteriores, podemos apreciar cuatro de ellos, cada uno con un diámetro de 3,5 mm. Estos orificios permiten el paso de los tornillos M3 para asegurar el motor en su lugar.

Continuando con los detalles de la figura, nos encontramos con tres orificios que se distribuyen uniformemente a lo largo del eje mayor de la chapa. Estos tres orificios, de 6 mm de diámetro cada uno, han sido diseñados para cumplir con una serie de funciones específicas en el montaje y el motor. Los dos orificios exteriores permiten el paso de las guías que conectan con la tapa del depósito a través del soporte, garantizando así una unión sólida y estable. Por otro lado, el tercer orificio, que se

encuentra en la posición central del soporte, sirve como paso para el eje del motor. Este eje se unirá al acoplamiento elástico para transferir la fuerza necesaria al husillo TR8x8.

En cuanto al material seleccionado para la fabricación de este soporte, ha sido elegido el *acero S275JR*. Esta elección se basa en la necesidad de proporcionar dureza y resistencia [40] para soportar las vibraciones del motor.

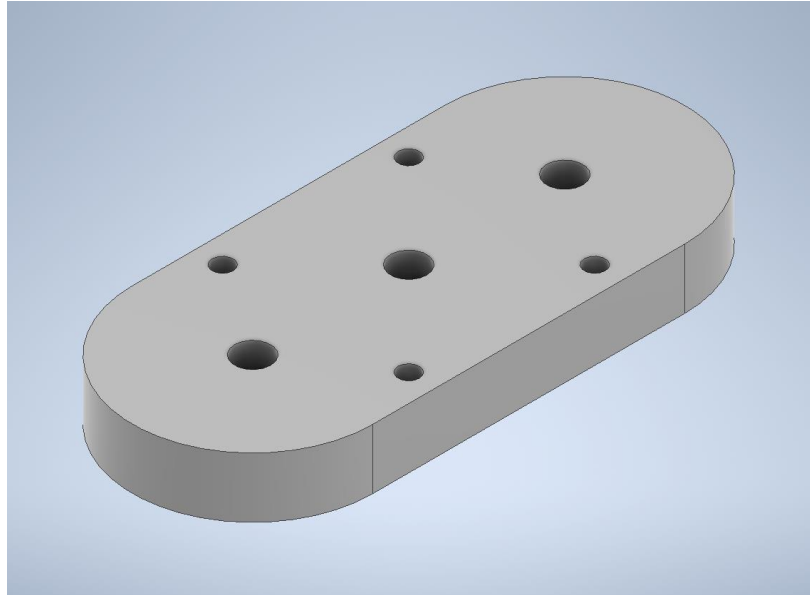


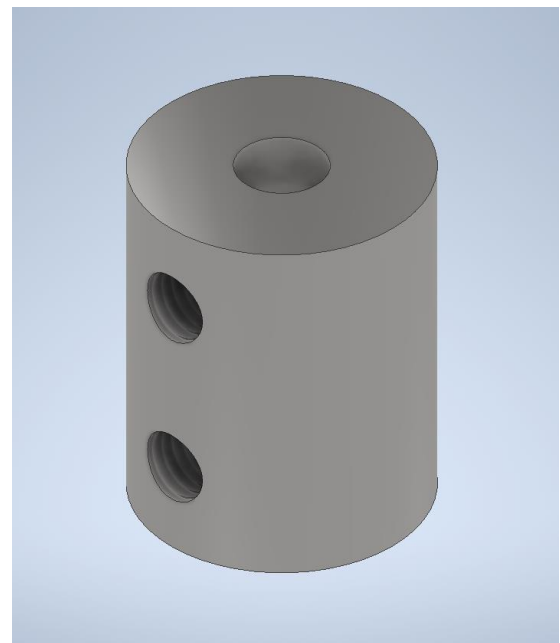
Figura 4.19 Soporte motor

4.3.2.13 Acoplamiento elástico

Antes de entrar en detalle sobre la función que tendría el acoplamiento elástico en el ensamblaje, es importante destacar que, debido a la complejidad del diseño, se ha desarrollado un prototipo específico de acoplamiento elástico (Figura 4.20). Todo ello para proporcionar una guía visual para su implementación.



A)



B)

Figura 4.20 Prototipo acoplamiento elástico A) Vista superior B) Vista inferior

La función principal del acoplamiento elástico en el montaje final será facilitar la conexión entre el eje del husillo TR8x8 y el eje del motor. Esta conexión es esencial para permitir el adecuado funcionamiento del montaje final, ya que el acoplamiento elástico transmitirá la fuerza generada por el motor hacia el husillo, lo que directamente tendrá como consecuencia el desplazamiento del émbolo. Dicho desplazamiento es crucial para el funcionamiento del montaje ya que, como se explicará posteriormente, la función del émbolo es la de impulsar el material a través del tubo de Tecalán, cumpliendo así con el propósito integral del montaje. El acoplamiento elástico que se utilizará en el ensamblaje final será el representado en la Figura 4.21.



Figura 4.21 Acoplamiento elástico

4.3.1 Tubo de Tecalán

En relación con este ensamblaje, es importante destacar que se empleará un tubo de Tecalán con diámetro de 4 mm. Este tubo jugará un papel fundamental al facilitar el transporte de los diversos materiales almacenados en los depósitos hacia la boquilla. Esta última estará diseñada con dos entradas, cada una destinada a alojar los racores correspondientes de manera individual. Esta disposición permitirá un flujo eficiente y controlado de los materiales hacia la boquilla, permitiendo así un proceso de impresión preciso y sin contratiempos.

El tubo a emplear será el que viene representado en la Figura 4.22.

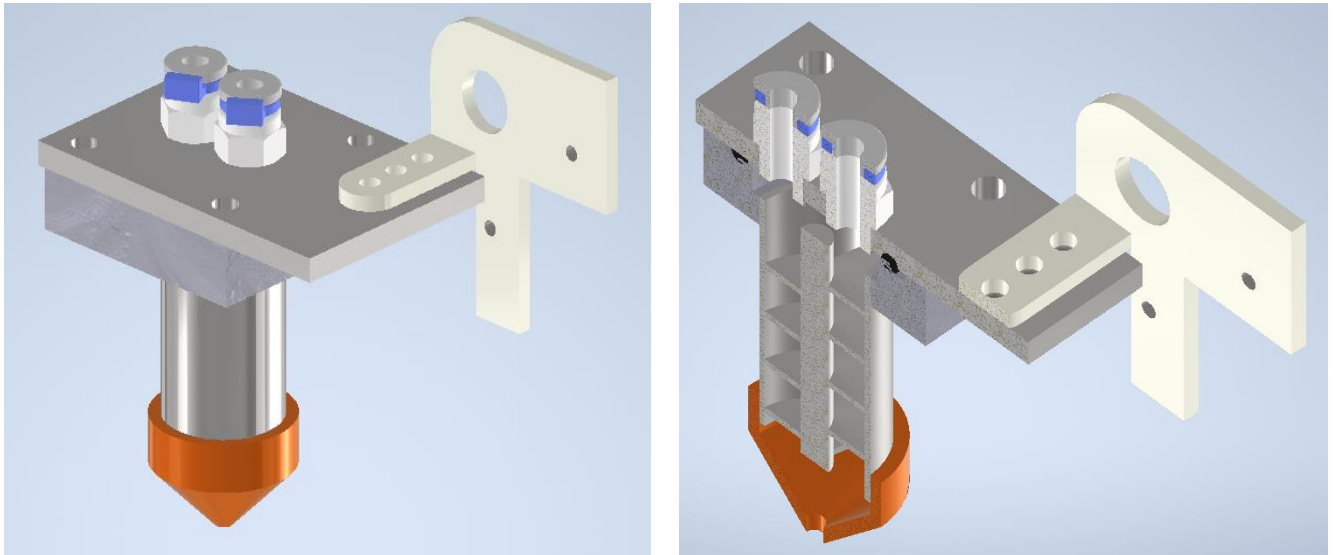


Figura 4.22 Tubo Tecalán

4.4 Sistema de inyección de material

En este apartado, se detallarán las diversas piezas diseñadas para llevar a cabo el ensamblaje de la boquilla. Cada una de estas piezas desempeña un papel crucial en el funcionamiento y la integridad del conjunto, asegurando un proceso de impresión eficiente y preciso.

A continuación, en la Figura 4.23 se detallará visualmente el ensamblaje final del sistema de inyección material y la correspondiente vista seccionada.



A)

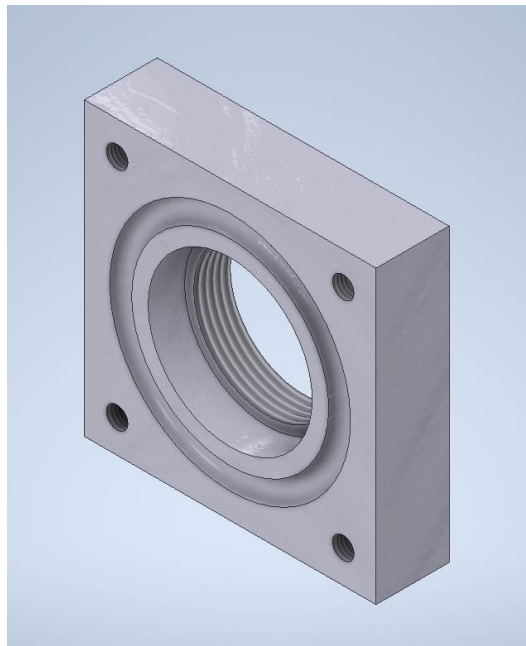
B)

Figura 4.23 A) Ensamblaje boquilla B) Vista seccionada

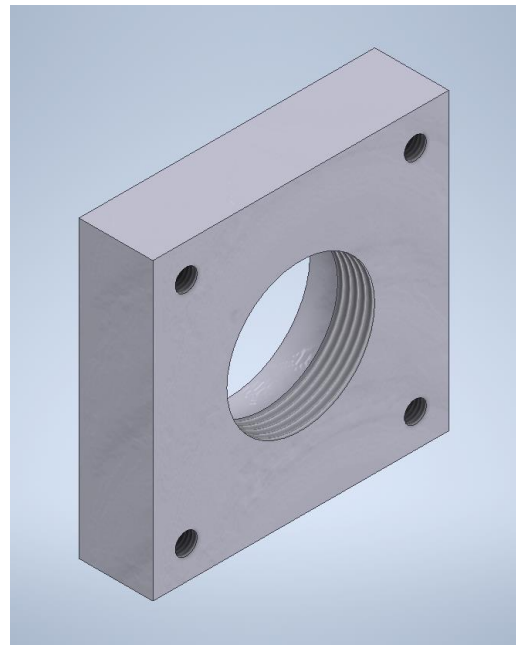
4.4.1 Soporte boquilla

La base de la boquilla ha sido diseñada particularmente por dos razones, la primera es para abaratar los costes de fabricación dividiendo el ensamblaje de la boquilla en varias piezas más simples y la segunda es con el propósito de poder permitir la unión entre el tubo de la boquilla, por donde fluiría el material, y el soporte que conectará esta base a la impresora Ender 5 Pro. Esta función es esencial para asegurar la integración sólida y estable entre la boquilla y la impresora, lo que garantiza de esta forma el flujo continuo y preciso del material durante el proceso de impresión.

El diseño de la base de la boquilla, por tanto, constará de una placa de *acero inoxidable 316*, para evitar la corrosión [38] de esta, con un orificio en el centro roscado a mitad y cuatro orificios roscados externos para permitir la unión de las piezas anteriormente citadas. Hay que añadir que por la otra cara de la base de la boquilla se ha diseñado una cavidad de 1,5 mm de profundidad para colocar con ella una tórica de 27x3 mm, todo con la finalidad de conseguir una estanqueidad completa a la hora de fijar dicha base con la tapa de la boquilla y así asegurar un sellado efectivo. La representación de la figura viene representada en la Figura 4.24.



A)



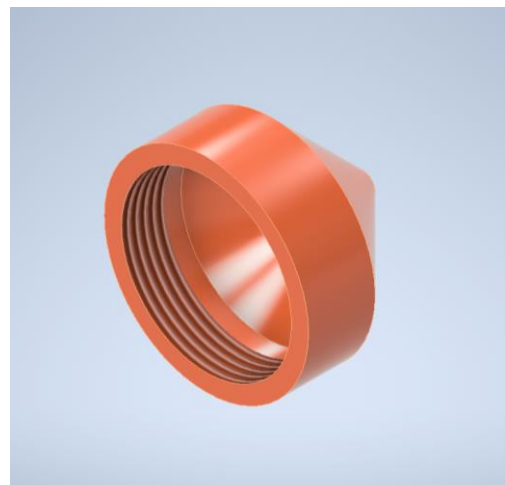
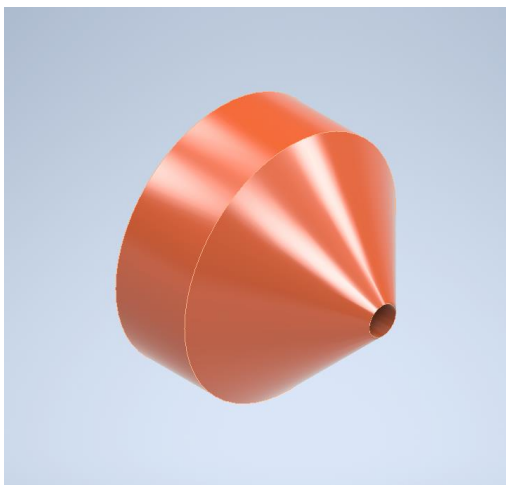
B)

Figura 4.24 Base boquilla A) Vista frontal B) Vista posterior

4.4.2 Boquilla

La boquilla del sistema de inyección ha sido desarrollada especialmente para permitir que la mezcla de los diferentes materiales fluya de manera precisa a través de su salida, facilitando así la creación de las piezas diseñadas. Al igual que las partes anteriores, el ensamblaje de la boquilla se ha dividido en varias secciones para simplificar el proceso de fabricación. En cuanto al diseño de la puntera de la boquilla, se ha roscado la apertura en la parte interior de la zona más ancha hasta la mitad de su longitud, lo que permite su unión con el cuerpo de la boquilla, que en este caso sería el tubo de la boquilla. Esta disposición de las piezas asegura una conexión estable y segura, garantizando un flujo preciso de los materiales durante el proceso de impresión. Cabe resaltar que el material utilizado es el empleado para todo el sistema de inyección de material, el *acero inoxidable 316*, todo ello por las propiedades [38] de este.

La representación detallada de esta pieza se puede encontrar en la Figura 4.25, aportando una guía visual para su fabricación y ensamblaje dentro del proyecto.



A)

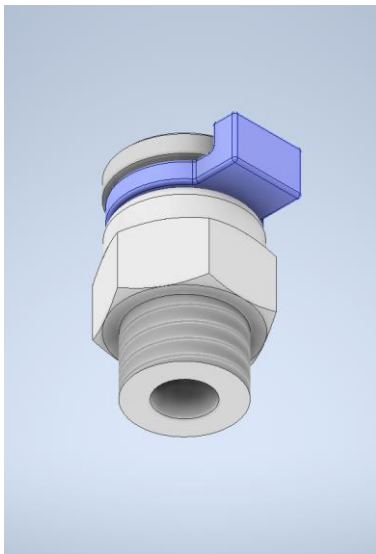
B)

Figura 4.25 Puntera boquilla A) Vista superior B) Vista inferior

4.4.3 Racor boquilla

Antes de entrar en detalle sobre la función que tendría el racor de la boquilla en el ensamblaje, es importante destacar que, debido a la complejidad del diseño, se ha desarrollado un prototipo específico de racor (Figura 4.26). Todo ello para proporcionar una guía visual para su implementación.

Hay que añadir que en la Figura 4.26 también se ha incluido el racor comercial que se empleara, el cual dispone de un diámetro de 8 mm en la parte roscada.



A)



B)

Figura 4.26 Racor boquilla A) Prototipo inventor B) Racor real

Cabe recalcar que también se ha contemplado la posibilidad de poder utilizar un racor doble para poder permitir la entrada de dos materiales en la boquilla a la vez. Sobre el racor hablado viene representado en la Figura 4.27 .



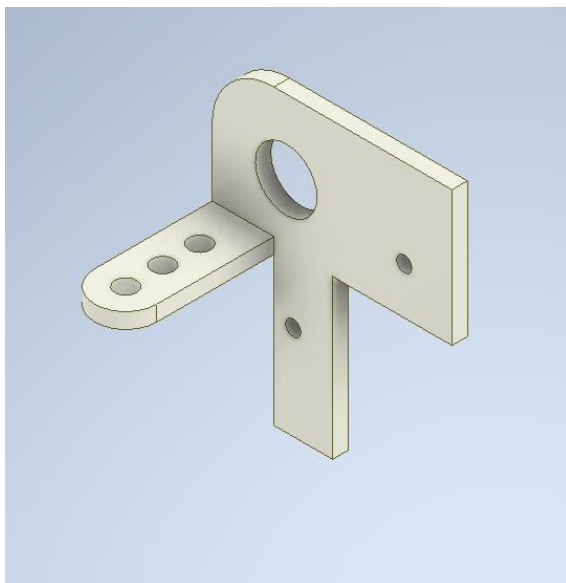
Figura 4.27 Racor doble

4.4.4 Soporte sistema de inyección

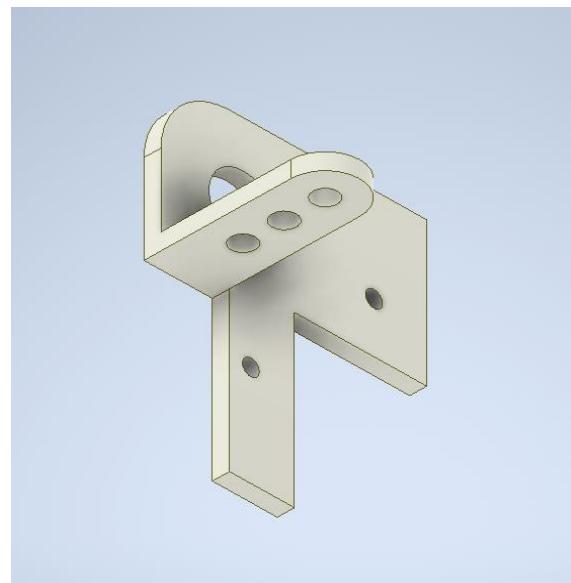
El diseño del soporte destinado a la boquilla ha sido diseñado con el objetivo primordial de establecer una correcta conexión entre la base de la boquilla y la impresora Ender 5 Pro. Esta pieza, representada en detalle en la siguiente figura (Figura 4.28), se compone de 5 orificios distribuidos de forma planificada, los cuales no han sido roscados. Esta característica permite que los tornillos atraviesen los orificios y aseguren de manera efectiva la unión entre ambas partes.

Añadir, que como se puede ver en la sección doblada de la chapa presenta tres orificios con un diámetro de 3,5 mm, específicamente diseñados para sujetar firmemente la base de la boquilla. Además, en la parte derecha e inferior de la chapa, se pueden apreciar dos orificios más pequeños, cada uno con un diámetro de 2,5 mm, junto con uno más grande en la parte superior de 10 mm. Estos orificios tienen la función crucial de fijar el soporte de manera segura a la impresora Ender 5 Pro, asegurando así el correcto funcionamiento de la boquilla durante todo el proceso de impresión.

Es esencial destacar que el material seleccionado para la fabricación de este soporte es el hierro, una elección que aporta una mayor resistencia estructural ante cualquier tipo de esfuerzo al que puede ser sometido. Hay que añadir a parte de su resistencia [40], el *acero S275JR* contribuye a reducir los costos del proyecto, lo que resulta beneficioso para mantener el presupuesto bajo control sin comprometer la calidad y la fiabilidad del soporte.



A)



B)

Figura 4.28 Soporte boquilla A) Vista frontal B) Vista posterior

4.4.5 Tórica 27x3

Como se mencionó anteriormente, se ha diseñado una tórica de 27x3 para la base de la boquilla con el propósito de garantizar la estanqueidad. Esta tórica se ha desarrollado para ajustarse perfectamente en la concavidad diseñada en la base de la boquilla para poder de esta forma, asegurar un sellado efectivo entre la base de la boquilla y el soporte de esta. Esta tórica se ha implementado en el diseño del ensamblaje de la boquilla con la finalidad de prevenir cualquier fuga de material y asegurar un funcionamiento óptimo del sistema. La tórica diseñada en Inventor para verla detalladamente se encuentra representada en la Figura 4.29. Además, en dicha figura viene también visualmente donde irá alojada dicha tórica.

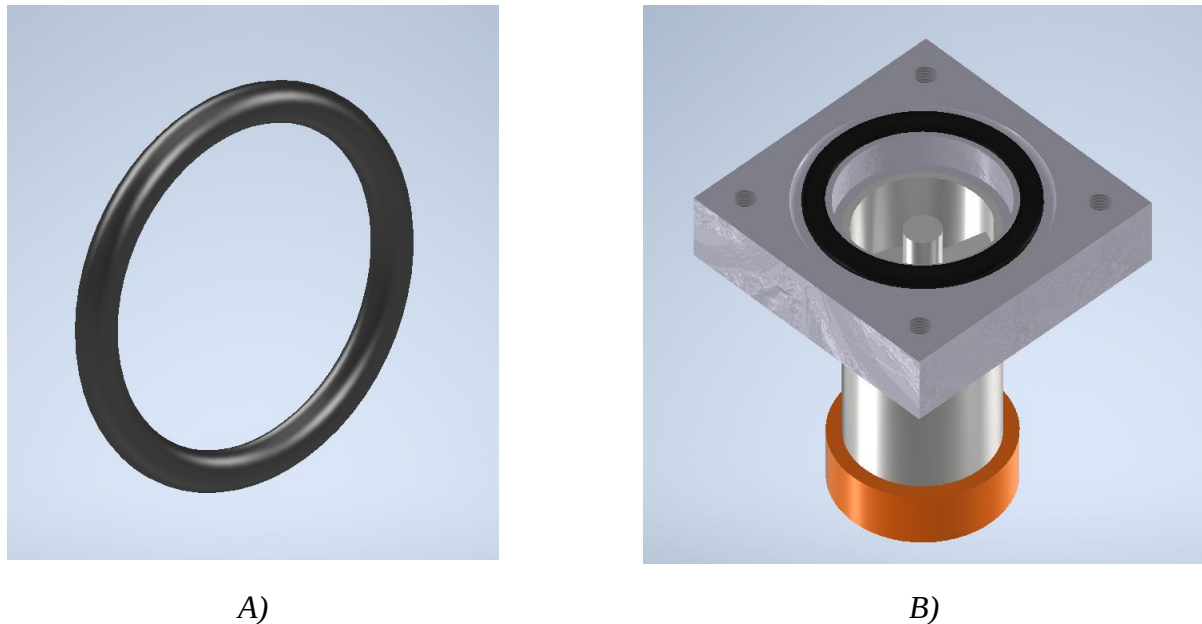


Figura 4.29 A) Tórica 27x3 B)

4.4.6 Tapa sistema de inyección

Con respecto la tapa del sistema de inyección, esta consiste en una chapa provista de una serie de orificios que desempeñan una serie de funciones cruciales en el montaje. Una representación detallada de esta pieza se encuentra disponible en la Figura 4.30, aportando una referencia visual para su fabricación.

Al analizar en detalle, en la tapa de la boquilla se identifican nueve orificios en total. Primero, destacamos los tres orificios alineados que, al estar roscados y tener 3 mm de diámetro, tienen la función que mediante los correspondientes tornillos M3 fijar la tapa con el soporte de la boquilla. Este soporte, a su vez, se asegurará a la impresora 3D Ender 5 Pro.

Continuando con los orificios, encontramos dos de mayor tamaño posicionados aproximadamente en el centro, ligeramente desplazados hacia la izquierda. Estos orificios roscados, con un diámetro de 8 mm, están diseñados para alojar los dos racores destinados a la introducción de los materiales seleccionados para la impresión.

Por último, mencionamos los cuatro orificios restantes, con un diámetro de 4,5 mm, que servirán como pasantes para los tornillos de métrica cuatro. Estos tornillos ayudaran a la fijación de la placa con la base de la boquilla, asegurando así una presión adecuada junto con la tórica 27x3 para lograr un sellado hermético y prevenir posibles fugas de material.

El material seleccionado para toda la boquilla es el *acero inoxidable 316*, elegido por su capacidad para resistir la corrosión [38] y mantener la integridad del material durante el proceso de impresión.

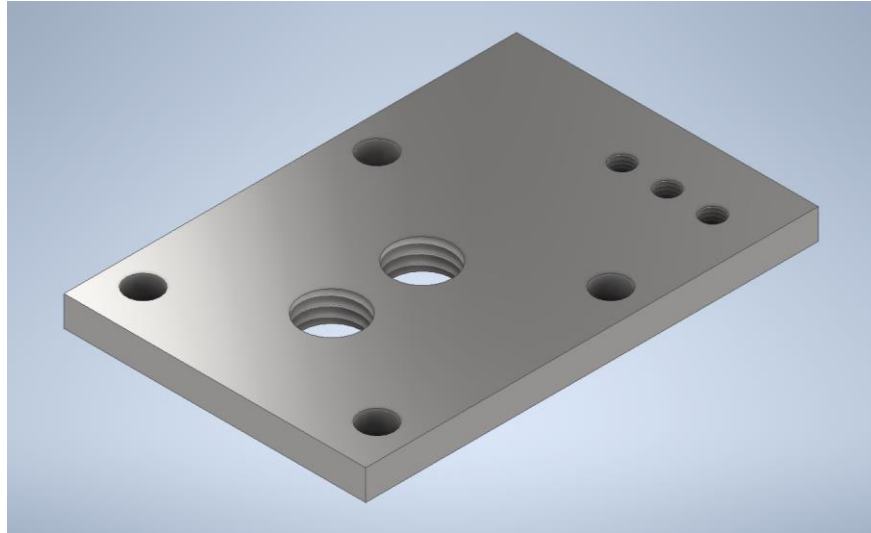


Figura 4.30 Tapa boquilla

4.4.7 Mezclador

Con respecto al mezclador, se ha desarrollado un diseño en específico, como se muestra en la Figura 4.31. Se trata básicamente de un tornillo sin fin que estará instalado dentro del tubo de la boquilla, con el propósito de facilitar la mezcla de los materiales en su interior y garantizar su salida adecuada a través de la puntera de la boquilla.

El material seleccionado para la fabricación de este tornillo sin fin, al igual que las demás piezas, es el *acero inoxidable 316*. De esta forma le permitirá evitar la corrosión [38], lo cual resulta fundamental debido al contacto constante con una variedad de materiales durante el proceso de impresión.

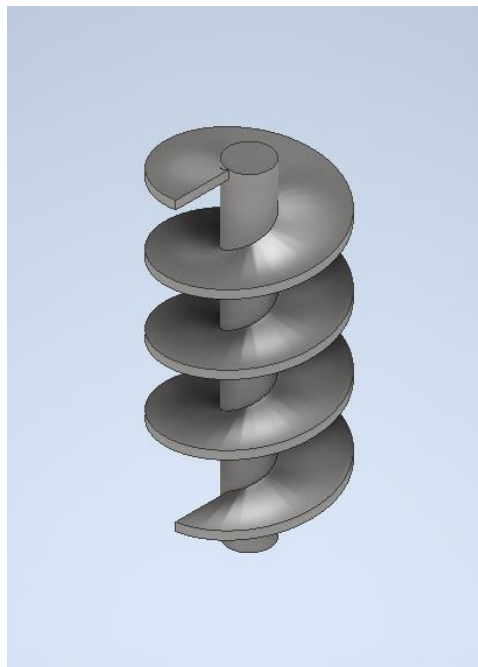


Figura 4.31 Tornillo sin fin

4.4.8 Tubo boquilla

El tubo de la boquilla constituye la parte principal de la boquilla, y es el espacio donde se alojará el tornillo sin fin. A través de este tubo, los materiales fluirán hacia la puntera de la boquilla. Para cumplir con esta función, el tubo de la boquilla ha sido diseñado como un cilindro hueco con una parte

roscada externamente tanto en la parte superior como inferior. Estas roscas asegurarán la fijación tanto la base de la boquilla como la puntera de esta.

El material seleccionado para la fabricación del tubo de la boquilla es el *acero inoxidable 316*. Esta elección, al igual que el tornillo sin fin, se justifica debido a la capacidad de resistir la corrosión [38], todo ello para aumentar la durabilidad y fiabilidad del tubo de la boquilla. Una representación detallada de esta pieza se encuentra disponible en la Figura 4.32, aportando una referencia visual para su fabricación.



Figura 4.32 Tubo boquilla

4.5 Montaje completo Bioimpresora 3D

A continuación, se presentará una descripción detallada del conjunto completo, representado visualmente en la Figura 4.33. Posteriormente, se especificará el lugar donde se ensamblará el conjunto de la boquilla en la impresora, lo cual vendrá representado en la Figura 4.34, cabe decir que se empleará el mismo sistema anterior de la impresora 3D Ender 5 Pro. Posteriormente se mostrará la ubicación del conjunto del depósito en su estructura correspondiente, como se muestra en la Figura 4.35. Es importante mencionar que el diseño del depósito permite la fabricación de hasta cuatro unidades, lo que posibilita la impresión simultánea de hasta cuatro materiales distintos. Este aspecto proporciona una notable versatilidad al sistema, permitiendo la producción de modelos más complejos y funcionales en un solo proceso de impresión.

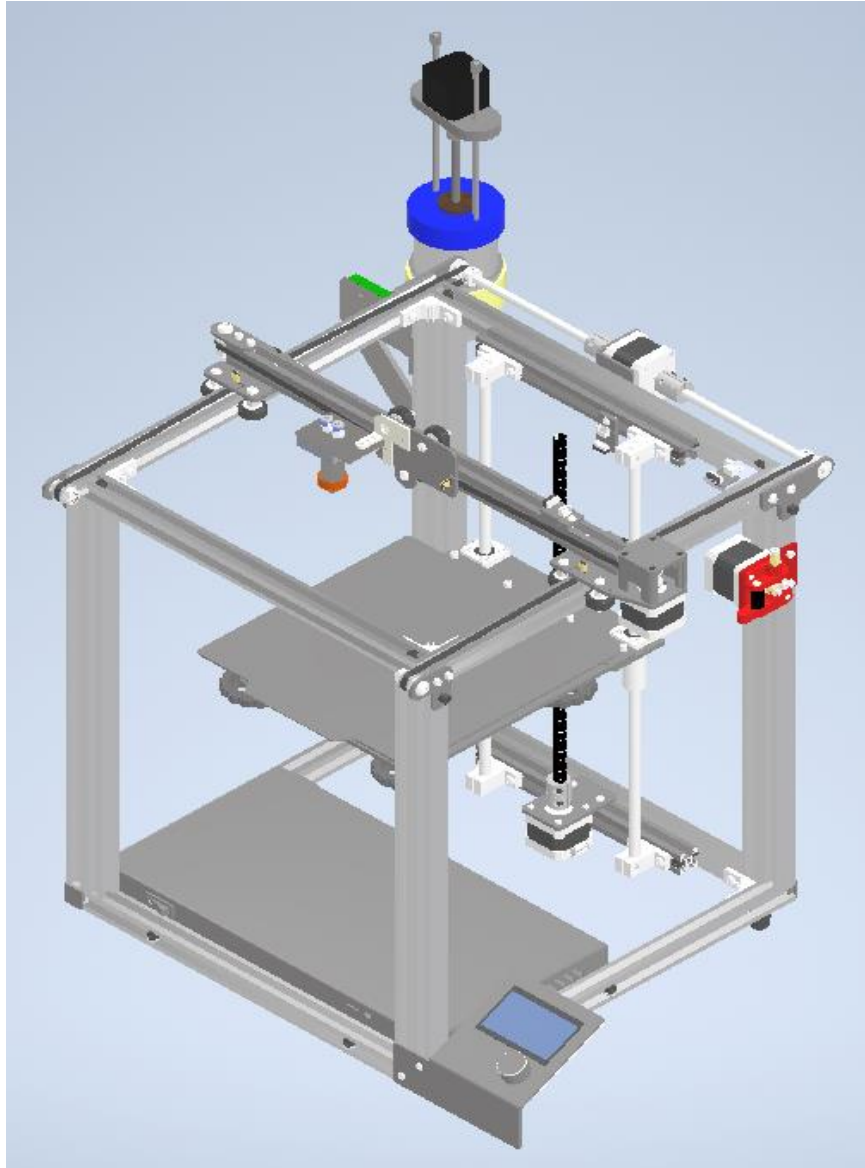


Figura 4.33 Montaje completo Bioimpresora 3D

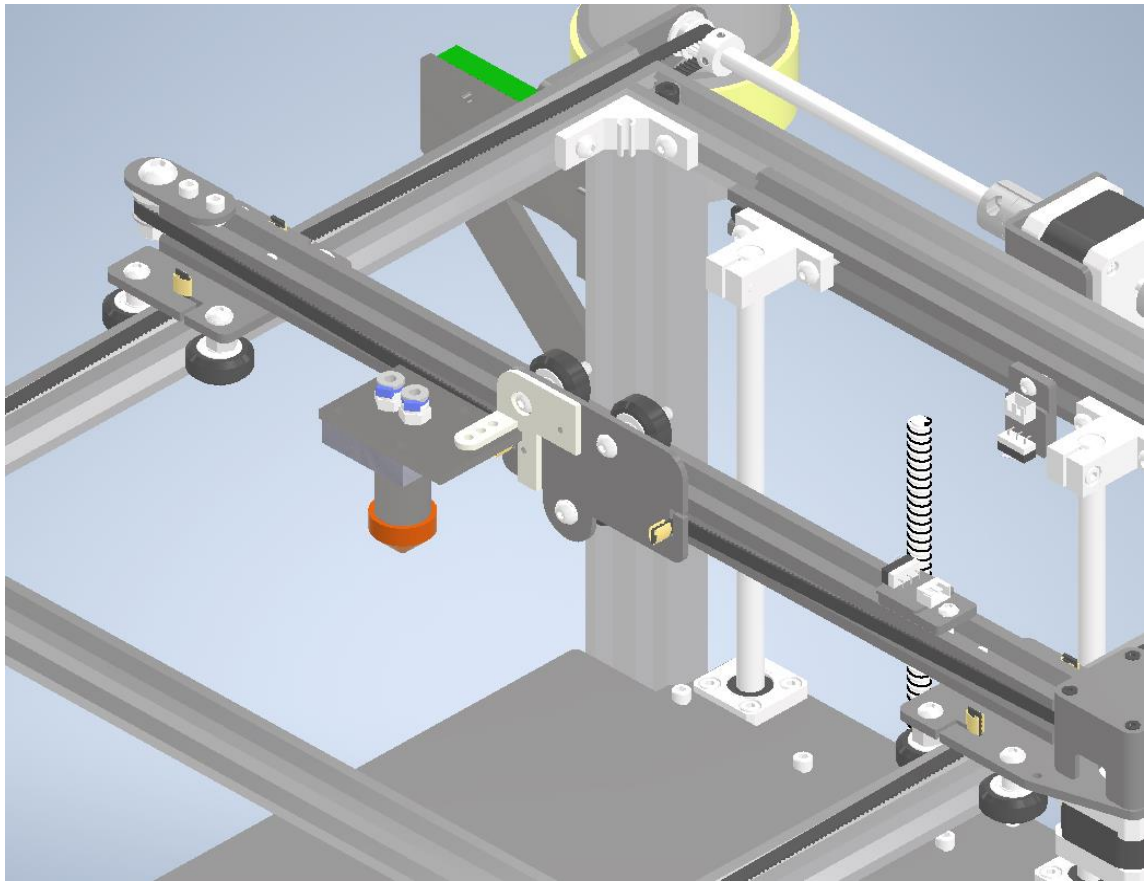


Figura 4.34 Montaje boquilla Bioimpresora 3D

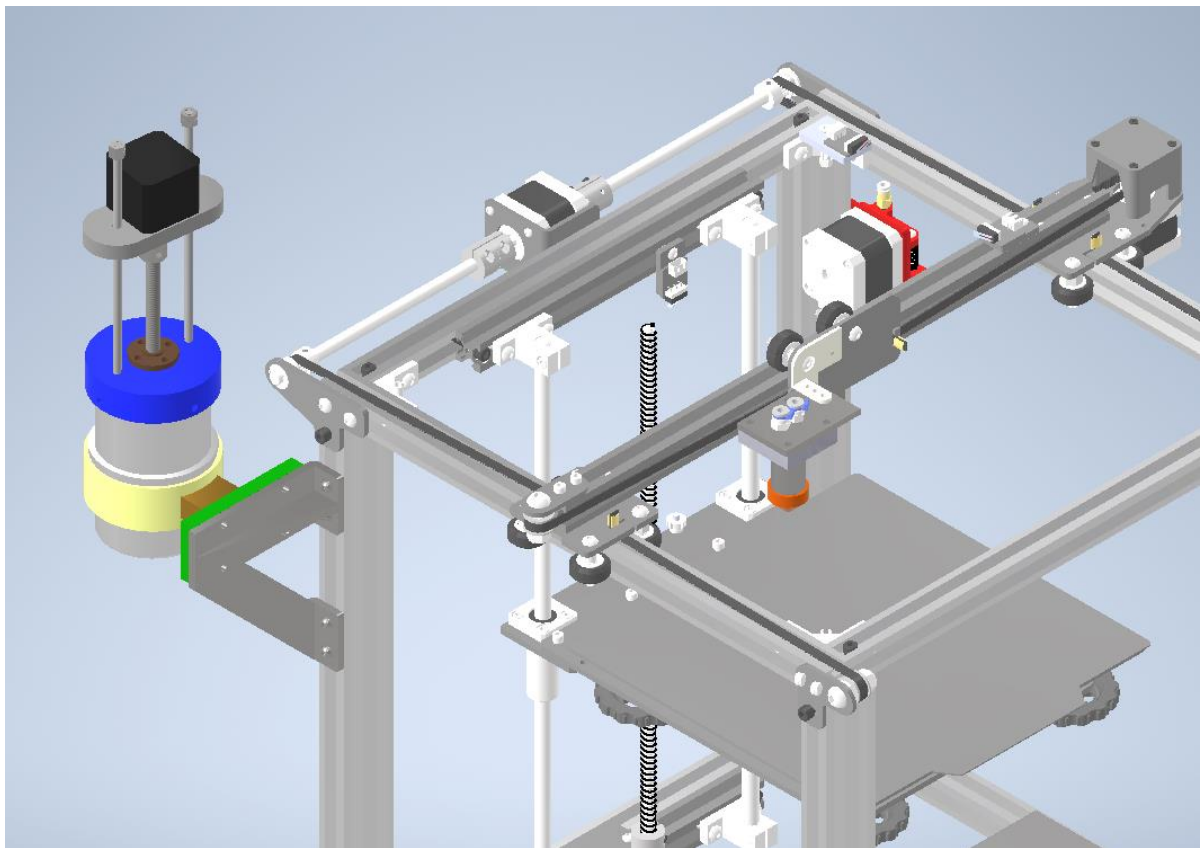


Figura 4.35 Montaje depósito Bioimpresora 3D

5 ESTUDIO ESTÁTICO DE LA BIOIMPRESORA

En esta sección se van a tratar los esfuerzos que sufren tanto el sistema de almacenamiento del material como la estructura de la impresora 3D. La sección se centrará de manera resumida en los esfuerzos sufridos por Von Mises, las deformaciones y desplazamientos sufridos. El informe completo de las tensiones, al igual que los diferentes cálculos de las fuerzas se encuentran en el Anexo V: Análisis de Tensiones.

5.1 Análisis de tensiones del sistema de almacenamiento de materiales

5.1.1 Von Mises

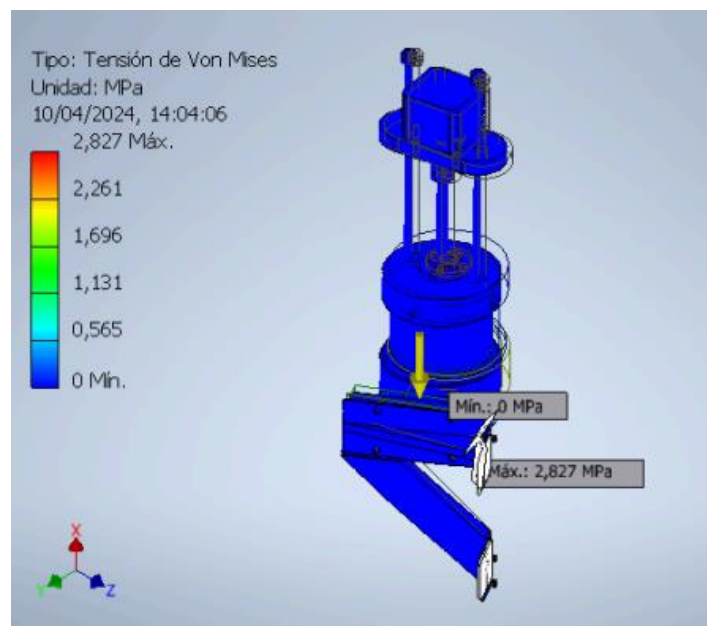
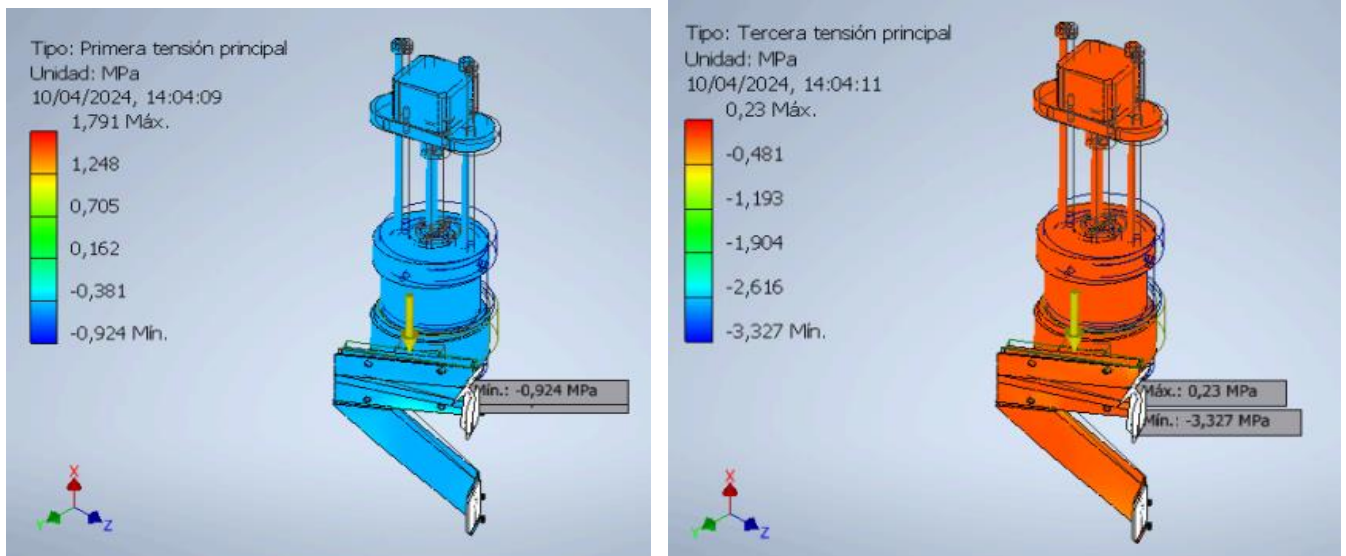


Figura 5.1 Von Mises Sistema de almacenamiento de material

Como se puede apreciar en la Figura 5.1, la tensión de Von Mises que sufre el soporte depósito-impresora es prácticamente nula, con un valor máximo de 2,827 MPa. A continuación, se representará en la Figura 5.2 la primera y la tercera tensión principal. Se puede observar que el soporte no experimenta ninguna tensión, incluso con valores negativos en los resultados.



A)

B)

Figura 5.2 Von Mises A) 1º Tensión principal B) 3º Tensión principal

5.1.2 Deformaciones

En este apartado se adjuntará la Figura 5.3 donde muestra las deformaciones estáticas del soporte depósito-impresora. Se observa que los valores son prácticamente nulos, lo que indica que la deformación en el soporte es despreciable, y no tiene ninguna influencia en la viabilidad de la estructura

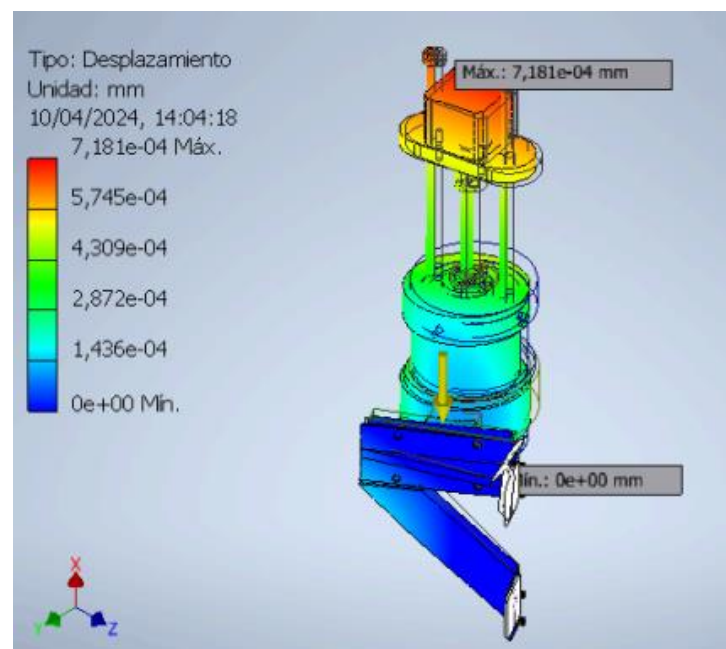


Figura 5.3 Deformaciones Sistema de almacenamiento de material

5.1.3 Desplazamientos

Con respecto a los desplazamientos también se puede observar que son prácticamente nulos, a continuación, se representará los desplazamientos en el eje X e Y (Figura 5.4) y en el eje Z (Figura 5.5).

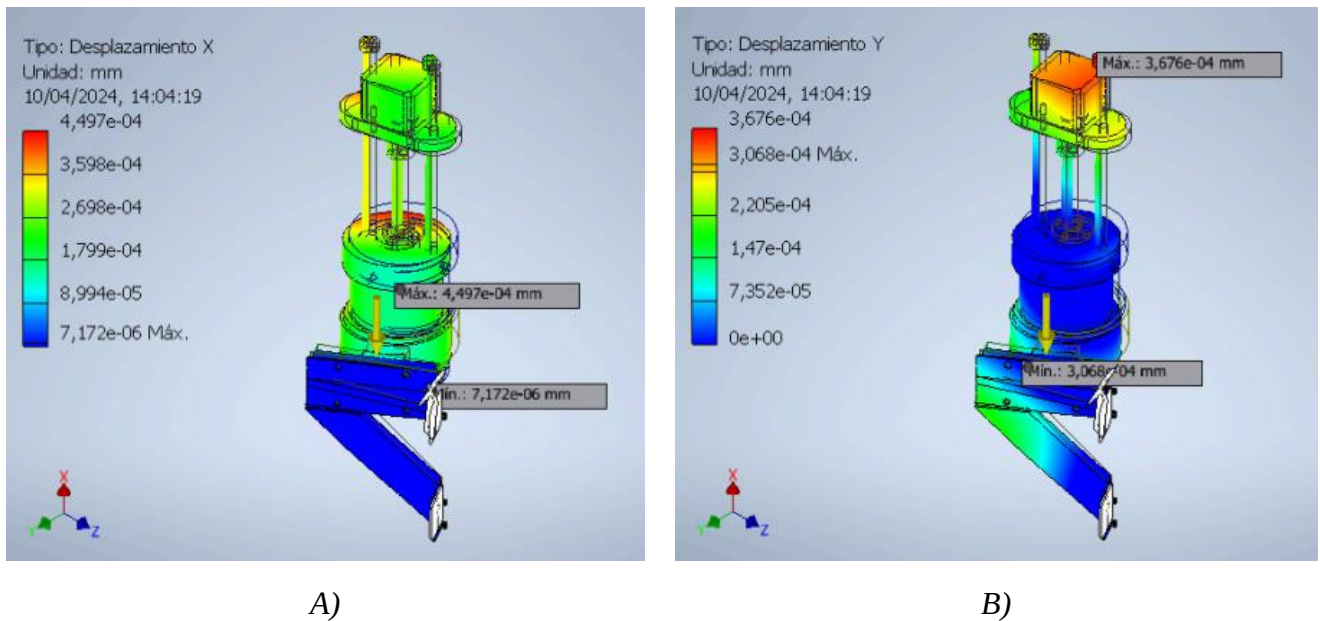


Figura 5.4 Desplazamientos A) Eje X B) Eje Y

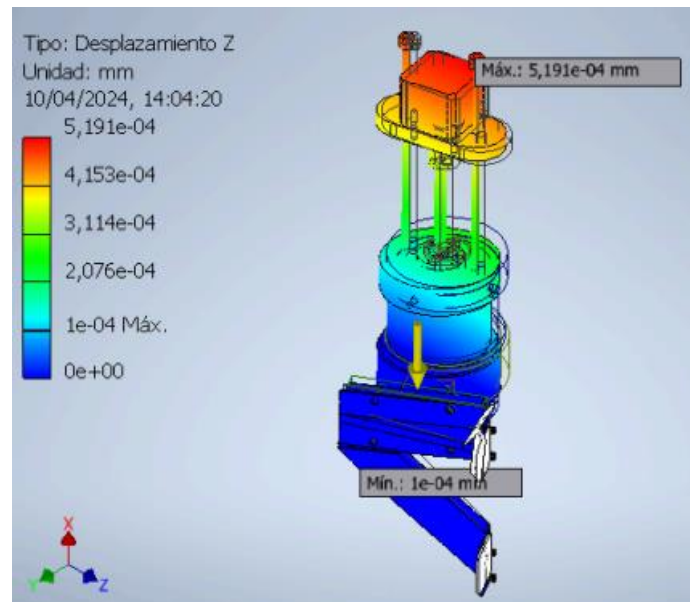


Figura 5.5 Desplazamientos Eje Z

5.2 Análisis de tensiones sobre la estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro

5.2.1 Von Mises

Como en la sección anterior se adjuntarán las tensiones de Von Mises (Figura 5.6), la primera y la tercera tensión principal (Figura 5.7) que sufrirá la estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro.

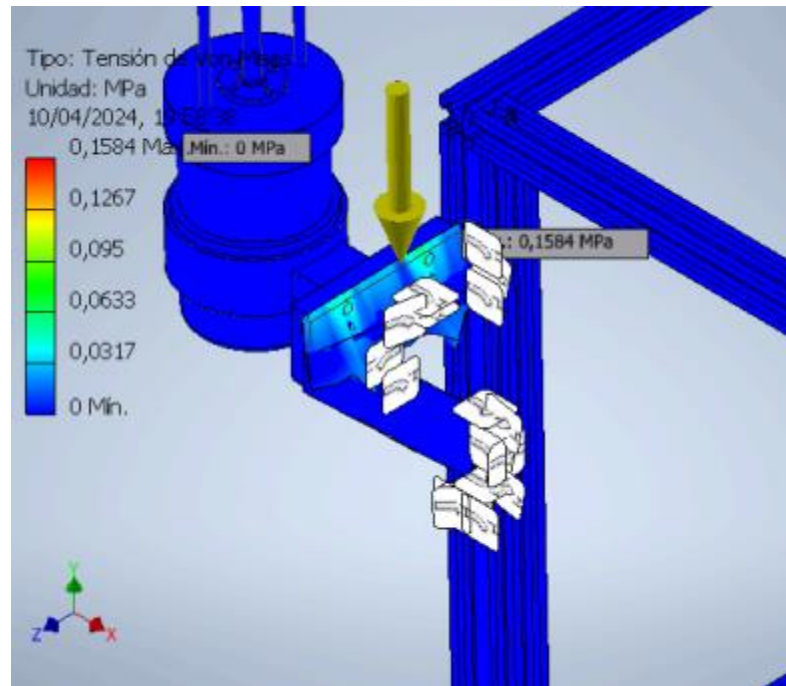
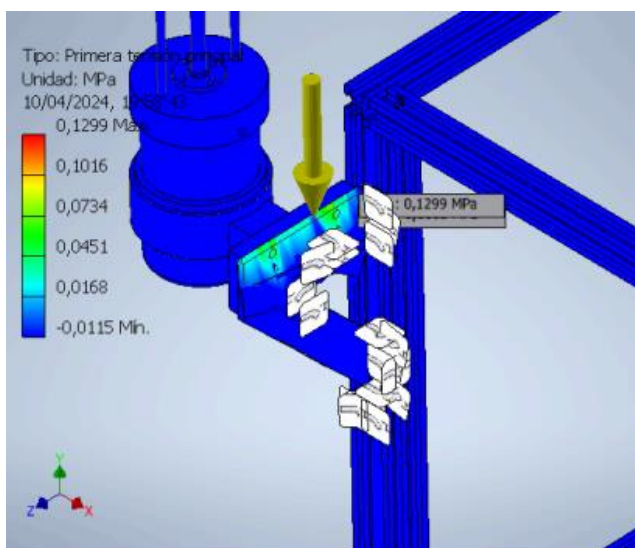
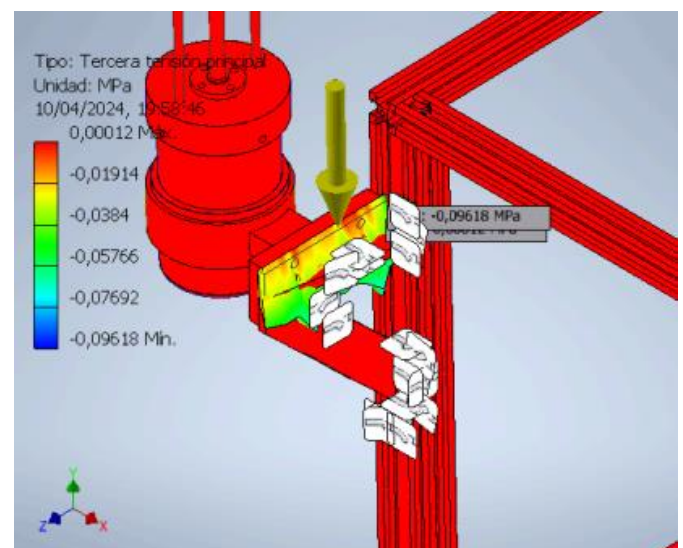


Figura 5.6 Von Mises Estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro



A)



B)

Figura 5.7 Von Mises A) 1° Tensión principal B) 3° Tensión principal

Los resultados del análisis de tensiones muestran valores negativos cercanos a cero. Esto indica que la estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro no experimenta ninguna tensión.

5.2.2 Deformaciones

En este apartado se adjuntará la Figura 5.8 donde muestra las deformaciones estáticas de la estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro. Se observa que los valores son negativos o prácticamente nulos, lo que significa que no existe deformación en el soporte.

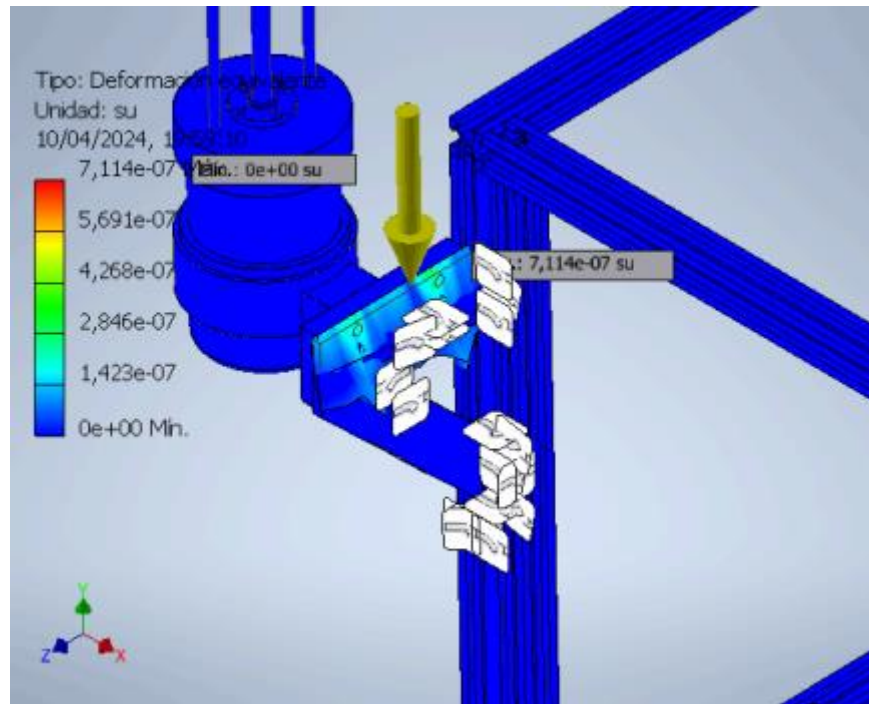
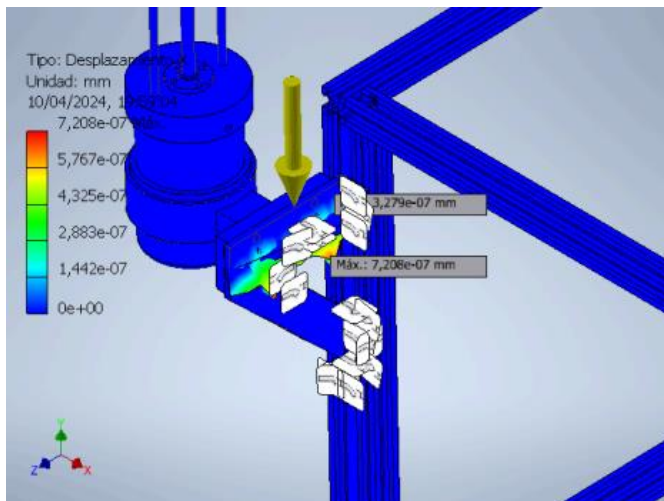


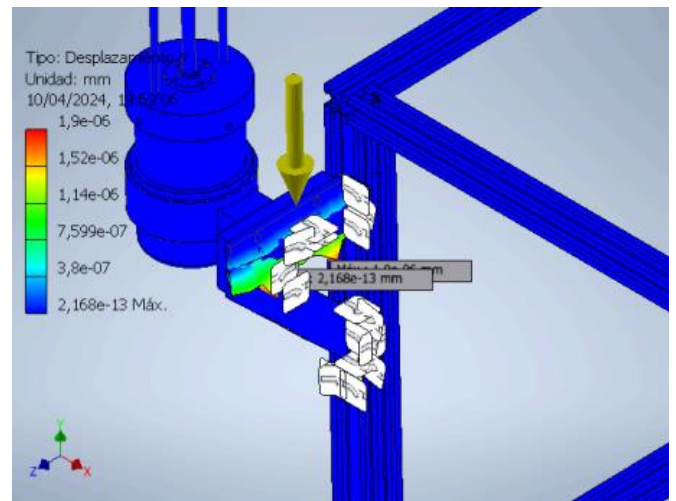
Figura 5.8 Deformaciones Estructura de la Impresora 3D Ender 5 Pro

5.2.3 Desplazamientos

Con respecto a los desplazamientos también, al igual que en el análisis efectuado en el soporte depósito-impresora, se puede observar que son prácticamente nulos. A continuación, se representará los desplazamientos en el eje X e Y (Figura 5.9) y en el eje Z (Figura 5.10).



A)



B)

Figura 5.9 Desplazamientos A) Eje X B) Eje Y

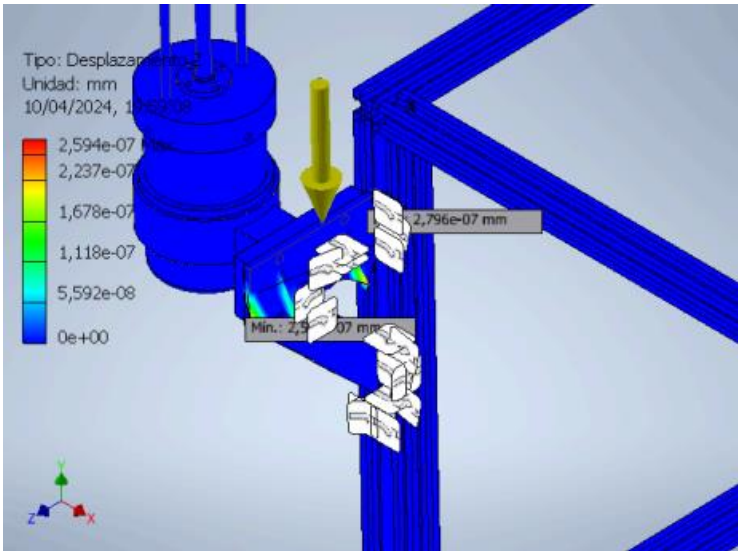


Figura 5.10 Desplazamientos Eje Z

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1 Descripción del apartado

En esta sección se expondrán las conclusiones derivadas del trabajo realizado y se evaluará si los objetivos inicialmente planteados fueron alcanzados satisfactoriamente. Además, se discutirán las posibles direcciones futuras que podrían explorarse para expandir y perfeccionar el proyecto presentado.

6.2 Conclusiones de los objetivos iniciales

6.2.1 Diseño y modelado 3D

Se ha desarrollado un diseño utilizando el modelado 3D que cumple con los criterios establecidos. Asimismo, se ha logrado generar una documentación técnica detallada que representa de manera precisa el sistema y sus capacidades. Además, se proporcionan todos los archivos editables en formato ipt (*Autodesk Inventor Professional*) y a parte se ha conseguido generar documentación técnica que incluye la representación gráfica de todas las piezas en archivos PDF con las medidas exactas de cada una. Estos planos junto con los archivos ipt facilitarán la comprensión y la fabricación precisa de las diferentes piezas del proyecto.

6.2.2 Configurabilidad

El sistema desarrollado ofrece una alta configurabilidad, permitiendo la integración de hasta cuatro sistemas de almacenamiento distintos, cada uno adaptado para manejar materiales específicos. Su diseño modular y flexible garantiza la óptima adaptabilidad a los diferentes materiales que se quieran utilizar a la hora del proceso de impresión.

6.3 Objetivos adicionales

6.3.1 Fabricación

Se ha diseñado un prototipo funcional para la impresión 3D de biomateriales que cumple con los requisitos y expectativas establecidos tanto en términos de funcionalidad como de resultados obtenidos. Es importante destacar que se ha explorado la posibilidad de implementar un sistema que permita el uso de cartuchos desechables para la impresión en 3D, Figura 6.1. Esta innovación potencial abre nuevas oportunidades para la optimización del proceso de impresión, la gestión de materiales y la reducción de residuos, lo que podría representar un avance significativo en la eficiencia y sostenibilidad del sistema en su conjunto.



Figura 6.1 Cartuchos desechables

6.4 Líneas futuras

Se han identificado posibles mejoras que podrían llevar este trabajo hacia una implementación futura más avanzada y efectiva.

- Implementación de una bomba para cartuchos estándar: esta adición permitiría el uso de cartuchos similares a los utilizados comercialmente para silicona o compuestos adhesivos, lo que evitaría la contaminación o deterioro del producto durante la manipulación. Un ejemplo de estos cartuchos sería el representado en la Figura 6.2.



Figura 6.2 Cartucho simple

- Utilización de cartuchos estándar de dos componentes: siguiendo la misma línea que la mejora anterior, este enfoque permitiría el uso de un sistema similar para dos componentes simultáneamente, lo que ampliaría la versatilidad y eficiencia del proceso.

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. Alvear-Puertas, P. Rosero-Montalvo, D. Peluffo-Ordóñez, y J. Pijal-Rojas, «Internet de las Cosas y Visión Artificial, Funcionamiento y Aplicaciones: Revisión de Literatura», *Enfoque UTE*, vol. 8, pp. 244-256, 2017.
- [2] M. Dipaola y F. M. Wodajo, *Impresión 3D en cirugía ortopédica*. Elsevier, 2019.
- [3] R. D. InfoDefensa, «El plan de Defensa para fabricar piezas con impresión 3D: 82 millones, alianza con Sicnova y cuatro centros», Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa. Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4678621/plan-defensa-fabricar-piezas-impresion-3d-82-millones-alianza-sicnova-cuatro-centros>
- [4] M. A. Araya Belmar, F. Devlieger Sollier, y A. Farias Flores, «Maquinaria de control numerico computarizado (CNC) y su aplicacion en el proceso de remanufactura maderera», 2002.
- [5] Metalmecánica, «Innovación en la fabricación: aditiva v.s sustractiva», Metalmecánica. Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/innovacion-en-la-fabricacion-aditiva-vs-sustractiva>
- [6] «Fabricación aditiva vs. fabricación sustractiva», Formlabs. Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://formlabs.com/es/blog/fabricacion-aditiva-vs-fabricacion-sustractiva/>
- [7] C. Vargas, «Impresora 3D por estereolitografía (TG 1803)», 1803.
- [8] «SLA - estereolitografía», Dassault Systèmes. Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/es/make/service/3d-printing-service/sla-stereolithography>
- [9] M. Coba Salcedo y E. Serres Moliner, «Estudio comparativo de dos tecnologías de mecanizado rápido; Coproinmold y sinterizado selectivo por láser», *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, n.º 38, pp. 64-72, 2006.
- [10] S. E. A. Ríos, C. O. B. Armendáriz, S. A. M. Estrada, D. C. Sáenz, y M. P. R. Salgado, «Comparación de polvos PA12 residuo de sinterizado láser selectivo con fines de reúso funcional», *CULCyT Cult. Científica Tecnológica*, vol. 18, n.º 1, pp. 1-10, 2021.
- [11] O. G. Orellana Lacs, «Sistema de impresión de corazón en 3D para prototipado rápido.», 2020.
- [12] R. Biota Torrecilla, J. Velázquez Sancho, y E. Cascarosa Salillas, «Estudio y caracterización de materiales para un prototipo de impresora 3D basada en la tecnología DLP», 2015.
- [13] «Inyección de material», Dassault Systèmes. Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/es/make/guide/process/material-jetting>
- [14] J. Hiemenz y I. Stratasys, «La impresión 3D con FDM:¿ Cómo funciona?», *Pixel Sist.*, 2011.
- [15] K. L. Alvarez, R. F. Lagos, y M. Aizpun, «Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM)», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 24, n.º ESPECIAL, pp. 17-24, 2016.
- [16] J. V. Molina Osejos, «Caracterización de materiales termoplásticos de abs y pla semi-rígido impresos en 3d con cinco mallados internos diferentes», 2016.

- [17] M. Fernandez Garcia, «ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-MECÁNICAS DEL ADOQUÍN CON POLIETILENO TEREFALATO RECICLADO Y ADOQUÍN CONVENCIONAL TIPO I», 2019.
- [18] «Cx5, un material que puede revolucionar el mundo de la impresión 3D». Accedido: 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.whatsnews.com/2016/09/03/cx5-un-material-que-puede-revolucionar-el-mundo-de-la-impresion-3d/>
- [19] C. L. Gil, «Bio impresión 3D: importancia en la actualidad», *J. BioFab*, vol. 1, n.º 1, pp. 1-35, 2022.
- [20] M. J. Vidal Ledo, I. del R. Morales Suárez, J. A. Menéndez Bravo, L. T. González Cárdenas, y M. Portuondo Sao, «Medicina de precisión personalizada», *Educ. Médica Super.*, vol. 34, n.º 1, 2020.
- [21] C. B. Sánchez, «MODELADO DE TUMORES DE PÁNCREAS MEDIANTE BIOIMPRESIÓN 3D», 2021.
- [22] C. S. Somolinos, «La impresión 4D como tecnología facilitadora de la robótica blanda», *Rev. Plásticos Mod. Cienc. Tecnol. Polímeros*, vol. 123, n.º 776, p. 1, 2022.
- [23] U. Martínez-Iranzo, E. Medina Ripoll, G. Utrilla Redondo, C. Garcia Bermell, I. Bermejo Bosch, y J. Lopez Pascual, «Aplicación de la Inteligencia Artificial al análisis biomecánico», *Innov. Biomecánica En Eur.*, n.º 9, pp. 1-7, 2020.
- [24] M. Bucco, «La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (prótesis, fármacos, órganos)», 2016.
- [25] «Informes_anticipando_BIOIMPRESION_digital.pdf». Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.instituto-roche.es/static/archivos/Informes_anticipando_BIOIMPRESION_digital.pdf
- [26] R. A. Lopez, «Impresión 3D y sus aplicaciones en Medicina», *Univ. Nac. Tucumán Jorn. Jóvenes Investig. Argent.*, 2018.
- [27] J. S. Galarza García, «Bio-impresión 3D y ELR's aplicada a la regeneración de cartílagos», 2023.
- [28] N. Cubo Mateo, «Diseño y desarrollo de nuevas biotintas y estrategias de bioimpresión para producir equivalentes simplificados de tejidos humanos, para su uso en la tierra y misiones exploratorias espaciales», 2021.
- [29] D. S. Garavito Garzón, M. A. Ibáñez Lozano, y M. Vergara Muriel, «Aplicaciones de la Bioimpresión 3D en la Regeneración de Estructuras de la Cavidad Bucal. Scoping Review», 2021.
- [30] J. Ramírez Zamora, «Desarrollo y validación de un modelo 3D cerebral para la simulación de la terapia de estimulación cerebral profunda (DBS)», 2021.
- [31] C. J. C. Molina, Á. P. M. Flores, P. R. M. Orbea, y M. J. C. Guillen, «Las bioimpresora al servicio de los pacientes con quemaduras», *Reciamuc*, vol. 3, n.º 3, pp. 107-121, 2019.
- [32] M. A. Lizarbe, «Sustitutivos de tejidos: de los biomateriales a la ingeniería tisular», *Rev R Acad Cienc Exact Fís Nat Esp*, vol. 101, n.º 1, pp. 227-249, 2007.
- [33] A. M., «La bioimpresión 3D y la ética, ¿cuáles son las normas actuales?», 3Dnatives. Accedido: 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/bioimpresion-3d-etica-normativa-041020232/>
- [34] G. Team, «Aluminio 6061: Conozca Sus Propiedades y Usos - Gabrian». Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gabrian.com/es/aluminio-6061-conozca-sus-propiedades-y-usos/>
- [35] C. Jaramillo, F. Almeraya Calderon, F. Estupiñan Lopez, y C. Gaona-Tiburcio, *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL ALUMINIO 6061-T6 CUANDO ES SOMETIDA A CORROSION ASISTIDA POR ESFUERZO*. 2014.
- [36] J. L. Cújar Vertel y J. A. De Oro Cogollo, «Microestructura y propiedades mecánicas del aluminio UNS A906061, del Bronce UNS C90700 y del Latón UNS C38500», 2018.
- [37] «Acero S355JR: características, propiedades, análogos - Metinvest». Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/s355jr>

- [38] E. G. Poveda, R. A. MARTINEZ, y I. O. PRIETO, «Acero inoxidable 316 y 316 L propiedades y característcas Fisico-Químicas», *Fund. Univ. Los Lib.*, 2011.
- [39] «Látex (caucho)». Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/1%C3%A1tex-caucho>
- [40] T. García, S. Cicero, V. Madrazo, C. T. de Componentes, y T. de Cantabria, «Aplicación de la curva maestra a un acero S275JR en condiciones entalladas», presentado en *Anales de Mecánica de la Fractura*, 2015, pp. 587-592.
- [41] «Motor Paso a Paso 3V 1.7A 68oz-in», RobotShop Europe. Accedido: 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://eu.robotshop.com/es/products/3v-17a-68oz-in-stepper-motor>

8 PRESUPUESTO

En este apartado se profundizará en el análisis detallado de cada pieza, presentando información específica y relevante en diversas tablas. Se abordarán aspectos como el tipo de material utilizado en cada pieza, su peso en kilogramos, el coste del material por kilogramo (€/kg) y el coste total del material. Además, se proporcionará información sobre la cantidad de cada material utilizada, su correspondiente coste total, el coste de fabricación de cada pieza y los proveedores que se han tomado como referencia. Es importante destacar que los precios mencionados son estándar a nivel nacional, basado en empresas originarias de Cartagena, pero pueden ser considerados como referencia. Hay que añadir que también se ha tenido en cuenta el total de tiempo utilizado para fabricar las piezas, y he estimado un 5% de costes indirectos (los consumibles a la hora de la fabricación de las piezas por cada empresa), el precio por el proceso de mecanizado de cada una de ellas. Finalmente, dos columnas donde, a través de todos los datos recogidos, viene reflejado el precio de coste y de venta final de cada pieza dando un beneficio de un 10% de su valor. Todos estos datos vienen reflejados en las Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, donde al final de esta viene el recogido el importe total necesario para la realización del proyecto.

Anteriormente hay que mencionar que se han incluido tablas. La presenta el presupuesto de fabricación de las diferentes piezas, donde se le incluye el beneficio industrial de estas, es decir, el beneficio que se sacaría de las piezas a la hora de su venta, hemos estimado en ganancia un 10% de beneficio. Además, en dicha tabla se incluyen los costos indirectos a la mano de obra, es decir, se han tenido en cuenta los costos de calidad, compras, amortización de activos pasivos como maquinaria, inmuebles o vehículos, así como su mantenimiento. Es importante tener en cuenta que, a mayor tamaño de la pieza, mayores serán los costos indirectos asociados.

Por otro lado, en la Tabla 5 Tabla 1, se detalla el precio de la maquinaria por hora, considerando los mismos porcentajes de beneficios y costes indirectos. Estos costos se tienen en cuenta durante el proceso de fabricación de las piezas y contribuyendo al cálculo del costo total de producción.

	PRECIO HORA DE MAQUINARIA	
	H. MÁQUINA TORNO(h)	H. MÁQUINA FRESA(h)
IMPORTE VENTA	28 €	32 €
IMPORTE COSTE	20 €	22 €

Tabla 1 Precio hora maquinaria

PIEZAS	MATERIAL	PESO(Kg)	COSTE MATERIAL(€/Kg)	COSTE MATERIAL	CANTIDAD
ACOPLAMIENTO ELÁSTICO	Aluminio 6061	-	-	17,99	1
BASE BOQUILLA	Acero inoxidable	0,26	7,2	1,872	1
DEPÓSITO	Aluminio 6061	1,64	4,8	7,872	1
ÉMBOLO	Aluminio 6061	0,5	4,8	2,4	1
GUÍA DEL HUSILLO	Bronce	0,2	12,5	2,5	1
GUÍA MOTOR-TAPA-HUSILLO	Hierro	0,1	2,1	0,21	2
HUSILLO	Acero inoxidable	0,7	7,2	5,04	1
MOTOR	-	-	-	33,28	1
BOQUILLA	Acero inoxidable	0,1	7,2	0,72	1
RACOR	Acero inoxidable		7,2	7,2	2
BOQUILLA					
RACOR	Acero inoxidable		7,2	7,2	1
DEPÓSITO					
SOPORTE					
SISTEMA DE INYECCIÓN	Hierro	Corte láser	6	6	1
SOPORTE					
DEPÓSITO 1	Aluminio 6061	0,1	4,8	0,48	1
SOPORTE					
DEPÓSITO 2	Aluminio 6061	0,1	4,8	0,48	1
SOPORTE					
DEPÓSITO 3	Aluminio 6061	0,1	4,8	0,48	1
SOPORTE					
DEPÓSITO-IMPRESORA	Hierro	Corte láser		8	1
SOPORTE					
MOTOR	Hierro	0,35	2,1	0,735	1
SOPORTE					
BOQUILLA	Acero inoxidable	0,1	7,2	0,72	1
TAPA DEPÓSITO	Aluminio 6061	0,3	4,8	1,44	1
TÓRICA 27x3	Caucho			1,5	1
TÓRICA 52x3	Caucho			2	2
	Acero				
TORNILLO M3x10	galvanizado	-	-	0,08	7
	Acero				
TORNILLO M4x10	galvanizado	-	-	0,1	12
	Acero				
TORNILLO M5x10	galvanizado	-	-	0,15	4
	Acero				
TORNILLO M5x10	galvanizado	-	-	0,15	4
AVELLANADO					
MEZCLADOR	Acero inoxidable	0,1	7,2	0,72	1
TUBO BOQUILLA	Acero inoxidable	0,1	7,2	0,72	1
	Acero				
TUERCA EN T	galvanizado	-	-	1	2
	Acero				
TUERCA M5	galvanizado	-	-	0,05	4

UNIÓN HUSILLO- ÉMBOLO	Aluminio 6061	0,1	4,8	0,48	1
--------------------------	---------------	-----	-----	------	---

Tabla 2 Materiales, peso del material e importe

PIEZAS	TOTAL MATERIAL	FABRICACIÓN - SUM. MATERIAL	H. MÁQUINA TORNO(h)	H. MÁQUINA FRESA(h)
ACOPLAMIENTO ELÁSTICO	17,99	Amazon		
BASE BOQUILLA	1,872	Comercial García	3	1
DEPÓSITO	7,872	Inalcoa	4	1
ÉMBOLO	2,4	Inalcoa	3	1
GUÍA DEL HUSILLO	2,5	Hurtado suministros	2	1
GUÍA MOTOR-TAPA-HUSILLO	0,42	Aesmed	1	
HUSILLO	5,04	Comercial García	3	
MOTOR	33,28	-		
BOQUILLA	0,72	Comercial García	3	
RACOR BOQUILLA	14,4	Comercial García		
RACOR DEPÓSITO	7,2	Comercial García		
SOPORTE SISTEMA DE INYECCIÓN	6	Aesmed		
SOPORTE DEPÓSITO 1	0,48			2
SOPORTE DEPÓSITO 2	0,48	Inalcoa	1	1
SOPORTE DEPÓSITO 3	0,48	inalcoa		1,5
SOPORTE DEPÓSITO-IMPRESORA	8	VALERO		
SOPORTE MOTOR	0,735	Aesmed		2
SOPORTE BOQUILLA	0,72	Comercial García		
TAPA DEPÓSITO	1,44	Inalcoa	1	3
TÓRICA 27x3	1,5			
TÓRICA 52x3	4			
TORNILLO M3x10	0,56	Leroy Merlín		

TORNILLO M4x10	1,2	Leroy Merlin		
TORNILLO M5x10	0,6	Leroy Merlin		
TORNILLO M5x10 AVELLANADO	0,6	Leroy Merlin		
MEZCLADOR	0,72	Comercial García	14	
TUBO BOQUILLA	0,72	Comercial García	1,5	
TUERCA EN T	2	Leroy Merlin		
TUERCA M5	0,2	Leroy Merlin		
UNIÓN HUSILLO- ÉMBOLO	0,48	Inalcoa	0,5	1

Tabla 3 Precio total piezas, suministradores de las piezas y horas mecanizado

PIEZAS	IMPORTE CONSUMIBLES	COSTE MECANIZADO	PRECIO COSTE (€)	PRECIO VENTA (€)
ACOPLAMIENTO ELÁSTICO		0 €	17,99	20,6885
BASE BOQUILLA	2	82 €	85,872	126,06216
DEPÓSITO	2,5	102 €	112,372	162,91716
ÉMBOLO	2	82 €	86,4	126,672
GUÍA DEL HUSILLO	1,5	62 €	66	96,8625
GUÍA MOTOR-TAPA- HUSILLO	0,5	40 €	40,92	30,4101
HUSILLO	1,5	60 €	66,54	95,5962
MOTOR	0	0 €	33,28	38,4384
BOQUILLA	1,5	60 €	62,22	90,6066
RACOR BOQUILLA	0	0 €	14,4	16,632
RACOR DEPÓSITO	0	0 €	7,2	8,316
SOPORTE SISTEMA DE INYECCIÓN	0	0 €	6	6,93
SOPORTE DEPÓSITO 1	1	44 €	45,48	68,8044
SOPORTE DEPÓSITO 2	1	42 €	43,48	64,6044
SOPORTE DEPÓSITO 3	0,75	33 €	34,23	51,7419
SOPORTE DEPÓSITO- IMPRESORA	0	0 €	8	9,24
SOPORTE MOTOR	1	44 €	45,735	69,098925
SOPORTE BOQUILLA	0	0 €	0,72	0,8316
TAPA DEPÓSITO	2	86 €	89,44	133,9632
TÓRICA 27x3	0	0 €	1,5	1,7325
TÓRICA 52x3	0	0 €	4	4,62
TORNILLO M3x10	0	0 €	0,56	0,6468

TORNILLO M4x10	0	0 €	1,2	1,386
TORNILLO M5x10	0	0 €	0,6	0,693
TORNILLO M5x10 AVELLANADO	0	0 €	0,6	0,693
MEZCLADOR	7	280 €	287,72	419,7816
TUBO BOQUILLA	0,75	30 €	31,47	45,7191
TUERCA ENT	0	0 €	2	2,31
TUERCA M5	0	0 €	0,2	0,231
UNIÓN HUSILLO- ÉMBOLO	0,75	32 €	33,23	49,6419
IMPORTE TOTAL	25,75	1079	1229,359	1745,870945

Tabla 4 Importes de las piezas y presupuesto final

Además de los costos mencionados, es necesario considerar las horas dedicadas al diseño y programa del software de la impresora, que suman un total de 40 horas de diseño y 8 horas de programación. A un valor de 35 € por hora, esto equivaldría a un costo adicional de 1680 €. Estos montos deben ser incrementados en un 10% para el beneficio industrial y un 5% para los costos indirectos, de manera similar a lo realizado anteriormente.

	PRECIO HORA	HORAS	PRECIO COSTE (€)	PRECIO VENTA (€)
PIEZAS	*	*	1229,36	1745,87
INGENIERÍA	35	40	1400	1610
PROGRAMACIÓN	35	8	280	322
IMPRESORA	*	*	1011	1162
IMPORTE TOTAL	*	48	3920,36	4839,87

Tabla 5 Importe final

9 PLANOS

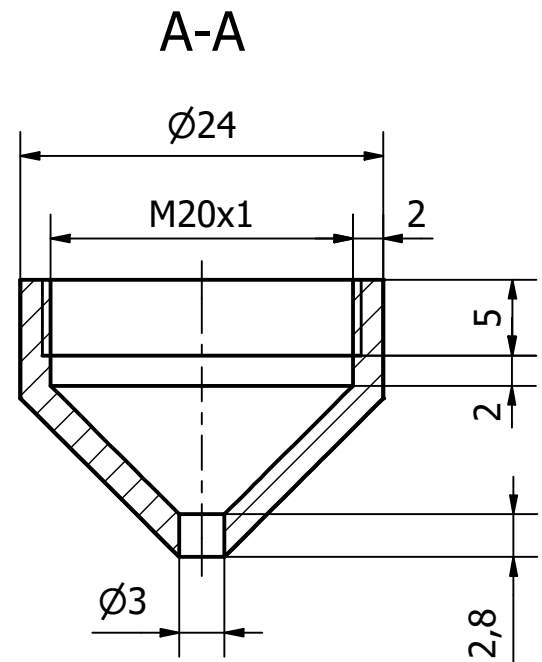
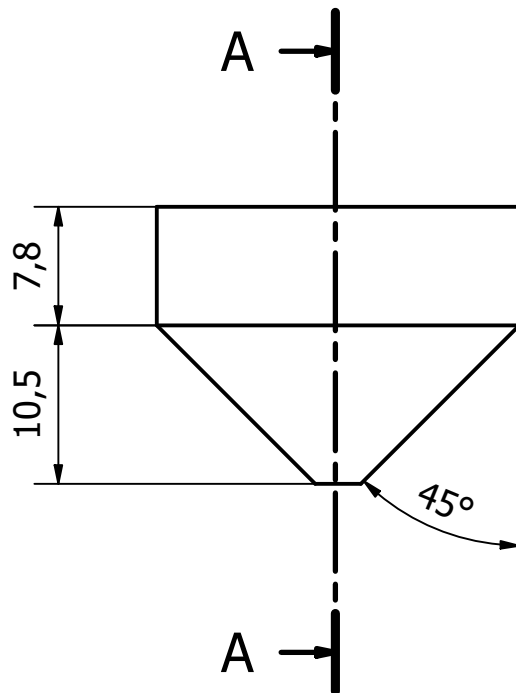
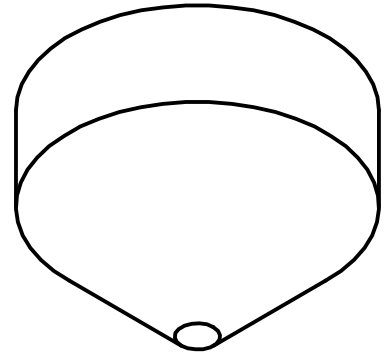
9.1 Descripción del apartado

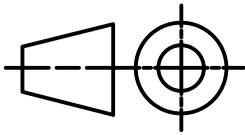
En esta sección, se presentarán los planos detallados del proyecto, donde cada uno tendrá las vistas necesarias para entender la fabricación de las piezas, junto con todas las dimensiones correctamente acotadas.

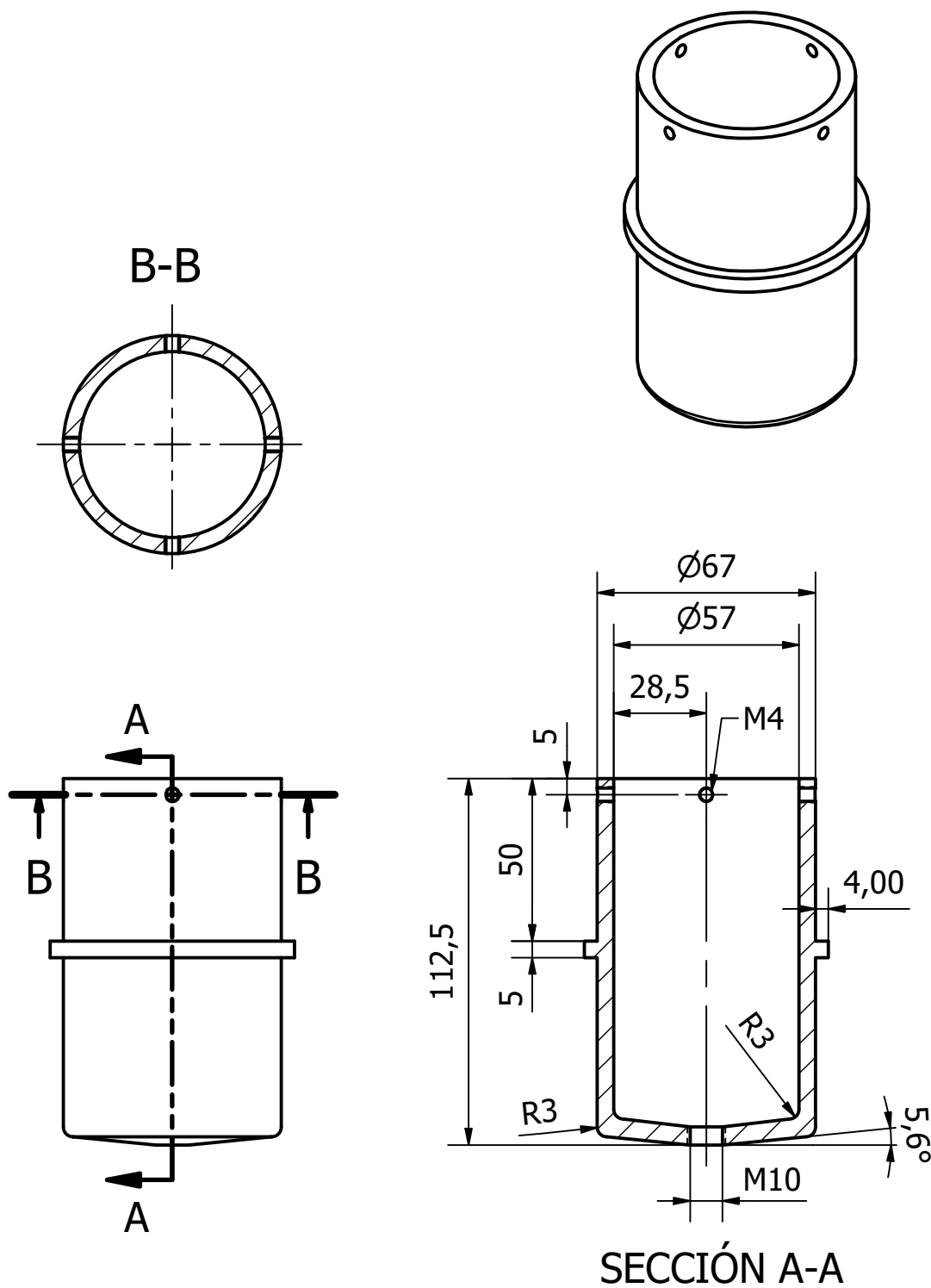
Para los ensamblajes se han seleccionado formatos A3 y A4 según la complejidad y el detalle requerido, cumpliendo con los estándares establecidos por la normativa ISO para una mejor comprensión. Por otro lado, los planos que representan piezas individuales se han diseñado en formato A4.

A continuación, se presenta el índice de los planos que se detallarán posteriormente:

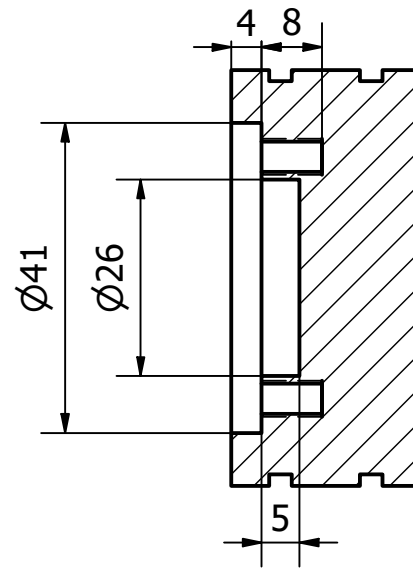
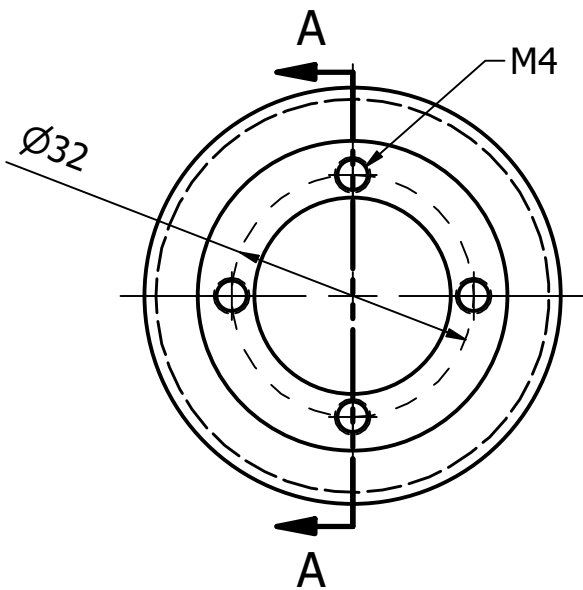
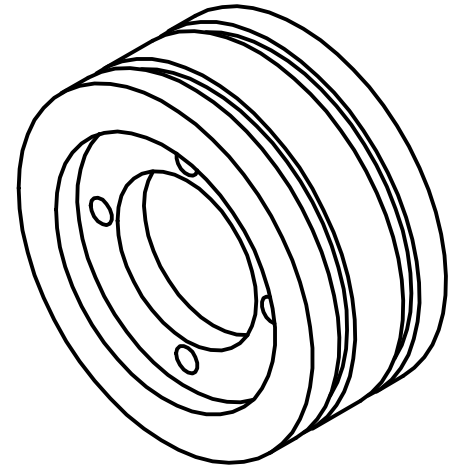
1. Ensamblaje sistema de inyección: en este plano se muestra una vista isométrica del conjunto con la propia seccionada. Además, dispone también de un listado de piezas propias del ensamblaje
2. Tapa sistema de inyección
3. Base boquilla
4. Tubo boquilla
5. Soporte sistema de inyección
6. Boquilla
7. Mezclador
8. Ensamblaje soporte depósito: en este plano se muestra una vista isométrica del conjunto con la propia seccionada. Además, dispone también de un listado de piezas propias del ensamblaje
9. Soporte depósito 1
10. Soporte depósito 2
11. Soporte depósito 3
12. Ensamblaje depósito: en este plano se muestra una vista isométrica del conjunto con la propia seccionada. Además, dispone también de un listado de piezas propias del ensamblaje
13. Depósito
14. Émbolo
15. Guía husillo
16. Guía motor-tapa-husillo
17. Husillo TR8x8
18. Tapa depósito
19. Unión husillo-émbolo
20. Soporte depósito-impresora
21. Soporte motor



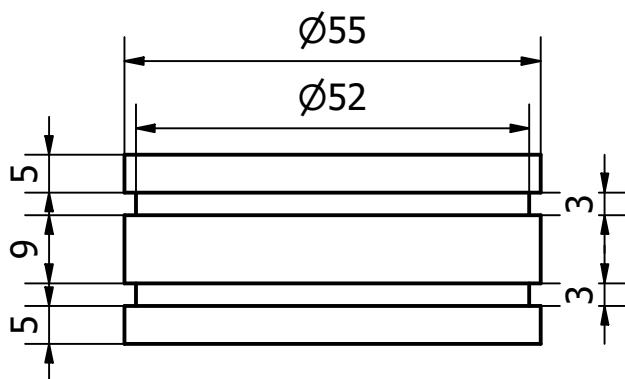
Nº plano	6		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	BOQUILLA	
Escala	2:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



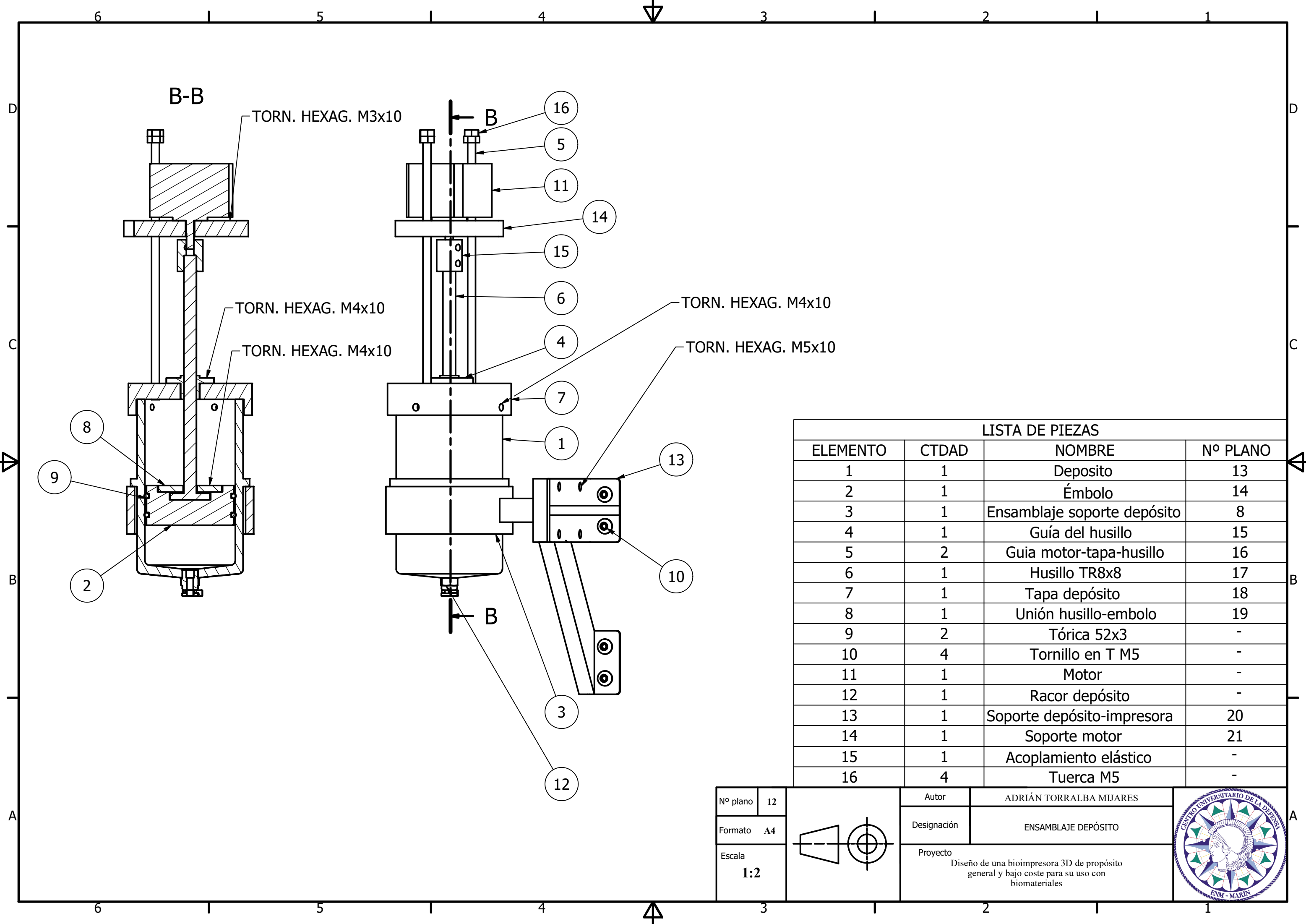
Nº plano	13		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	DEPÓSITO	
Escala	1:2		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



SECCIÓN A-A

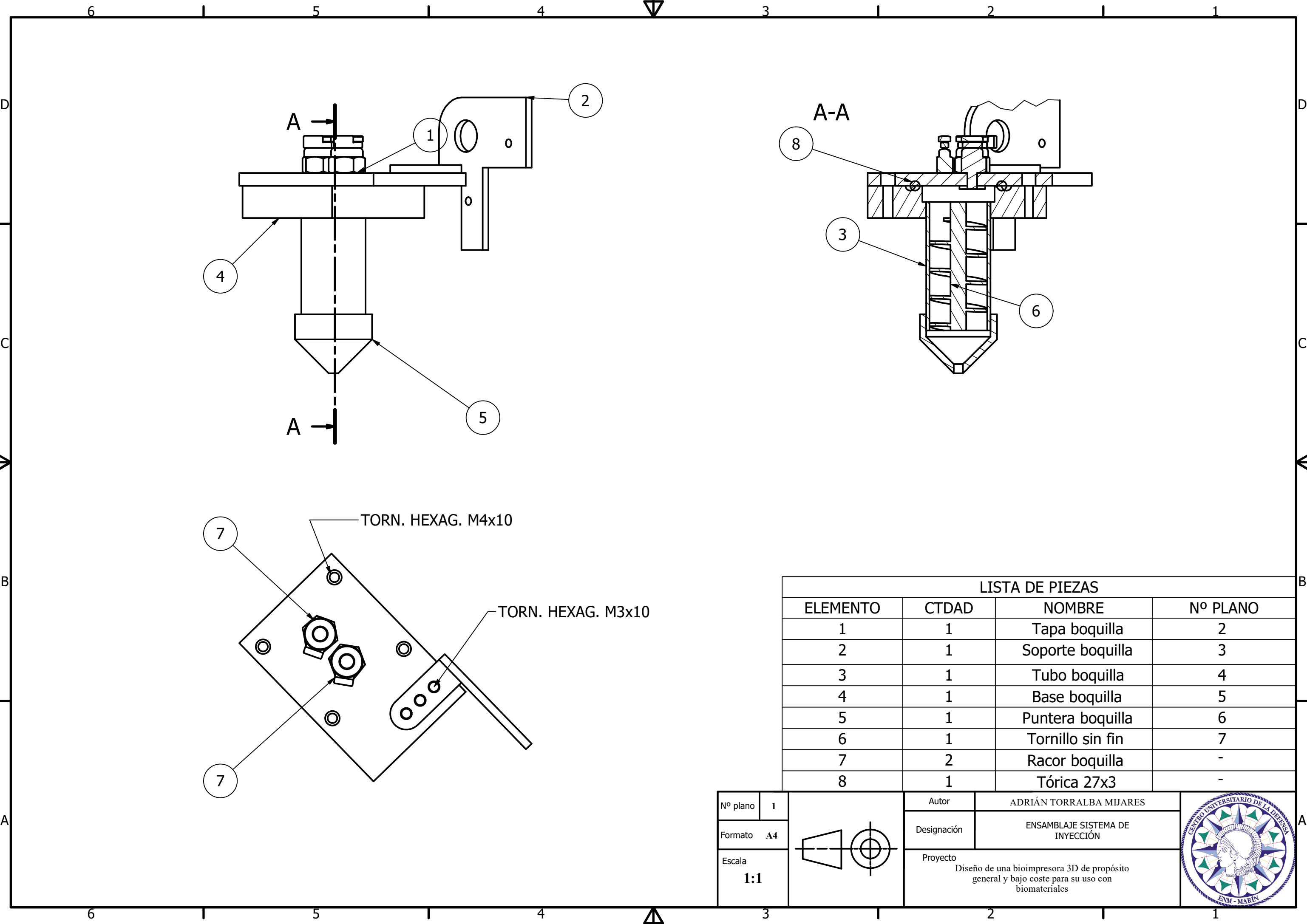


Nº plano	14		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	ÉMBOLO	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



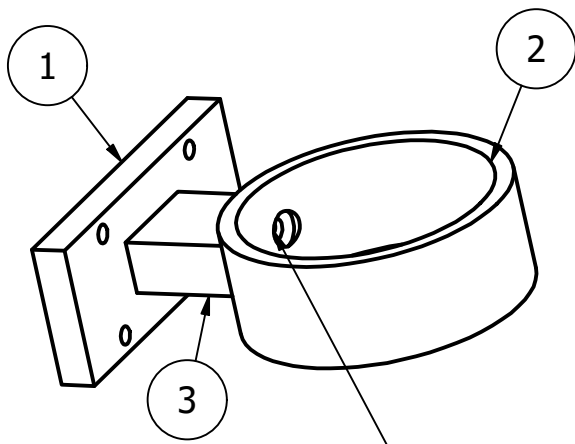
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	NOMBRE	Nº PLANO
1	1	Deposito	13
2	1	Émbolo	14
3	1	Ensamblaje soporte depósito	8
4	1	Guía del husillo	15
5	2	Guia motor-tapa-husillo	16
6	1	Husillo TR8x8	17
7	1	Tapa depósito	18
8	1	Unión husillo-embolo	19
9	2	Tórica 52x3	-
10	4	Tornillo en T M5	-
11	1	Motor	-
12	1	Racor depósito	-
13	1	Soporte depósito-impresora	20
14	1	Soporte motor	21
15	1	Acoplamiento elástico	-
16	4	Tuerca M5	-

Nº plano	12		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	ENSAMBLAJE DEPÓSITO	
Escala	1:2		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

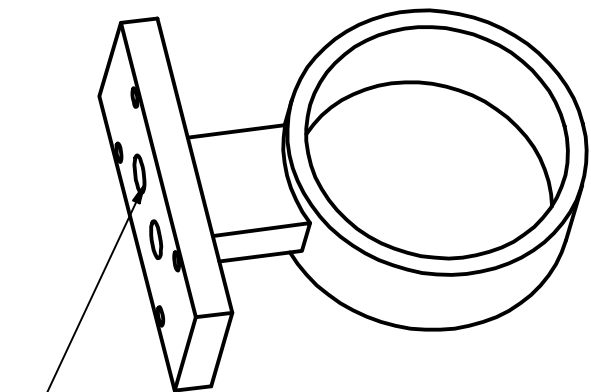


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	NOMBRE	Nº PLANO
1	1	Tapa boquilla	2
2	1	Soporte boquilla	3
3	1	Tubo boquilla	4
4	1	Base boquilla	5
5	1	Puntera boquilla	6
6	1	Tornillo sin fin	7
7	2	Racor boquilla	-
8	1	Tórica 27x3	-

Nº plano	1		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	ENSAMBLAJE SISTEMA DE INYECCIÓN	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



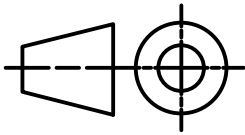
TOR. AVELL. M5x10

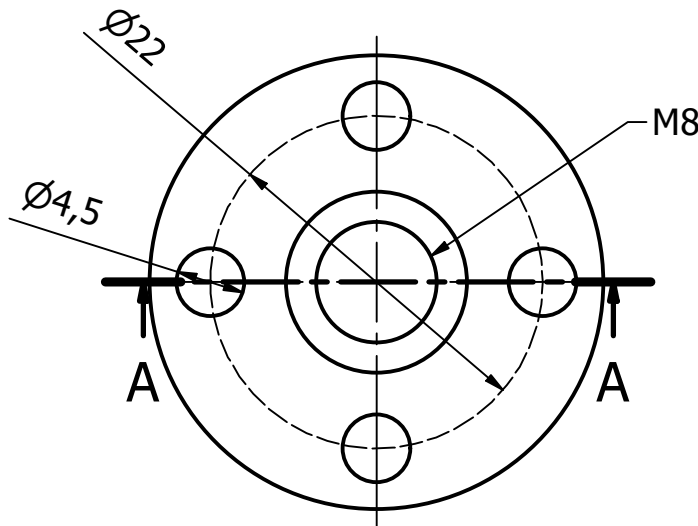
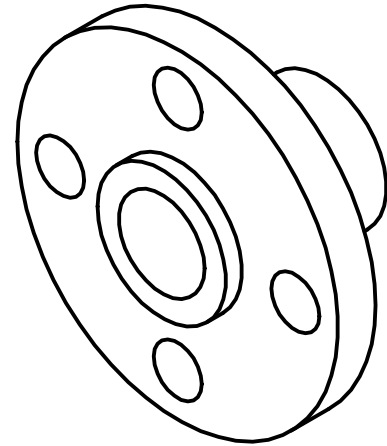
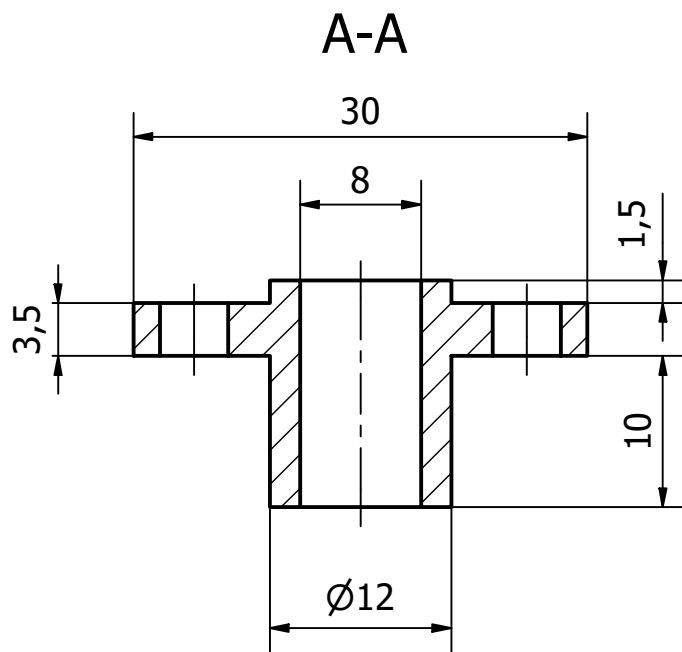


TOR. AVELL. M5x10

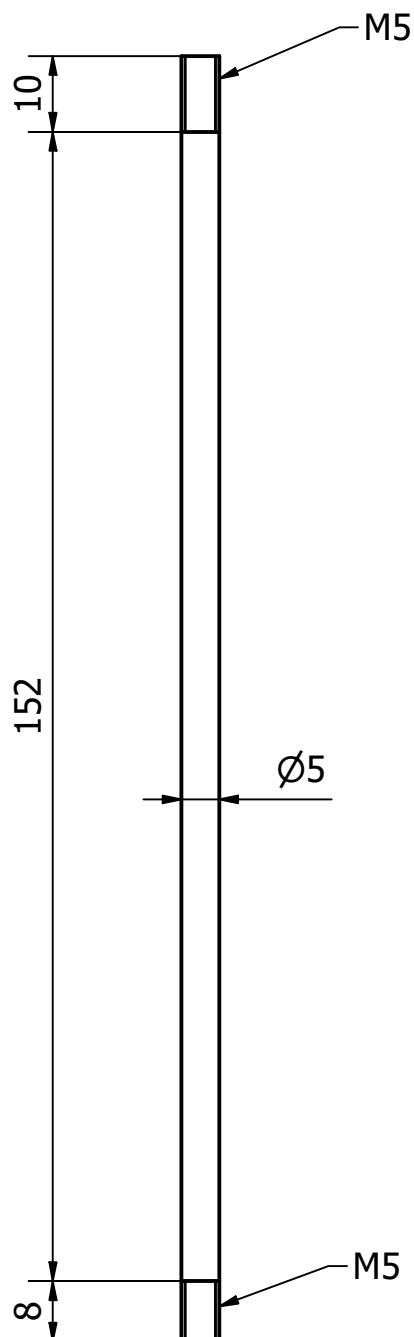
LISTA DE PIEZAS

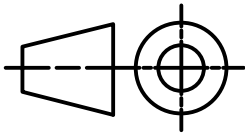
ELEMENTO	CTDAD	NOMBRE	Nº PLANO
1	1	Soporte depósito 1	9
2	1	Soporte depósito 2	10
3	1	Soporte depósito 3	11

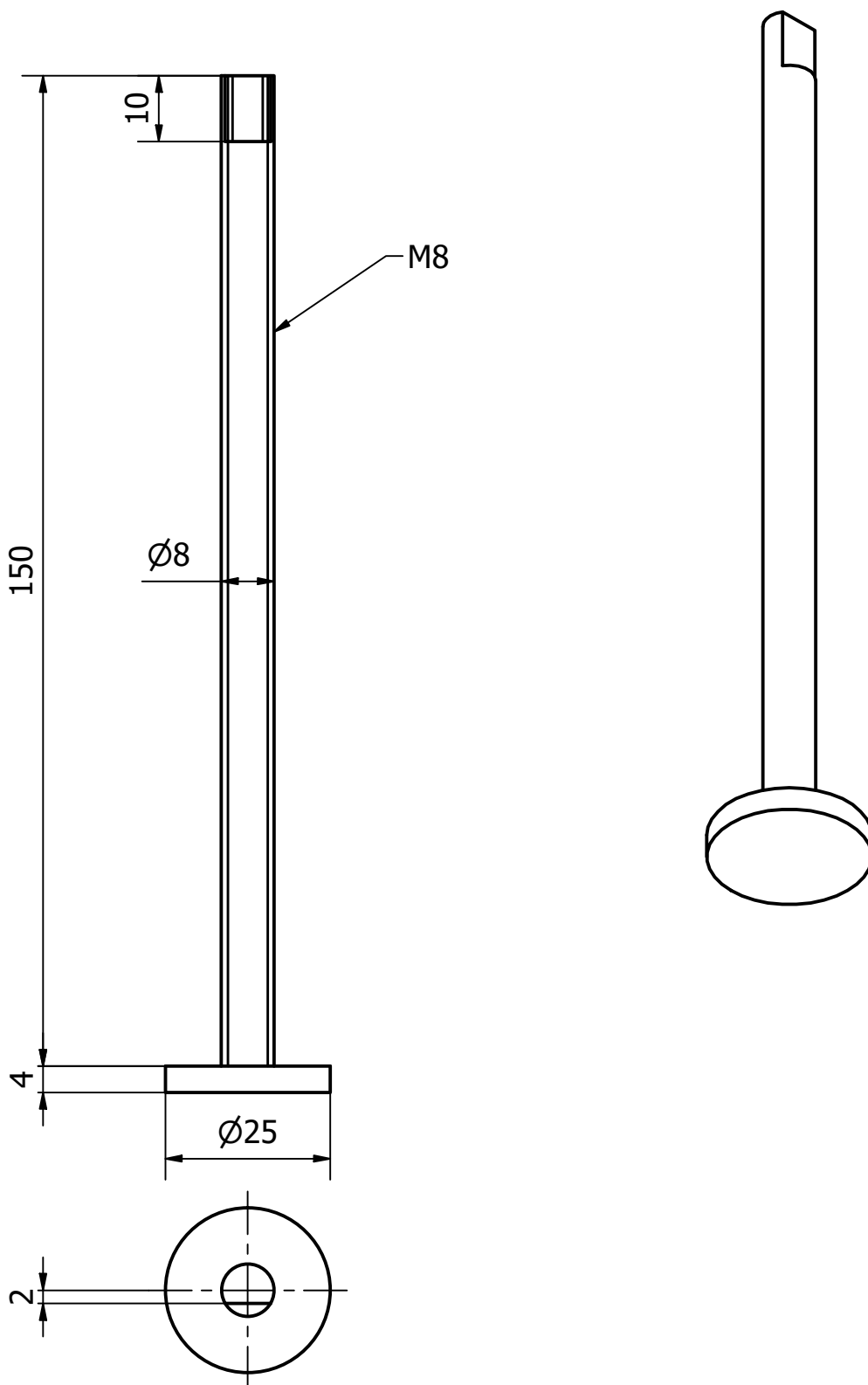
Nº plano	8		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	ENSAMBLAJE SOPORTE DEPÓSITO	
Escala	1:2		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

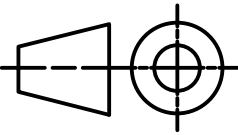


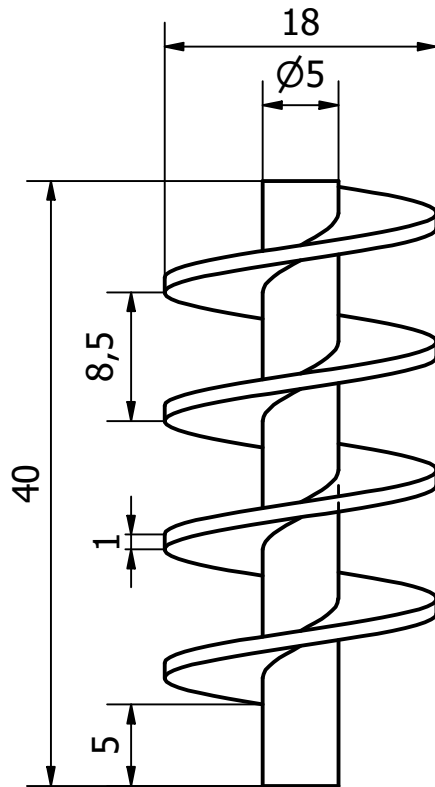
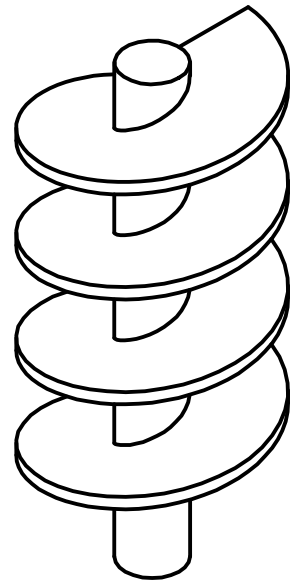
Nº plano	15		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	GUÍA HUSILLO	
Escala	2:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

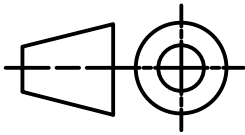


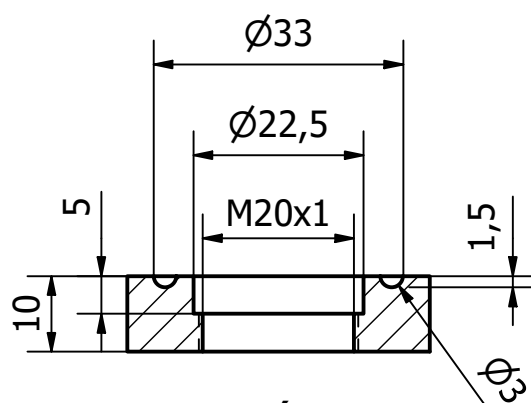
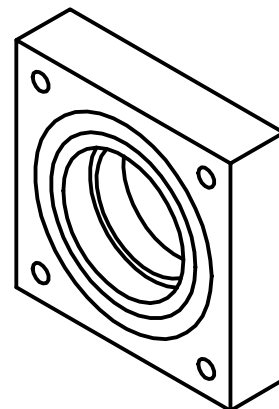
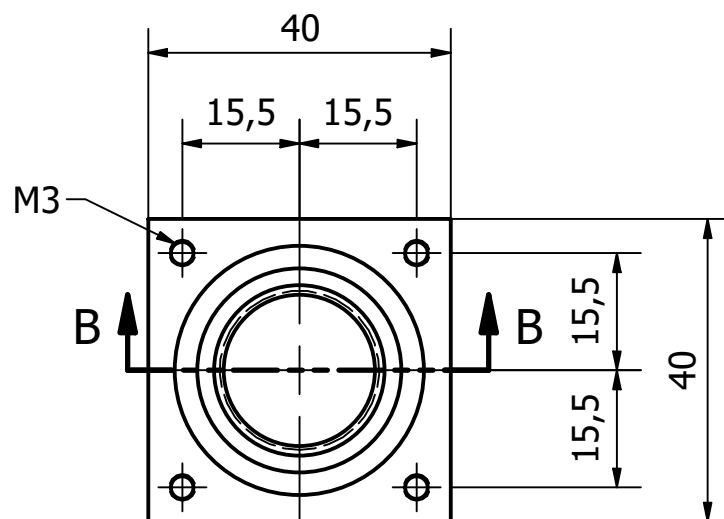
Nº plano	16		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	GUÍA MOTOR-TAPA-HUSILLO	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



Nº plano	17		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	HUSILLO TR8x8	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

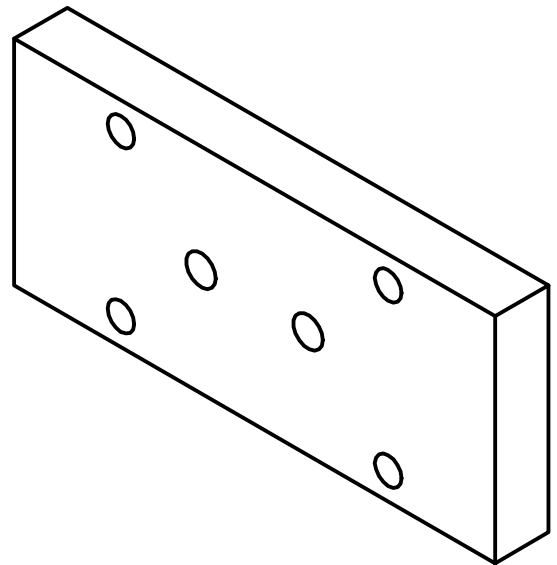


Nº plano	7		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	MEZCLADOR	
Escala	2:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

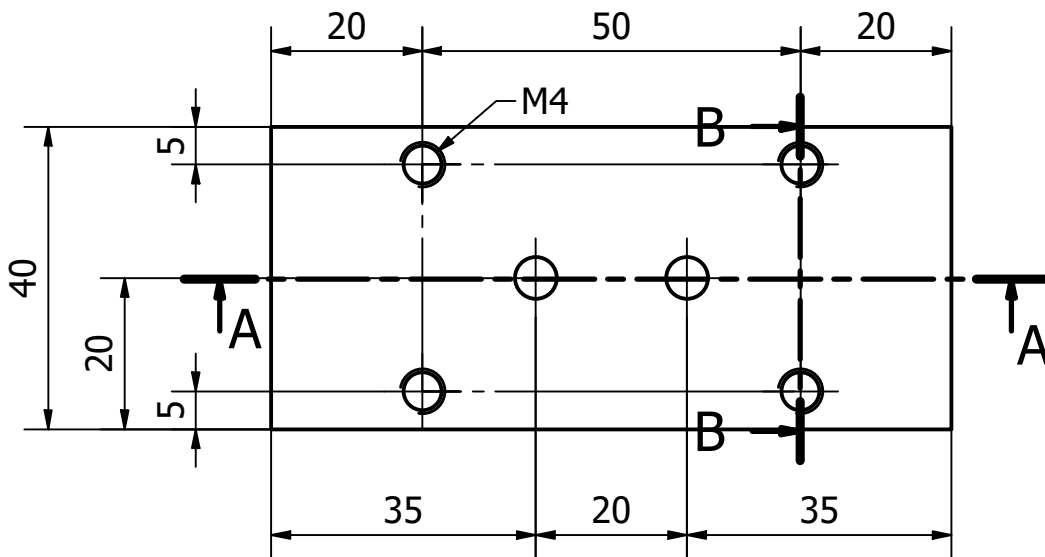
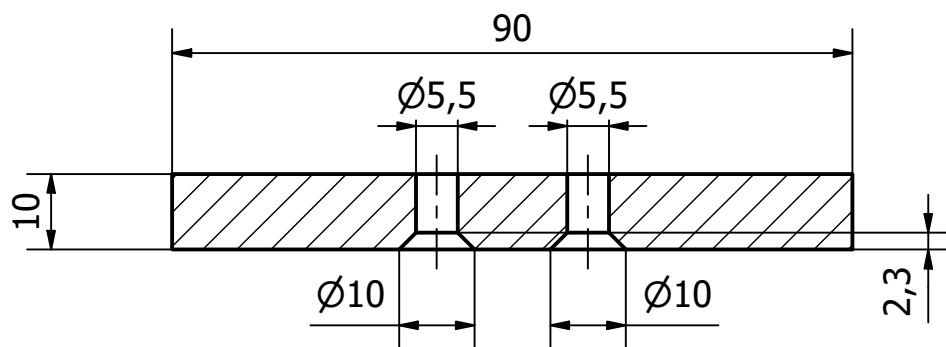


SECCIÓN B-B

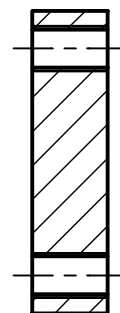
Nº plano	5		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE BOQUILLA	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



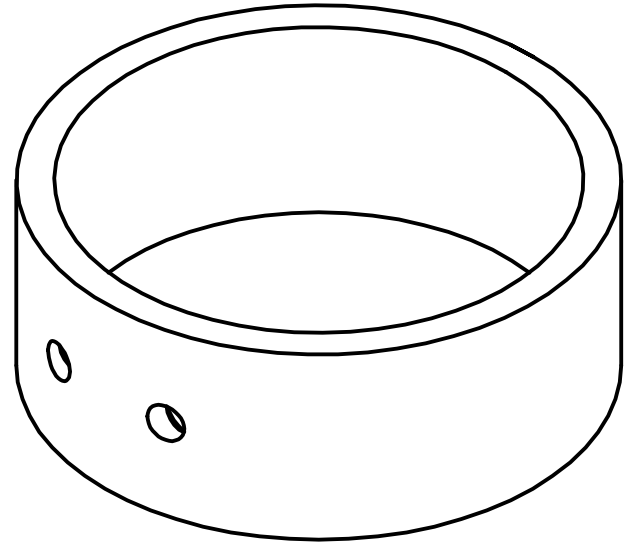
A-A



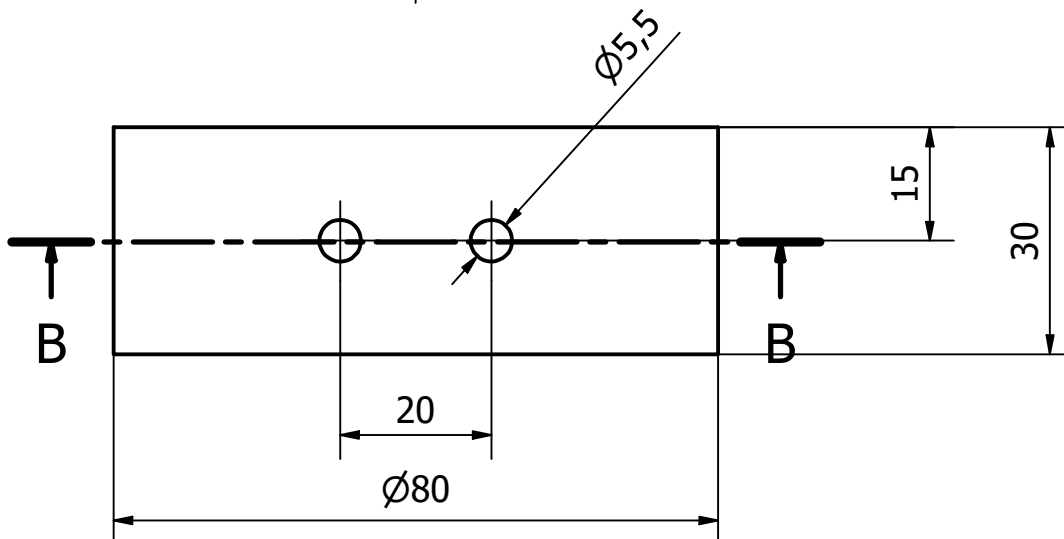
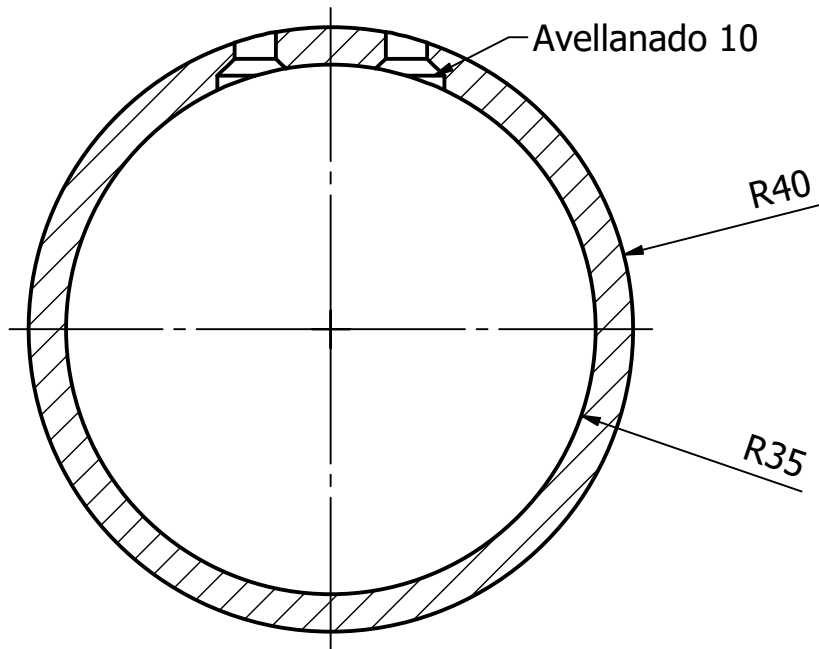
B-B



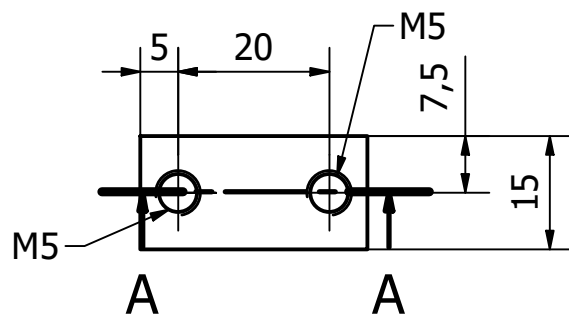
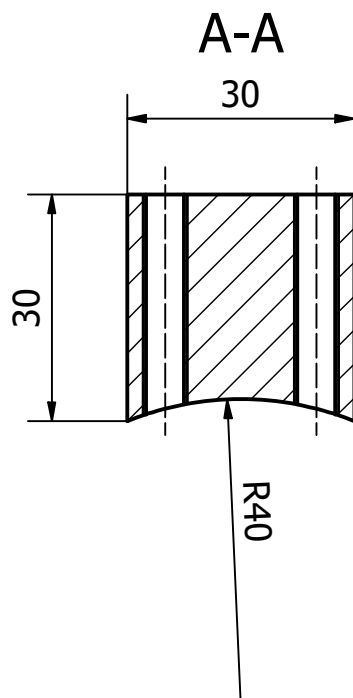
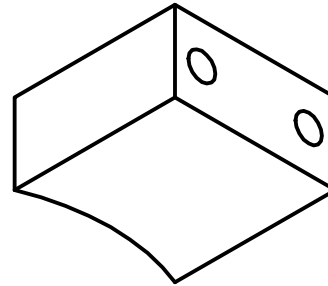
Nº plano	9		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE DEPÓSITO 1	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



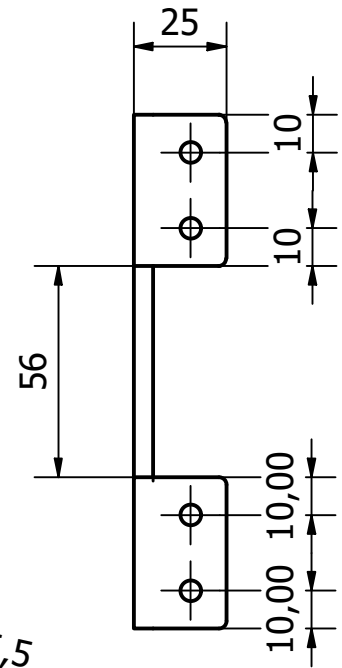
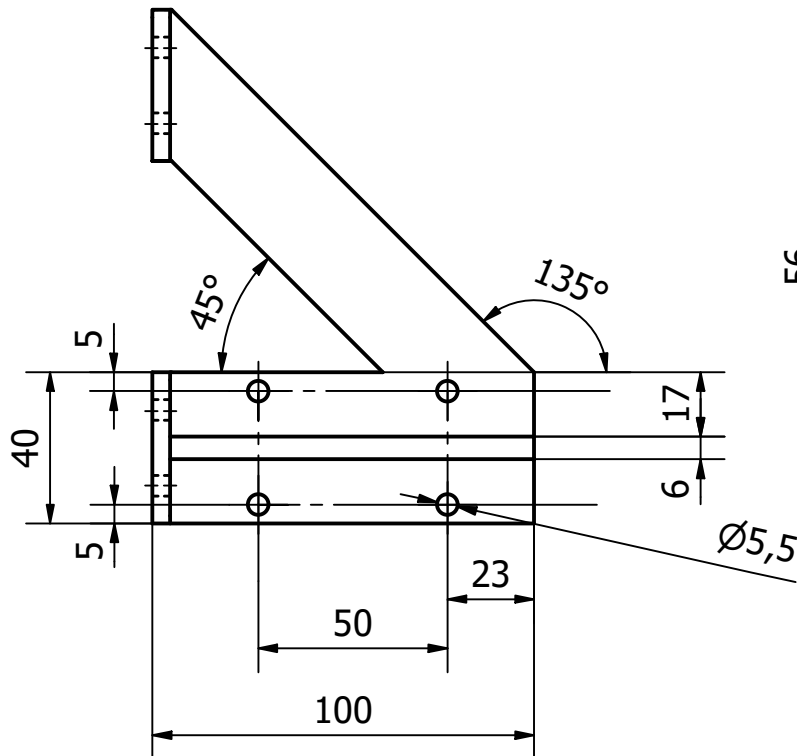
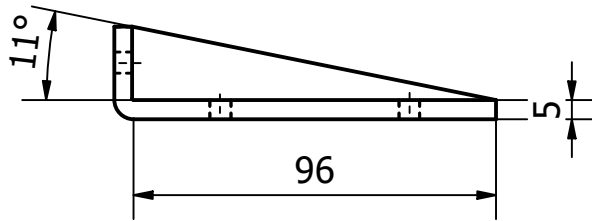
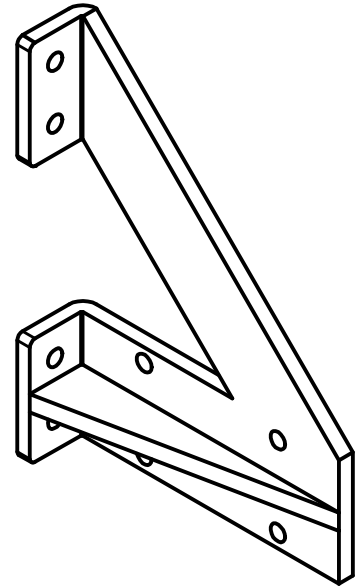
B-B



Nº plano	10		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE DEPÓSITO 2	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

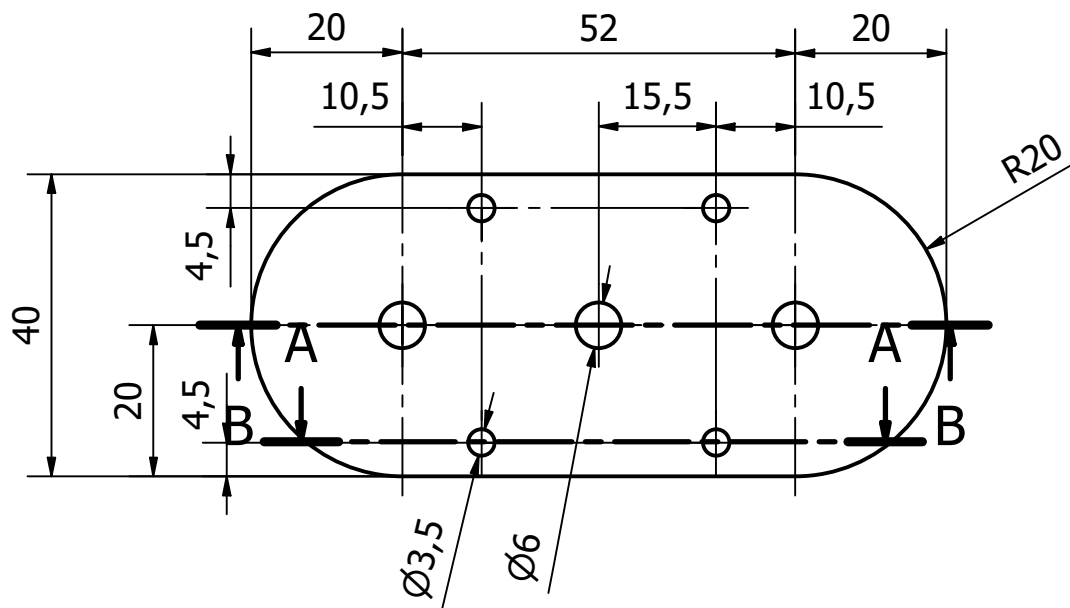
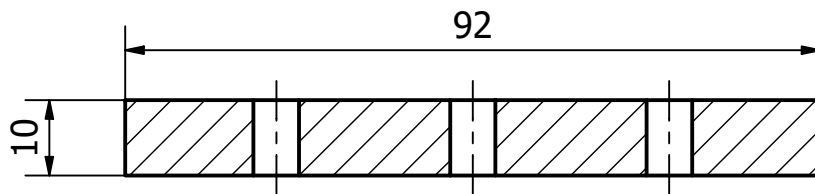


Nº plano	11		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE DEPÓSITO 3	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

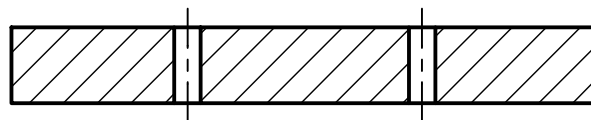


Nº plano	20		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE DEPÓSITO-IMPRESORA	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

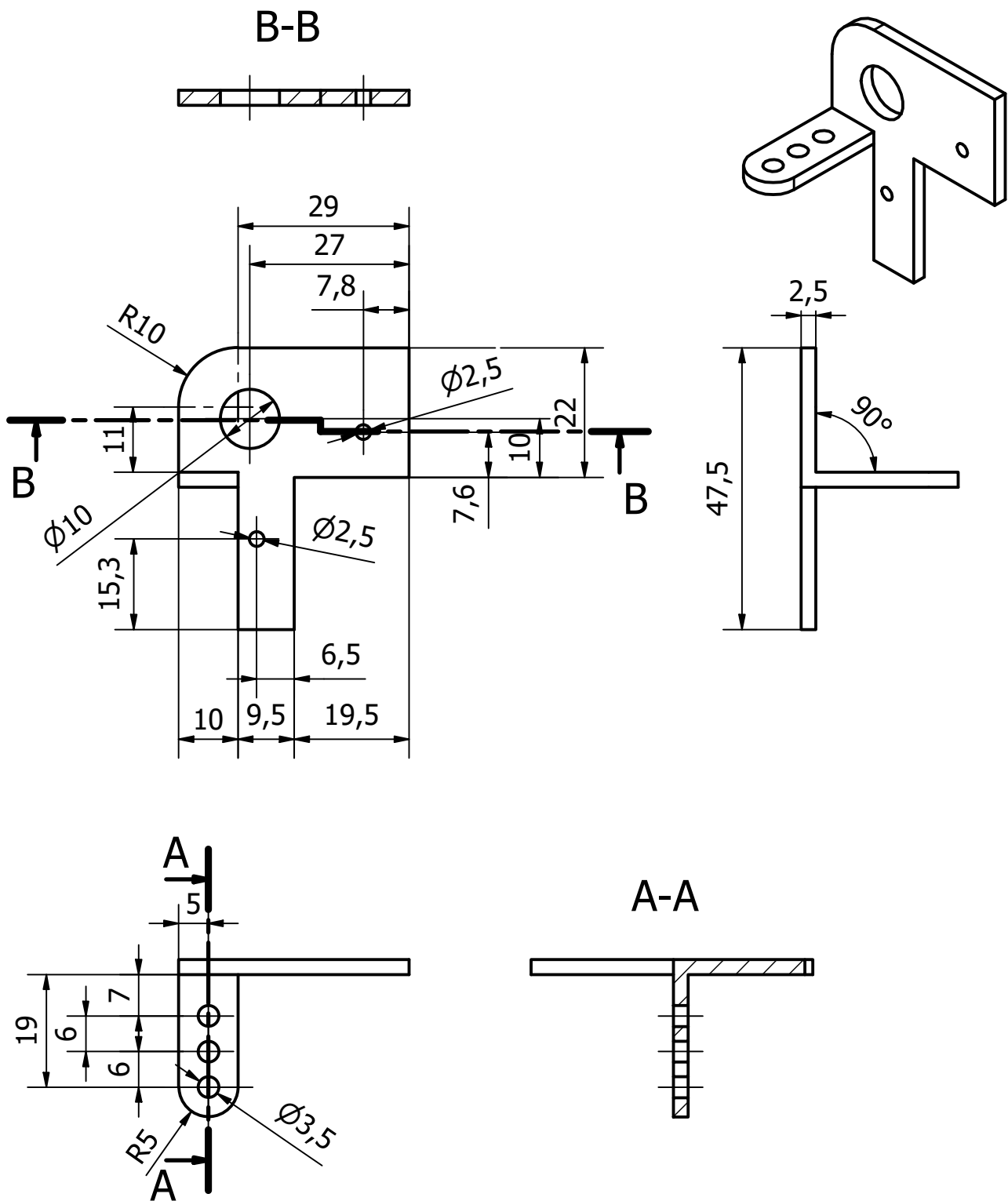
B-B



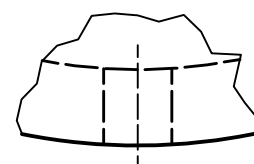
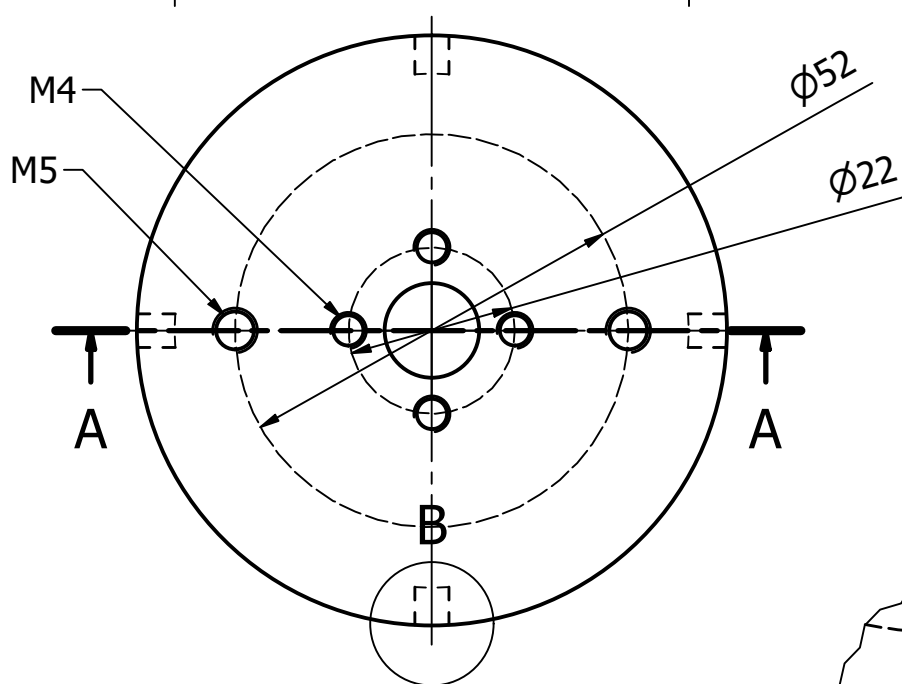
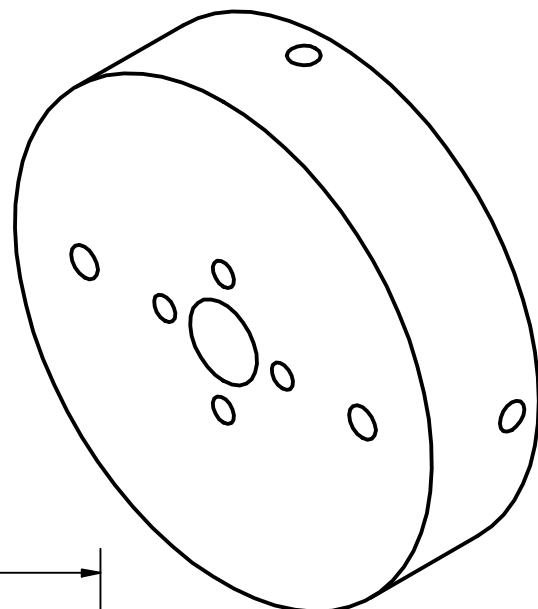
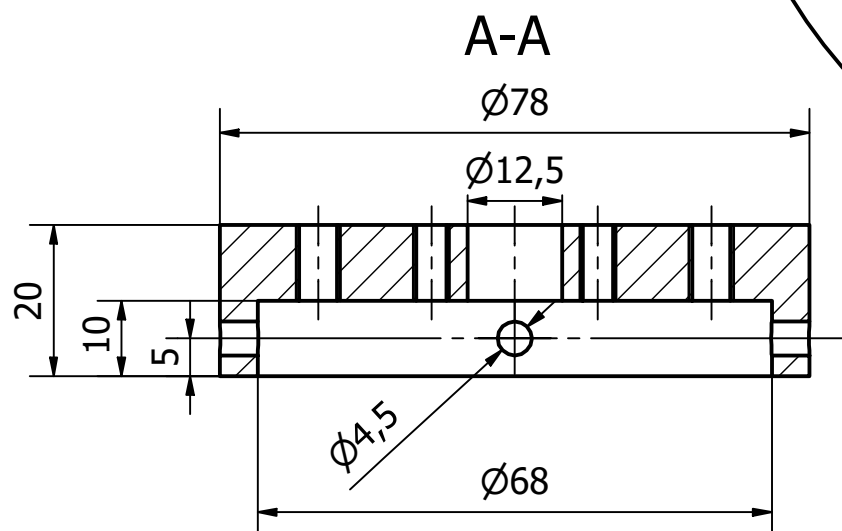
A-A



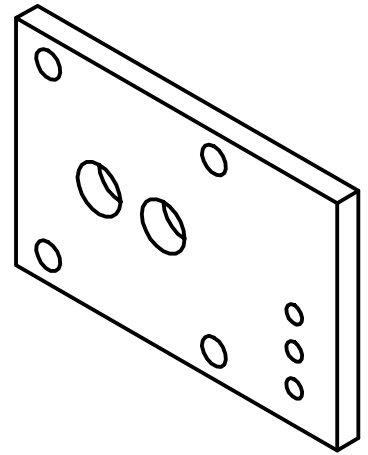
Nº plano	21		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE MOTOR	
Escala 1:1			Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



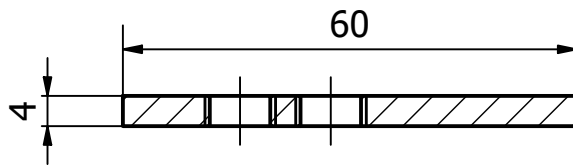
Nº plano	3		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	SOPORTE BOQUILLA	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



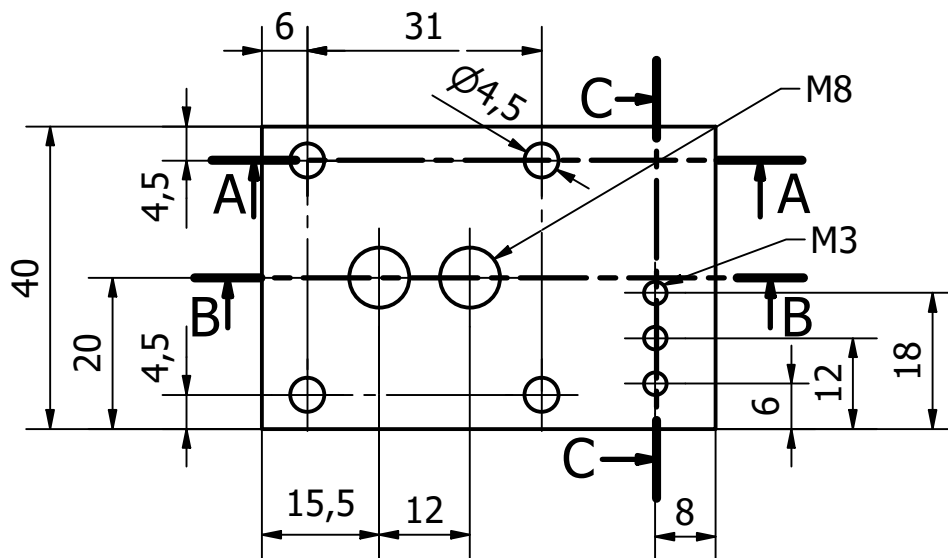
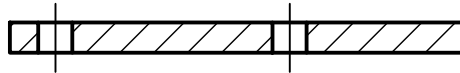
Nº plano	18		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	TAPA DEPÓSITO	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



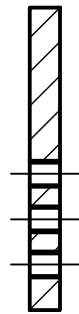
B-B



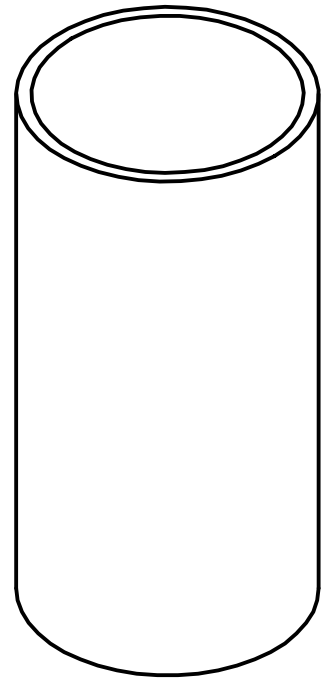
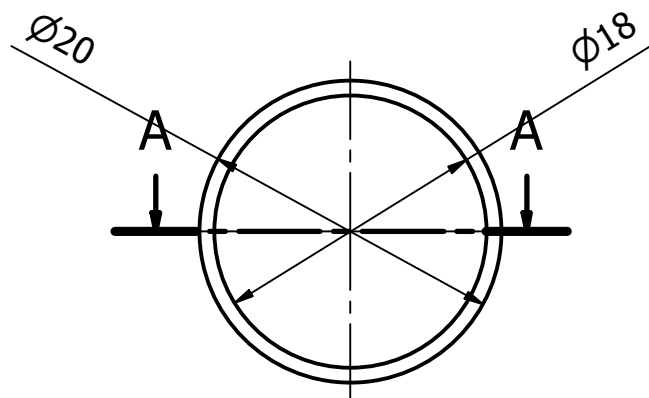
A-A



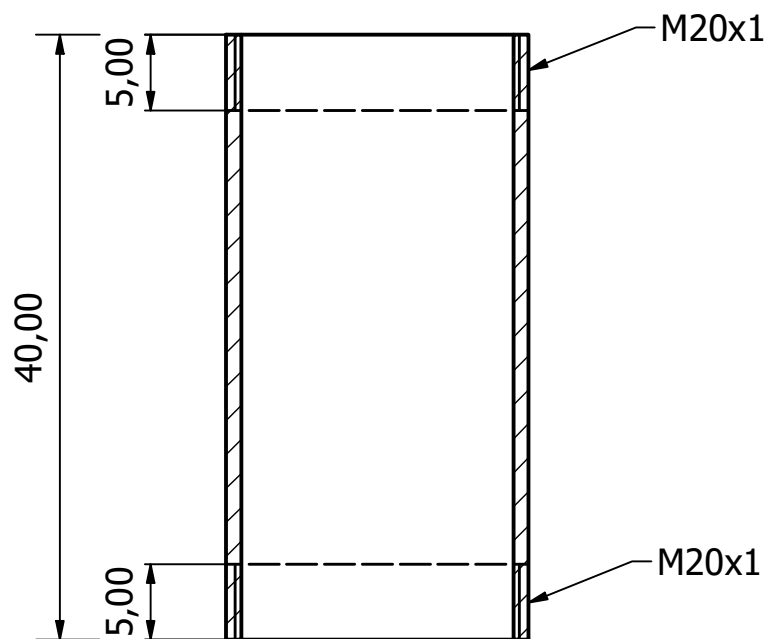
C-C

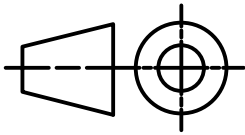


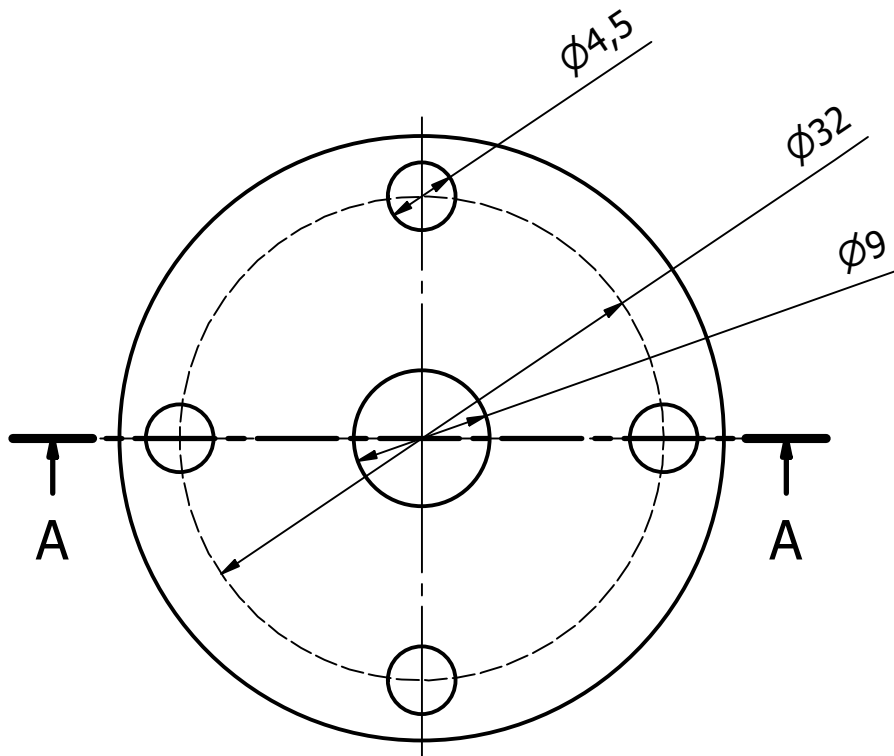
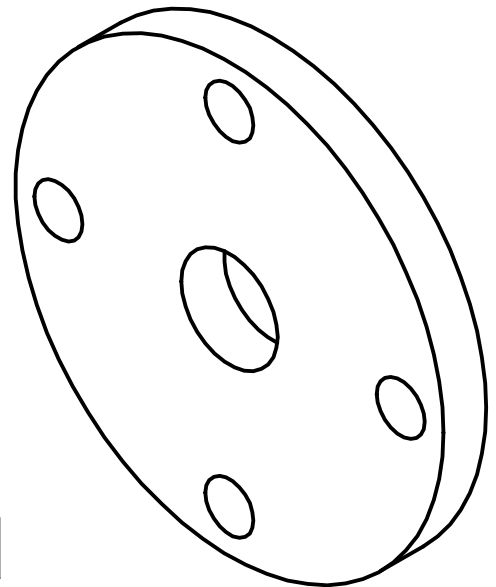
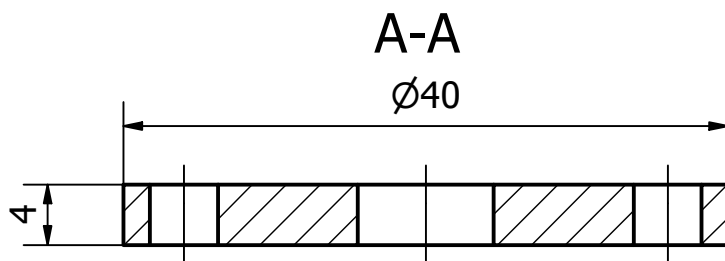
Nº plano	2		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	TAPA SISTEMA DE INYECCIÓN	
Escala	1:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



A-A



Nº plano	4		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	TUBO BOQUILLA	
Escala	2:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	



Nº plano	19		Autor	ADRIÁN TORRALBA MIJARES	
Formato	A4		Designación	UNIÓN HUSILLO-ÉMBOLO	
Escala	2:1		Proyecto	Diseño de una bioimpresora 3D de propósito general y bajo coste para su uso con biomateriales	

ANEXO I: IMPLICACIONES SOCIALES, Y/O ECONÓMICAS, Y/O AMBIENTALES

En primer lugar, desde una perspectiva social, la implementación de sistemas de impresión 3D, especialmente orientados hacia la bioimpresión, puede tener un impacto positivo en la sociedad al ofrecer soluciones innovadoras para la salud y la medicina. La capacidad de imprimir tejidos y órganos humanos tiene el potencial de revolucionar el campo de la medicina regenerativa, ofreciendo nuevas esperanzas para pacientes que necesitan trasplantes o tratamientos médicos personalizados. Esto puede mejorar la calidad de vida de las personas, reducir las listas de espera para trasplantes y ofrecer tratamientos más efectivos y menos invasivos.

En el ámbito económico, la implementación de sistemas de impresión 3D, especialmente orientados hacia la bioimpresión, puede generar impactos sustanciales en la economía a varios niveles. En primer lugar, la industria de la impresión 3D está experimentando un crecimiento acelerado y está generando nuevas oportunidades de empleo en una variedad de campos. La demanda de mano de obra calificada en áreas como el diseño, la ingeniería, la fabricación y la investigación y desarrollo está en aumento, lo que crea oportunidades de empleo para profesionales especializados.

Además, el desarrollo de tecnologías de impresión 3D puede estimular la innovación y la creación de nuevas empresas. La capacidad de fabricar productos personalizados de manera eficiente y asequible abre las puertas a emprendedores y startups que pueden aprovechar estas tecnologías para desarrollar productos innovadores y llevarlos al mercado. Esto puede conducir a un aumento en la competitividad y la diversificación económica, fortaleciendo así el tejido empresarial y promoviendo el crecimiento económico.

Asimismo, la producción de dispositivos y materiales relacionados con la impresión 3D puede impulsar la economía local y nacional al fomentar la creación de empresas emergentes y la inversión en tecnología. La fabricación de componentes y consumibles para impresoras 3D, así como la prestación de servicios de diseño y fabricación aditiva, pueden convertirse en sectores económicos prósperos que contribuyan al desarrollo económico y la generación de empleo.

Por otro lado, en el aspecto ambiental, la adopción de tecnologías de fabricación aditiva como la impresión 3D puede tener efectos positivos y negativos. Por un lado, la fabricación bajo demanda puede reducir el desperdicio de materiales al minimizar la producción en masa y permitir la personalización de productos. Sin embargo, la utilización de ciertos materiales y procesos de fabricación puede generar residuos y emisiones contaminantes. Es importante considerar el ciclo de vida completo de los productos impresos en 3D y buscar materiales y métodos de fabricación que minimicen su impacto ambiental.

En conclusión, el proyecto aborda importantes implicaciones sociales, económicas y ambientales al desarrollar tecnologías de impresión 3D orientadas hacia la bioimpresión. Estas implicaciones deben ser consideradas y evaluadas cuidadosamente para garantizar que el proyecto contribuya de manera positiva al bienestar de la sociedad, la economía y el medio ambiente.

ANEXO II: REFLEXIONES ÉTICAS Y SOCIALES

El desarrollo de este proyecto conlleva importantes reflexiones éticas y sociales que merecen ser consideradas en profundidad. En primer lugar, desde una perspectiva ética, es crucial garantizar que todas las actividades relacionadas con la bioimpresión y la impresión 3D se realicen de manera ética y responsable. Esto implica respetar los principios éticos fundamentales, como el respeto a la dignidad humana, la integridad, la autonomía y la justicia, en todas las etapas del proyecto.

En el ámbito social, es importante considerar el impacto que el proyecto puede tener en la sociedad en general y en comunidades específicas. Por ejemplo, el acceso equitativo a la tecnología de impresión 3D y a los productos resultantes es fundamental para garantizar que todos se beneficien de las innovaciones en este campo. Esto puede implicar la necesidad de políticas públicas que promuevan la accesibilidad y la equidad en el acceso a la atención médica y a los productos médicos personalizados fabricados con tecnología de impresión 3D.

Asimismo, es esencial abordar las implicaciones sociales de la bioimpresión en términos de equidad y justicia en el acceso a los tratamientos médicos y a los avances tecnológicos. Es importante considerar cómo estas tecnologías pueden contribuir a reducir las desigualdades en la salud y a mejorar la calidad de vida de las personas, especialmente en comunidades marginadas o desatendidas.

ANEXO III: PLIEGO DE CONDICIONES

- *Objetivo*

Creación y diseño de una bioimpresora 3D, basándose en una impresora convencional realizándole a la misma una serie de ensamblajes. Consiguiendo que confeccione órganos y tejidos funcionales, muy útiles para el área de la salud.

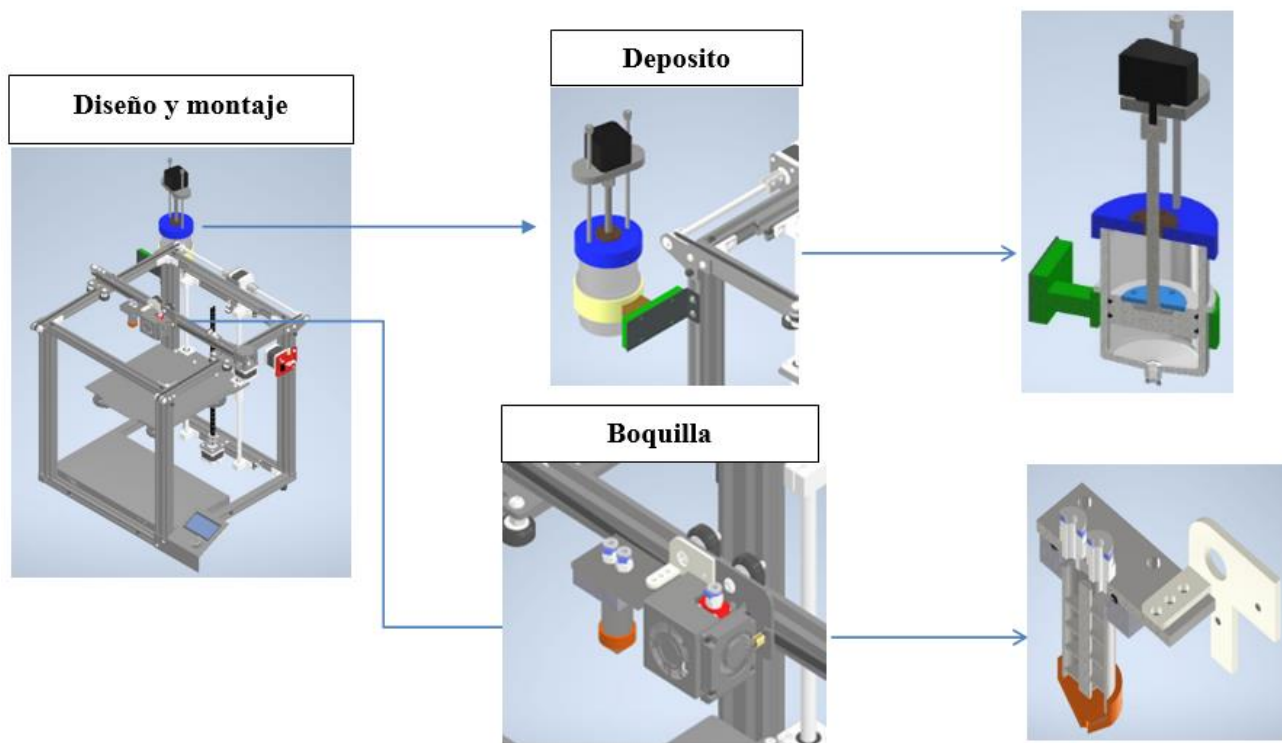


Figura A3.0.1 Diseño y montaje

El sistema desarrollado ofrece una alta configurabilidad, permitiendo la integración de hasta cuatro sistemas de almacenamiento distintos, cada uno adaptado para manejar materiales específicos. Su diseño modular y flexible garantiza la óptima adaptabilidad a los diferentes materiales que se quieran utilizar a la hora del proceso de impresión, dando como resultado el objetivo para el que fue diseñado.

- *Montaje*

El sistema de Bioimpresora 3D, presentado y diseñado en el presente Trabajo Fin de Grado, consta de una impresora convencional con la modificación el sistema de almacenamiento de material (el cual consta de un sistema de soporte de material, un depósito y un motor) y del sistema de inyección de material.

- *Sistema de almacenamiento de Material*

Para la instalación de este componente, lo primero que se debe realizar es el ensamblaje de la zona de almacenamiento la cual consta de un depósito (D01), un embolo(E01), una guía del husillo(G01), una guía motor-tapa-husillo(G02), un husillo TR8x88 (H01), una Tapa de depósito (D02), una unión husillo-embolo (U01), dos tóricas (T01), un motor (M01), un Racor deposito (D02), un soporte deposito-impresora (S04), un soporte del motor (S05) y tres soportes del depósito (S01, S02 y S03).

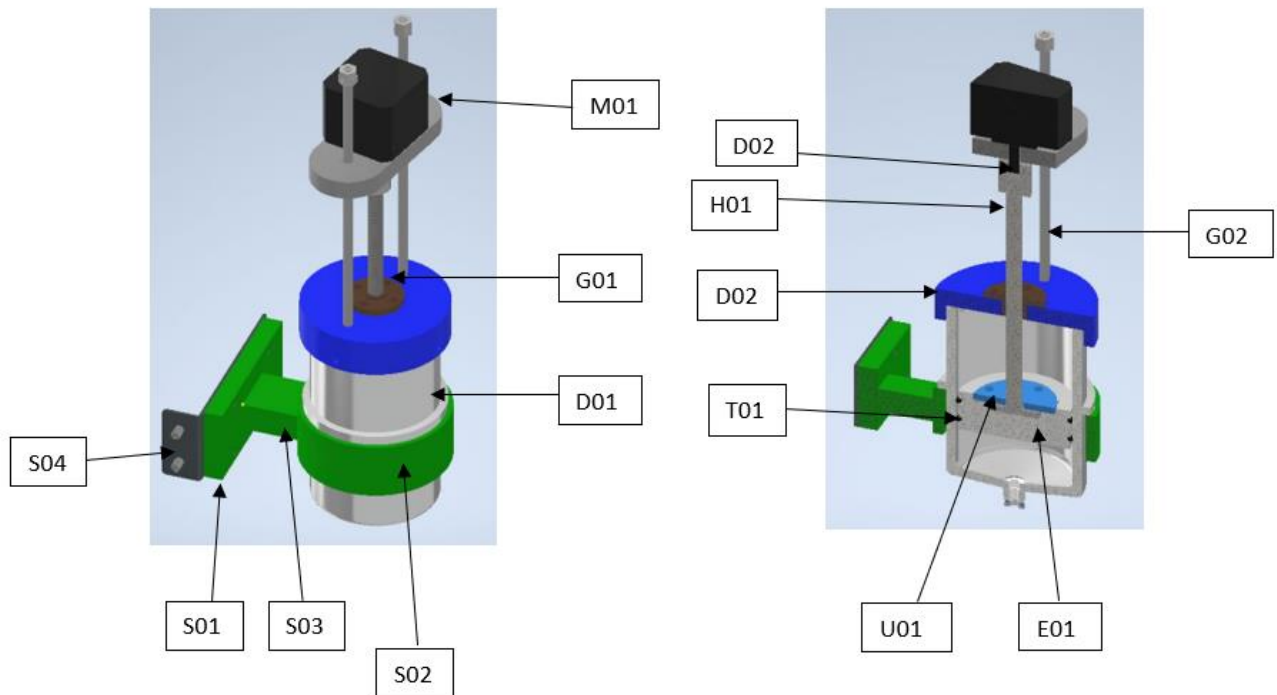


Figura A3.0.2 Ensamblaje almacenamiento de material

- *Sistema de inyección de material*

Este componente cuenta con las siguientes piezas: Soporte de boquilla (S06), Boquilla (B01), Racor Boquilla (R02), Soporte de sistema de inyección (S07), Tórica (T02), Tapa sistema de inyección (T03), Mezclador (M01), Tubo Boquilla (B02).

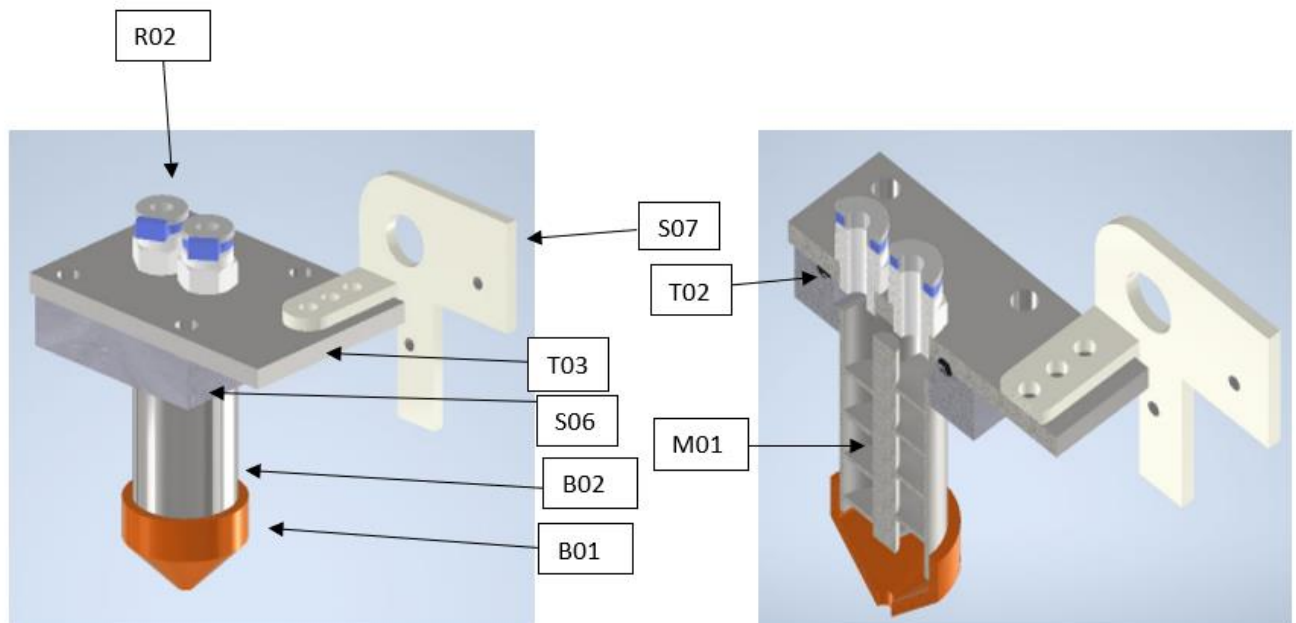


Figura A3.0.3 Ensamblaje sistema de inyección de material

ANEXO IV: HOJAS CARACTERÍSTICAS

En este anexo se explica

- *Motor Nema 17 paso a paso 3V 1.7A 2 Nm*

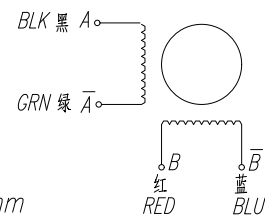
El motor NEMA 17 paso a paso 3V 1,7 a 2 Nm [41] es una pieza esencial en diversas aplicaciones industriales y de bricolaje que requieren un control preciso del movimiento, será detalladamente presentado junto con su respectivo plano que incluye todas sus dimensiones. Este diseño compacto y potente lo convierte en una opción popular para impresoras 3D, máquinas CNC, robots y otros dispositivos automatizados.

Con un tamaño estándar de NEMA 17, este motor es fácilmente compatible con una variedad de estructuras y sistemas de montaje. Su voltaje nominal de 3 voltios lo hace adecuado para una amplia gama de controladores y fuentes de alimentación disponibles en el mercado, lo que facilita su integración en diferentes sistemas.

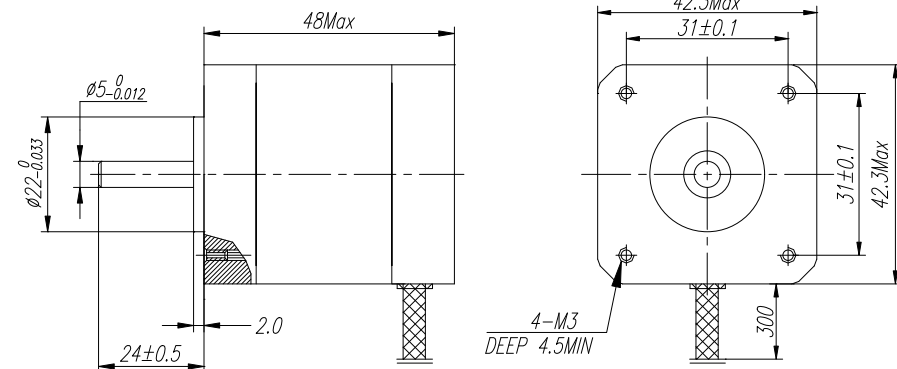
Una de las características más destacadas de este motor es su impresionante torque de 2 Nm. Este alto torque permite al motor ejercer una fuerza significativa para mover cargas, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren movimientos precisos y controlados.

Además, con una corriente nominal de 1.7 Amperios, el motor tiene suficiente potencia para impulsar movimientos suaves y consistentes, incluso en condiciones de carga pesada. Esta capacidad de corriente, combinada con su diseño de 1.8 grados por paso, proporciona una excelente resolución angular, lo que se traduce en un posicionamiento preciso y una alta calidad de impresión en el caso de las impresoras 3D.

□ COLORS OF LEAD WIRES



□ DIMENSIONS *unit=mm*



□ SPECIFICATIONS

PHASE	相数	2	PHASE	COMMENT
STEP ANGLE	步距角	0.9±5%	°/STEP	
VOLTAGE	静电压	3.06	V	
CURRENT	电流	1.7	A/PHASE	
RESISTANCE	电阻	1.8 ±10%	Ω/PHASE	
INDUCTANCE	电感	2.8 ±20%	mH/PHASE	
HOLDING TORQUE	静转矩	48	N.cm Min	
DETENT TORQUE	定位转矩	2.2	N.cm Max	
INSULATION CLASS	绝缘等级	B		
LEAD STYLE	引出线规格	AWG26	UL1007	

设计		20110114	审核		技术规格书	42BYGHM809	
工艺			批准			www.wantmotor.com	
				版本 <i>NR</i>		共 张 第 张	

ANEXO V: ANÁLISIS DE TENSIONES

Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	Ensamblaje depósito.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2024.2 (Build 282272000, 272)
Fecha de creación:	10/04/2024, 14:04
Autor del estudio:	Adrián Torralba Mijares
Resumen:	

Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	10/04/2024, 14:03
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

iProperties

Resumen

Autor	adria
-------	-------

Proyecto

Nº de pieza	Ensamblaje depósito
Diseñador	adria
Coste estimado	0,00 €
Fecha de creación	28/03/2024

Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

Propiedades físicas

Masa	2,38726 kg
Área	177152 mm^2
Volumen	481239 mm^3
Centro de gravedad	x=26,3175 mm y=190,452 mm z=180,542 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5

Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Material(es)

Nombre	Acero, fundido	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	300 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Motor.ipt Soporte depósito-impresora.ipt	
Nombre	Hierro, dúctil	
General	Densidad de masa	7,15 g/cm ³
	Límite de elasticidad	811 MPa
	Resistencia máxima a tracción	997 MPa
Tensión	Módulo de Young	168 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	65,1163 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte motor.ipt	
Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,7 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa
Nombre(s) de pieza	Acoplamiento elástico.ipt Soporte depósito 3.ipt Unión husillo-embolo.ipt Soporte depósito 2.ipt Deposito.ipt Embolo.ipt Soporte depósito 1.ipt	
Nombre	Bronce, estaño suave	
General	Densidad de masa	8,874 g/cm ³
	Límite de elasticidad	128 MPa
	Resistencia máxima a tracción	275 MPa
Tensión	Módulo de Young	109,6 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,335 su
	Módulo cortante	41,0487 GPa
Nombre(s) de pieza	Guía del husillo.ipt	
Nombre	Hierro, gris	
General	Densidad de masa	7,15 g/cm ³
	Límite de elasticidad	119 MPa
	Resistencia máxima a tracción	276 MPa
Tensión	Módulo de Young	90 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	34,6154 GPa
Nombre(s) de pieza	Guia motor-tapa-husillo.ipt	
Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa

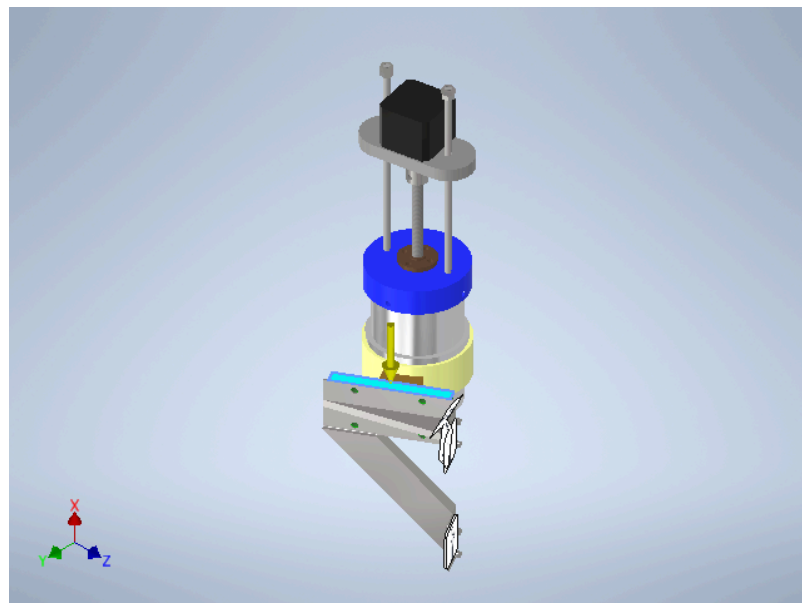
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Husillo TR8x8.ipt Tapa depósito.ipt Racor depósito.ipt	
Nombre	Acero, galvanizado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9231 GPa
Nombre(s) de pieza	Tuerca M5.ipt Tornillo M5.ipt	
Nombre	Caucho, Silicona	
General	Densidad de masa	1,25 g/cm ³
	Límite de elasticidad	10,34 MPa
	Resistencia máxima a tracción	10,34 MPa
Tensión	Módulo de Young	0,003 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,49 su
	Módulo cortante	0,00100671 GPa
Nombre(s) de pieza	Tórica 52x3.ipt	

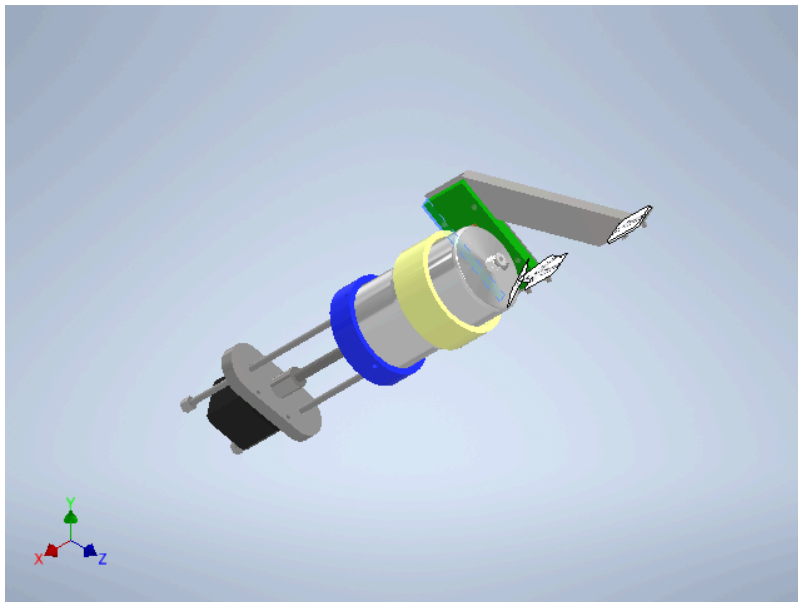
Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	20,783 N
Vector X	-20,783 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-0,000 N

Cara(s) seleccionada(s)

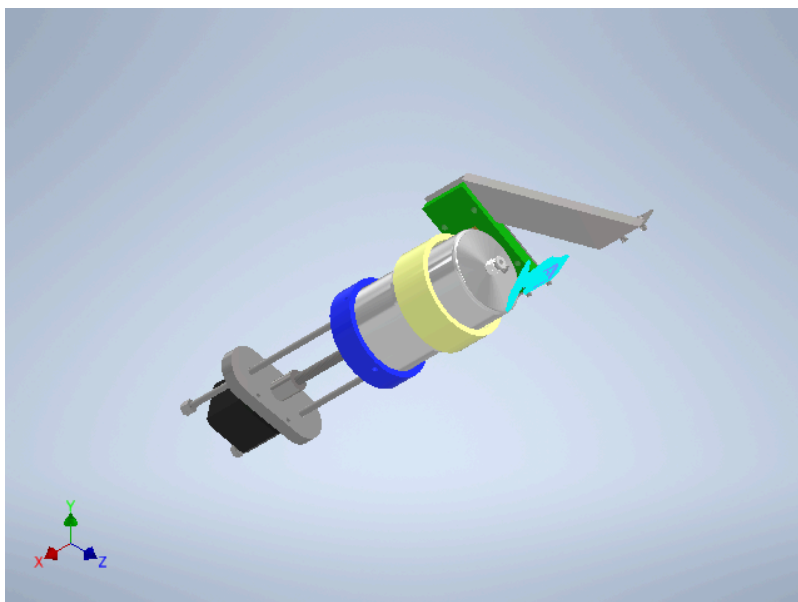
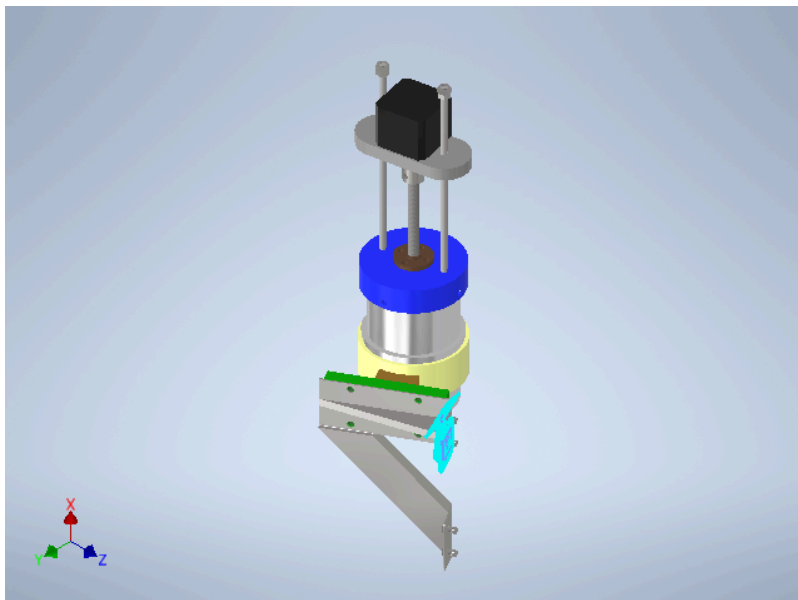




Restricción fija:1

Tipo de restricción Restricción fija

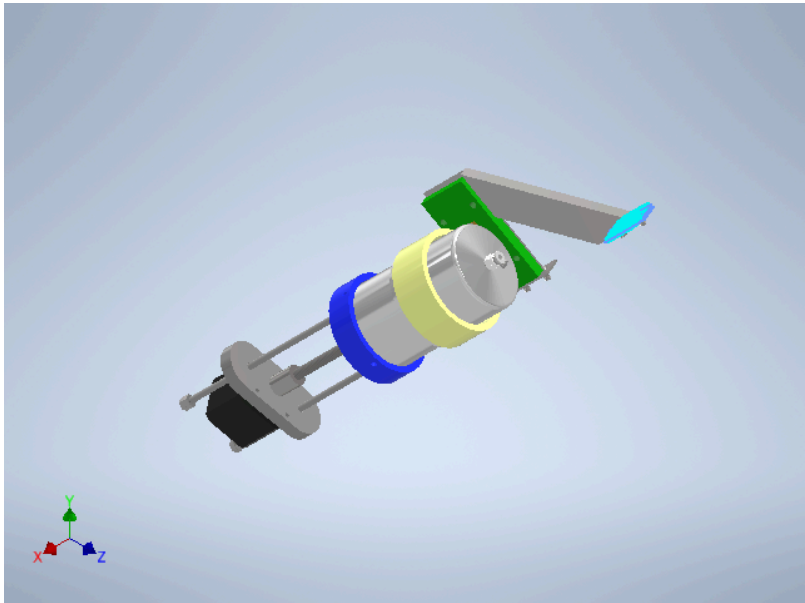
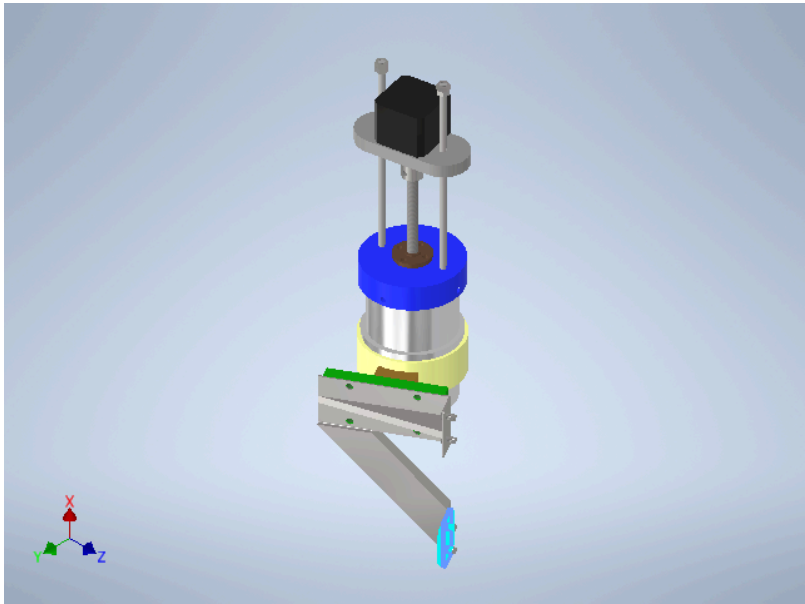
Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:2

Tipo de restricción Restricción fija

Cara(s) seleccionada(s)



Contactos (Bloqueado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Bloqueado:1	Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 1:1 Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 3:1
Bloqueado:2	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:2
Bloqueado:3	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:1
Bloqueado:4	Deposito:1 Tapa depósito:1
Bloqueado:5	Deposito:1 Guia motor-tapa-husillo:1
Bloqueado:6	Deposito:1 Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:7	Deposito:1 Tórica 52x3:1
Bloqueado:8	Deposito:1 Tórica 52x3:2

Bloqueado:9	Deposito:1 Racor depósito:1
Bloqueado:10	Deposito:1 Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 2:1
Bloqueado:11	Émbolo:1 Husillo TR8x8:1
Bloqueado:12	Émbolo:1 Unión husillo-embolo:1
Bloqueado:13	Émbolo:1 Tórica 52x3:1
Bloqueado:14	Émbolo:1 Tórica 52x3:2
Bloqueado:15	Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 1:1
Bloqueado:16	Guía del husillo:1 Tapa depósito:1
Bloqueado:17	Guía del husillo:1 Husillo TR8x8:1
Bloqueado:18	Racor depósito:1 Racor depósito:1
Bloqueado:19	Acoplamiento elástico:1 Motor:1
Bloqueado:20	Husillo TR8x8:1 Acoplamiento elástico:1
Bloqueado:21	Racor depósito:1 Racor depósito:1
Bloqueado:22	Racor depósito:1 Racor depósito:1
Bloqueado:23	Racor depósito:1 Racor depósito:1
Bloqueado:24	Husillo TR8x8:1 Acoplamiento elástico:1
Bloqueado:25	Tapa depósito:1 Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:26	Soporte motor:1 Motor:1
Bloqueado:27	Tuerca M5:1 Tuerca M5:3
Bloqueado:28	Tuerca M5:2 Tuerca M5:4
Bloqueado:29	Tuerca M5:1 Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:30	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:2
Bloqueado:31	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:2
Bloqueado:32	Guia motor-tapa-husillo:1 Tapa depósito:1
Bloqueado:33	Guia motor-tapa-husillo:1 Tuerca M5:2
Bloqueado:34	Guia motor-tapa-husillo:1 Tuerca M5:4
Bloqueado:35	Guia motor-tapa-husillo:2 Tuerca M5:3
Bloqueado:36	Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 2:1 Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 3:1
Bloqueado:37	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:3
Bloqueado:38	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:4
Bloqueado:39	Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 1:1

Bloqueado:40	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:3
Bloqueado:41	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:4
Bloqueado:42	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:3
Bloqueado:43	Soporte depósito-impresora:1 Tornillo M5:4

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

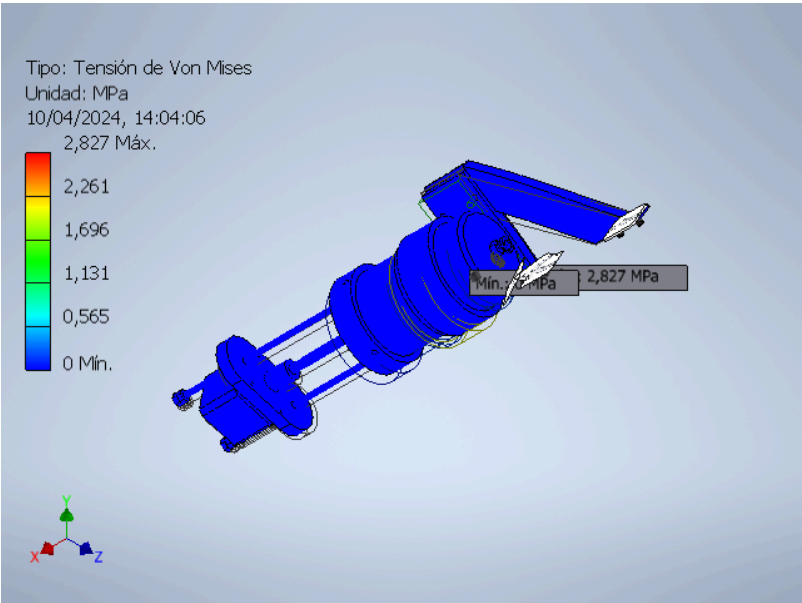
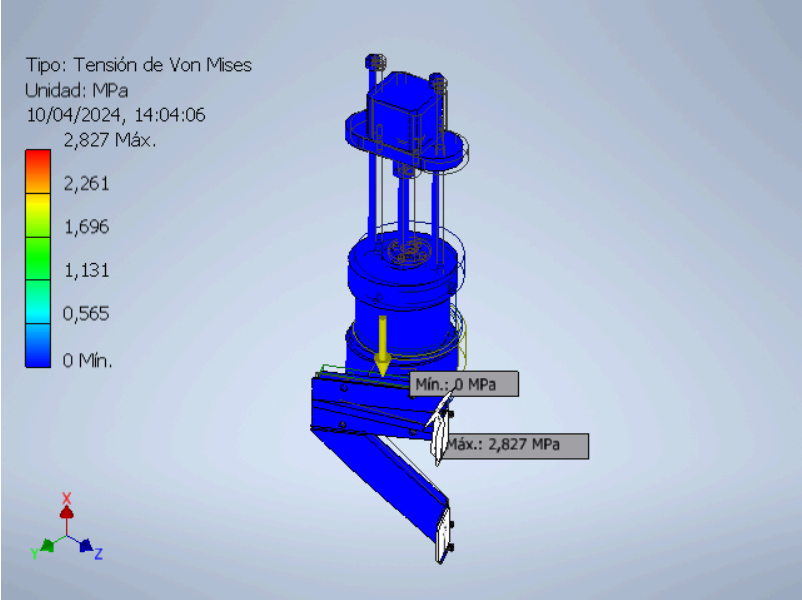
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	12,6384 N	8,58492 N	0,192881 N m	-0,0866435 N m
		-4,0279 N		-0,148498 N m
		8,35482 N		0,0874313 N m
Restricción fija:2	15,3242 N	12,1978 N	0,193359 N m	0,0890783 N m
		4,02683 N		-0,159379 N m
		-8,3564 N		0,0636468 N m

Resumen de resultados

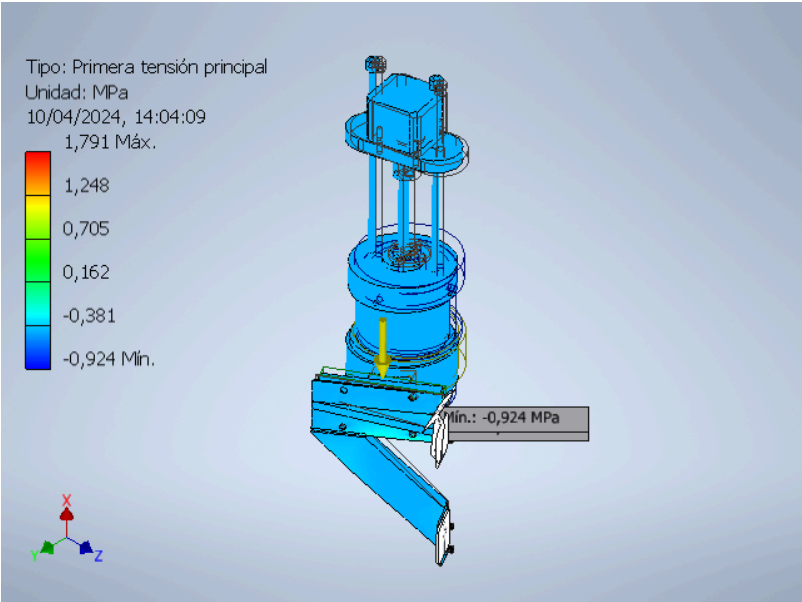
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	481248 mm^3	
Masa	2,38807 kg	
Tensión de Von Mises	0,000000000129268 MPa	2,82654 MPa
Primera tensión principal	-0,924423 MPa	1,79144 MPa
Tercera tensión principal	-3,32707 MPa	0,229979 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,000718089 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-1,04931 MPa	0,478658 MPa
Tensión XY	-0,286532 MPa	0,869342 MPa
Tensión XZ	-0,494452 MPa	0,756405 MPa
Tensión YY	-1,45024 MPa	1,12833 MPa
Tensión YZ	-0,390962 MPa	0,510383 MPa
Tensión ZZ	-3,23618 MPa	1,62258 MPa
Desplazamiento X	-0,00044972 mm	0,00000717202 mm
Desplazamiento Y	-0,000367582 mm	0,000306837 mm
Desplazamiento Z	-0,000519079 mm	0,000100044 mm
Deformación equivalente	0,00000000000241355 su	0,000012312 su
Primera deformación principal	-0,000000218629 su	0,0000086142 su
Tercera deformación principal	-0,0000143302 su	0,00000000120664 su
Deformación XX	-0,00000155845 su	0,00000408695 su
Deformación XY	-0,00000177377 su	0,00000538164 su
Deformación XZ	-0,00000321394 su	0,00000468251 su
Deformación YY	-0,00000449809 su	0,0000051606 su
Deformación YZ	-0,00000254126 su	0,00000331749 su
Deformación ZZ	-0,0000137676 su	0,0000071899 su
Presión de contacto	0 MPa	1,19343 MPa
Presión de contacto X	-0,654898 MPa	0,876709 MPa
Presión de contacto Y	-1,11099 MPa	1,05819 MPa
Presión de contacto Z	-0,344879 MPa	0,548409 MPa

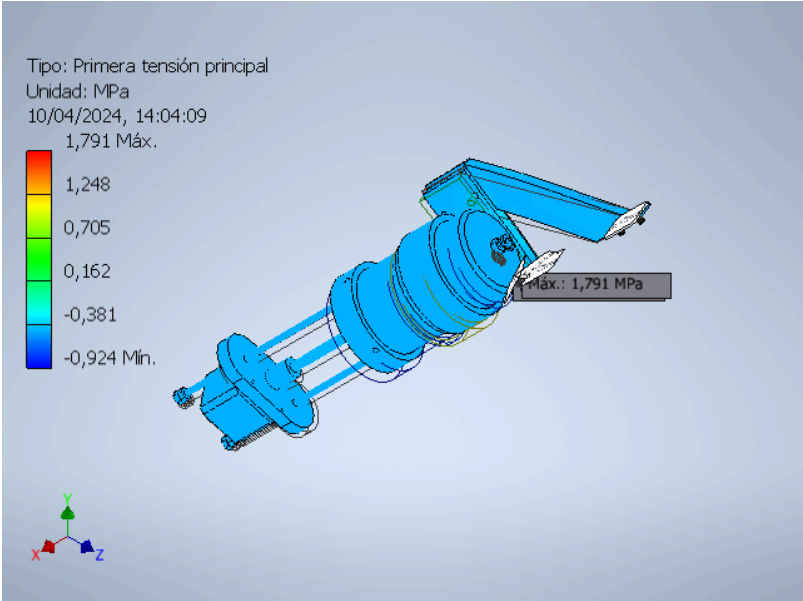
Figuras

Tensión de Von Mises

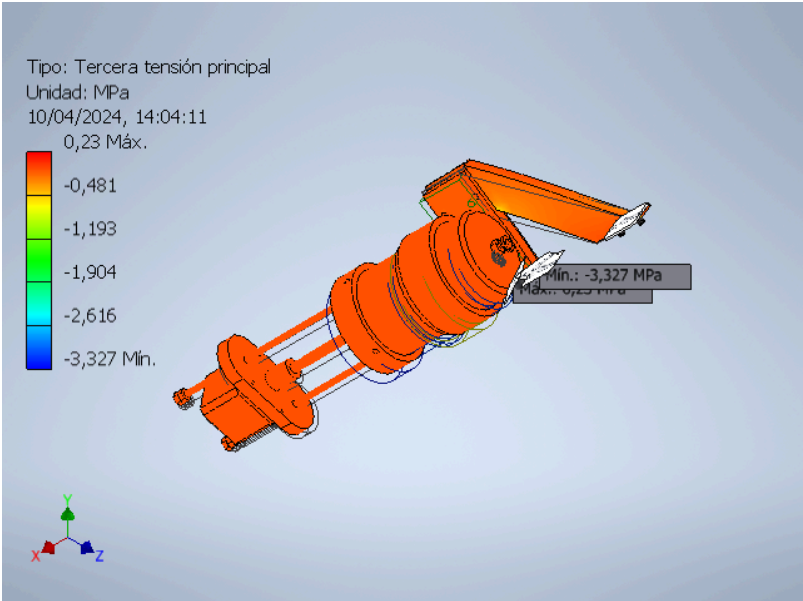
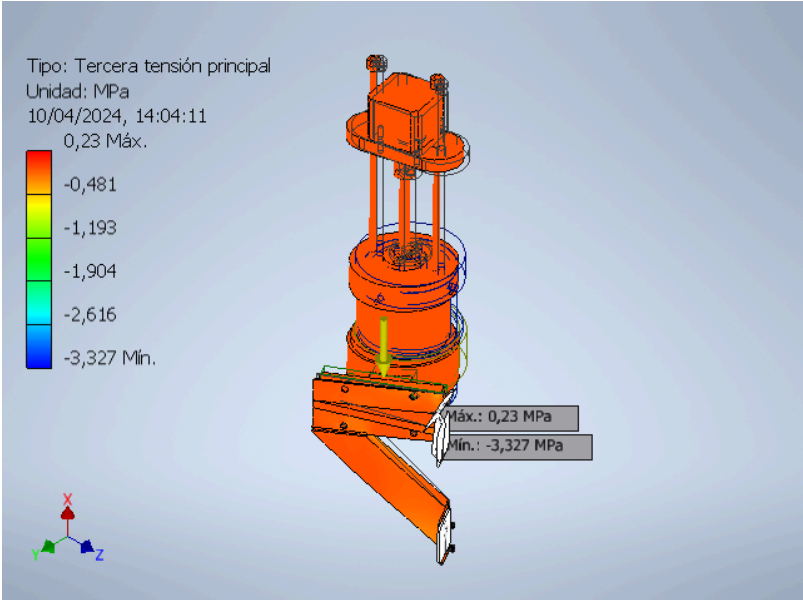


Primera tensión principal

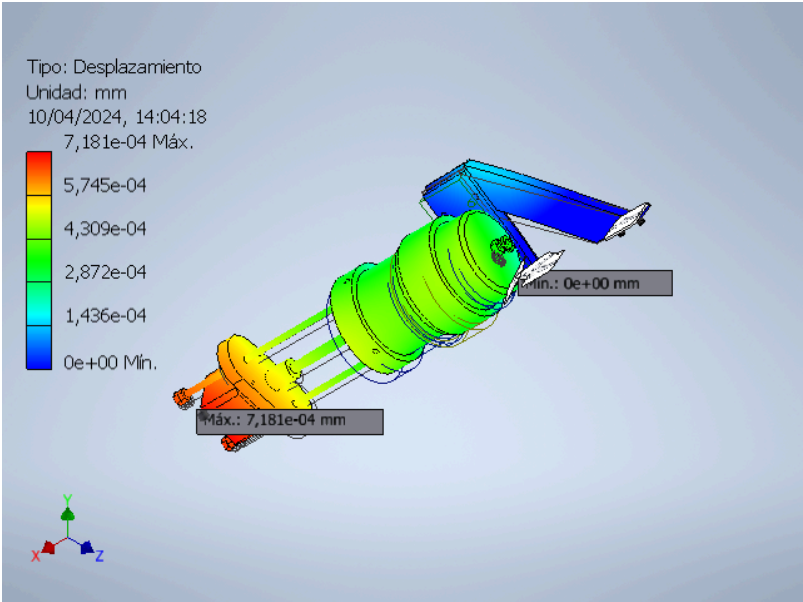
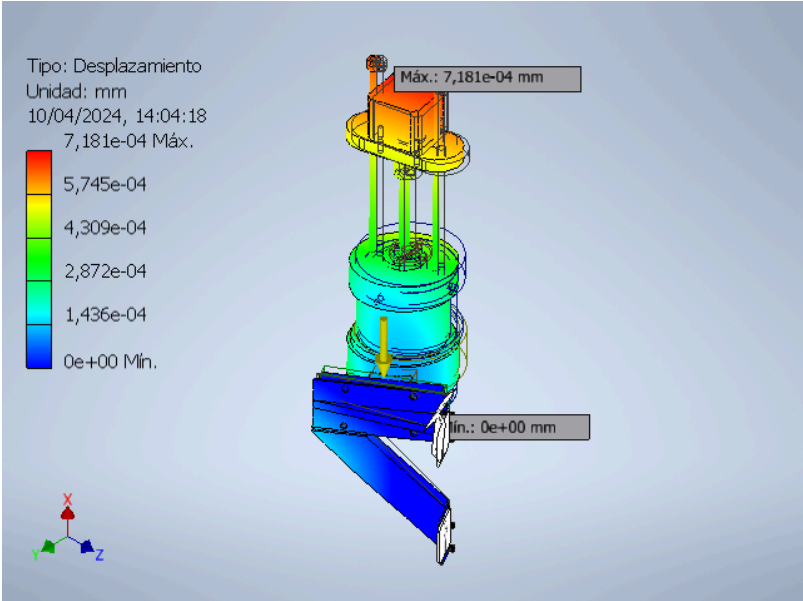




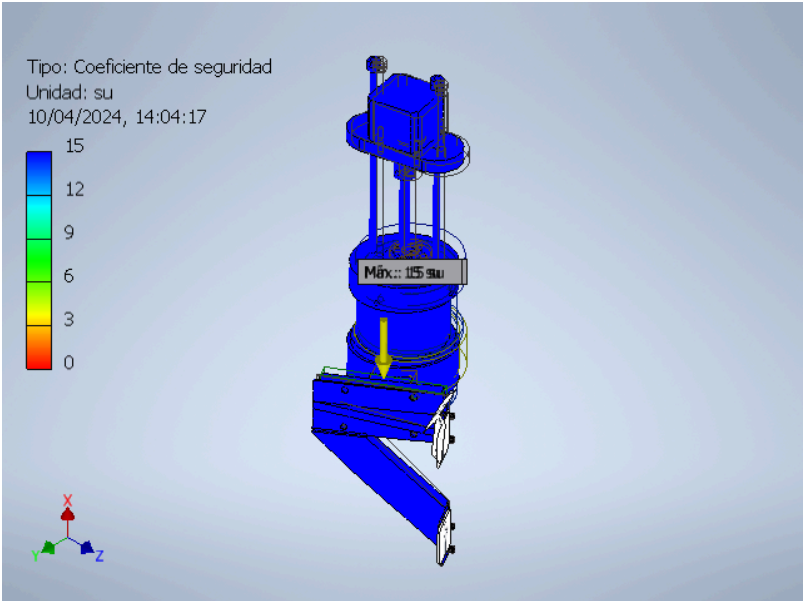
Tercera tensión principal

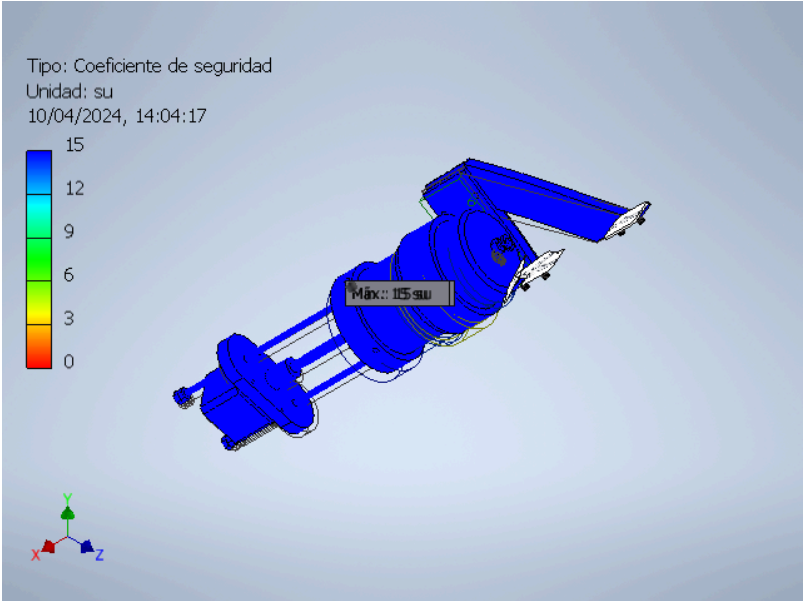


Desplazamiento

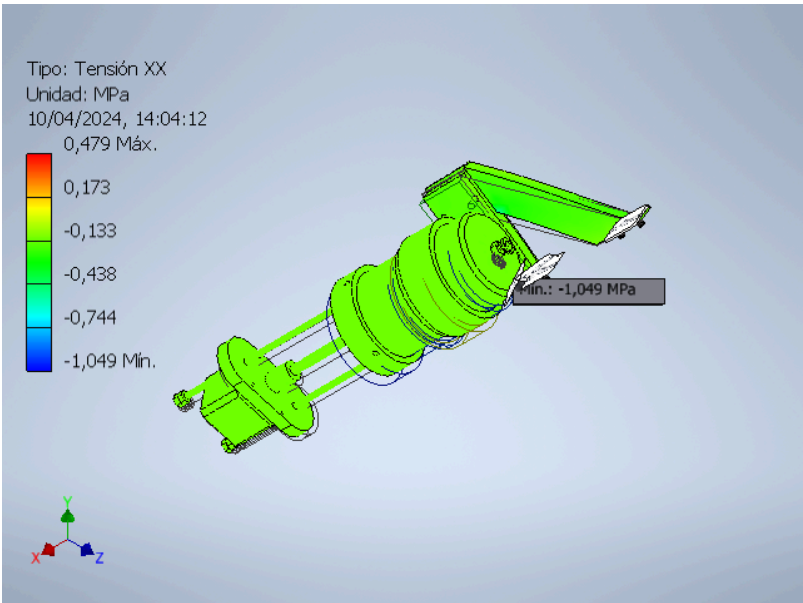
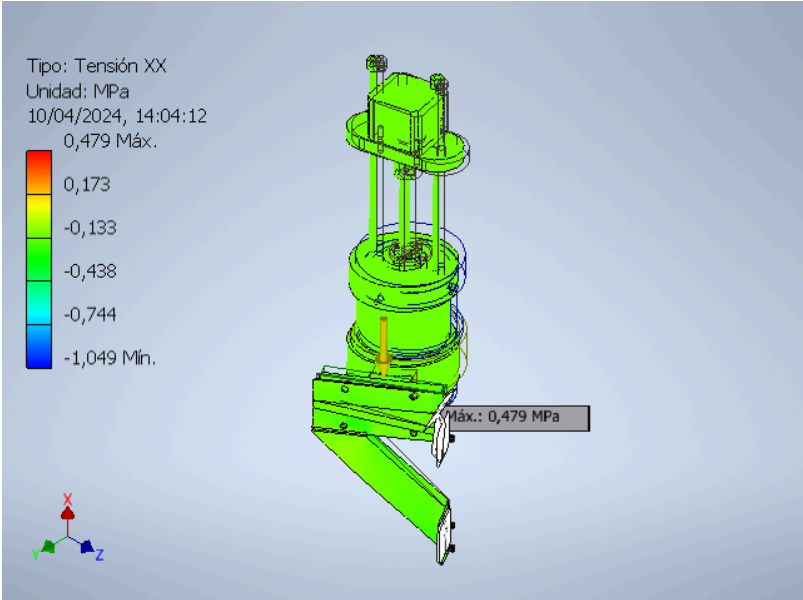


Coefficiente de seguridad

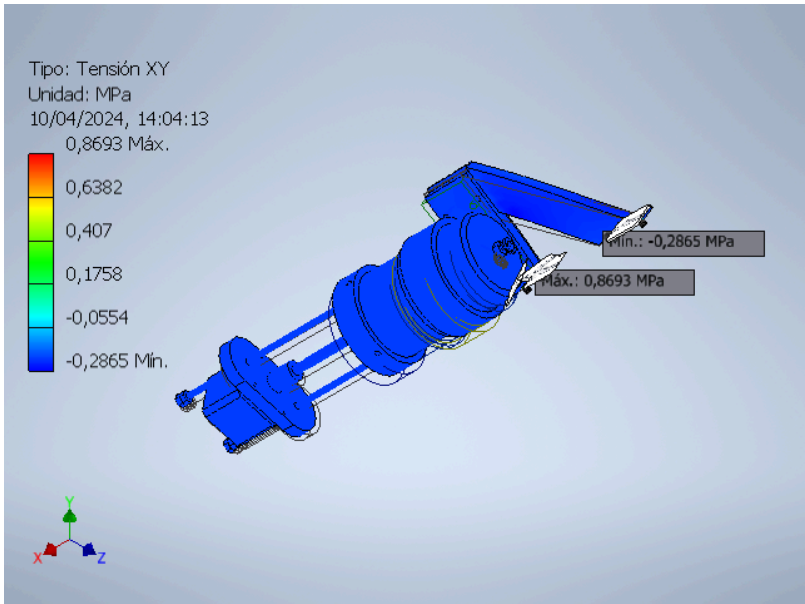
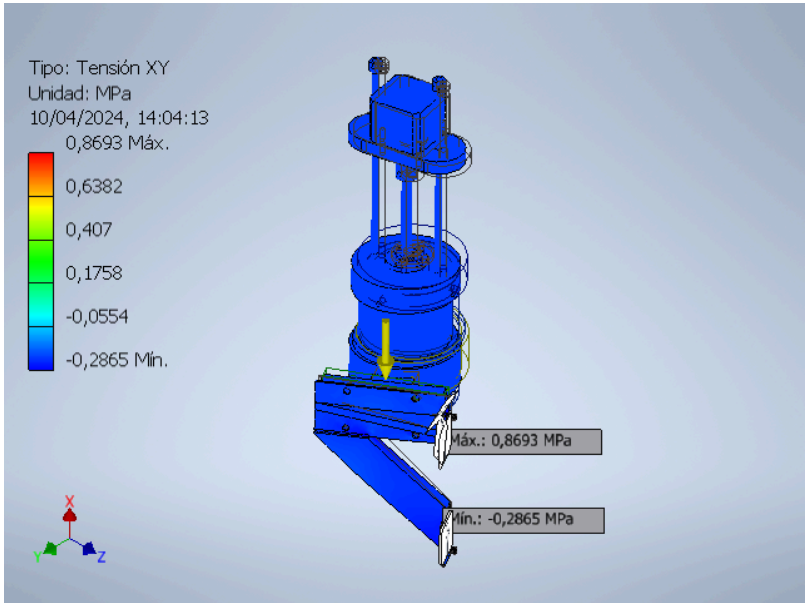




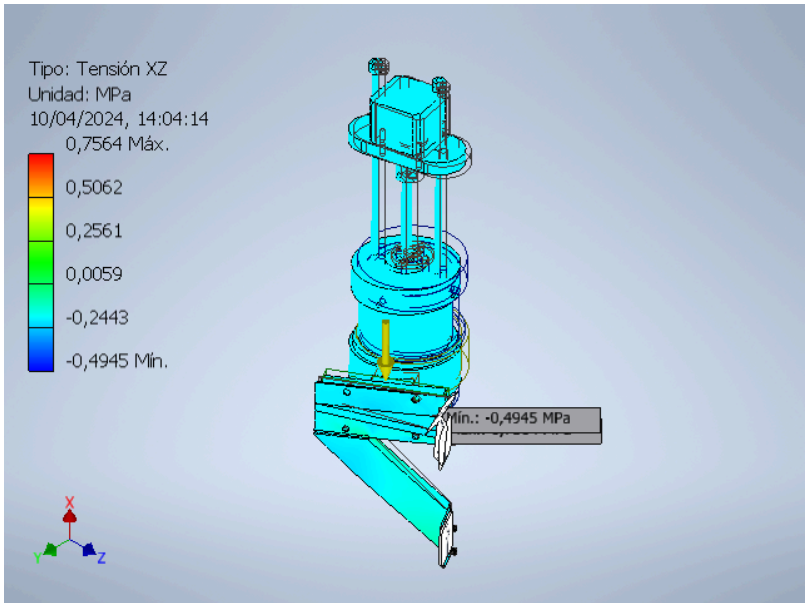
Tensión XX

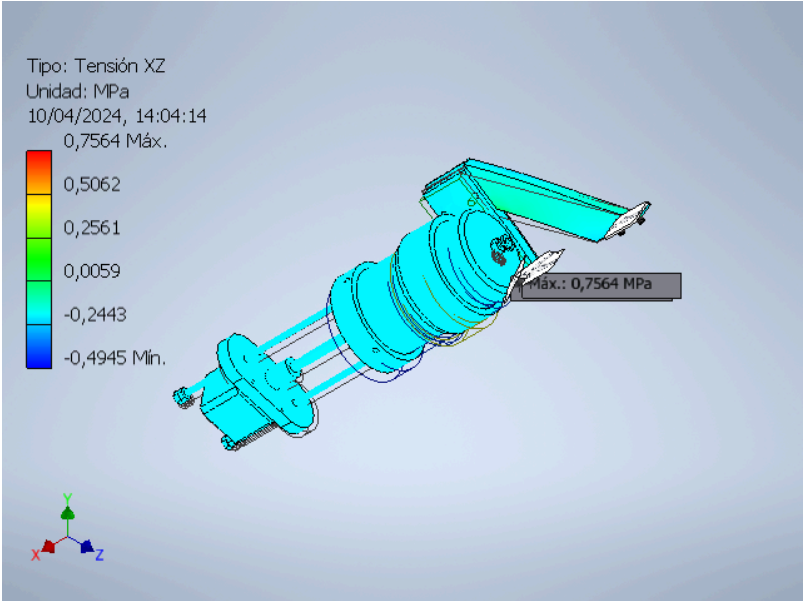


Tensión XY

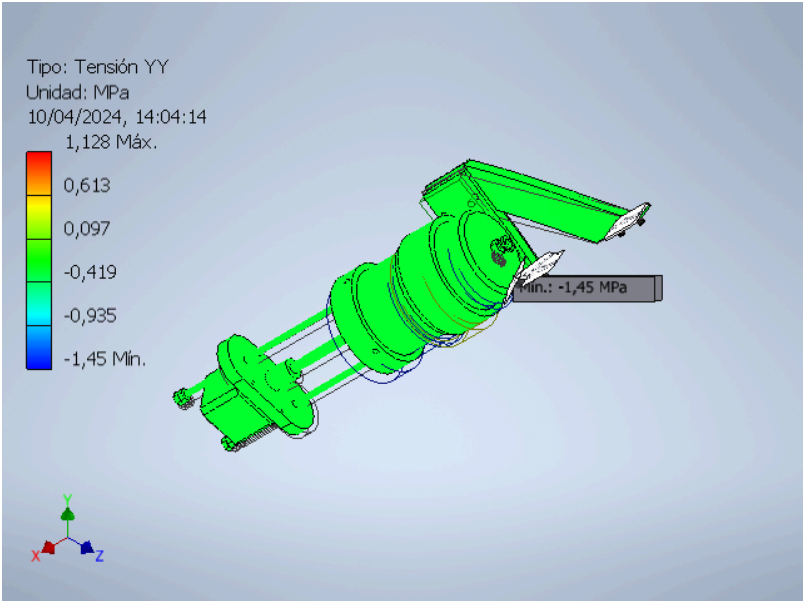
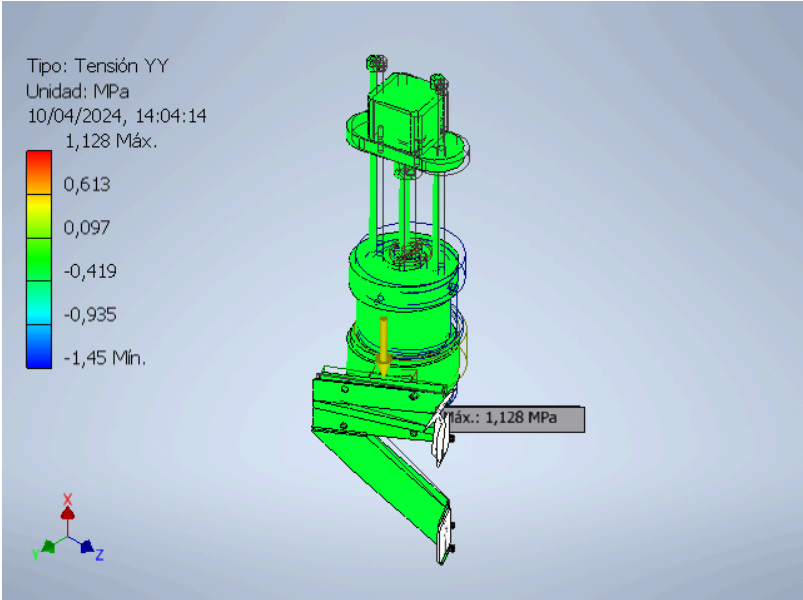


Tensión XZ

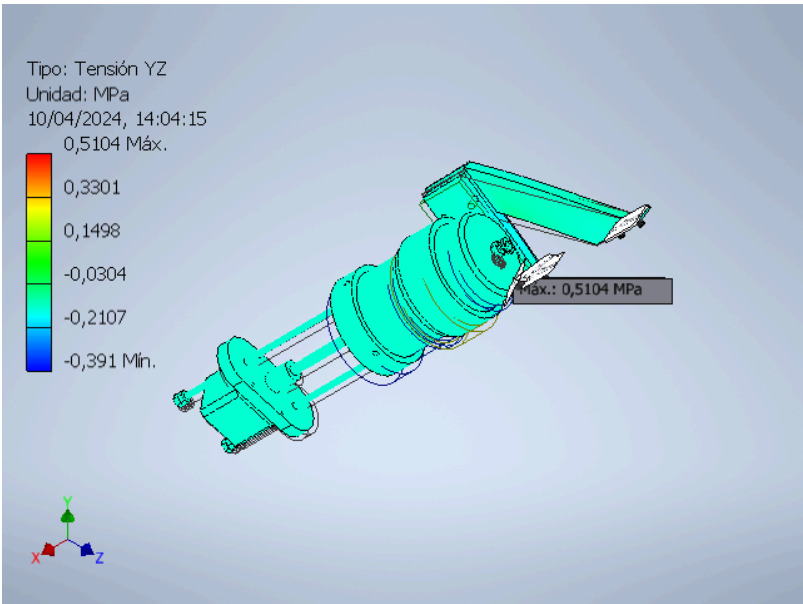
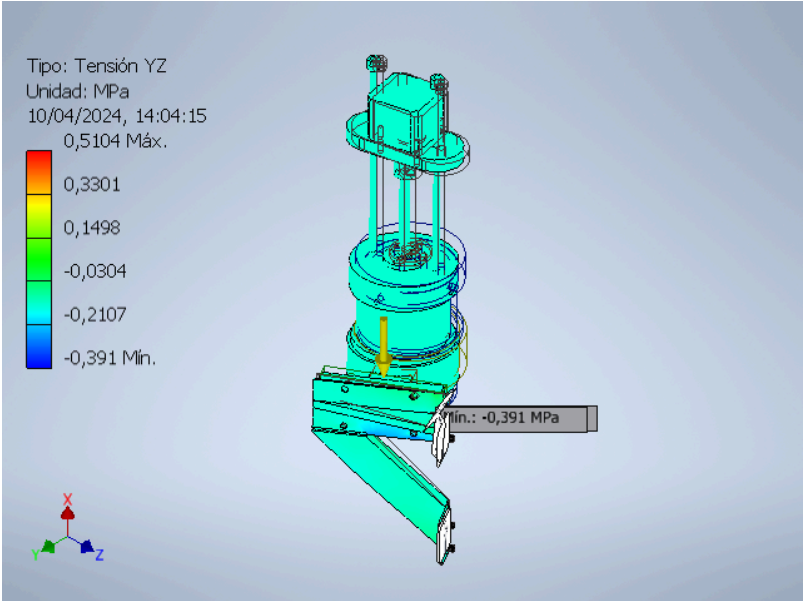




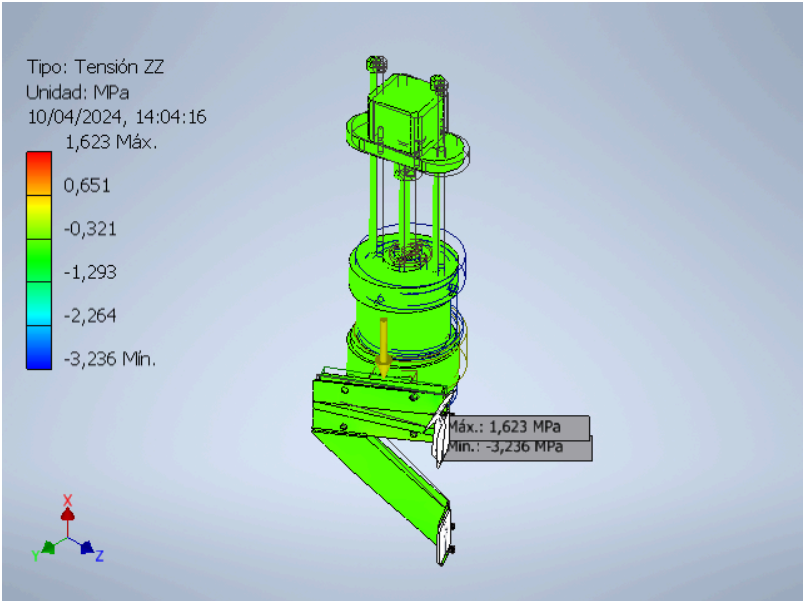
Tensión YY

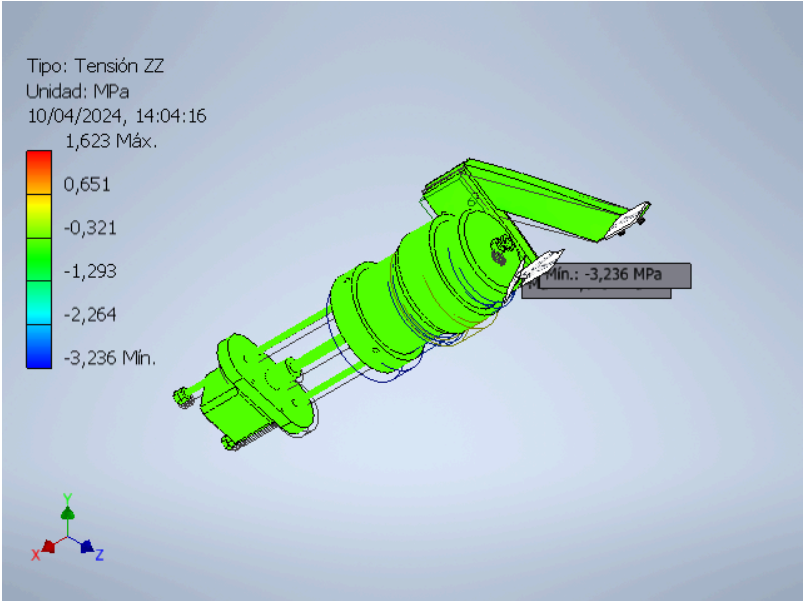


Tensión YZ

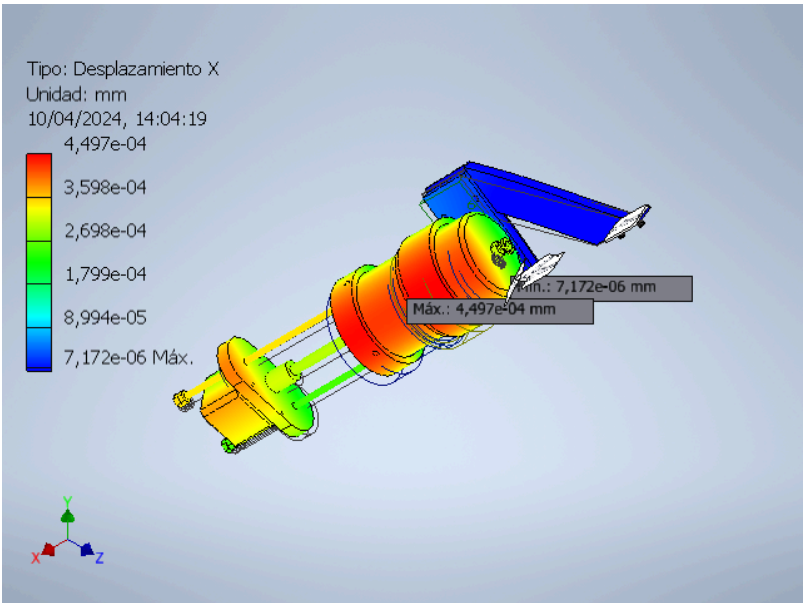
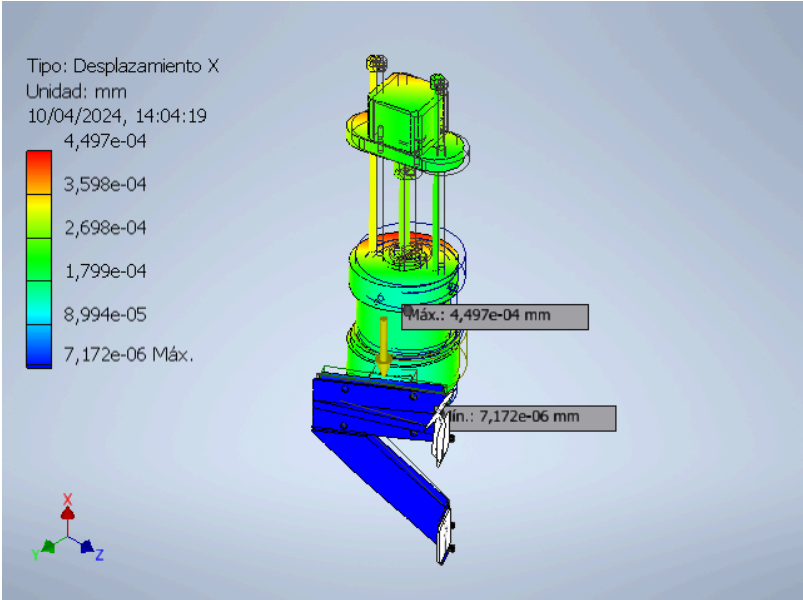


Tensión ZZ

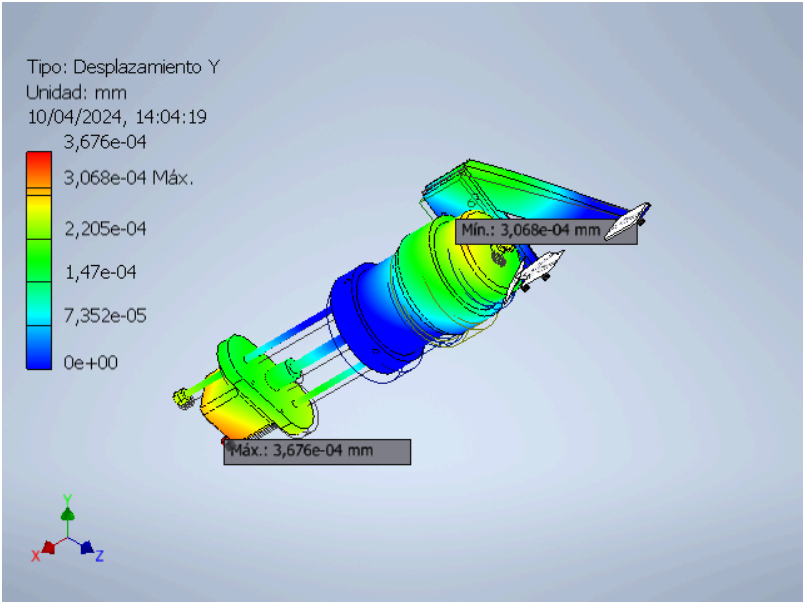
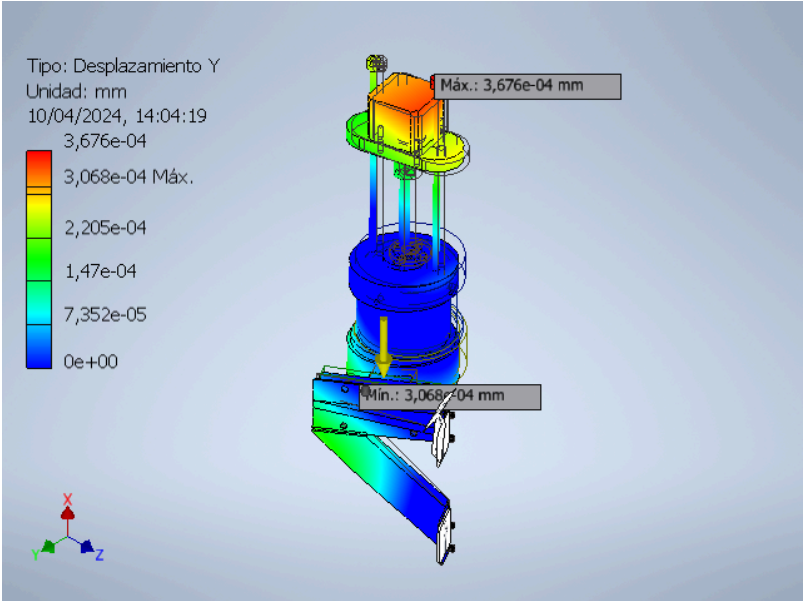




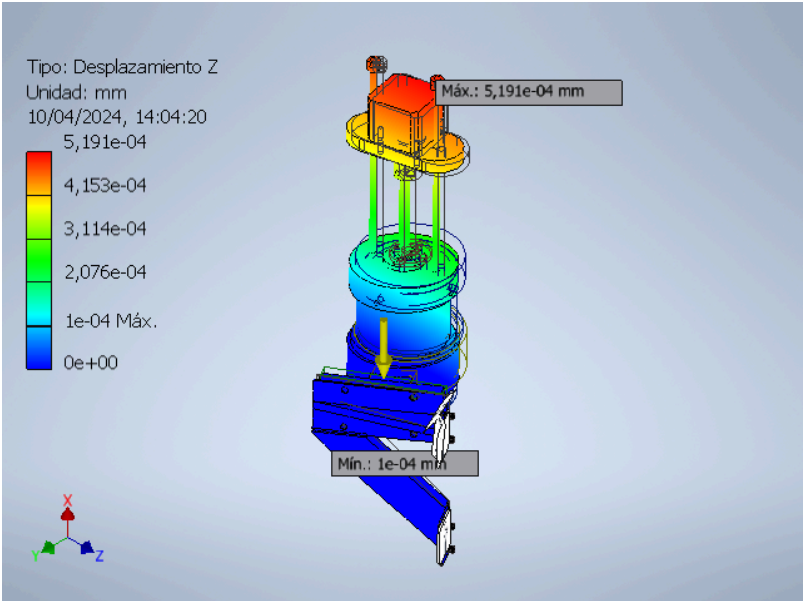
Desplazamiento X

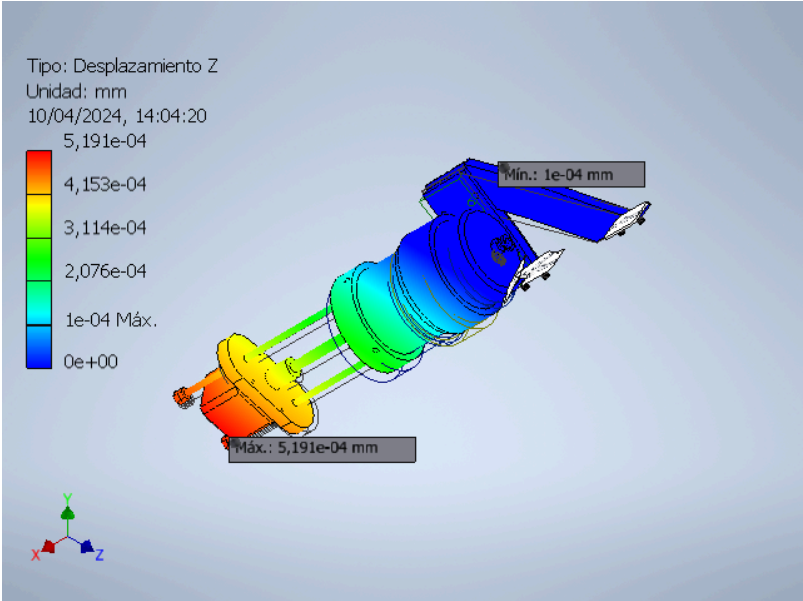


Desplazamiento Y

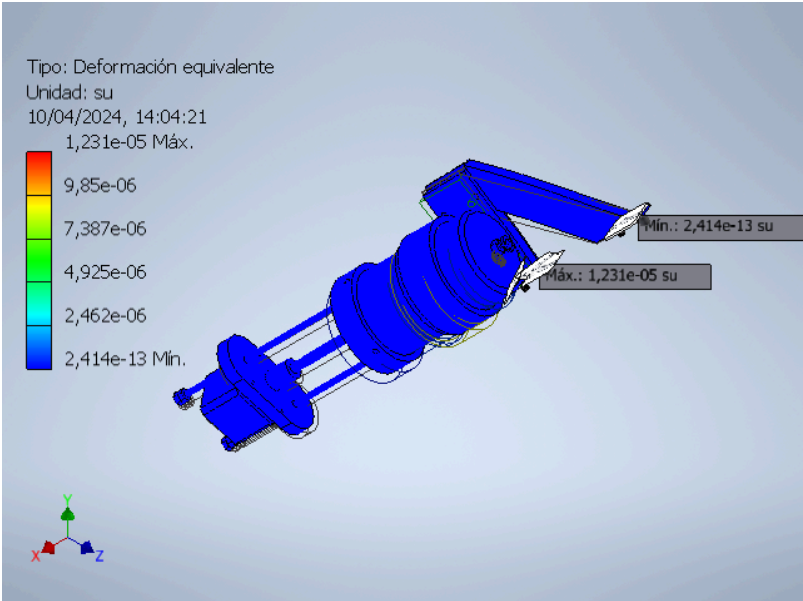
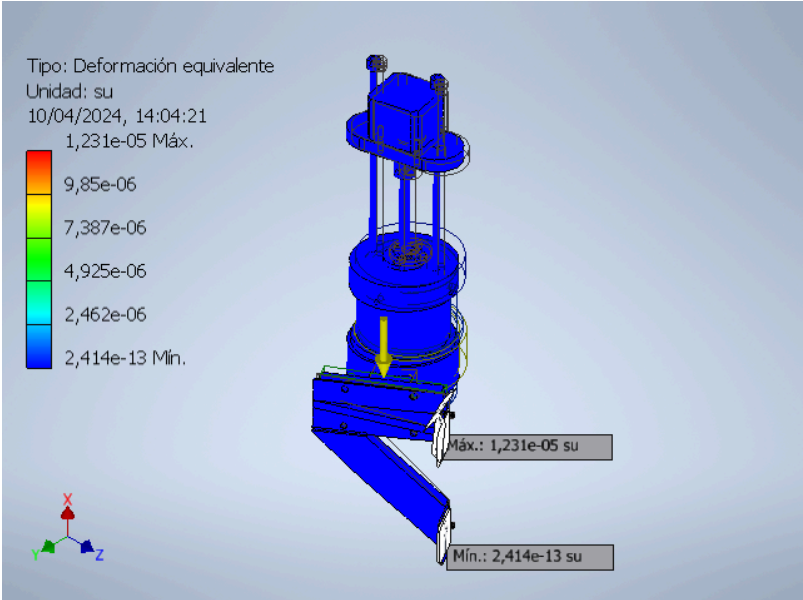


Desplazamiento Z

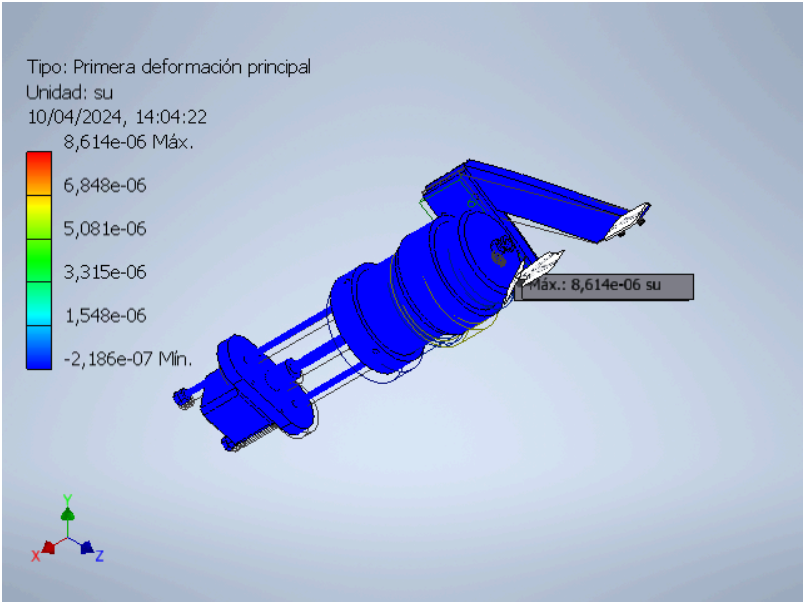
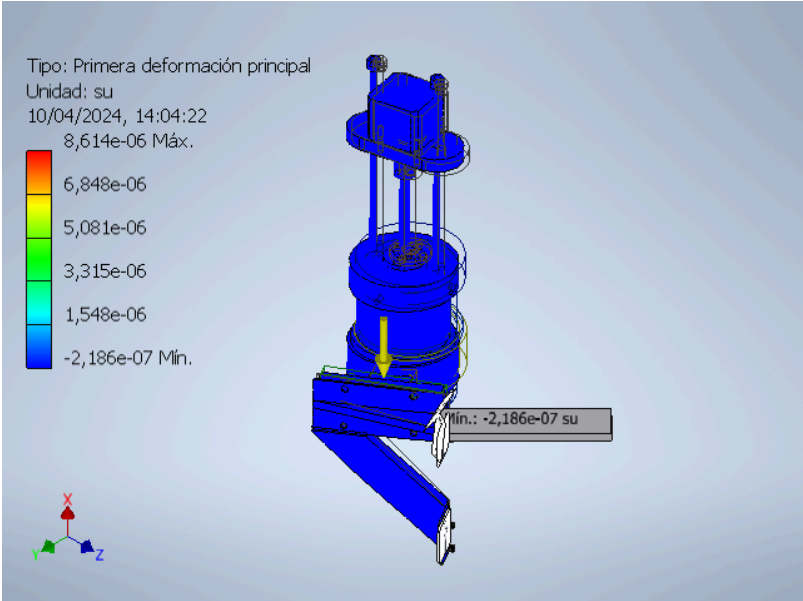




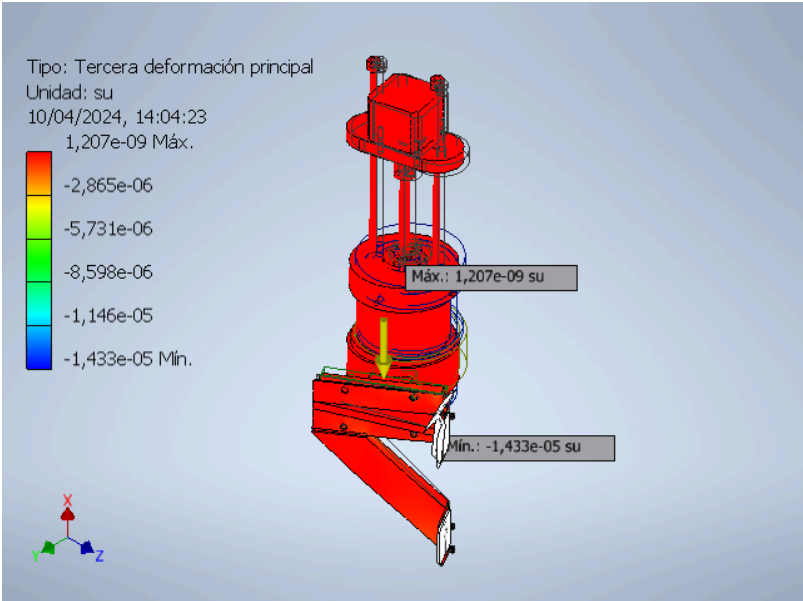
Deformación equivalente

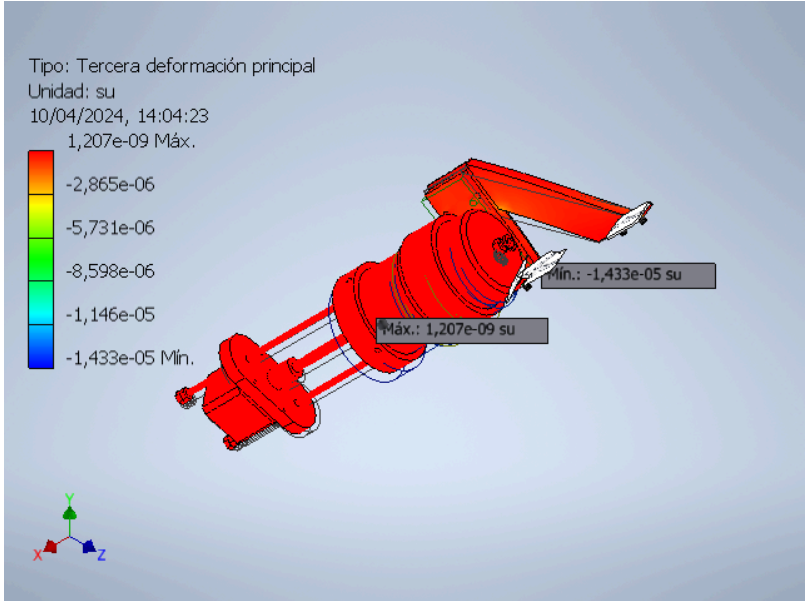


Primera deformación principal

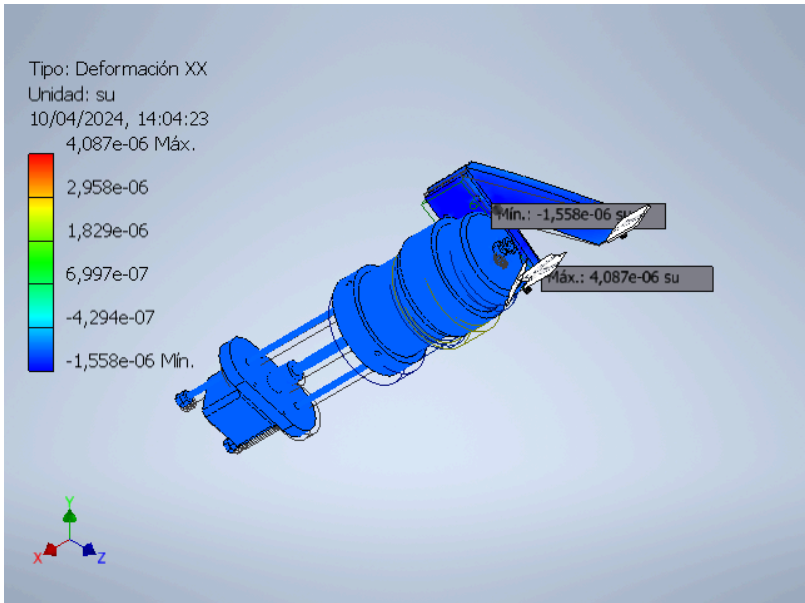
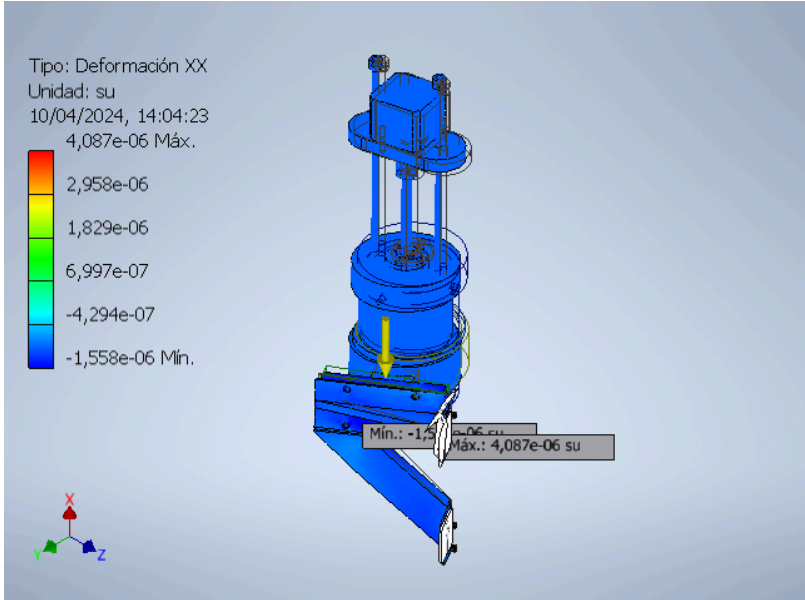


Tercera deformación principal

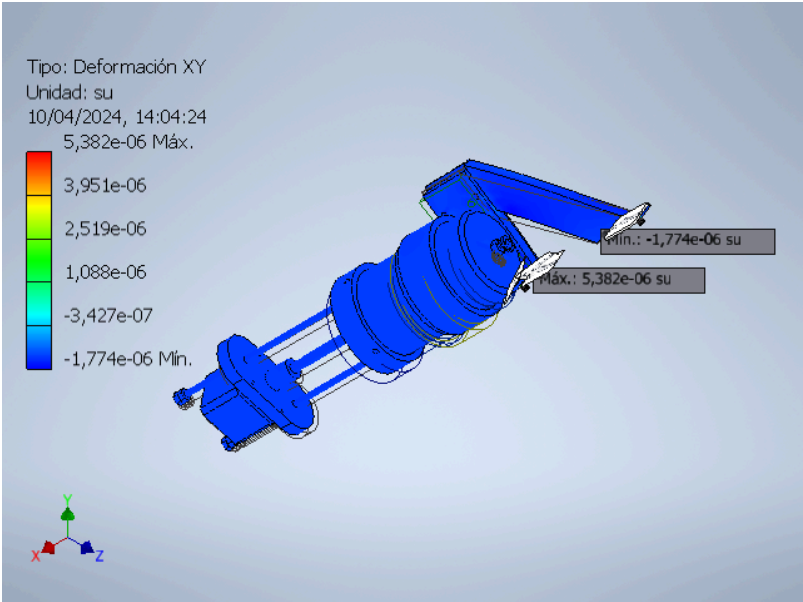
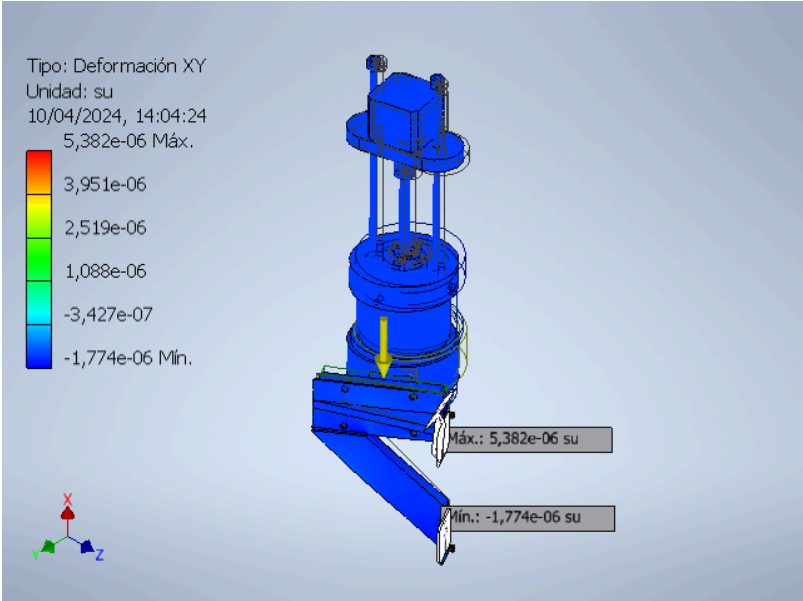




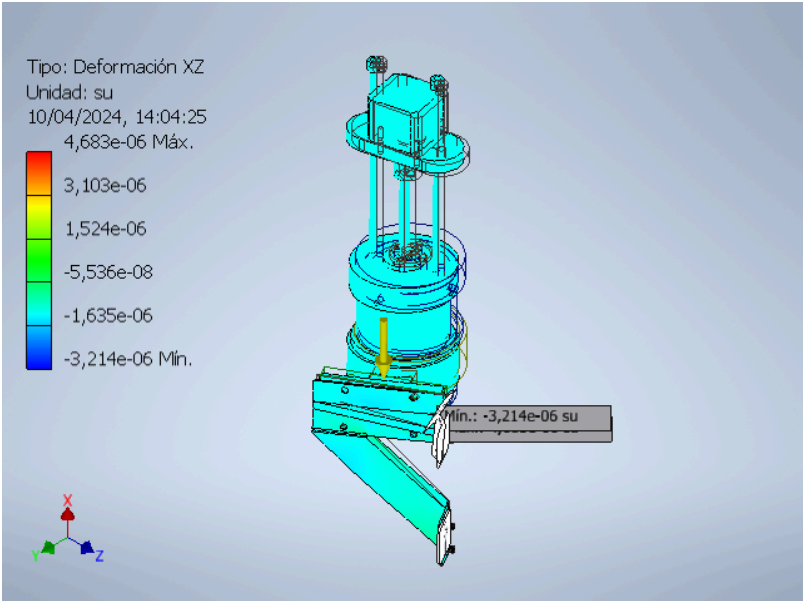
Deformación XX

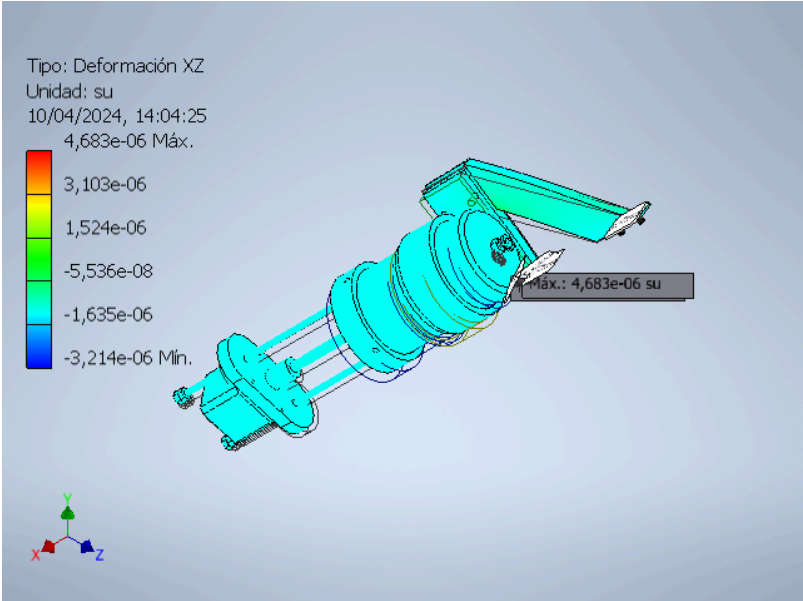


Deformación XY

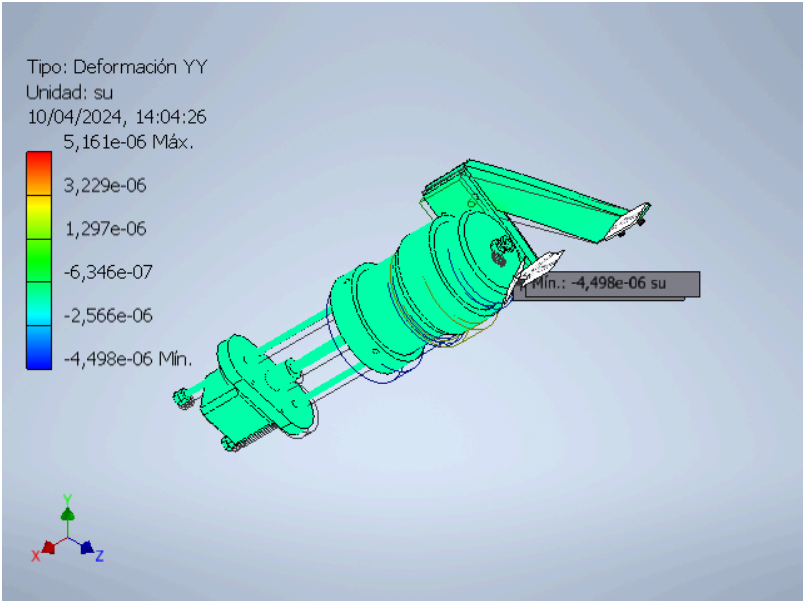
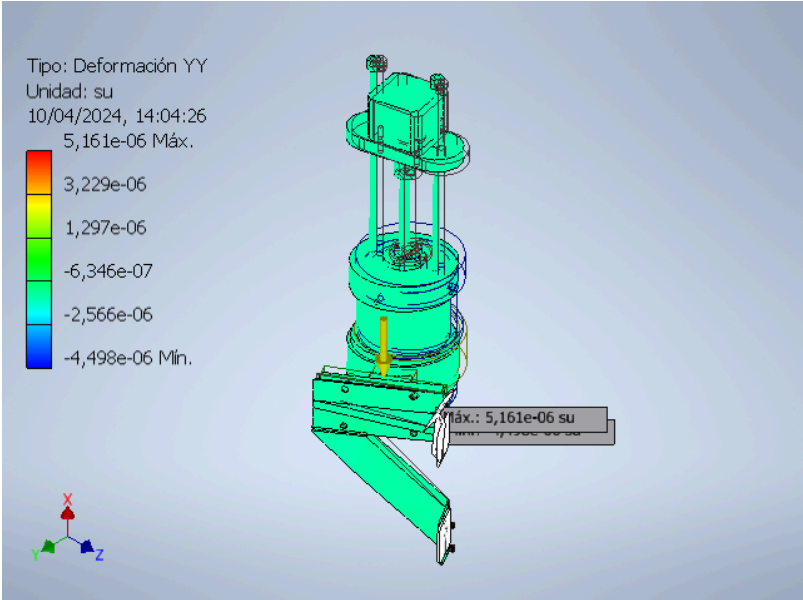


Deformación XZ

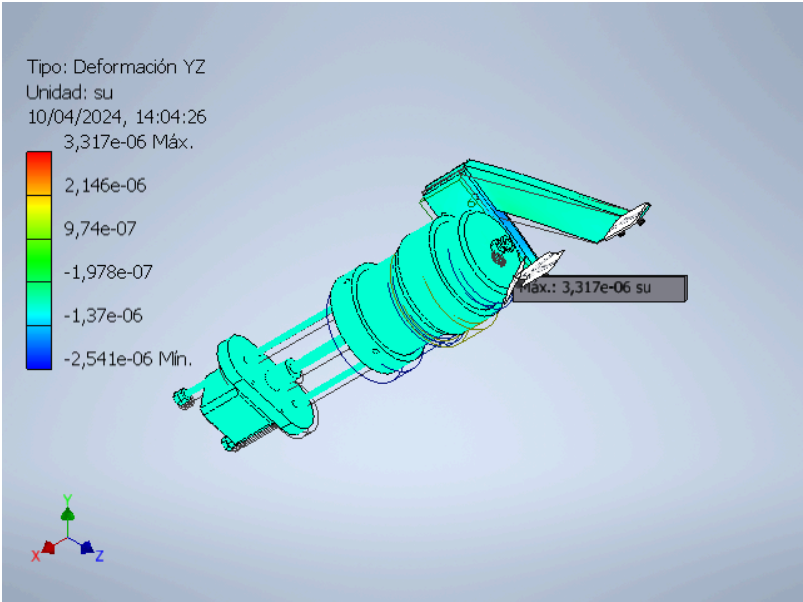
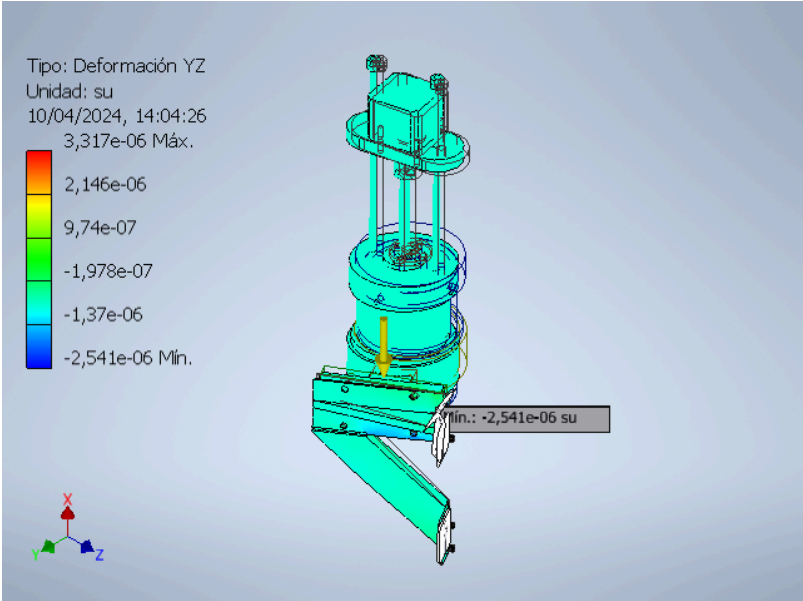




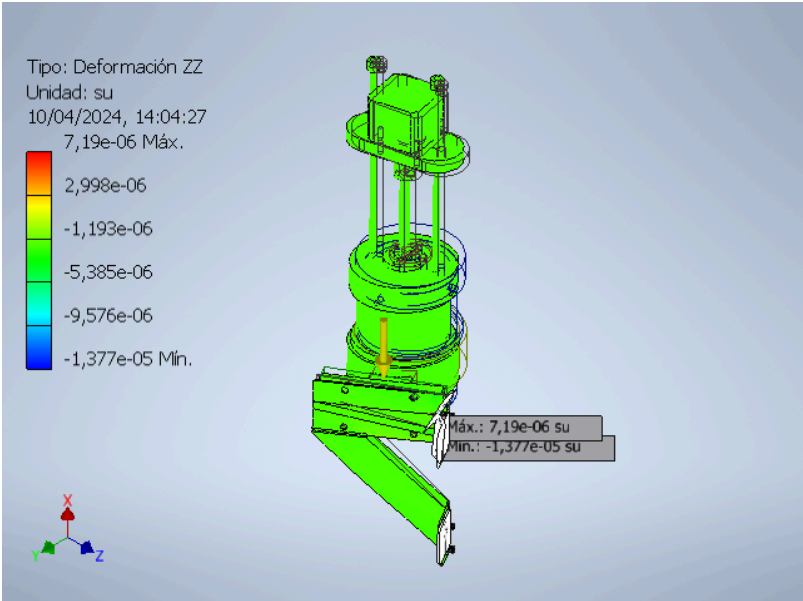
Deformación YY

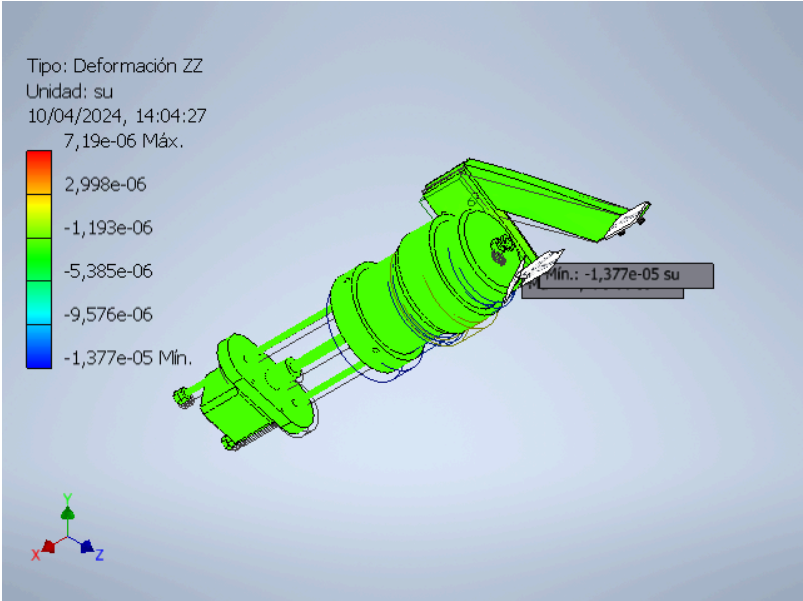


Deformación YZ

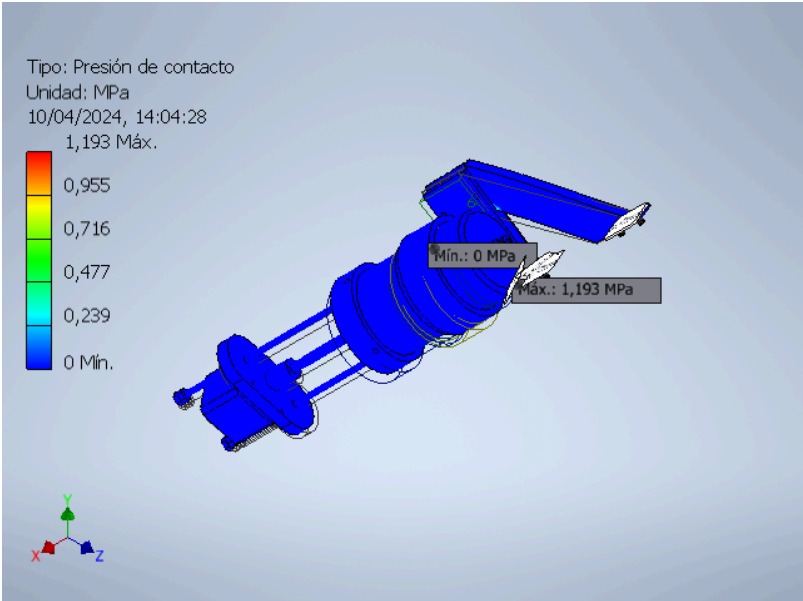
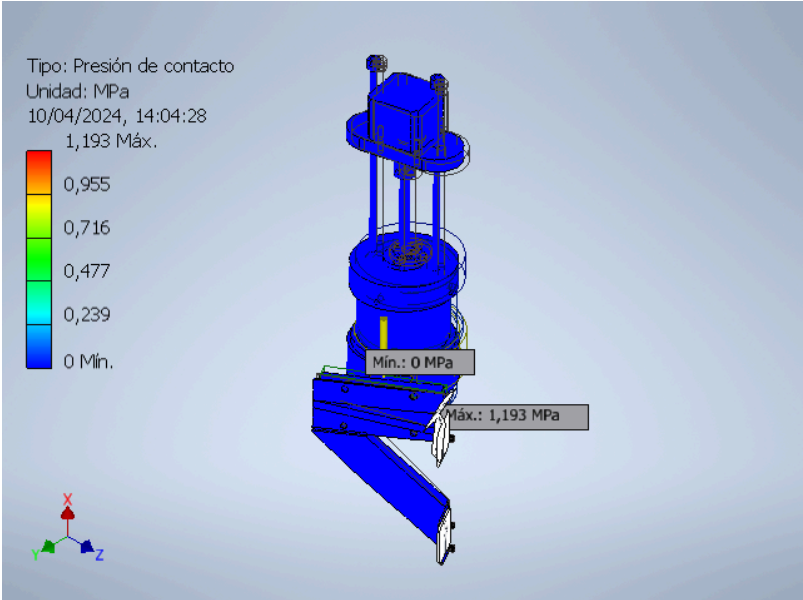


Deformación ZZ

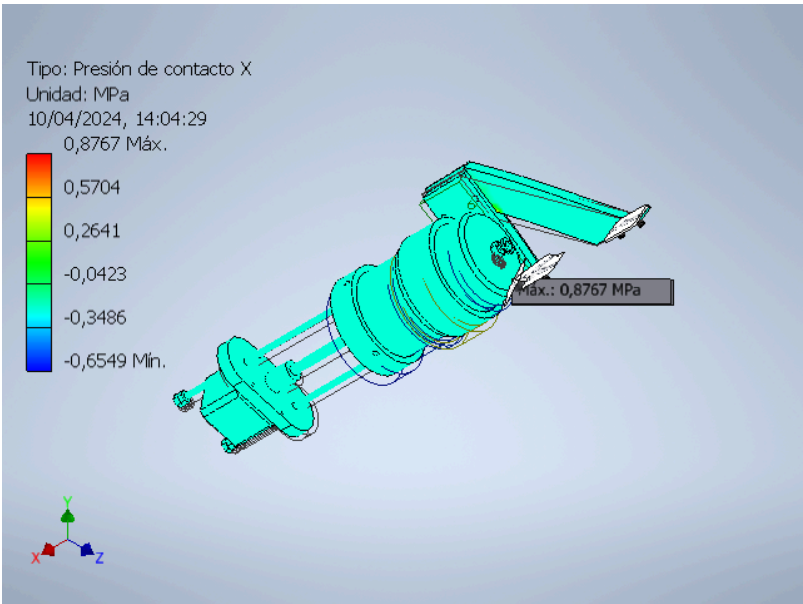
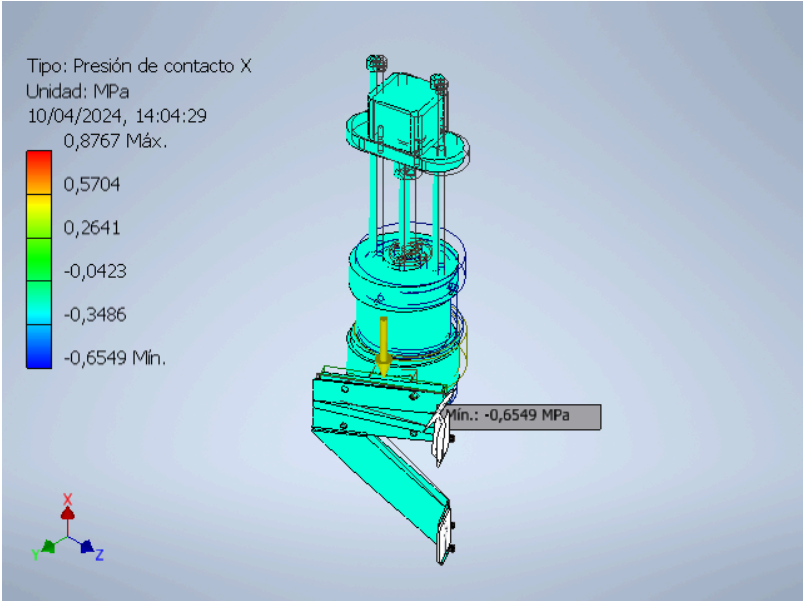




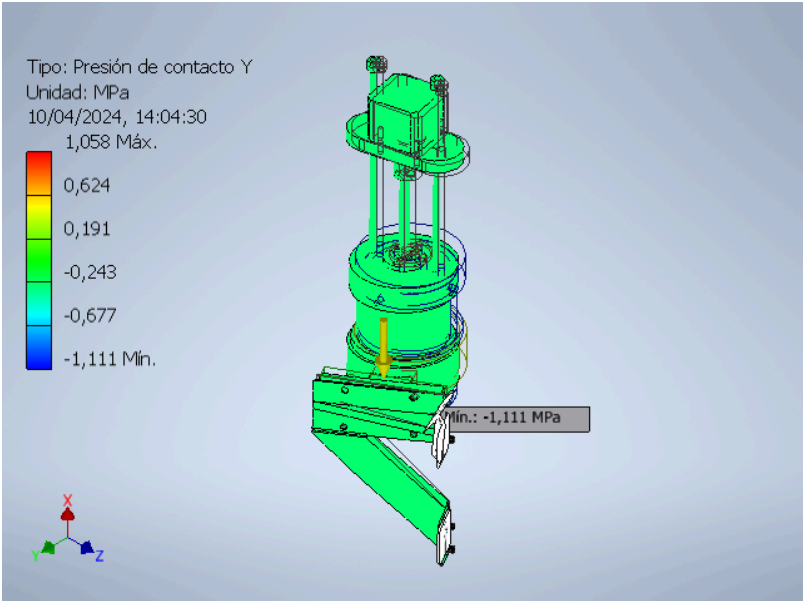
Presión de contacto

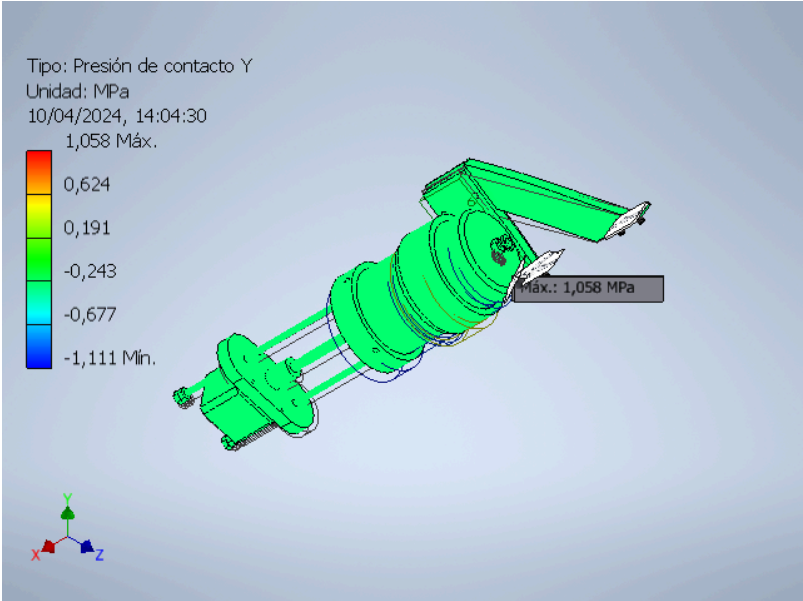


Presión de contacto X

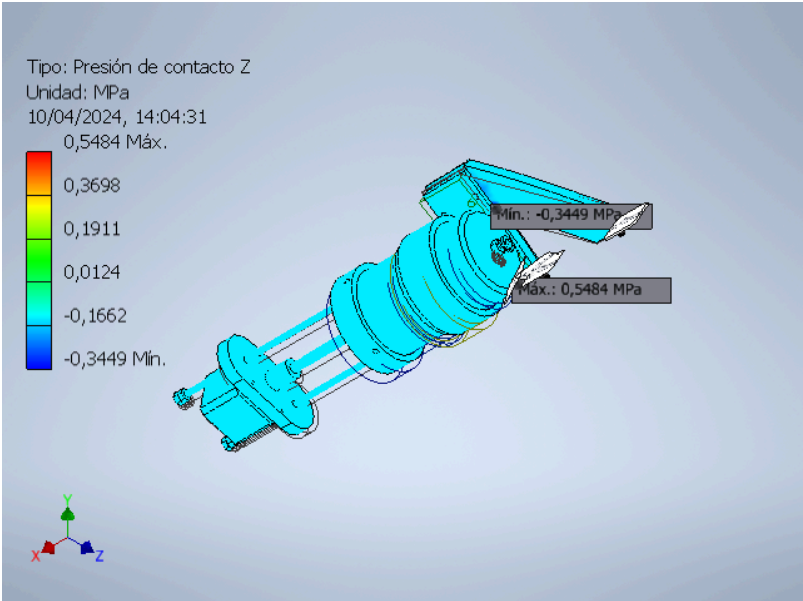
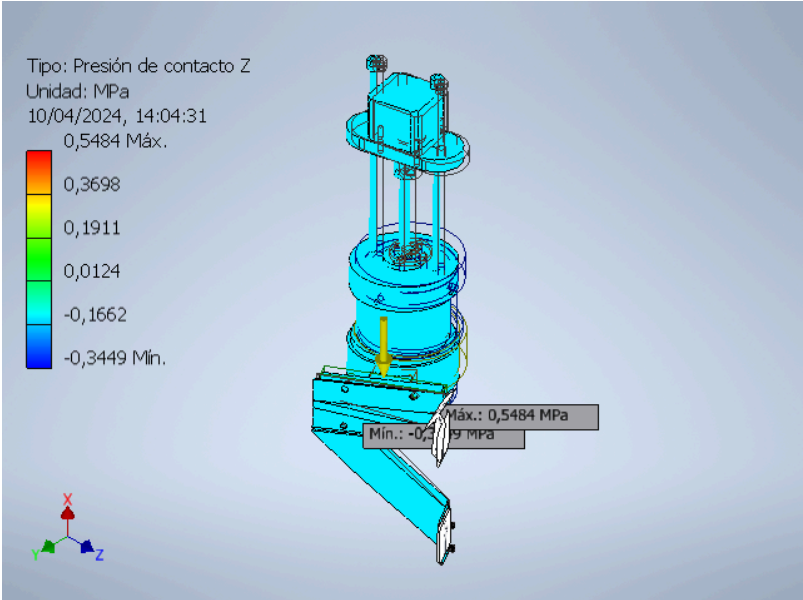


Presión de contacto Y





Presión de contacto Z



Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	Ensamblaje analisis de fuerzas estructura.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2024.2 (Build 282272000, 272)
Fecha de creación:	10/04/2024, 19:58
Autor del estudio:	Adrián torralba mijares
Resumen:	

Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	10/04/2024, 19:56
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

iProperties

Resumen

Autor	adria
-------	-------

Proyecto

Nº de pieza	Ensamblaje analisis de fuerzas estructura
Diseñador	adria
Coste estimado	0,00 €
Fecha de creación	10/04/2024

Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

Propiedades físicas

Masa	4,92706 kg
Área	1151190 mm^2
Volumen	1414030 mm^3
Centro de gravedad	x=75,6983 mm y=330,6 mm z=-42,9683 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5

Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

Material(es)

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte depósito-impresora.ipt Racor depósito.ipt Husillo TR8x8.ipt Tapa depósito.ipt	
Nombre	Hierro, dúctil	
General	Densidad de masa	7,15 g/cm ³
	Límite de elasticidad	811 MPa
	Resistencia máxima a tracción	997 MPa
Tensión	Módulo de Young	168 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	65,1163 GPa
Nombre(s) de pieza	Soporte motor.ipt	
Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,7 g/cm ³
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,33 su
	Módulo cortante	25,9023 GPa
Nombre(s) de pieza	Acoplamiento elástico.ipt frame.ipt Unión husillo-embolo.ipt Soporte depósito 1.ipt Deposito.ipt Embolo.ipt Soporte depósito 2.ipt Soporte depósito 3.ipt	
Nombre	Bronce, estaño suave	
General	Densidad de masa	8,874 g/cm ³
	Límite de elasticidad	128 MPa
	Resistencia máxima a tracción	275 MPa
Tensión	Módulo de Young	109,6 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,335 su
	Módulo cortante	41,0487 GPa
Nombre(s) de pieza	Guía del husillo.ipt	
Nombre	Hierro, gris	
General	Densidad de masa	7,15 g/cm ³
	Límite de elasticidad	119 MPa
	Resistencia máxima a tracción	276 MPa
Tensión	Módulo de Young	90 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	34,6154 GPa
Nombre(s) de pieza	Guia motor-tapa-husillo.ipt	
Nombre	Acero, galvanizado	

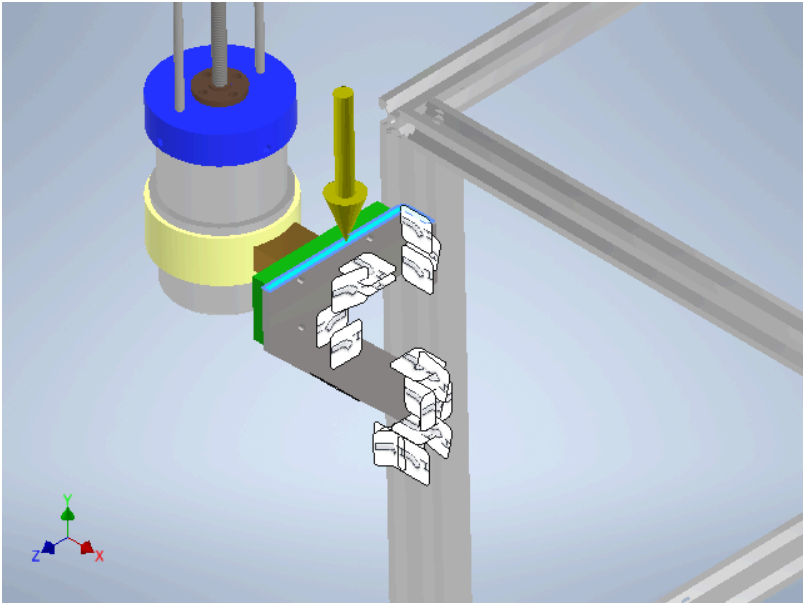
General	Densidad de masa	7,85 g/cm^3
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9231 GPa
Nombre(s) de pieza	Tuerca M5.ipt Tornillo M5.ipt	
Nombre	Caucho, Silicona	
General	Densidad de masa	1,25 g/cm^3
	Límite de elasticidad	10,34 MPa
	Resistencia máxima a tracción	10,34 MPa
Tensión	Módulo de Young	0,003 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,49 su
	Módulo cortante	0,00100671 GPa
Nombre(s) de pieza	Tórica 52x3.ipt	
Nombre	Acero, fundido	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm^3
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	300 MPa
Tensión	Módulo de Young	210 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	80,7692 GPa
Nombre(s) de pieza	Motor.ipt	

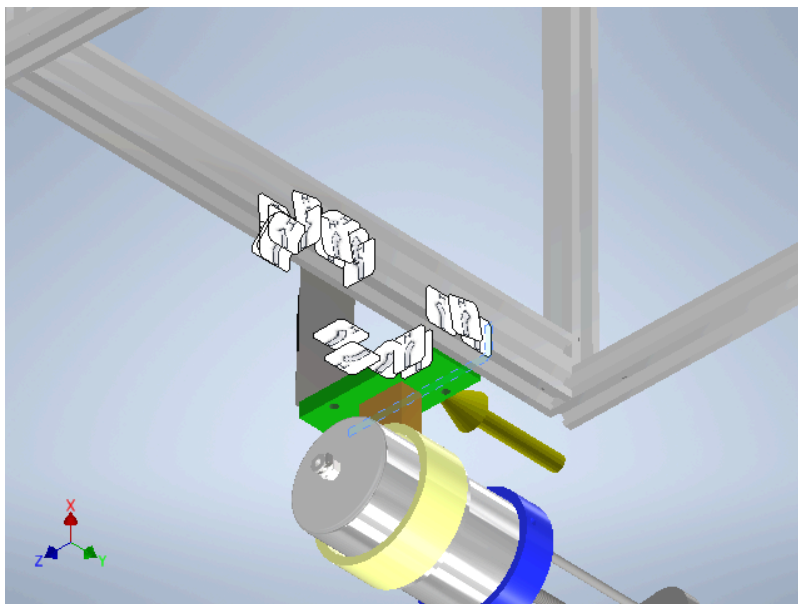
Condiciones de funcionamiento

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	20,783 N
Vector X	-0,052 N
Vector Y	-20,776 N
Vector Z	-0,544 N

Cara(s) seleccionada(s)

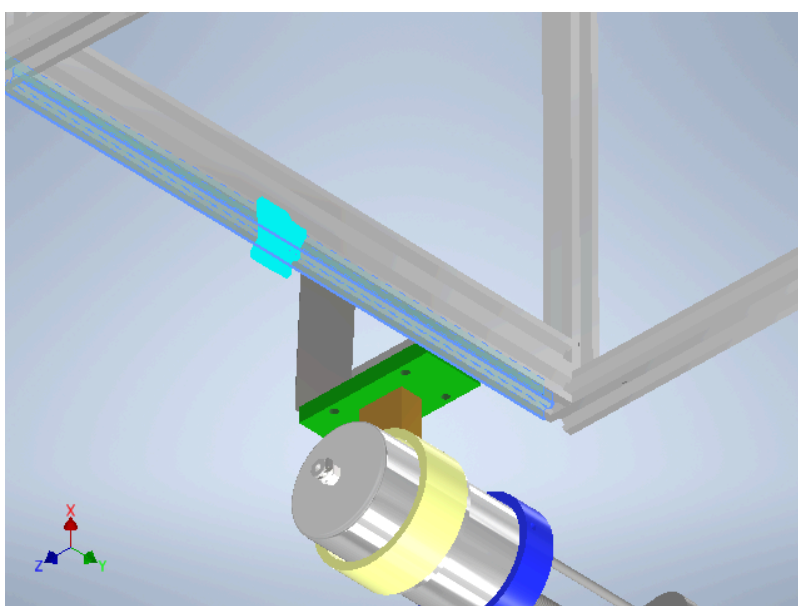
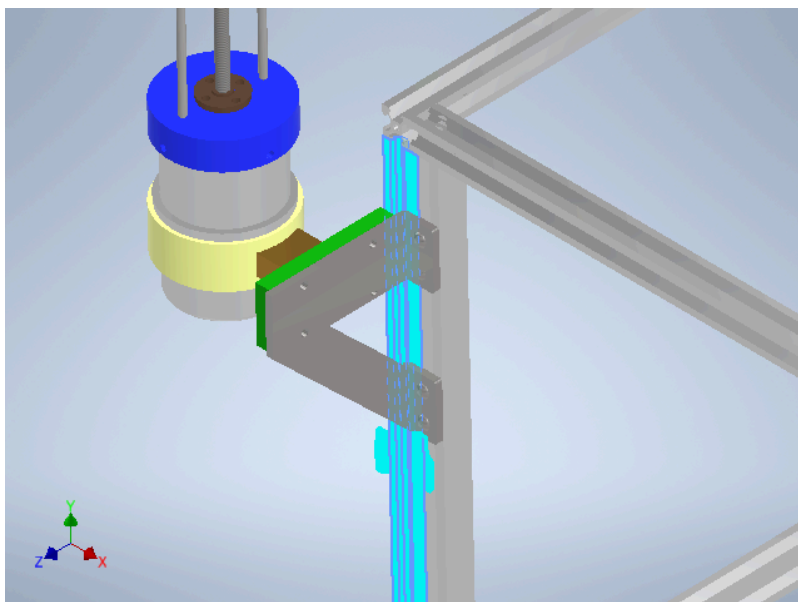




Restricción fija:1

Tipo de restricción Restricción fija

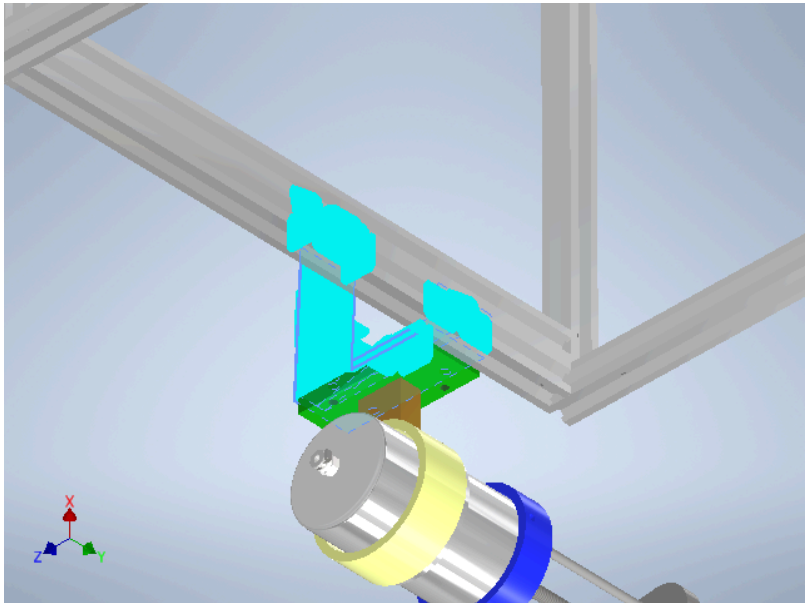
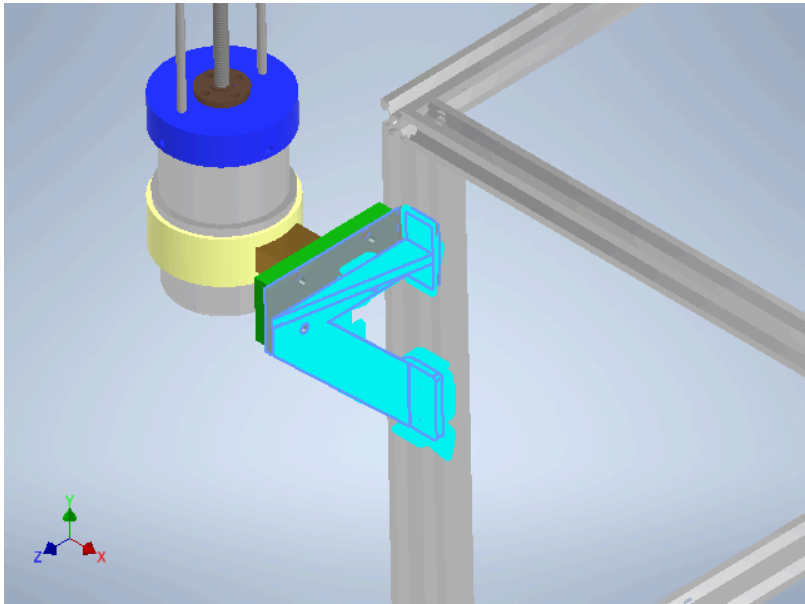
Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:2

Tipo de restricción Restricción fija

Cara(s) seleccionada(s)



Contactos (Bloqueado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Bloqueado:1	Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 1:1 Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 3:1
Bloqueado:2	frame:1 frame:1
Bloqueado:3	frame:1 frame:1
Bloqueado:4	frame:1 frame:1
Bloqueado:5	frame:1 frame:1
Bloqueado:6	frame:1 frame:1
Bloqueado:7	frame:1 frame:1
Bloqueado:8	frame:1 frame:1

Bloqueado:9	frame:1 frame:1
Bloqueado:10	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje depósito:1/Tornillo M5:2
Bloqueado:11	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 1:1
Bloqueado:12	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 frame:1
Bloqueado:13	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 frame:1
Bloqueado:14	frame:1 frame:1
Bloqueado:15	frame:1 frame:1
Bloqueado:16	frame:1 frame:1
Bloqueado:17	frame:1 frame:1
Bloqueado:18	frame:1 frame:1
Bloqueado:19	frame:1 frame:1
Bloqueado:20	frame:1 frame:1
Bloqueado:21	frame:1 frame:1
Bloqueado:22	frame:1 frame:1
Bloqueado:23	frame:1 frame:1
Bloqueado:24	frame:1 frame:1
Bloqueado:25	frame:1 frame:1
Bloqueado:26	frame:1 frame:1
Bloqueado:27	frame:1 frame:1
Bloqueado:28	frame:1 frame:1
Bloqueado:29	frame:1 frame:1
Bloqueado:30	frame:1 frame:1
Bloqueado:31	frame:1 frame:1
Bloqueado:32	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Tapa depósito:1
Bloqueado:33	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:1
Bloqueado:34	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:35	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:2
Bloqueado:36	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:1
Bloqueado:37	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1
Bloqueado:38	Ensamblaje depósito:1/Deposito:1 Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 2:1
Bloqueado:39	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Husillo TR8x8:1

Bloqueado:40	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Unión husillo-embolo:1
Bloqueado:41	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:1
Bloqueado:42	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 frame:1
Bloqueado:43	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:2
Bloqueado:44	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 frame:1
Bloqueado:45	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 frame:1
Bloqueado:46	frame:1 frame:1
Bloqueado:47	frame:1 frame:1
Bloqueado:48	frame:1 frame:1
Bloqueado:49	frame:1 frame:1
Bloqueado:50	frame:1 frame:1
Bloqueado:51	frame:1 frame:1
Bloqueado:52	Ensamblaje depósito:1/Guía del husillo:1 Ensamblaje depósito:1/Tapa depósito:1
Bloqueado:53	Ensamblaje depósito:1/Guía del husillo:1 Ensamblaje depósito:1/Husillo TR8x8:1
Bloqueado:54	frame:1 frame:1
Bloqueado:55	frame:1 frame:1
Bloqueado:56	frame:1 frame:1
Bloqueado:57	frame:1 frame:1
Bloqueado:58	frame:1 frame:1
Bloqueado:59	frame:1 frame:1
Bloqueado:60	frame:1 frame:1
Bloqueado:61	frame:1 frame:1
Bloqueado:62	Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1 Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1
Bloqueado:63	Ensamblaje depósito:1/Acoplamiento elástico:1 Ensamblaje depósito:1/Motor:1
Bloqueado:64	Ensamblaje depósito:1/Husillo TR8x8:1 Ensamblaje depósito:1/Acoplamiento elástico:1
Bloqueado:65	Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1 Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1
Bloqueado:66	Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1 Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1
Bloqueado:67	Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1 Ensamblaje depósito:1/Racor depósito:1
Bloqueado:68	Ensamblaje depósito:1/Husillo TR8x8:1 Ensamblaje depósito:1/Acoplamiento elástico:1
Bloqueado:69	Ensamblaje depósito:1/Tapa depósito:1 Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:70	Ensamblaje depósito:1/Soporte motor:1 Ensamblaje depósito:1/Motor:1

Bloqueado:71	Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:2 Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:4
Bloqueado:72	Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:1 Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:3
Bloqueado:73	Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:1 Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:2
Bloqueado:74	frame:1 frame:1
Bloqueado:75	frame:1 frame:1
Bloqueado:76	frame:1 frame:1
Bloqueado:77	frame:1 frame:1
Bloqueado:78	frame:1 frame:1
Bloqueado:79	frame:1 frame:1
Bloqueado:80	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:1
Bloqueado:81	Ensamblaje depósito:1/Émbolo:1 Ensamblaje depósito:1/Tórica 52x3:2
Bloqueado:83	frame:1 frame:1
Bloqueado:84	frame:1 frame:1
Bloqueado:85	Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:1 Ensamblaje depósito:1/Tapa depósito:1
Bloqueado:86	Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:2 Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:3
Bloqueado:87	Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:1 Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:4
Bloqueado:88	Ensamblaje depósito:1/Guia motor-tapa-husillo:1 Ensamblaje depósito:1/Tuerca M5:2
Bloqueado:89	Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 2:1 Ensamblaje depósito:1/Ensamblaje soporte depósito:1/Soporte depósito 3:1
Bloqueado:93	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje depósito:1/Tornillo M5:3
Bloqueado:94	Ensamblaje depósito:1/Soporte depósito-impresora:1 Ensamblaje depósito:1/Tornillo M5:4

Resultados

Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	0,0000000000269821 N	-0,00000000000143914 N	0,000000000000517454 N m	-0,000000000000509251 N m
		-0,00000000000265913 N		0,0000000000000410094 N m
		-0,00000000000434313 N		-0,0000000000000820954 N m
Restricción fija:2	20,7831 N	0,0519006 N	0,11652 N m	-0,110655 N m
		20,7759 N		0,0012261 N m
		0,543712 N		-0,0364805 N m

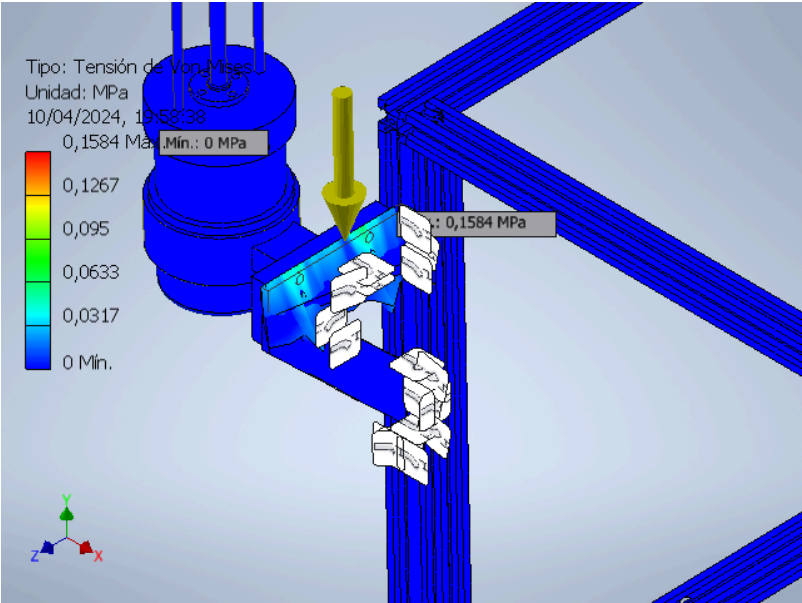
Resumen de resultados

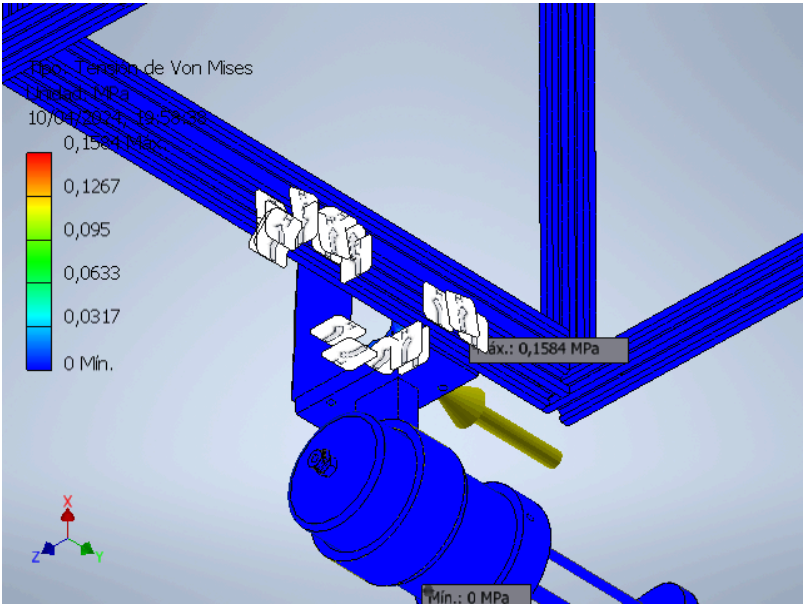
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	1414010 mm^3	
Masa	4,9351 kg	

Tensión de Von Mises	0 MPa	0,158365 MPa
Primera tensión principal	-0,0114558 MPa	0,129913 MPa
Tercera tensión principal	-0,0961832 MPa	0,000117151 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00000202169 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,0374373 MPa	0,0600653 MPa
Tensión XY	-0,042418 MPa	0,086873 MPa
Tensión XZ	-0,00575145 MPa	0,0158237 MPa
Tensión YY	-0,0630423 MPa	0,0647128 MPa
Tensión YZ	-0,0326583 MPa	0,0297229 MPa
Tensión ZZ	-0,0232769 MPa	0,0357919 MPa
Desplazamiento X	-0,000000327887 mm	0,000000720813 mm
Desplazamiento Y	-0,00000189982 mm	0,000000000000216798 mm
Desplazamiento Z	-0,000000279592 mm	0,000000259405 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000000711405 su
Primera deformación principal	-0,000000000577381 su	0,000000642796 su
Tercera deformación principal	-0,000000588033 su	0 su
Deformación XX	-0,000000115885 su	0,000000230575 su
Deformación XY	-0,000000285717 su	0,000000585155 su
Deformación XZ	-0,0000000387404 su	0,000000106585 su
Deformación YY	-0,000000298815 su	0,000000198045 su
Deformación YZ	-0,000000219978 su	0,000000200206 su
Deformación ZZ	-0,0000000836342 su	0,0000000876633 su
Presión de contacto	0 MPa	0,000000000000864822 MPa
Presión de contacto X	-0,0000000000000728498 MPa	0,00000000000002321 MPa
Presión de contacto Y	-0,0000000000000850235 MPa	0,000000000000074781 MPa
Presión de contacto Z	-0,000000000000140397 MPa	0,0000000000000158132 MPa

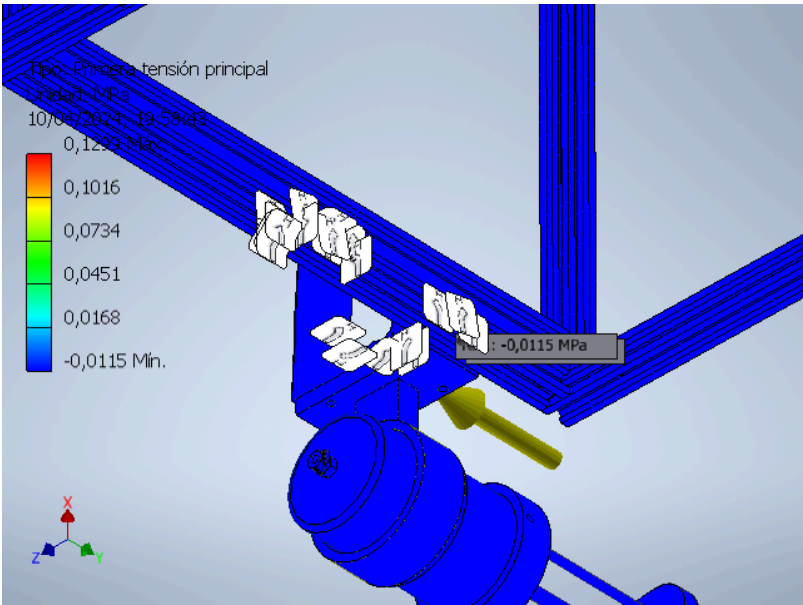
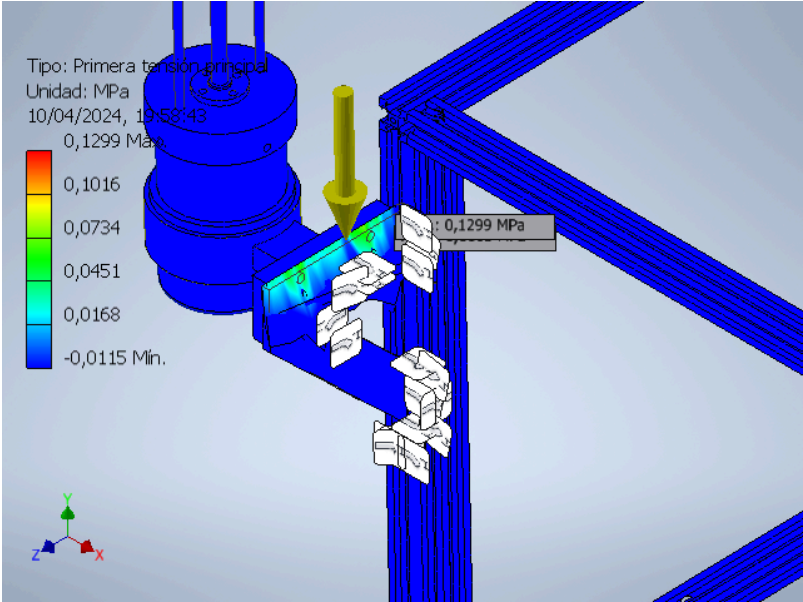
Figuras

Tensión de Von Mises

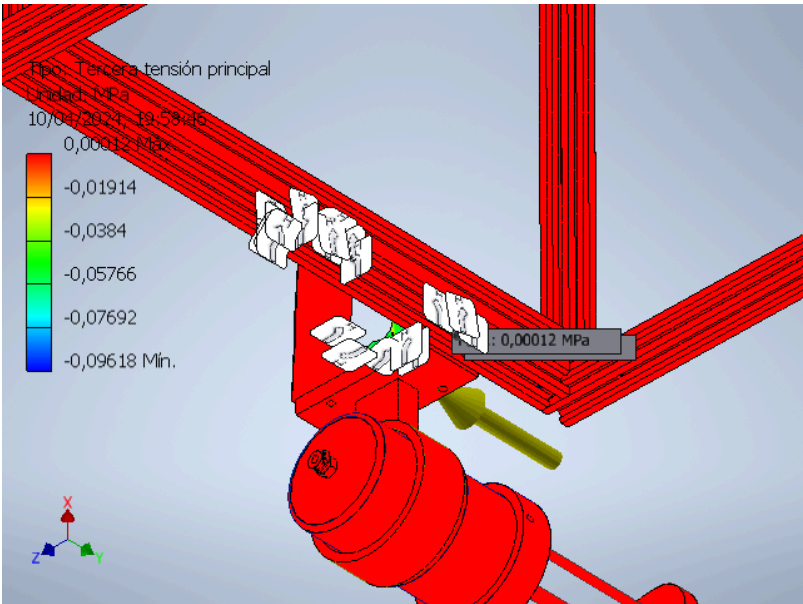
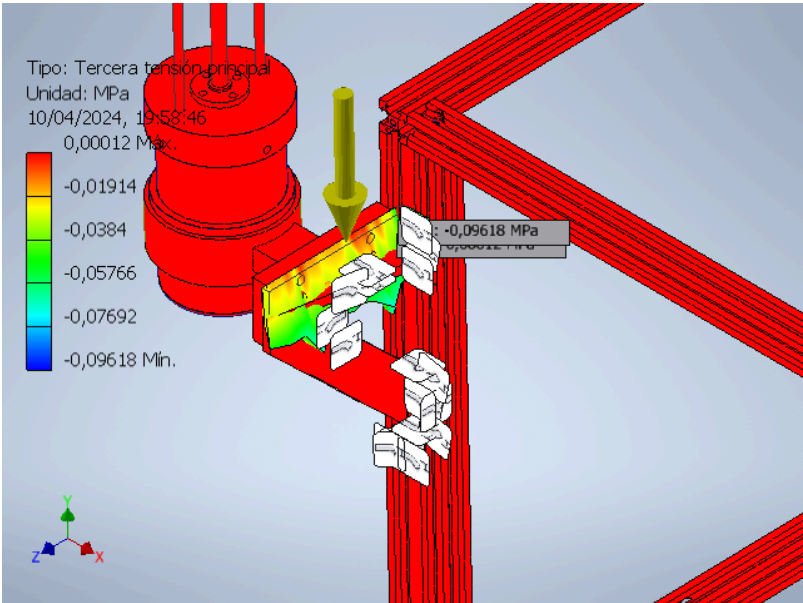




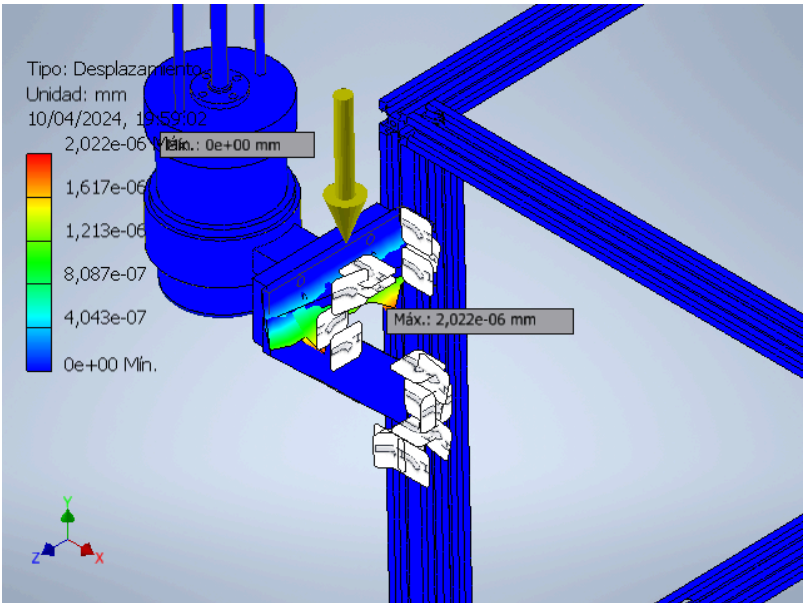
Primera tensión principal

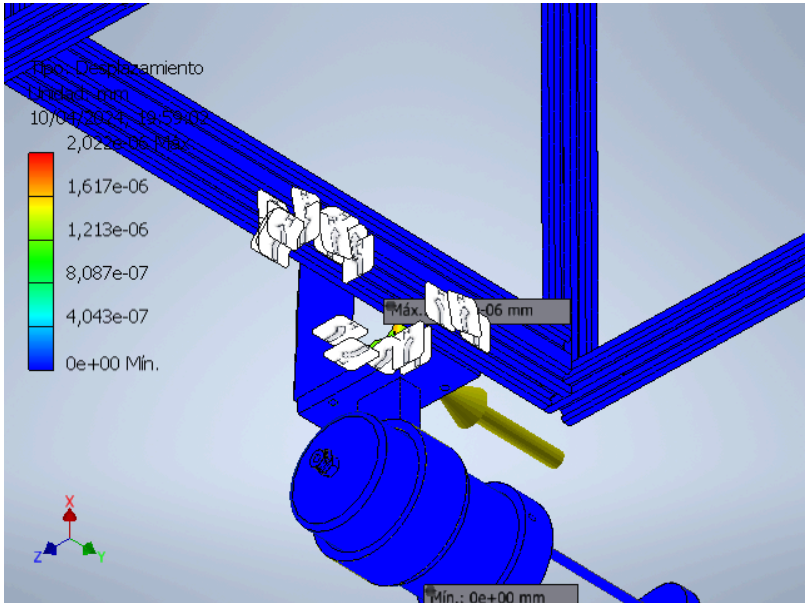


Tercera tensión principal

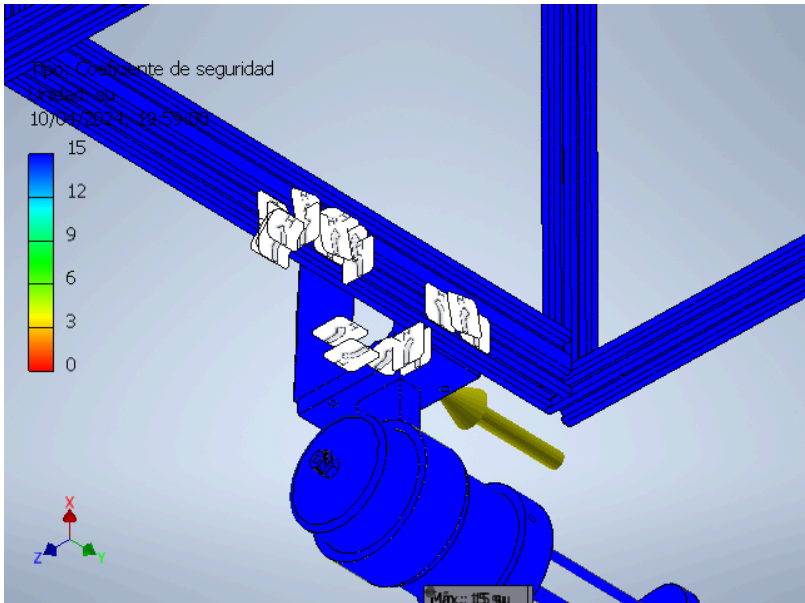
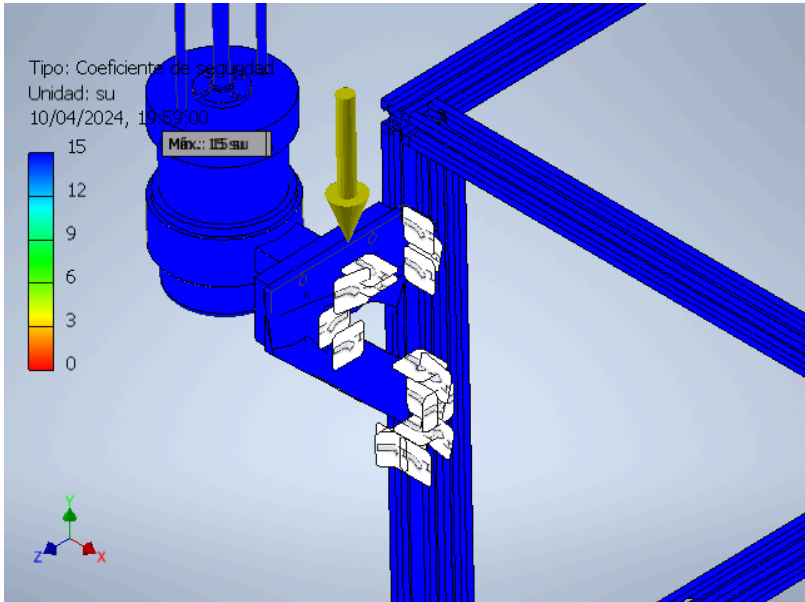


Desplazamiento

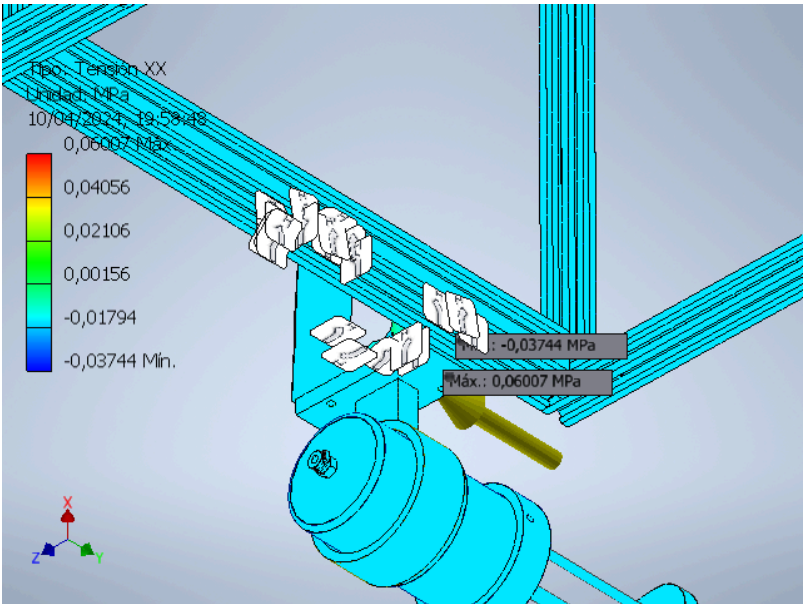
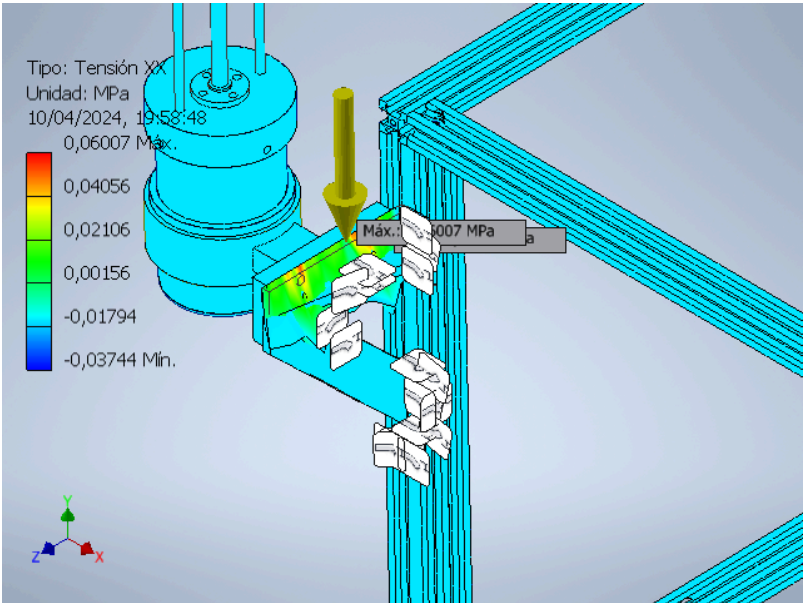




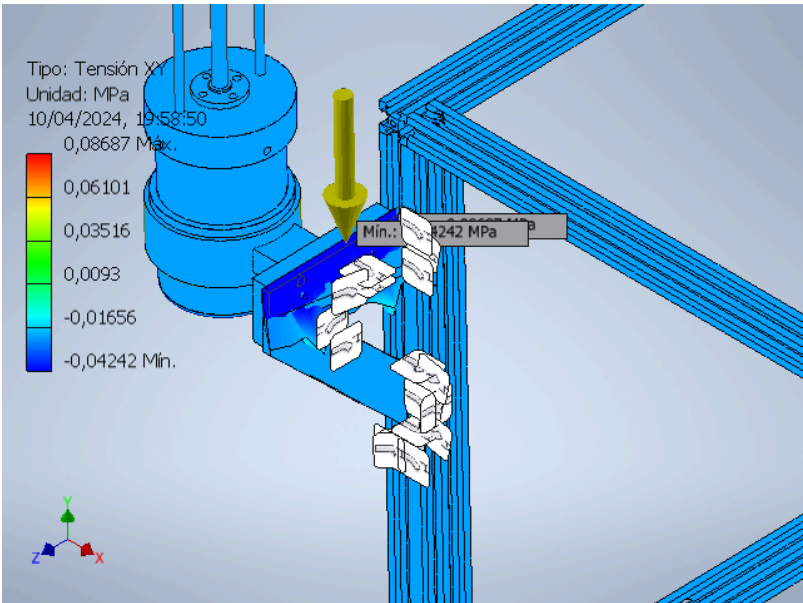
Coeficiente de seguridad

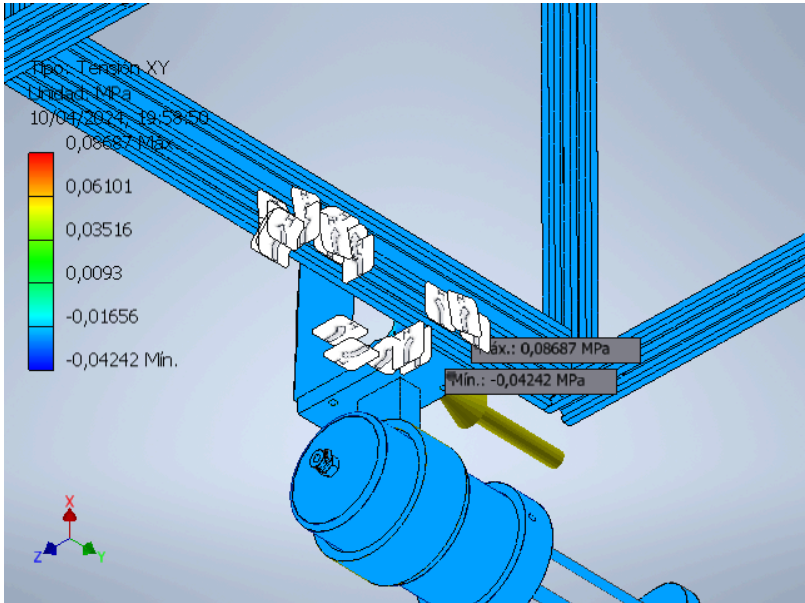


Tensión XX

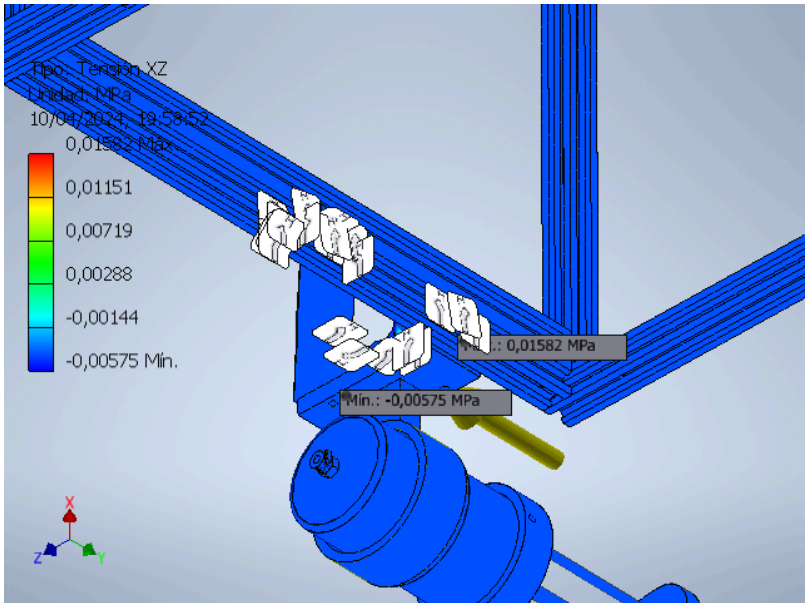
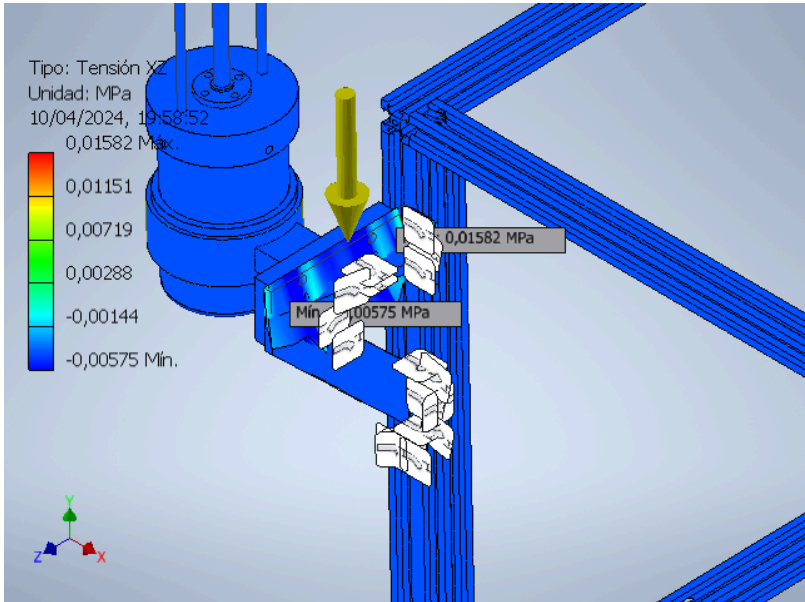


Tensión XY

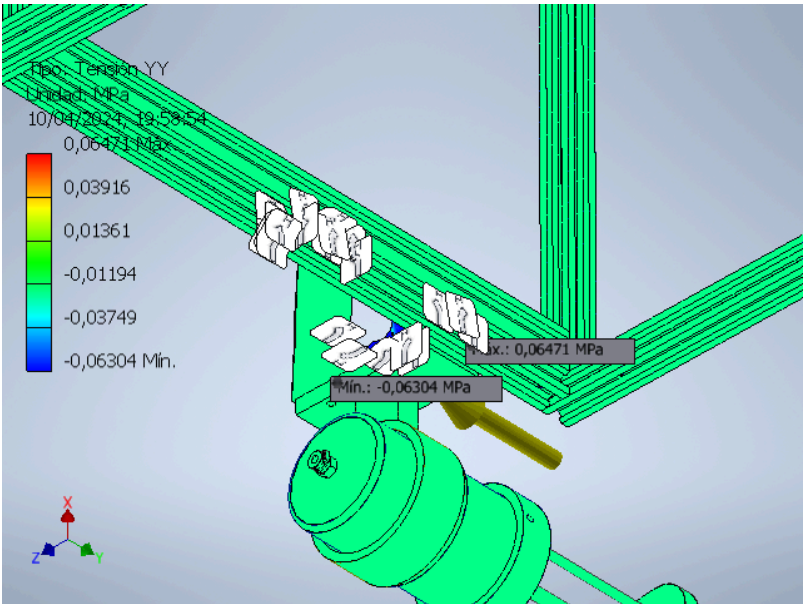
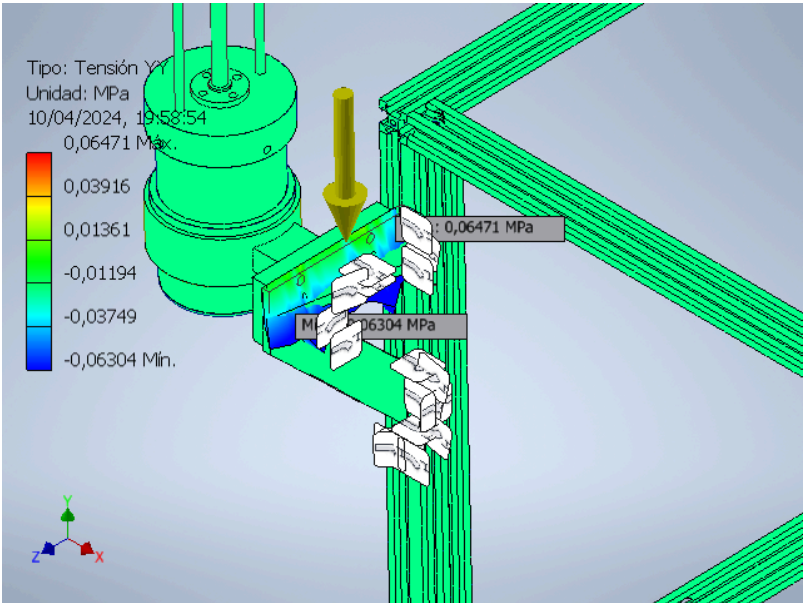




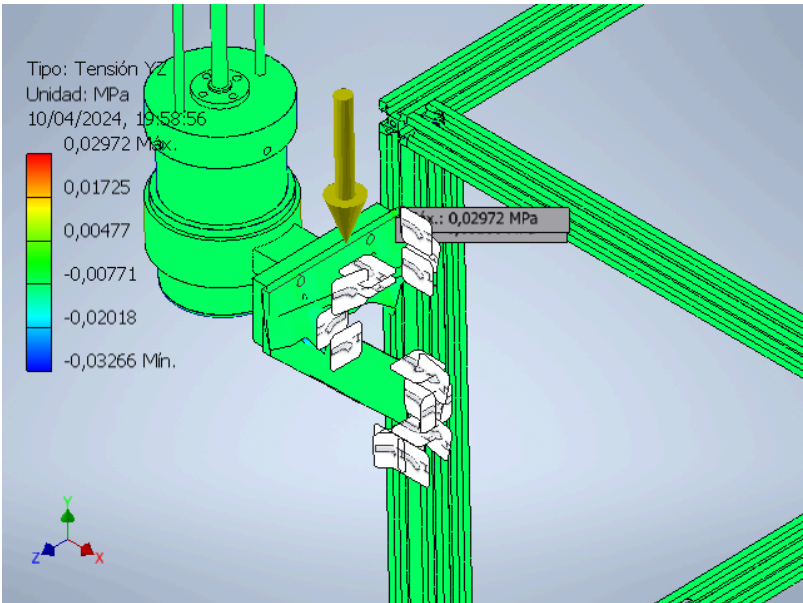
Tensión XZ

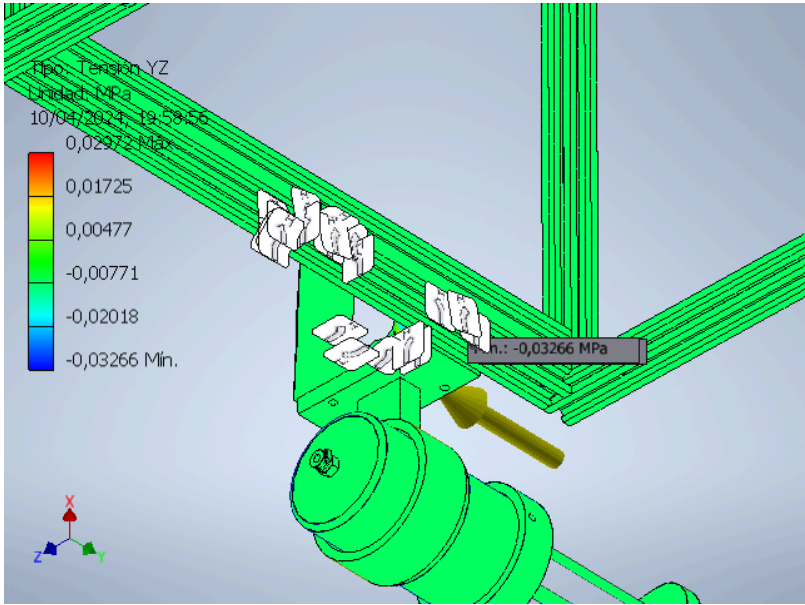


Tensión YY

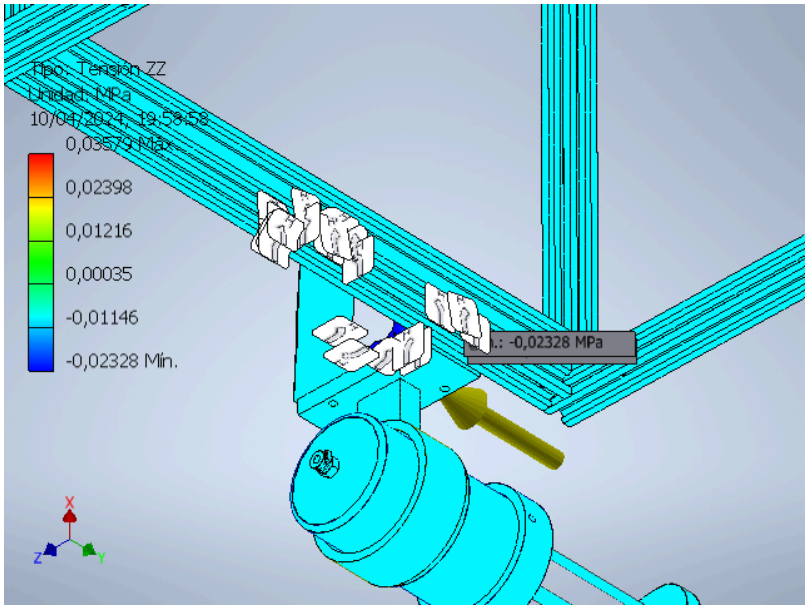
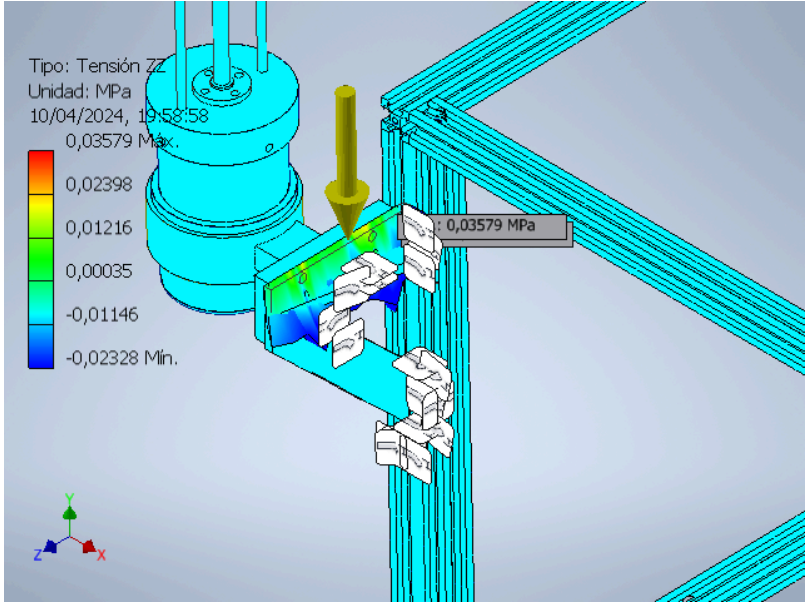


Tensión YZ

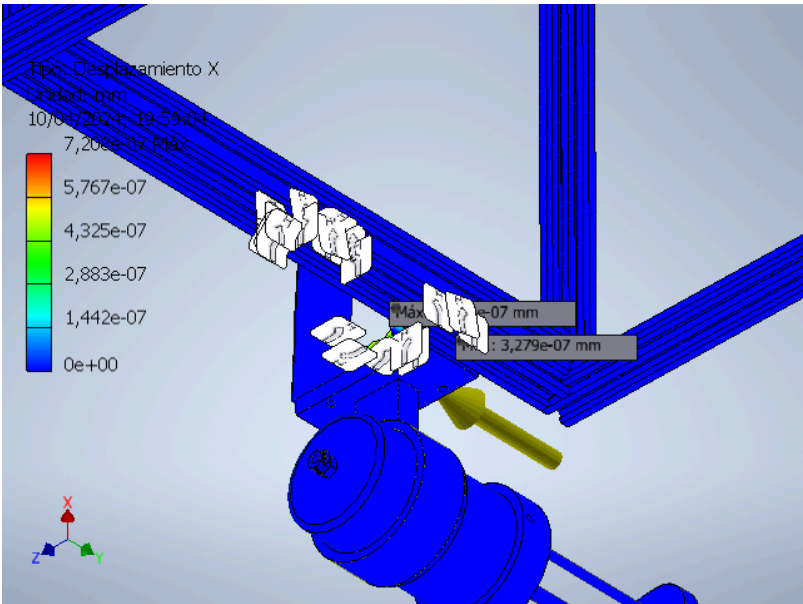
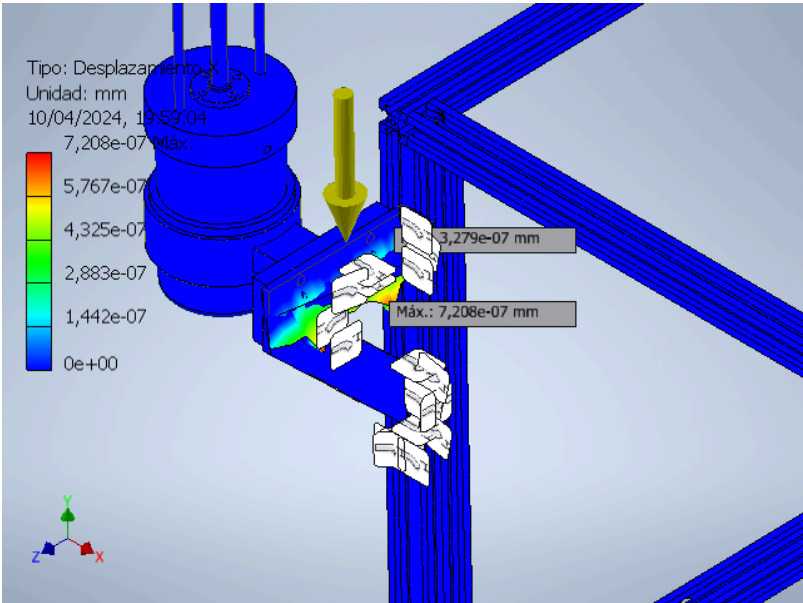




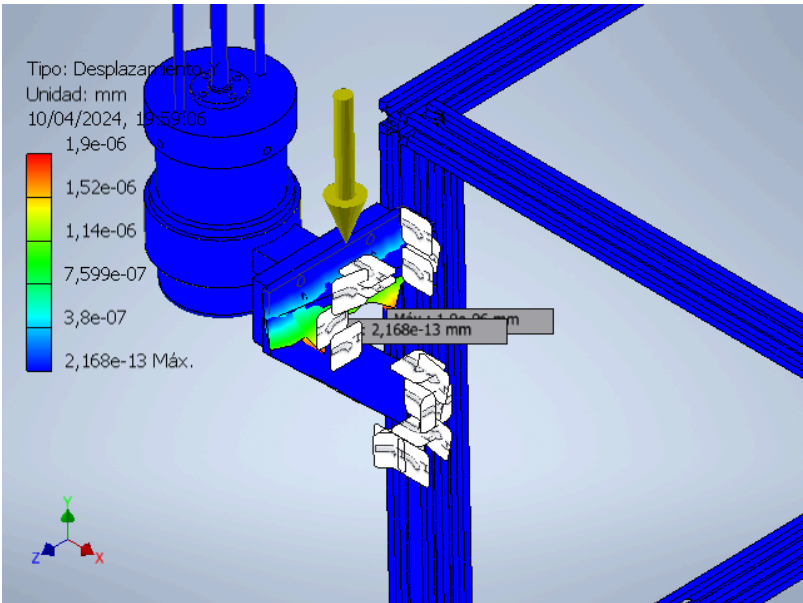
Tensión ZZ

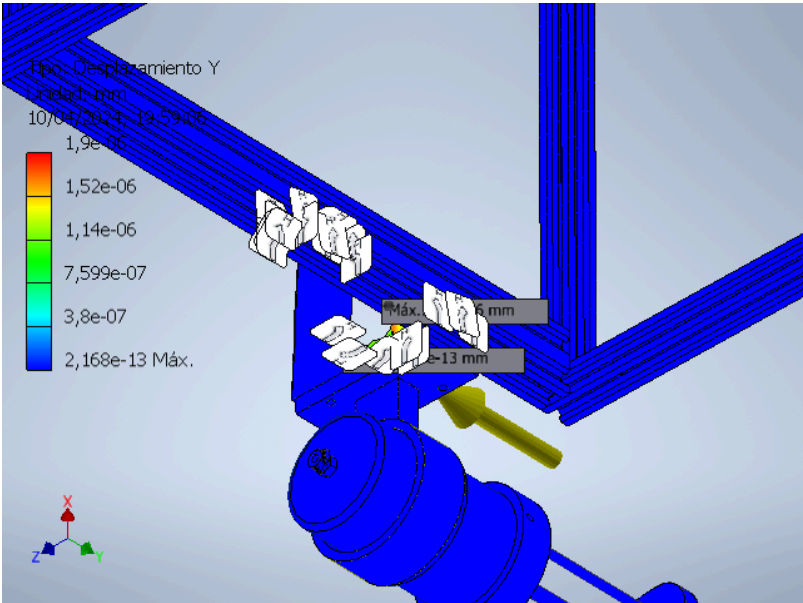


Desplazamiento X

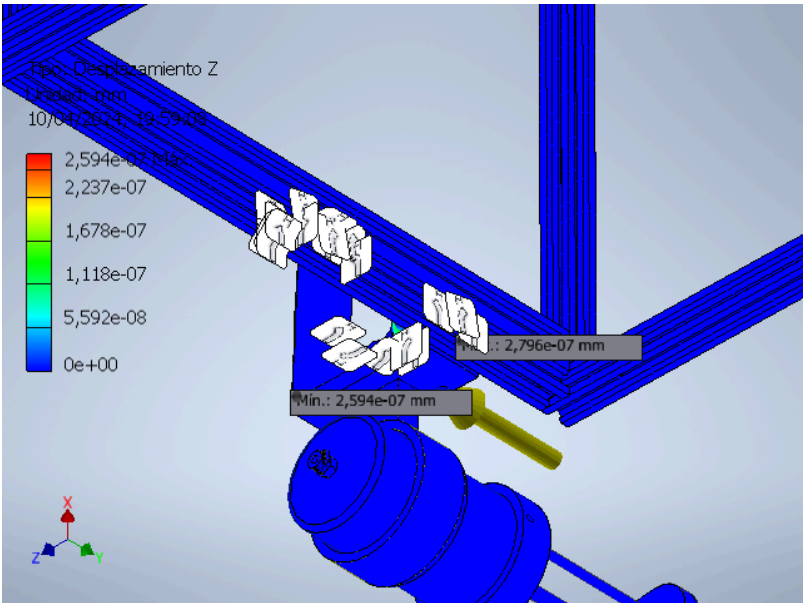
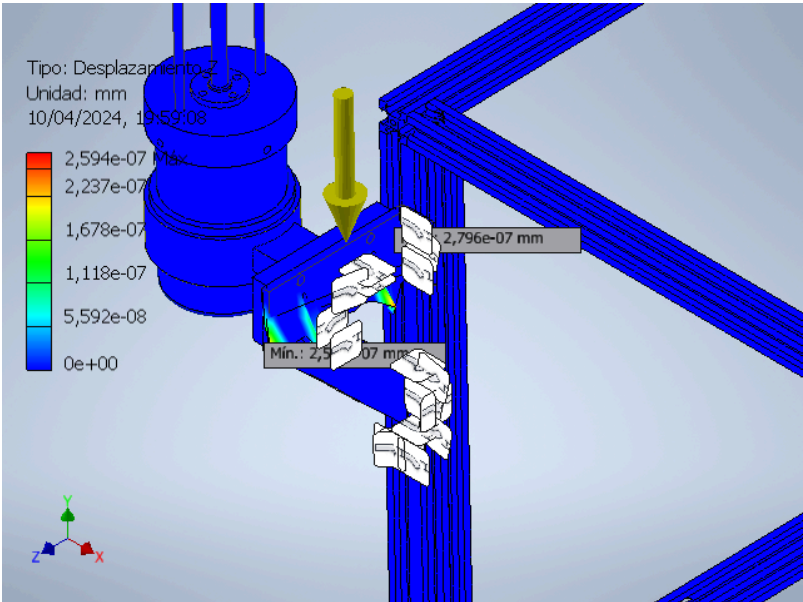


Desplazamiento Y

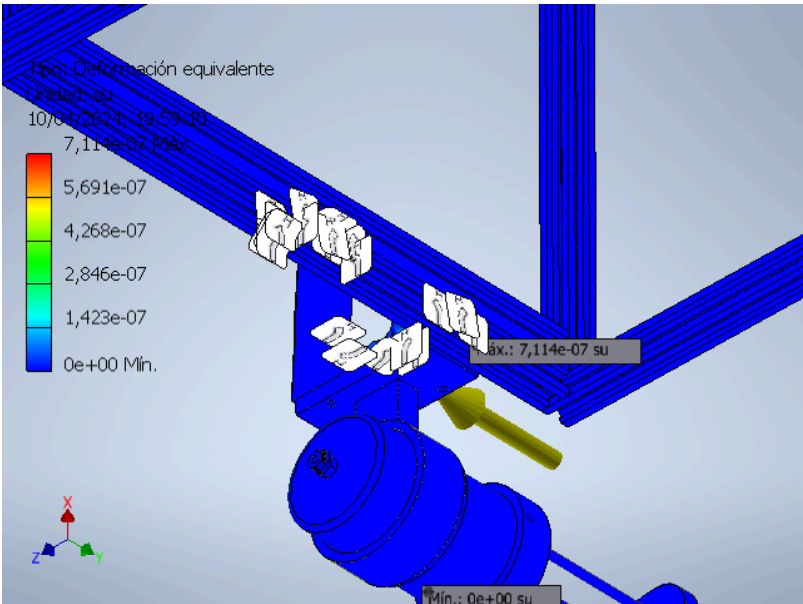
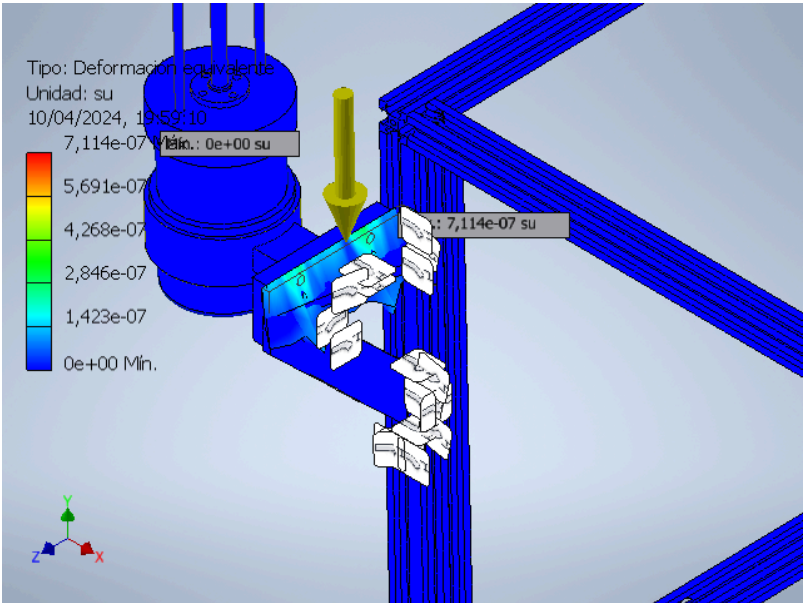




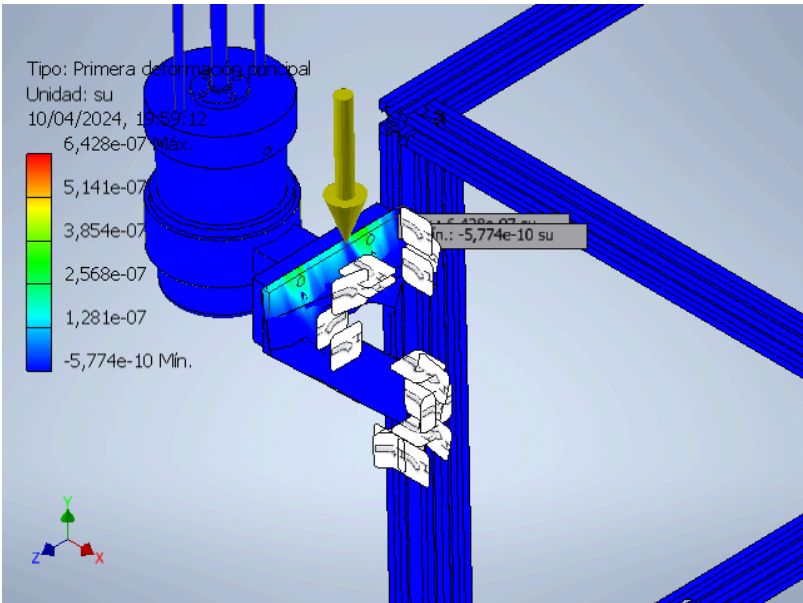
Desplazamiento Z

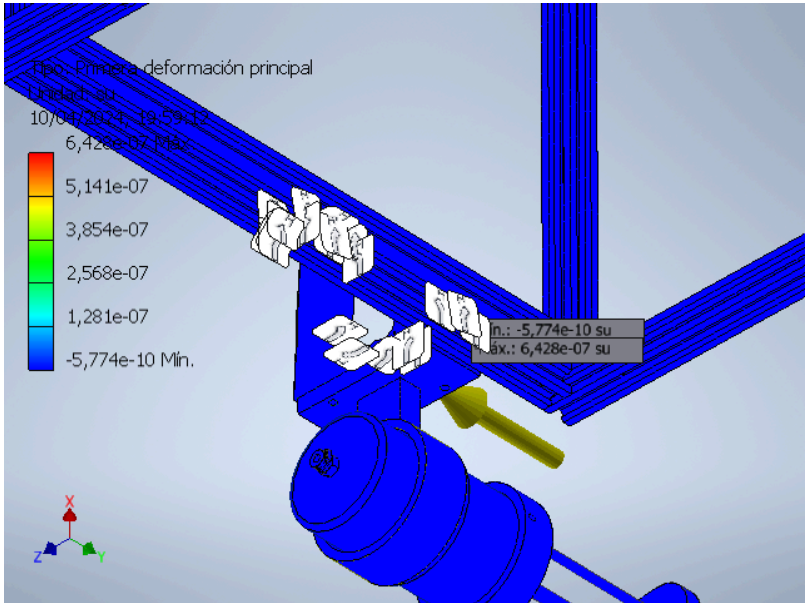


Deformación equivalente

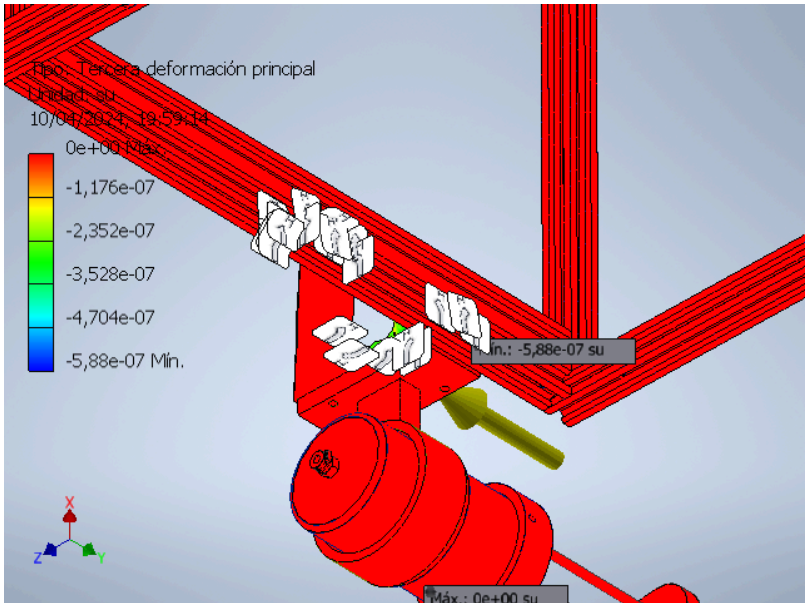
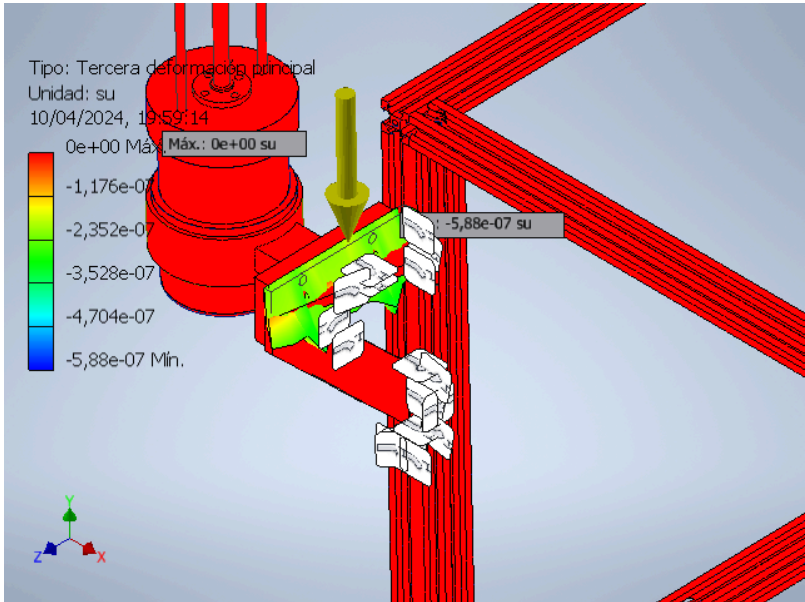


Primera deformación principal

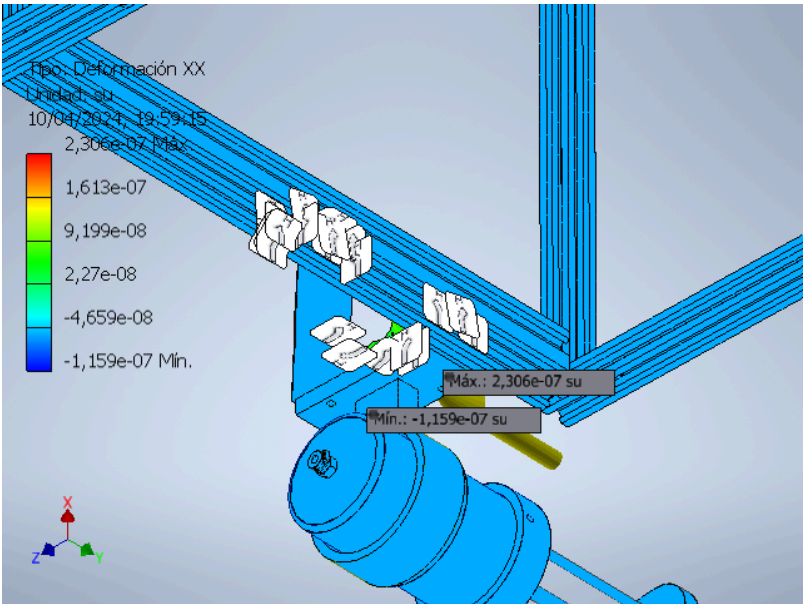
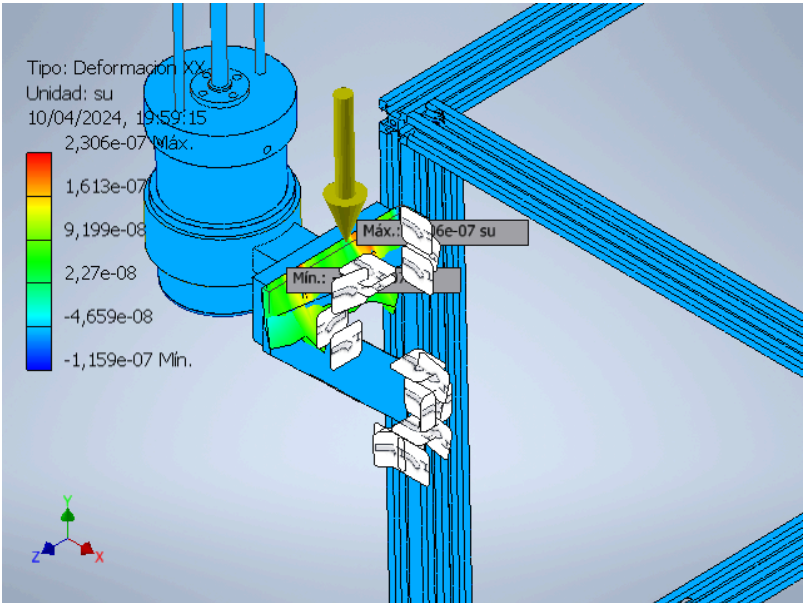




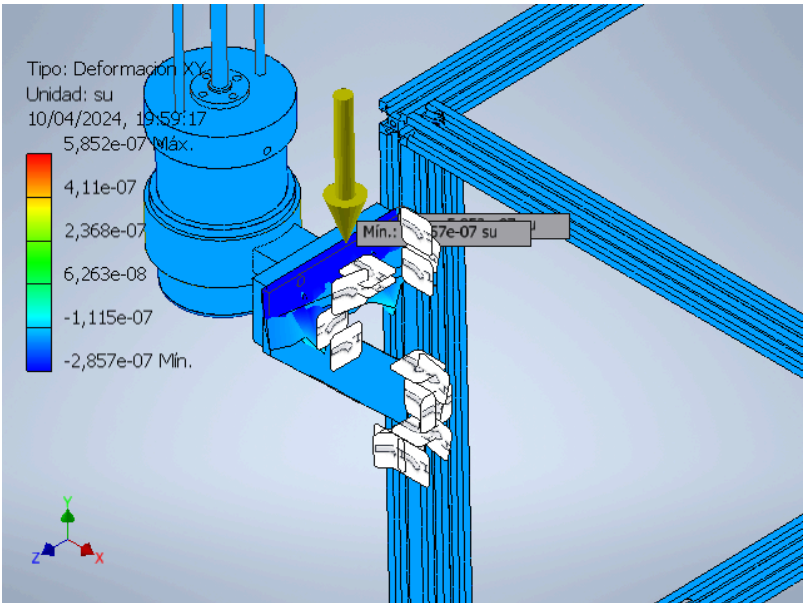
Tercera deformación principal

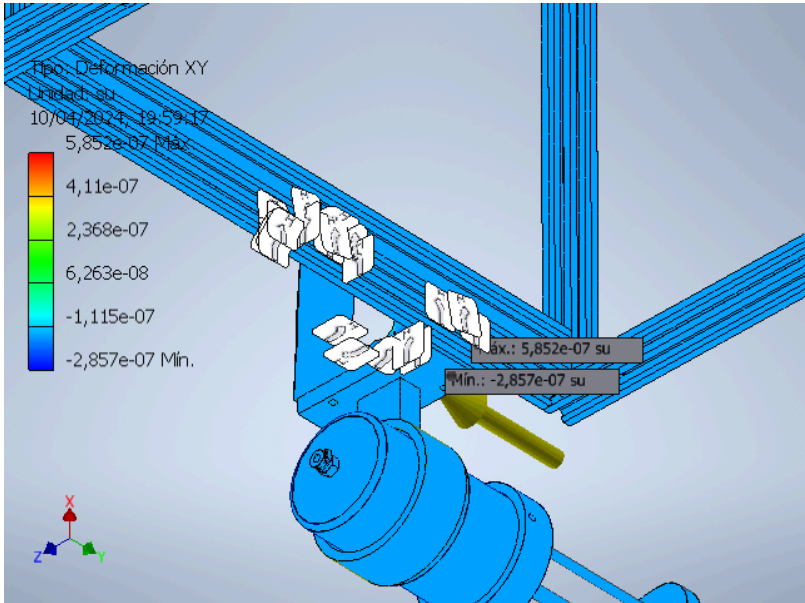


Deformación XX

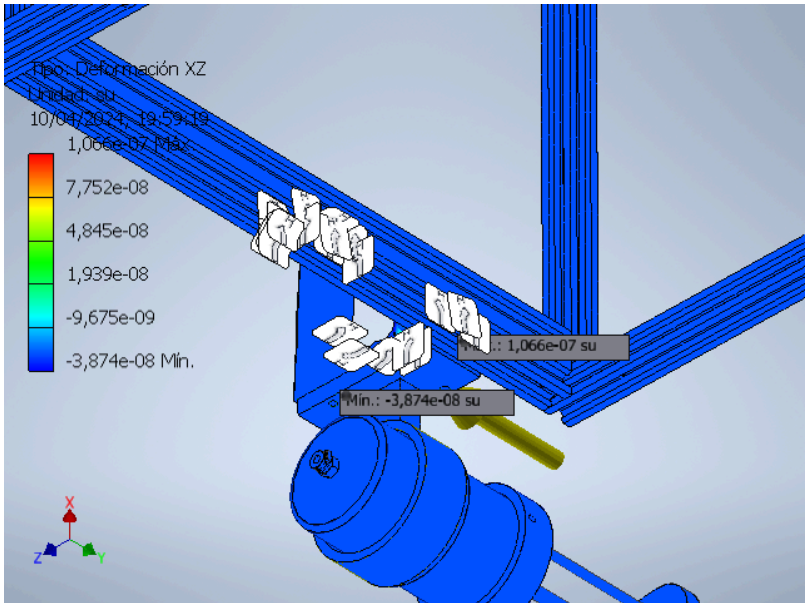
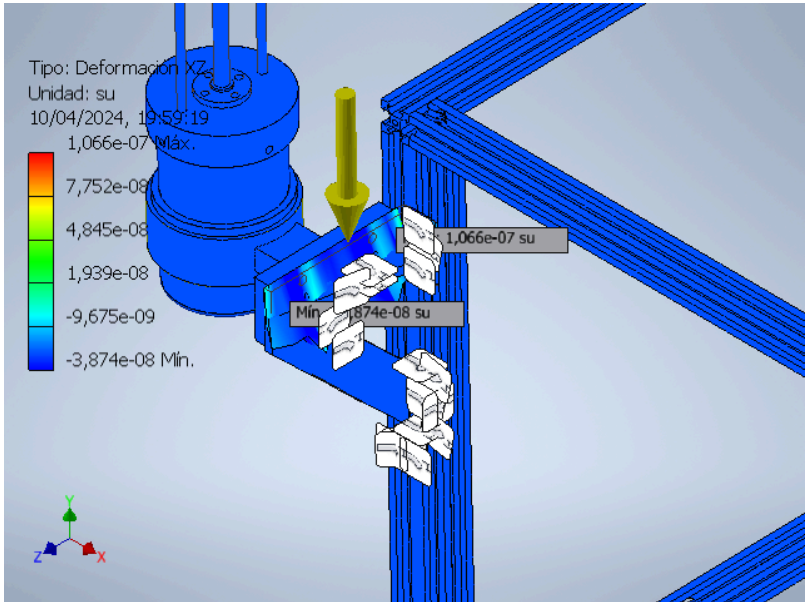


Deformación XY

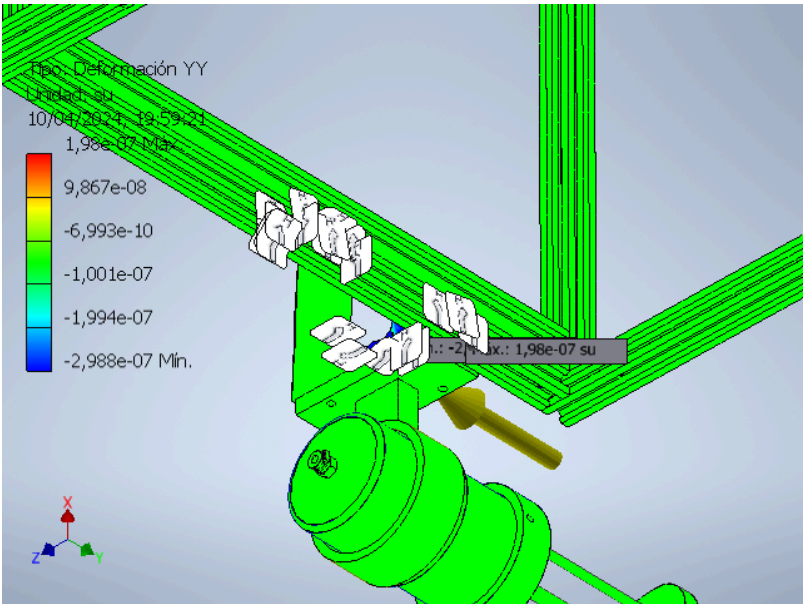
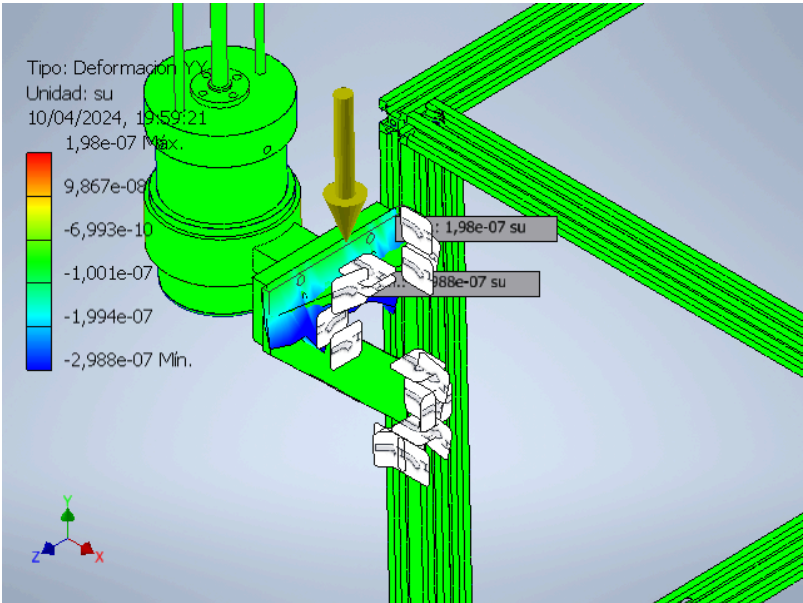




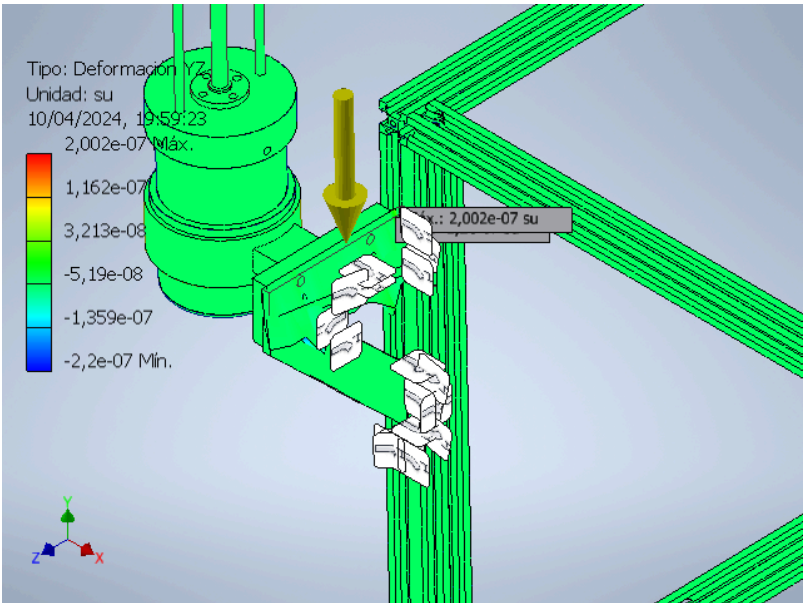
Deformación XZ

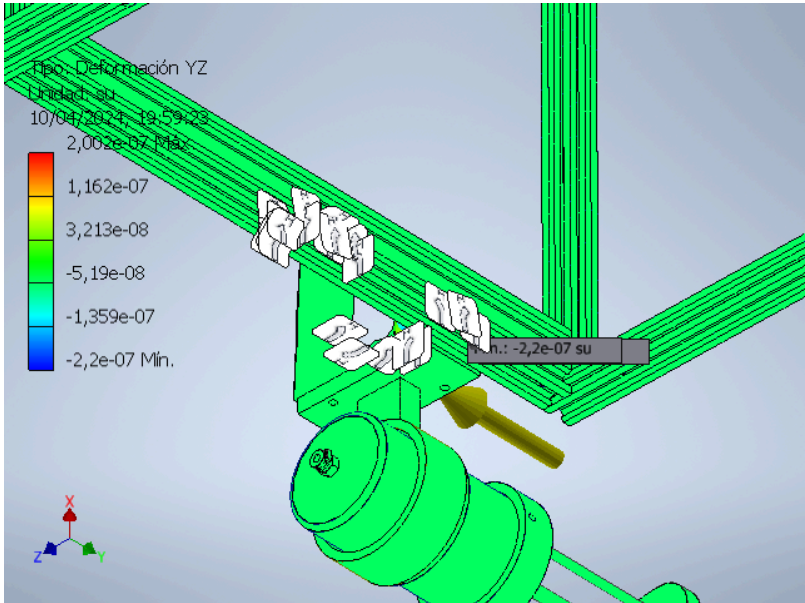


Deformación YY

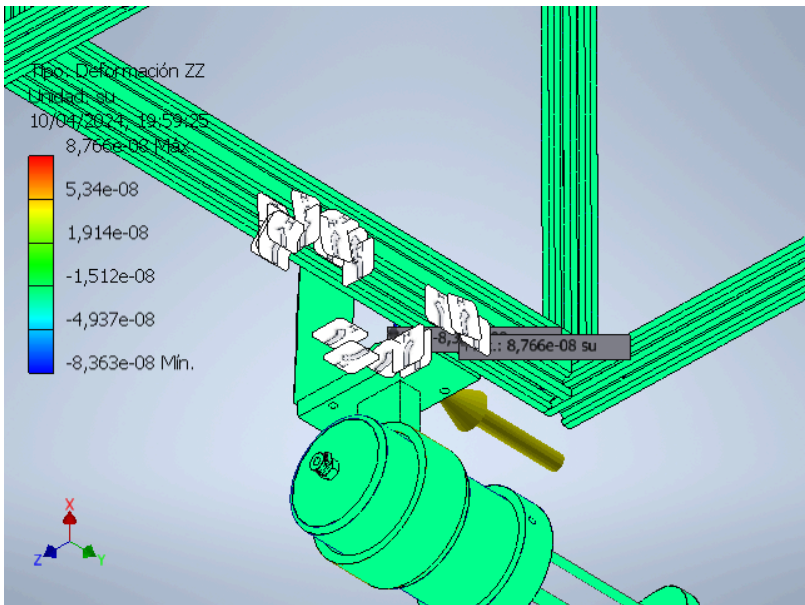
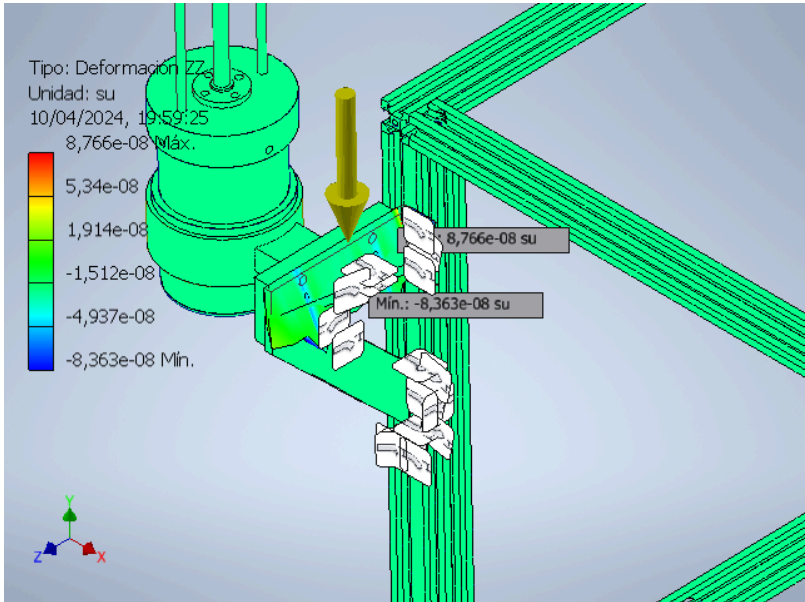


Deformación YZ

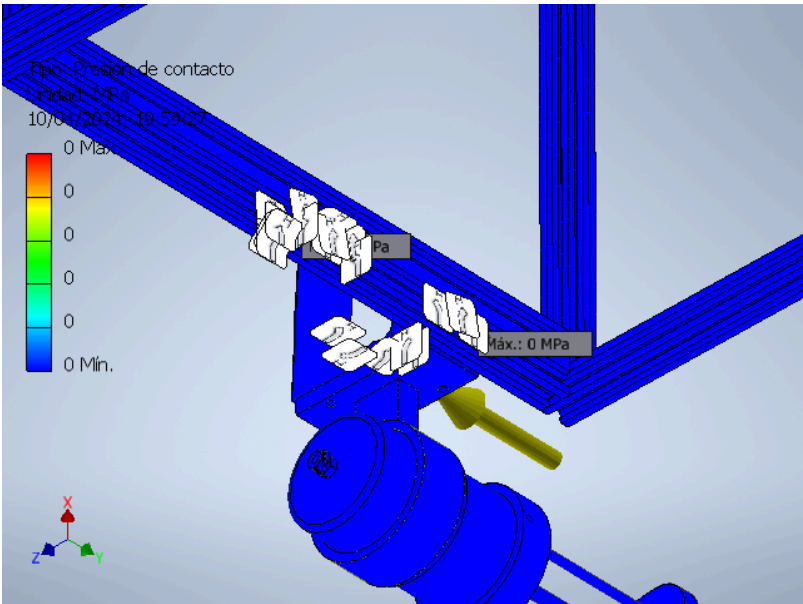
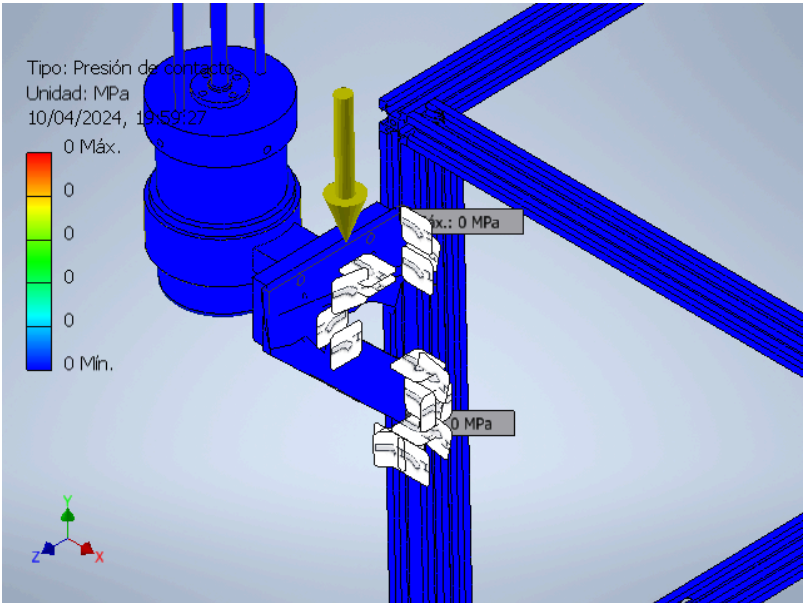




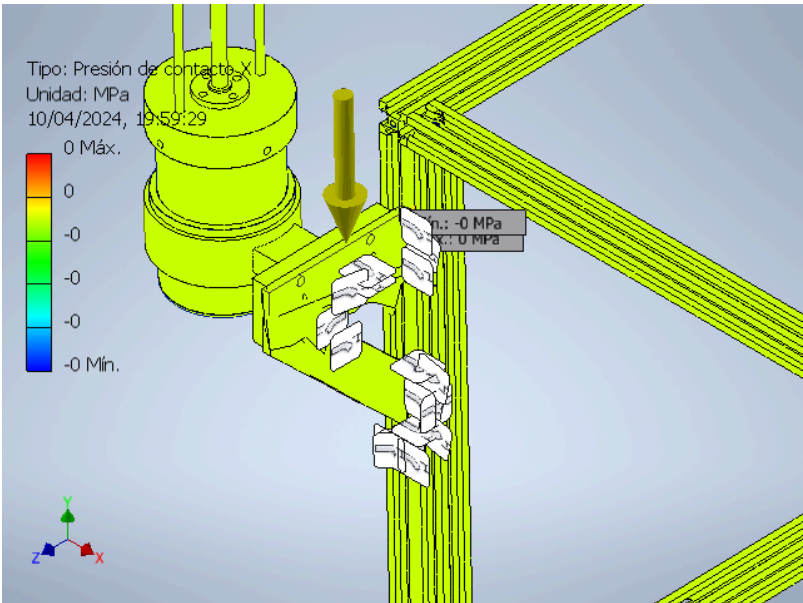
Deformación ZZ

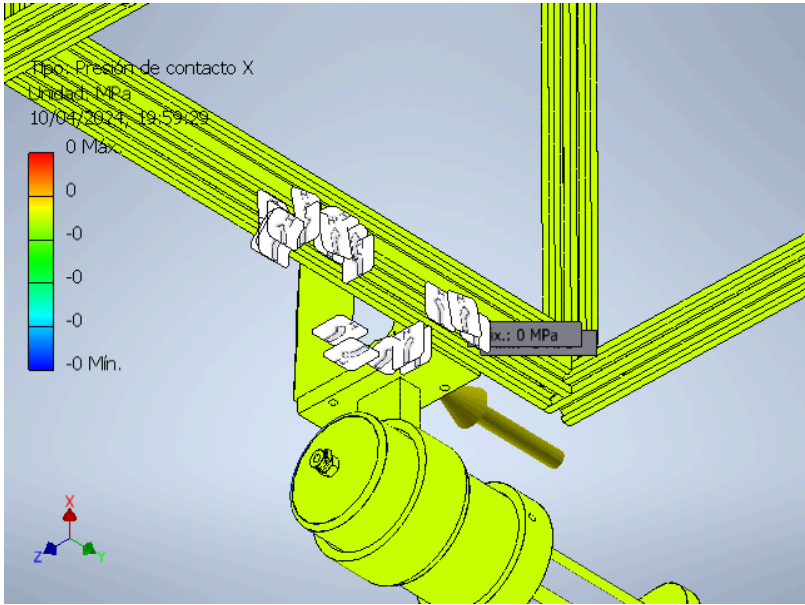


Presión de contacto

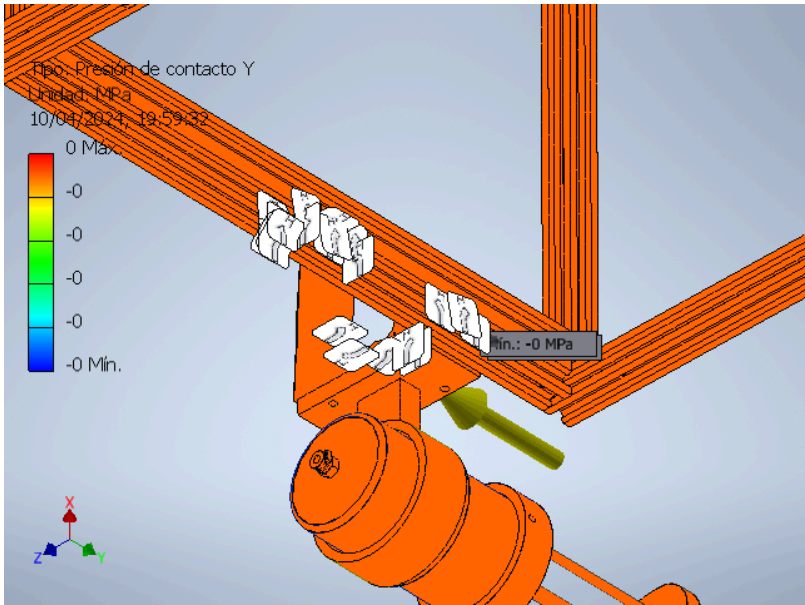
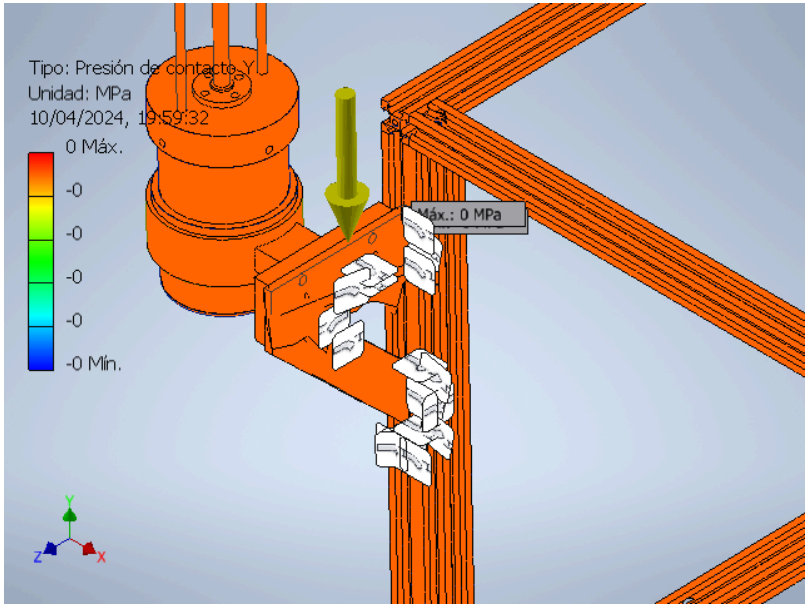


Presión de contacto X

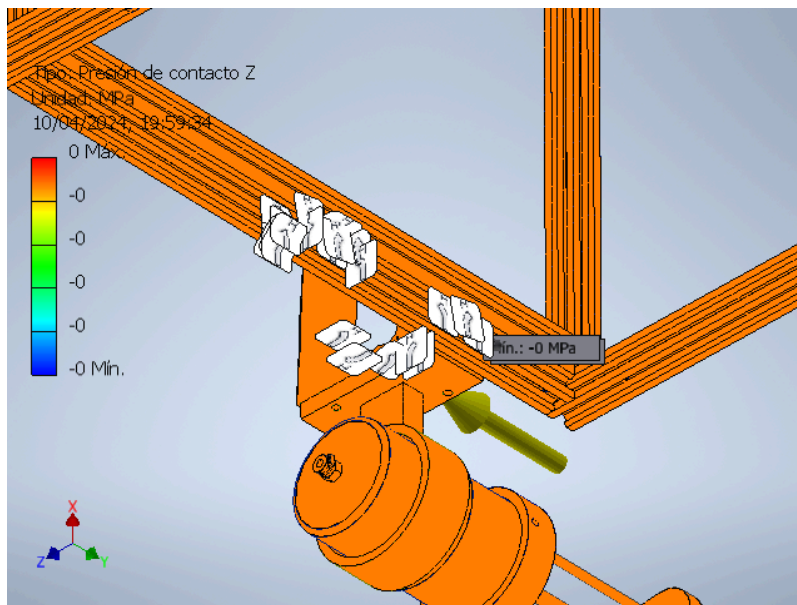
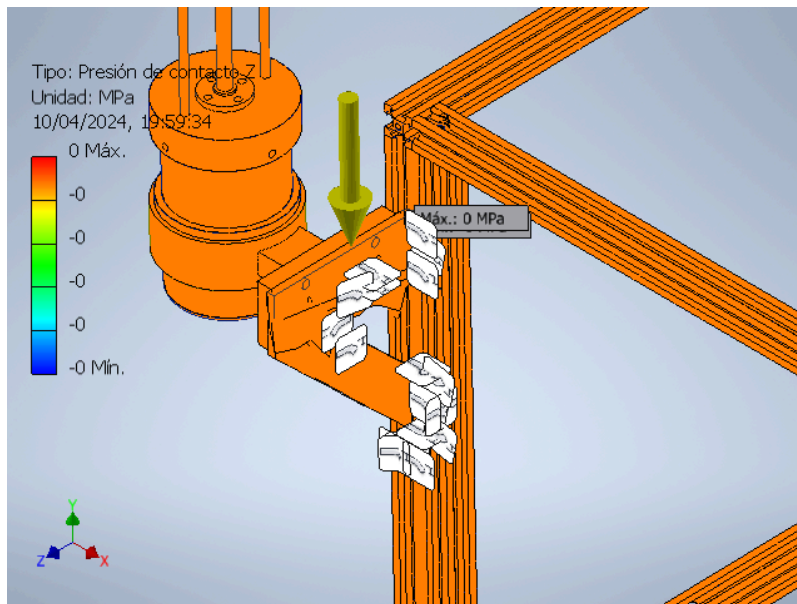




Presión de contacto Y



Presión de contacto Z



C:\Users\adria\Documents\Escuela Naval Militar\CUD\AA\TFG\Inventor\Piezas propias\Piezas\Ensamblaje analisis de fuerzas estructura.iam