



Universidad de Extremadura
Centro Universitario de Mérida

TRABAJO FIN DE GRADO

Rediseño y adaptación de huerto robotizado modelo Farmbot Express

Grado en Ingeniería en
Diseño Industrial y
Desarrollo de Productos

Javier García González
Mérida, 2022



Universidad de Extremadura
Centro Universitario de Mérida

Rediseño y adaptación de huerto robotizado modelo
Farmbot Express

Grado en Ingeniería de
Diseño Industrial y
Desarrollo de Productos

Autor: Javier García González

Fdo:

Tutor 1: Mara Olivares Marín
Departamento de Ciencia de los Materiales e
Ingeniería Metalúrgica

Fdo:

Tutor 2: Tomás Miguel Vega Roucher
Departamento Expresión Gráfica en la Inge-
niería

Fdo:

Resumen

La automatización está entrando en todos los sectores y el agrícola no es una excepción. Existen robots de todo tipo destinados a la agricultura y muchos de ellos se ofrecen a la comunidad para su adaptación y mejora de forma gratuita con una licencia de código libre.

El objetivo de este Proyecto ha sido rediseñar y adaptar el robot Farmbot Express V1.0 para su fabricación y comercialización en Europa. Este Trabajo se ha realizado en colaboración con la Cooperativa Emprendiciencia y, en su realización, se han estudiado los materiales, procesos y elementos necesarios para la fabricación, se ha elaborado un plan de fabricación y montaje, se han rediseñado piezas e implementado mejoras para optimizar su función.

Pero, además, se ha creado un modelo de negocio ecosocialmente responsable y una imagen de marca acorde a los valores que se quieren transmitir.

Y todo esto ha sido posible porque la Ingeniería en Diseño Industrial proporciona una visión humana y holística de los sistemas, dándonos la capacidad de mirar cada proyecto con sus múltiples caras y relaciones.

A mi abuelo,
por dar alimento a una curiosidad
que siempre quiere más.

Javier García González

Agradecimientos

A mis tutores Tomás y Mara. Por animarme y apoyarme en un proyecto tan ambicioso que a veces nos superaba a todos.

A Carlos, Sergio, David y todos mis compañeros de Xtreme y el FabLab Almen-dralejo que sin ellos esto no habría ni empezado. Me dieron la oportunidad, las ganas y los medios para hacer este trabajo y nada de lo que aquí se escribe existiría sin ellos.

Al Centro Universitario de Mérida y todas las personas que lo hacen funcionar cada día creando un entorno universitario de calidad y un sentimiento de comunidad que nos impulsa hacia el futuro.

A todos los profesores que con sus conocimientos me han provocado hasta defor-mación profesional cuando me siento en una silla. En especial a Lorenzo, el equipo Degreen, Maite, Juanjo, Óscar y Angie que con sus clases y experiencias han terminado definiendo qué tipo de ingeniero quiero ser y qué sociedad quiero ayudar a construir: una sociedad más humana que respeta el medio ambiente y a los demás también a través de los productos que utiliza.

A mis compañeros y amigos. A su lado he crecido y disfrutado cantidad cada día. Con ellos, casi cualquier cosa es posible, o si no, que nos den tiempo que lo conseguimos tarde o temprano.

Y por último, a mis padres, hermanas y en especial a mi abuelo que me dieron la educación necesaria para llegar aquí pero, sobre todo, un entorno lleno de valores cristianos, amor, cariño y libertad para dar rienda suelta a mi tremenda curiosidad con responsabilidad y confianza.

De corazón, gracias.

Índice

I Memoria	1
II Planos	2
III Pliego de condiciones	1
IV Presupuesto	1
V Anexos	27
VI Bibliografía	73

Parte I

Memoria

Índice

1	Introducción	4
2	Objetivos	6
3	Normas y referencias	9
4	Definiciones y abreviaturas	11
4.1	Definiciones.....	11
4.2	Abreviaturas.....	11
5	Metodología y directrices seguidas	14
5.1	Redacción del Proyecto y plan de calidad.....	14
5.2	Investigación y búsqueda de información.....	14
5.3	Realización de Proyecto.....	15
5.4	Programas utilizados.....	19
5.5	Detección de necesidades.....	20
5.6	Alcance del Proyecto.....	20
6	Antecedentes	22
6.1	Holanda, la revolución agraria.....	22
6.2	Estado del arte sobre la tecnología agrorrobótica.....	23
6.3	¿Qué es Farmbot?.....	27
6.4	El robot.....	28
6.5	Diseño de partida.....	32
6.6	FabLab Xtrene y el proyecto TerraMaker.....	41
7	Adaptación a normativa europea	46
7.1	Normativa reguladora de la utilización de unidades de medida.....	46
7.2	Normativa reguladora de fabricación.....	46
7.3	Reglamentos técnicos a cumplir.....	47
8	EcoCanvas del proyecto	49

8.1	Introducción.....	49
8.2	Mapas de empatía.....	49
8.3	El EcoCanvas en el proyecto Terramaker.....	49
9	Rediseño de piezas	55
9.1	Estructura del estudio.....	56
9.2	Placas y soportes.....	57
9.3	Partes plásticas.....	69
9.4	Subensamblaje: cabezal.....	75
10	Plan de fabricación y montaje	88
10.1	Estudio de las actividades de montaje.....	88
10.2	Realización del gráfico.....	90
11	Imagen corporativa	92
11.1	Los valores.....	92
11.2	El nombre.....	93
11.3	Proposiciones de logotipo.....	94
11.4	Conclusión.....	95
12	Conclusiones y resultados finales	96

Capítulo 1

Introducción

Hoy en día, el 37,7 % de la tierra emergida del planeta y el 45 % de la Humanidad se dedican a la agricultura [1]-[3]. Este sector sigue suponiendo todo un reto al ingenio humano: las malas prácticas agotan las tierras, contaminan el agua con pesticidas y excesos de nutrientes, eliminan la diversidad de ecosistemas y especies imponiendo solo las más rentables y creando entornos gigantes de monocultivos totalmente incompatibles con un estado de salud correcto del campo y el medio [4], [5]. Además, las grandes empresas como Monsanto (Monsanto Company) –actualmente de Bayer– u otros gigantes agrotecnológicos dominan la industrialización de los campos creando, en algunas ocasiones, situaciones insostenibles al no tener en cuenta ni a la población rural ni al medio. Esta situación provoca que la injusticia crezca en los entornos donde llega la industrialización de los terrenos ya que los antiguos agricultores no se benefician de ello y no se respeta su forma de vida, llevándoles a situaciones drásticas por no poder subsistir [6].

También el modelo actual de producción supone un gran impacto en la huella de carbono: la globalización ha conseguido que comamos plátanos de Brasil, usemos ropa fabricada en Taiwán y móviles ensamblados en China, pero, ¿a qué precio? El transporte de mercancías supone el mayor contribuyente de emisiones de efecto invernadero a la atmósfera [7], colocándonos en una situación de Emergencia Climática que los científicos llevan avisando años y que se refleja en cada uno de los factores medidos en la atmósfera, mares e incluso desde el espacio exterior [8].

Una gran alternativa al modelo actual parte de las patentes de Código Libre o Código Abierto. Estas son investigaciones, programas, diseños y productos abiertos a toda la comunidad para su uso, fabricación, divulgación y mejora [9]. De esta forma, se pretende hacer un sistema colaborativo con todo el mundo donde el conocimiento pertenezca a la Humanidad al completo y no a unos pocos.

La automatización –proceso de hacer funcionar algo en todo o parte por sí mis-

mo [10], [11],- también está entrando en el sector agrícola [12] y muchas son las propuestas de diseño de robots con objetivo agrícola y perspectiva de producción industrial. De hecho, desde los riegos por aspersión o goteo con bomba [13] hasta las granjas totalmente automatizadas de Países Bajos [14] hay cientos de diseños y robots especializados en cada ámbito de la agricultura: sembrado automático de muchas especies [15]-[17], mantenimiento de las condiciones óptimas de temperatura, humedad y nutrientes para las plantas [18]-[20], uso de drones para supervisar terrenos de cultivo [21], tractores semiautomáticos [22]-[24]...

Desde la Cooperativa Especial Emprendiciencia, con la que colaboro actualmente, se quiere adaptar un robot agrícola al mercado europeo con mejoras implementadas y con perspectiva social. Para conseguirlo, se partirá del modelo open-source FarmBot Express V1.0 [25], se realizará una adaptación a normativas europeas — ya que el producto es estadounidense — y se rediseñará para que pueda cumplir otras funciones.

El modelo FarmBot Express V1.0 consiste en un modelo open-source [26] de la empresa FarmBot que imita la estructura de una impresora 3d para plantar, regar, hacer seguimiento visual de las plantas y quitar las hierbas indeseadas.

Este TFG se enmarca en un proyecto más amplio de la Cooperativa Emprendiciencia, llamado TerraMaker, que pretende crear un espacio para prácticas para alumnos de FP y Universidad. Los alumnos aprenderán a trabajar en equipo y adquirirán habilidades profesionales y soft skills con el objetivo de crear soluciones agrotecnológicas para el sector agrícola local partiendo del robot que se pretende rediseñar en este trabajo de fin de grado.

Por eso, este trabajo se centrará concretamente en la cuestión técnica de diseño con objetivos como rediseñar y adaptar el modelo FarmBot Express V1.0 para su implementación en el mercado europeo y su fabricación posterior aunque también se realizarán otras partes del proyecto TerraMaker como su imagen corporativa.

La ventaja que tiene este producto es que su concepción y realización pretenden estar alineadas con la tendencia actual: el compromiso con el medio ambiente, el Pacto Verde Europeo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Este trabajo encaja en la modalidad 1 de TFG especificado en el Anexo VI.c del Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la UEx.

Por último, este trabajo será abierto a todo el público para su uso, fabricación, divulgación y mejora tal y como tiene que ser un proyecto de código abierto.

Capítulo 2

Objetivos

El objetivo general de este Proyecto es rediseñar y adaptar el modelo Farm-Bot Express V1.0 para su implementación en el mercado europeo y su fabricación posterior.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- **Adaptar** el producto a la normativa europea.
- **Rediseñar** piezas para la fabricación con la tecnología disponible.
- **Implementar** nuevas funcionalidades como sensor de humedad de tierra.
- **Realizar un plan de fabricación y ensamblaje** que se pueda implementar en la empresa.

Además, se procurarán cumplir estos hitos secundarios:

- Crear la **imagen corporativa** del producto.
- **Estudiar el impacto ambiental** de la fabricación del producto.
- Colaborar con el cumplimiento de ciertos puntos del **Pacto Verde Europeo** [27] y de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** [28].

Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Pacto Verde Europeo

Este Proyecto, además de cumplir con los objetivos marcados, también pretende cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible e incluso con ciertos puntos del

Pacto Verde Europeo para contribuir en la mejora de la calidad de vida y respeto al medioambiente de la sociedad.

¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?

“El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años.” [28] Esta es la definición que aparece en la página web de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

De los 17 objetivos propuestos, este Proyecto pretende colaborar con:

- **Objetivo 2: Hambre cero.** Dentro de las metas de este objetivo, este Proyecto tiene el potencial de conseguir una dieta sana, nutritiva y suficiente al permitir una gran variedad de cultivos conviviendo en un mismo espacio.
También pretende aportar en la meta de duplicar la productividad agrícola de los productores en pequeña escala al ser un producto que persigue ser relativamente barato y asequible, aparte de fabricable en todo el mundo [29].
- **Objetivo 3: Salud y bienestar,** en concreto, la meta de reducción de muertes producidas por productos químicos y contaminación del aire, agua y suelo [30].
- **Objetivo 4: Educación de calidad.** Por el proyecto en el que se engloba (TerraMaker), este producto permitirá a alumnos de FP y Universidad conseguir una fructífera experiencia en las prácticas en empresa. Se formará en un ambiente de educación de calidad que les hará tener una formación técnica y profesional y experiencia en trabajos en equipo, desarrollo de soft skills [31], habilidades, hábitos y cultura para el desarrollo sostenible tan necesarios [32].
- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura,** ya que esta propuesta es por sí sola una innovación que tiene el potencial de convertirse en parte de una infraestructura sostenible y resiliente para la producción de alimentos [33].
- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles,** al poder ser un producto que pueda integrarse en las ciudades, haciendo que su impacto ambiental sea menor porque permitirá producir en local los productos de una forma más autónoma a consumir por los propios ciudadanos [34].

- **Objetivo 12: Producción y consumo responsable** ya que la propia elaboración del producto pretende seguir la normativa ISO 14006 y también colaborar con la meta de lograr una gestión más sostenible y eficiente de los recursos naturales y alimentos [35].
- **Objetivo 17: Alianzas.** Se pretende crear comunidad y conectar campo y ciudad con el proyecto Terramaker, a los estudiantes con posibles trabajos dentro de las industrias agrónomas y a estas industrias con la innovación [36].

El Pacto Verde Europeo

El Pacto Verde Europeo es el acuerdo de la Unión Europea que pretende convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro -sin emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)-. También pretende disociar el crecimiento económico del uso de recursos y sin dejar a nadie atrás dentro del continente [27].

Este robot podrá colaborar en el cumplimiento de los siguientes objetivos del Pacto Verde Europeo:

- **Reducir el uso y riesgo de químicos y pesticidas al 50 %** que quita de forma manual las plantas indeseadas, evitando tener que utilizar herbicidas.
- **Evitar el exceso de nutrientes** que provocan un impacto negativo en el medio ambiente y fomentar la agricultura ecológica en la UE. Al ser una máquina flexible y adaptable a una gran variedad de cultivos de huerta, que puede auto-sostener un huerto teniendo en cuenta la necesidad individual de cada planta y con la capacidad de utilizar los recursos de una forma discreta, puede reducir el uso de nutrientes y mantener espacios de policultivo [37].

Capítulo 3

Normas y referencias

Este producto pretende homologarse a la normativa europea. Por sus condiciones, debe seguir las siguientes normas y referencias:

- Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Real Decreto 493/2020, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Reglamento (CE) N° 1935/2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos, de manera que se garantiza que todos los materiales que se ponen en territorio comunitario cumplen los mismos requisitos de calidad.
- Reglamento (CE) N°2023/2006, que indica las buenas prácticas de fabricación de objetos y materiales que están destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Reglamento (CE) N°10/2011, reglamento que regula los materiales y objetos compuestos por plásticos que están destinados a entrar en contacto con alimentos. Añade una lista de sustancias permitidas para la fabricación de plásticos que tendrán contacto con los alimentos.
- ITC-BT-13, la ITC-BT-35 y la ITC-BT-33, todas ellas son partes de la Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión.
- IP43 e IP67. Los niveles IP miden los diferentes grados de protección que tienen elementos eléctricos y electrónicos.

Otras normativas que aparecen a lo largo del TFG son:

- UNE 157001 Planificación de proyectos.
- UNE-EN ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad.
- UNE-EN ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental.
- UNE-EN ISO/ ASTM 52910:2020 Fabricación aditiva. Diseño. Requisitos, directrices y recomendaciones.
- UNE-EN 50102 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
- UNE 20460-7-705:1993 Instalaciones eléctricas en edificios. Reglas para las instalaciones y emplazamientos especiales. Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas.
- UNE-HD 60364-7-705:2011 Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 7-705: Requisitos para instalaciones y emplazamientos especiales. Establecimientos agrícolas y hortícolas.

Capítulo 4

Definiciones y abreviaturas

4.1. Definiciones

En este Trabajo Fin de Grado se han utilizado ciertos términos que requieren definición. Se han añadido directamente en el documento cuando ha aparecido el término.

4.2. Abreviaturas

También se han utilizado abreviaturas como son:

- *Impresión 3d*: Impresión en tres dimensiones.
- A: Amperio.
- ABS: acrilonitrilo butadieno estireno.
- AENOR: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- BOE: Boletín Oficial del Estado.
- CEI: *en inglés: International Electrotechnical Commission*. Comisión Internacional Electrotécnica.
- CNC: Control Numérico Computarizado.
- CPM: *en inglés: Critical Path Method*, el método del camino crítico es una técnica utilizada para el cálculo de tiempos y plazos en la planificación de proyectos.
- CSIC: Centro Superior de Investigaciones Científicas.
- CUMe: Centro Universitario de Mérida.
- D: Diámetro exterior.

- d: Diámetro interior.
- DFA: *en inglés: Design for Assembly*. Diseño para ensamblado.
- DFA: *en inglés: Design for Manufacture*. Diseño para fabricación.
- DFMA: *en inglés: Design For Manufacture and Assembly*. Metodología de Diseño para Fabricación y Ensamblaje.
- EEUU: Estados Unidos.
- EU: Unión Europea.
- FabLab: *en inglés: Fabrication Laboratory*, Laboratorio de Fabricación.
- FAO: *en inglés: Food and Agriculture Organization*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FDM: *en inglés: Fused Deposition Modeling*. Técnica de fabricación aditiva por Deposición de Material Fundido.
- FP: Formación Profesional.
- Gb: Gigabit.
- GEI: Gases de Efecto Invernadero.
- h: Altura.
- IA: Inteligencia Artificial.
- IES: Instituto de Educación Secundaria.
- INE: Instituto Nacional de Estadística.
- IoT: *En inglés: Internet of Things*. El Internet de las cosas.
- IPCC: *en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- ISO: Norma de la entidad internacional International Standardization Organization que busca la normalización y certificación a nivel mundial.
- ITC: Instrucción Técnica Complementaria.
- IVA: Impuesto de Valor Agregado.
- K: Kelvin.
- l: Largo.
- LED: *en inglés: light-emitting diode*. Diodo emisor de luz.
- Mercado CE: *en francés: Conformité Européenne*. Mercado de Conformidad Europea.
- M10: Métrica de 10 mm.
- M5: Métrica de 5 mm.
- NPT: *en inglés: National Pipe Thread*. Rosca americana cónica para tubos.
- OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

- PERT: *en inglés: Programation Evaluation and Reivision Technic.* Técnica de Revisión y Evaluación de Programas
- PLA: *en inglés: PoliLactic Acid.* Ácido PoliLáctico.
- PVP: Precio de Venta al Público.
- TFG: Trabajo Fin de Grado.
- UEx: Universidad de Extremadura.
- UNDP: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- UNE: Una Norma Española.
- UNEP Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- V: Voltio

Capítulo 5

Metodología y directrices seguidas

5.1. Redacción del Proyecto y plan de calidad

Durante la realización del Proyecto se procurará seguir la normativa UNE 157001 “Planificación de Proyectos” pero sin el documento de “Mediciones”. Esta normativa es compatible con la estructura de TFG estipulada por la Universidad de Extremadura para el Grado de Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos.

El plan de calidad seguido en este Proyecto consistirá en la revisión de cada parte con los tutores del Proyecto y se comprobará el cumplimiento de los objetivos de forma periódica cada mes y se confirmarán cada vez que se complete una sección del Proyecto. Además, se hará una revisión final ortográfica, de comprensión lectora y de forma, mientras que se comprueba que se han ejecutado todos los objetivos de la forma correcta.

5.2. Investigación y búsqueda de información

Para la investigación y búsqueda de información se utilizaron fuentes de información como:

- Agris, banco de información de la FAO [38].
- Portal terminológico de la FAO [37].
- Scirp Scientific Research, editorial de revistas de acceso abierto. [39].
- Web of Science, portal en línea de información científica [40].

- Scopus, base de datos de resúmenes y artículos de revistas científicas [41].
- Índices del CSIC (Centro Superior de Investigaciones Científicas).
- INE (Instituto Nacional de Estadística) [42].
- IEEEx (Instituto de Estadística de Extremadura) [43].
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) [44].
- Ministerio por la Transición Ecológica y el Reto demográfico, Gobierno de España [45].
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Gobierno de España [46].
- Agencia Europea del Medio Ambiente [47].
- Banco Mundial [48].
- Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo [49].
- Comisión Europea [50].
- OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [51].
- UNDP Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [52].
- UNEP Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [53].
- Repositorios de las universidades como Universidad de Oxford, Universidad de Sydney, Universidad Católica de Colombia, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Google Scholar [54].
- Boletín Oficial del Estado (BOE).
- Portal de AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación.

5.3. Realización de Proyecto

Para la realización del Proyecto se seguirán varias metodologías en función del objetivo que se esté buscando cumplir.

Mejoras y rediseños generales

Para el desarrollo de las mejoras se siguió la metodología del Design for Manufacture and Assembly (DFMA) [55]. Esta es una metodología, en palabras de Juan José Guerrero (antiguo profesor de este Centro Universitario), es un “conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del diseño (o rediseño) de un producto que, respetando sus funciones esenciales, tiene por objetivo mejorar los aspectos de fabricabilidad, montabilidad y costes.”

Esta metodología tiene como principios:

- El diseño debe ser modular.
- Todas las operaciones de montaje deben hacerse en una dirección.
- Favorecer el uso de componentes multifuncionales.
- Eliminar los ajustes cuando sea posible.
- Proveer a los componentes de partes que los hagan autoposicionarse.
- Proveer acceso directo a todos los submontajes.
- Minimizar los niveles de ensamblado.
- Facilitar la orientación de los componentes haciéndolos lo más simétricos posible.

Además, tiene indicaciones concretas para Diseño para Fabricación y Diseño para Ensamblaje:

Indicaciones de Diseño para el Ensamble (DFA):

- Reducir el número de operaciones de montaje al reducir el número de partes del producto.
- Hacer que las operaciones de montaje/ensamblaje sean más fáciles de ejecutar. Entre ellas está:
 1. Diseñar partes que tengan simetría de extremo a extremo y simetría de rotación alrededor del eje de inserción.
 2. Diseñar piezas que, en aquellos casos en que la parte no se puede hacer simétrica, sean obviamente asimétricas.

3. Proporcionar características que impidan el atasco de las piezas que tienden a ser anidadas o apiladas cuando se almacena en grandes cantidades.
4. Evitar que las piezas tengan características que ocasionen que se atoren en el almacenaje.
5. Evitar que las piezas se peguen entre sí o sean resbaladizas, delicadas, flexibles, muy pequeñas o muy grandes o que resulten peligrosas para el operador.

Indicaciones de Diseño para la Fabricación (DFM):

- Selección temprana de materiales.
- Selección temprana de procesos de fabricación.

En el rediseño también se realizará una selección de materiales utilizando el método de selección de M. Ashby [56] y se tendrá en cuenta el impacto ambiental a través de la huella de carbono de los materiales y la fabricación. A pesar de que sería lo correcto, realizar un estudio de impacto ambiental completo requeriría de más esfuerzo del que se debe dedicar a un TFG. En caso de poder realizarlo, se utilizará el Análisis de Ciclo de Vida para poder caracterizar el impacto ambiental del diseño [57].

Rediseño y nuevas funcionalidades

Para la implementación de nuevas funcionalidades se utilizará el método de Bruno Munari [58]. Una metodología que, siguiendo unos pasos concretos, nos lleva desde un problema localizado hasta la solución final. Su finalidad es “conseguir máximo resultado con el mínimo esfuerzo” y lo consigue a través de:

1. Localizar el problema.
2. Definir el problema.
3. Descomponer el problema en otros más pequeños.
4. Recopilar datos.
5. Analizar los datos recopilados.
6. Buscar posibles soluciones a través de los datos y técnicas de creatividad.

7. Definir los materiales y tecnologías a utilizar.
8. Realizar modelos.
9. Verificar los modelos realizados.
10. Mostrar la solución a través del dibujo o cualquier medio necesario.

También se utilizará el Análisis Morfológico para la comparación de posibles soluciones. Para ello, se valorará de forma ponderada cada uno de los aspectos comparables de forma numérica y se elegirá al que tenga mayor puntuación, es decir, aquél que se amoldará mejor a las necesidades.

Por último, se valorará la implementación de los principios de la metodología DFMA en el proceso de diseño.

Planificación de montaje

Para la planificación del montaje, se utilizará el diagrama de la Técnica de Revisión y Evaluación de Programas (PERT por sus siglas en inglés) para descubrir las actividades necesarias para el montaje y su posterior optimización en cuanto empiece la producción [59].

El PERT consiste en un gráfico que permite visualizar las tareas a realizar y sus interrelaciones. Y, de esta forma, realizar una planificación de producción de cualquier producto. Además, una faceta importante, es que añade la variable tiempo haciendo que la relación entre actividades esté determinada por qué acciones hay que realizar antes que otras.

Para la visualización de este orden, se utilizan flechas, que indican las tareas, y nodos, que indican los inicios y finales de las tareas. Estos nodos se dividen en cuatro partes que indican: el número de nodos y el tiempo medido de varias formas, llegando a mostrar hasta el tiempo de holgura que se tiene para realizar las tareas previas al hito.

Imagen corporativa

Para el desarrollo de la imagen corporativa se utilizarán herramientas como el Brainstorming [60] y el Mapa mental [61].

El Brainstorming o lluvia de ideas es un método de creatividad para hacer en grupos ideado por Alex Osborn en 1960. El mapa mental es una técnica gráfica desarrollada por Joseph D. Norak en 1932 para la exploración de un problema y creación de ideas utilizando un diagrama.

Estudio de mercado y planificación empresarial

Para realizar el estudio de mercado, se realizará un ecoCANVAS y se utilizará herramientas como el mapa de empatía [62] [63]. El modelo Canvas es una herramienta que sirve para conocer los aspectos claves de la gestión de un negocio. Los aspectos analizados son: los clientes y sus relaciones con la empresa, el producto clave, los recursos y actividades estratégicos, las alianzas necesarias, los costes y la forma de generar beneficio.

A diferencia de la herramienta del Canvas tradicional [62], el ecoCANVAS, diseñado por un equipo libano-español [64], incluye otros tres aspectos a tener en cuenta al estudiar el modelo de negocio:

1. **Previsión e impactos sociales:** ¿Cuáles son los aspectos sociales más importantes y cómo afectarán a tu negocio en los próximos años? (Tecnología, cultura, sociedad...)
2. **Previsión e impactos medioambientales:** ¿Cuáles son los aspectos medioambientales más importantes y cómo afectarán a tu negocio en los próximos años? (Calentamiento global, escasez de recursos...)
3. **Modelo de empresa circular e innovación:** ¿Cuáles son las claves de tu modelo de empresa circular?

5.4. Programas utilizados

Los programas que se utilizarán en este Proyecto serán SolidWorks Student y CESEduPack 2019 para el estudio de la geometría y materiales; Adobe Illustrator, Adobe Indesign y Autodesk Sketchbook para maquetación de materiales y creación de contenido gráfico; Zotero para la gestión bibliográfica y Ultimaker Cura para la preparación de impresiones 3d y pruebas necesarias.

Por último, para la redacción del TFG se utilizará L^AT_EX en Overleaf [65]. L^AT_EX es una herramienta orientada a documentos que contienen tablas, figuras, referencias cruzadas, bibliografía, glosarios, apéndices, ecuaciones matemáticas o unidades físicas.

Se utilizará la plantilla de Ignacio Moreno Doblas de la Universidad de Málaga, empleando partes, capítulos, secciones, etc., aunque sufrirá modificaciones de forma, diseño y estilo para adaptarse a lo requerido por la normativa del Centro Universitario de Mérida (CUMe) [66].

5.5. Detección de necesidades

En el estudio de la documentación disponible del proyecto y tras la consulta con Juan Carlos Cano y David Carretero del Fablab Xtreme que ya tienen experiencia en el uso de los componentes básicos del robot, se detectaron las siguientes necesidades y posibles aspectos a mejorar:

1. La altura máxima que pueden llegar a tener las plantas es de 0.5m. Esto limita el tipo de plantaciones que se pueden realizar.
2. El tamaño del parterre estándar es muy inferior a la inversión inicial que hay que realizar. Según los costes iniciales si compráramos todo el producto, el coste por metro cuadrado de tierra cultivable sería de 355 euros.

$$\frac{\text{costedeproducto}}{\text{areacultivable}} = \frac{1277,95\text{€}}{3,6\text{m}^2} = 354,99\text{€/m}^2$$

3. Las guías en el eje X del robot son las propias tablas del parterre. Esto obliga que las maderas sean excesivamente gruesas para aportar estabilidad, pero no aseguran que con el tiempo, la humedad y las diferencias de temperatura varíen y provoquen fallos en el sistema y desequilibrios.
4. El riego es estándar sin tener en cuenta la humedad de tierra entorno a la planta, solo la frecuencia que se le haya indicado dentro de la programación.
5. Las piezas plásticas no están diseñadas para fabricación aditiva.
6. A pesar de tener los modelos 3d de todo el ensamblaje, no se conoce el orden concreto de montaje.

De todas las necesidades detectadas, este Proyecto estudiará cómo solventar los puntos 4,5 y 6.

5.6. Alcance del Proyecto

Para conseguir los objetivos, se proponen las siguientes etapas de actuación:

Analizar:

- Las partes físicas del robot (hardware) para entender la funcionalidad, estructura y conexión de los sistemas.

- Los procesos de fabricación implicados y sus posibles errores y límites para conocer el alcance de la producción.
- El ensamblaje del robot para entender su proceso y posibles mejoras.
- La normativa vigente y la normativa que ya cumple para comprobar los puntos que habrá que modificar del Proyecto.

Si es posible, proponer cambios en el diseño:

- En concreto, el rediseño de piezas para adaptación a la fabricación con la tecnología disponible y para la inclusión del sensor de humedad en el cabezal.
- Se modificará el producto para la adaptación a la normativa europea que falte por cumplir y en especial la norma ISO 14006 de Gestión Ambiental.

Presupuesto de la fabricación del robot rediseñado incluyendo: La búsqueda de precios de materiales y elementos auxiliares requeridos para la fabricación; los costes fijos y variables; y los costes por lotes admisibles para la empresa.

Diseño de la imagen corporativa del proyecto TerraMaker:

Se seleccionará los valores a transmitir, creando un logotipo y eligiendo los colores de marca.

Comprobación de calidad del diseño del robot revisando por partes frecuentemente el Proyecto con los tutores poniendo en común los avances y las posibles correcciones siguiendo la norma UNE 157001.

Capítulo 6

Antecedentes

6.1. Holanda, la revolución agraria

Este Trabajo Fin de Grado, a pesar de formar parte del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, tiene como trasfondo la mejora de la agricultura y la aplicación de tecnologías en ella. Así que no podemos dejar de lado las evoluciones que está teniendo todo el sector agrícola en el mundo y en especial en Países Bajos.

Para poner en contexto, Países Bajos desde el S.XVI ha tenido un fuerte impulso en la mejora de sus explotaciones agrarias. A pesar de su pequeña extensión territorial, le ganaron terrenos al mar para conseguir más espacios en los que vivir y cultivar en la Edad Media y Moderna. Pero las innovaciones no se quedaron solo en el pasado. Desde entonces han sido punta de lanza tecnológica y han sabido proteger, incentivar y hacer competitiva la agricultura de su país [67].

Actualmente, Holanda tiene la Universidad de Wageningen [14], [68], [69] que tiene como enfoque de estudio la agricultura y la alimentación. Según su página web, todas sus investigaciones están enfocadas a *“biodiversidad, cambio climático, lucha contra el hambre, nutrición, salud, inteligencia artificial y economía circular y basada en la biodiversidad”* [70]. Cientos de investigadores y miles de alumnos crean conocimiento e investigaciones que después se aplican en los campos por las sinergias realizadas entre los agricultores y la Universidad haciendo que el campo holandés sea de los más innovadores y eficientes del mundo.

En las décadas del siglo pasado, esta eficiencia la conseguían a través del consumo de pesticidas, herbicidas y fertilizantes. Pero este proceso comenzó a generar problemas de contaminación de la tierra, el agua y el aire. Llegó hasta a crear problemas de salud relacionados con la intoxicación de alimentos con estos productos

químicos. Por eso, desde principio de siglo, empezaron a investigar nuevas formas de cultivos: agricultura orgánica, uso de nuevas tecnologías y datos para conseguir mayor eficiencia. Una revolución en la educación y en la producción de conocimiento que ha transformado todo un sector y la sociedad al completo [69].

De esta forma, han pasado a tener drones y tractores autónomos que cuidan cada nivel de compuestos que requiera cada planta o tener invernaderos que mantienen las situaciones idóneas a través de iluminación LED para el crecimiento de las plantas con el mínimo de insumos [71].



Figura 6.1: Tomateras en invernaderos iluminados por LEDs para su mejor rendimiento (Países Bajos) [72].

6.2. Estado del arte sobre la tecnología agrorrobótica

Sin embargo, no solo Holanda está en esta revolución agraria. Muchas son las empresas de otros países se han dedicado a desarrollar robots especializados en todo tipo de funciones y usos. La agricultura es tan extensa que es muy difícil que un solo robot lo abarque todo. Por eso se clasificarán los tipos de robots en función del espacio:

- Robots para huertos urbanos.
- Robots para invernaderos.

- Robot para campos abiertos.

Robots para huertos urbanos

Estos tipos de robots son pequeños, con limitadas funcionalidades y relativamente baratos. Su usuario final es una persona aficionada a la agricultura urbana pero que no tiene tiempo suficiente para cuidar la pequeña plantación que tenga. Entre ellos destacan proyectos como:

- **Tertill** del creador de la Roomba. Este pequeño robot tiene como única función la escarda. Utiliza la inteligencia artificial desarrollada para la Roomba para realizar un mapa del parterre y detectar dónde se ubican las plantas. El resto las elimina con la desbrozadora que posee. Su coste: 350\$ [73].
- **Proyecto Sybil**. Es un robot sencillo y pequeño muy parecido al anterior que aún está en desarrollo y financiación a través de la plataforma KickStarter (plataforma de micropatrocinio, [74]). Tiene la ventaja con respecto a Tertill que también es capaz de sembrar semillas. Aún no tiene coste por unidad al estar en desarrollo [75].

Más allá de estas propuestas, no hay muchos robots destinados a huertos urbanos. Es un nicho de mercado relativamente nuevo y pequeño por lo que no hay mucha competencia. Como se puede observar, los robots de Farmbot, a pesar de poder pertenecer a este nicho, son mucho más complejos y diversos. También son más caros y no están al alcance de todos.



Figura 6.2: Robots para huertos urbanos. *Izquierda: Tertill, robot escardador [73] Derecha: Sybil, robot escargador y sembrador [75]*

Robots para invernaderos

Los invernaderos son espacios especialmente favorables para el desarrollo de robots que los supervisen. De hecho, el Internet de las Cosas (Internet Of Things, IoT) y el universo tecnológico en torno a Arduino [76] ha permitido realizar grandes mejoras en la monitorización de estos espacios para mejorar las condiciones de crecimiento [18], [77]. Como se ve en la figura 6.3, se aprovecha la tecnología para conseguir una mayor producción en un espacio menor.



Figura 6.3: Ejemplos de invernaderos robotizados. **Izquierda:** Cultivo de microvegetales bajo iluminación LED en invernadero para restaurantes, Países Bajos. **Derecha:** Monitorización de temperatura, ventilación e iluminación dentro del invernadero más grande del mundo, Países Bajos [72].

También hay investigaciones y proyectos que buscan realizar acciones como corte y recogida del producto final de la planta. Como ejemplo, ya existe un robot que puede identificar, cortar y cosechar pimientos o un sembrador de patatas para terrenos sin inclinación [16], [77].

Robots para campo abierto

Dentro de este tipo de robots existe más variedad ya que es mayor el nicho de mercado. Muchas universidades de todo el mundo han desarrollado prototipos y modelos que se dedican a ciertas funciones concretas.

La Universidad de Sydney se dedica a colaborar con los agricultores desarrollando robots y vendiéndolos desde Agerris [78]. Han desarrollado gran variedad de tractores automatizados que utilizan inteligencia artificial (IA) para su desarrollo y mejora en el empleo de las actividades que se le encarguen.



Figura 6.4: Tractores automatizados de Agerris, según el número de imagen: **1.** Prototipo de tractor autónomo de arado, **2.** Robot que monitoriza los pastos y elimina las malas hierbas, **3.** Prototipo de tractor autónomo solar **4.** Producto final de tractor autónomo solar llamado *Digital Farmhand* [78].

En la Figura 6.4, la imagen 2 es un monitor de pastos que busca y elimina las malas hierbas. Funciona con IA que le permite ubicarse de forma muy precisa y cumplir su misión. También puede tirar de cargas ligeras [79].

Otro robot comercial es la imagen 4 donde se puede observar el *Digital Farmhand* al que se le puede añadir herramientas que utilizará de forma autónoma o dirigida como cámaras, pulverizadores, cosechadoras... También puede tirar de cargas como si de un tractor se tratara. Hasta 200 kg durante unas 6-7 horas [80].

También para la supervisión del terreno se está utilizando mucho el dron con cámaras incorporadas. Las más utilizadas son una de visión RGB tradicional junto con una infrarroja ya que las plantas emiten mayor radiación infrarroja al sufrir estrés hídrico [21] como se ve en la figura 6.5.



Figura 6.5: Visiones de luz natural e infrarroja de un dron para detectar las plantas con estrés hídrico [81].

Conclusión del estado del arte

Como vemos, existen múltiples modelos de robots agrícolas pero unos realmente requieren de mucha inversión capital y de conocimiento para ser realmente funcionales y otros tienen unas funciones muy limitadas. Esto provoca un vacío entre la tecnología que suple los grandes huertos y terrenos, los invernaderos industriales y los huertos urbanos.

El proyecto en el que se basa este TFG busca ser un puente entre el huerto urbano o de parterre a los invernaderos industriales al permitir la creación de un robot open-source sin necesidad de tanta inversión pero con perspectiva de actividad económica y no solo como afición.

6.3. ¿Qué es Farmbot?

Tras explorar el estado del arte se puede entender el entorno, proyectos y empresas del sector agrorrobótico y se facilita la comprensión del diseño de partida de este TFG. Este proyecto se basa en el producto Farmbot Express V1.0 de la empresa Farmbot. Este producto estadounidense consiste en un robot para un bancal de huerto cuyo objetivo es su supervisión y cuidado.

Farmbot es una empresa que ella misma se define como *Open-Source CNC Farming* (Agricultura de Código Abierto [9]) y por Control Numérico Computerizado (CNC) [83]) y llevan trabajando desde 2011 en el sector de robots agrícolas.



Figura 6.6: *Robot Farmbot Express V1.0* [82]

La filosofía de este TFG está en paralelo con la suya: quieren realizar un cambio en la forma de cultivar y obtener alimentos para la sociedad y así pasar a un sistema más respetuoso con el medio ambiente y más abierto a todos. Todo su trabajo está publicado al completo y han aprovechado la fuerza de la comunidad que se ha creado en torno a ellos para impulsar su proyecto. Este impulso y la idea innovadora les ha llevado a contar con inversores y colaboradores como la NASA, The New York Times, Yahoo! News, Arduino, Hackaday, opensource.com y muchos más. También han vivido una expansión de su idea por el globo llegando actualmente a 80 países gracias a su filosofía [25].

La fuerza de este proyecto es la comunidad que tiene detrás [84] que realiza comprobaciones, pruebas, mejoras, modifica el código según sus necesidades y refleja su trabajo en el foro haciendo que el producto esté cada vez mejor optimizado y sea más variado y flexible. Esta es la fuerza de los proyectos de código libre o abierto.

6.4. El robot

El robot de Farmbot tiene como función principal cuidar y supervisar un huerto de tamaño particular aunque con posibilidades de ampliación a áreas de mayor extensión. La característica principal es que lo haría de forma autónoma o semiautónoma.

Para moverse por el huerto, el robot cuenta con una estructura móvil similar a la de una impresora 3d cartesiana [85] que se mueve a través de guías en el bancal o incrustadas dentro de la propia estructura. La imagen 1 de la figura 6.7 muestra estas guías sobre el bancal.

Por último, para permitir el movimiento en el Eje Z, la grúa tiene un tornillo sin

fin conectado a un motor que mueve con precisión las herramientas situadas en un cabezal. Para visualizarlo mejor, ver la figura 6.7 en las imágenes 2, 3 y 4.

Actualmente, cuentan con dos productos finales y dos variantes de cada uno: la versión inicial fue el Farmbot Express V1.0 y posteriormente se realizó una versión más avanzada llamada Farmbot Genesis.

Las aplicaciones técnicas de ambos robots son similares aunque mejoradas en el Farmbot Genesis ya que fue desarrollado partiendo de la experiencia del Farbot Express. Además, la enorme comunidad que les acompaña en este proyecto hace que cada día tenga innovaciones y mejoras que a posteriori la empresa puede decidir estandarizar, mejorando la experiencia de todos con este proceso de retroalimentación.

Farmbot Express

El robot Farmbot Express de fábrica puede realizar la siembra, el riego, supervisión por cámara del estado del huerto y la eliminación de malas hierbas por medios mecánicos. Todo esto lo realiza a través de unos sensores y accionadores situados en un cabezal en la parte inferior de la grúa retráctil que se puede mover a lo largo y ancho del bancal que cuida. Para ver el cabezal: figura 6.7, la imagen 2.

Este cabezal tiene por defecto:

- Cámara
- Escardador
- Boca de riego
- Conexión con bomba de aire

Farmbot Genesis

El robot Farmbot Genesis tiene una diferencia fundamental con respecto al F. Express: le han diseñado una serie de cabezales que el robot puede intercambiar en cualquier momento de forma autónoma, ampliando las posibilidades de acciones de una forma exponencial al no depender del reducido espacio del cabezal del F. Express o a que hubiera que cambiarlo de forma manual. Los cabezales que trae de serie son:

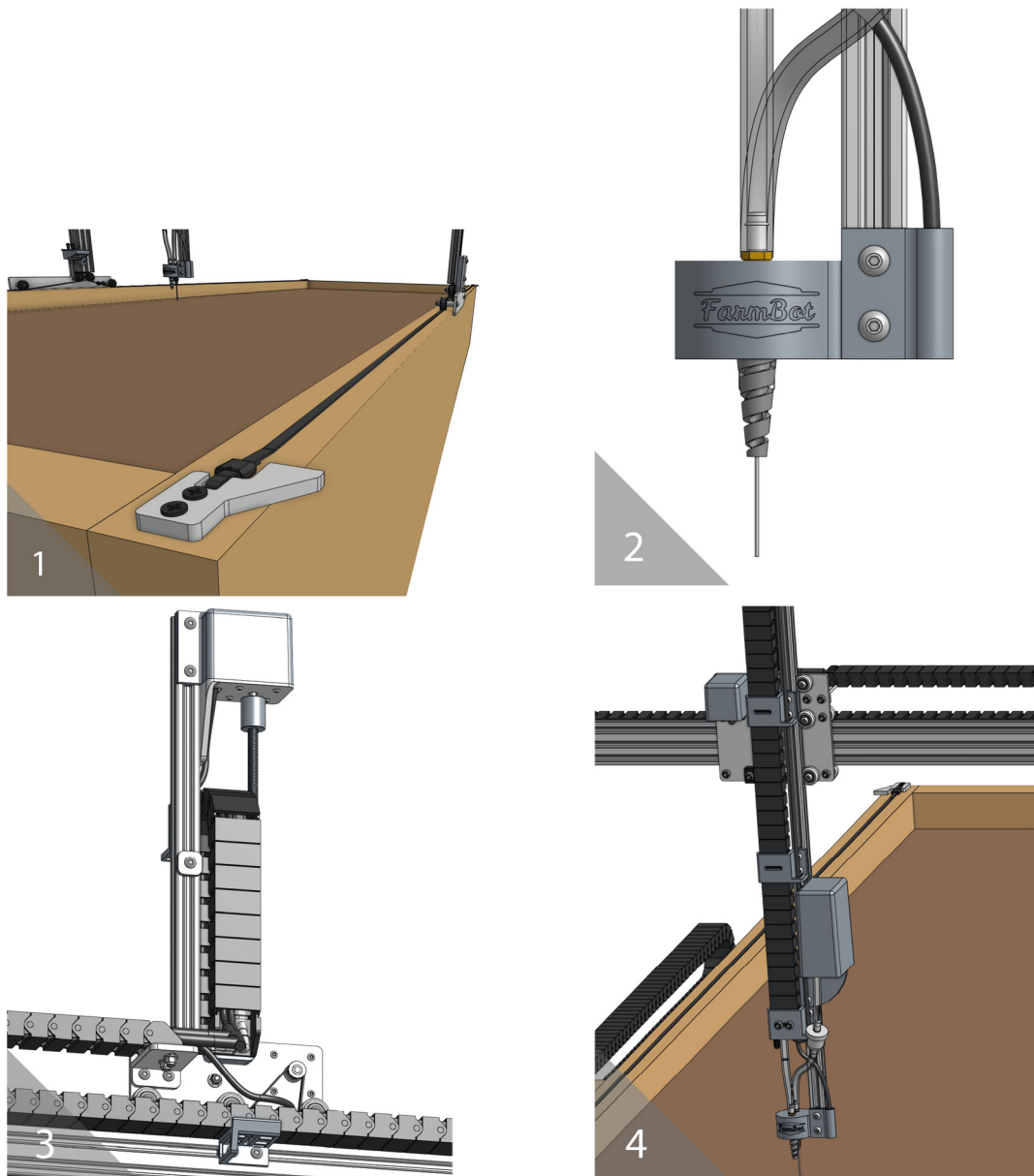


Figura 6.7: Detalles de partes del robot Farmbot Express V1.0. **1:** Detalle de enganche de la guía y ruedas sobre las tablas que hacen de riel.

2: detalle de cabezal.

3: detalle superior del eje z y su mecanismo con tornillo sin fin y motor.

4: detalle inferior del eje z con los conectores, carcasa de bomba de aire y conexión con placa corredera de eje.

(Elaboración propia).

- **Cabezal universal:** permite el intercambio automático de cabezales al ser la pieza en la que se ensamblan los demás. Permite la conexión de hasta 12 pines, paso de agua, otra vía para otros líquidos y conexión con la bomba de aire como se ve en la figura 6.8.



Figura 6.8: Cabezal Universal de Robot Farmbot Genesis [25].

- **Cabezal de siembra:** permite la siembra de semillas de una en una a través de un sistema de aire comprimido que absorbe una semilla y la sujeta por vacío al extremo de una aguja. Esta aguja se mueve por el terreno e introduce la semilla a la altura adecuada en la tierra. Ver figura 6.9
- **Cabezal de riego:** Distribuye el agua que le llega desde el cabezal universal para permitir un riego más equilibrado. Ver figura 6.10.

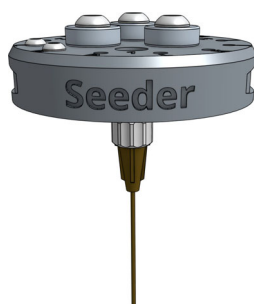


Figura 6.9: Cabezal sembrador de Robot Farmbot Genesis [86].



Figura 6.10: Cabezal de riego de Robot Farmbot Genesis [86].

- **Cabezal de escarda:** trabaja en conjunto con la cámara. Cuando ésta detecta una planta que no es de las plantadas por el robot, utiliza este cabezal para machacar la planta con las piezas inferiores y evitar su crecimiento. Ver figura 6.11, imagen izquierda.
- **Cabezal con sensor de humedad de tierra:** contiene un sensor de humedad de tierra tipo capacitivo. Los sensores capacitivos tienen una alta fiabilidad de los datos que emite gracias a la tecnología utilizada [87]. Ver figura 6.11, imagen derecha.

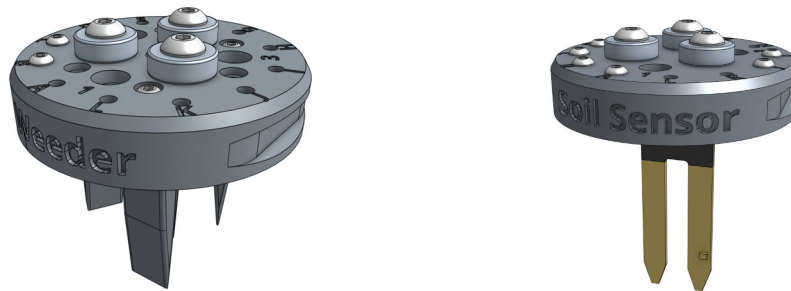


Figura 6.11: *Sensores del robot Farmbot Genesis. Izquierda: Cabezal de escarda. Derecha: Cabezal con sensor de humedad, [86].*

La versión que se decidió desarrollar fue el F. Express V1.0 por su mayor sencillez de diseño y su aparente coste inferior según la página web de Farmbot [25]. En otro momento se estudiará transformarlo en un F. Génesis.

6.5. Diseño de partida

Como hemos comentado en el capítulo 5, la metodología que se utilizará para la adaptación de piezas será el análisis DFMA. Para su ejecución es de vital importancia entender de forma exhaustiva el diseño de partida, tal y como se adelantó en los antecedentes (Ver sección 6.4) se eligió el modelo Farmbot Express V1 por cuestión de sencillez de piezas y menores costes.

Especificaciones generales

Este robot tiene unas dimensiones que, en planta, se ajustan al largo del parterre. La longitud estándar del parterre es 3000 mm de largo y 1200 mm de ancho. La

altura máxima depende de la posición del brazo que en su dimensión máxima ocupa 1050mm.

Principales secciones del robot

El robot en sí está formado por varias estructuras que se acoplan unas a otras de forma modular. Se analizarán por separado para un mejor entendimiento:

Bancal

Consiste en un rectángulo formado por maderas que conforma el área de cultivo del huerto. Sus dimensiones estándar son un largo de 3000mm, un ancho de 1200mm y una altura entre 200 y 400 mm. Se decidió incluir también a las conexiones de entrada de agua y electricidad a esta sección. La parte superior de las tablas hacen las veces de riel por donde circula el robot. Ver figura 6.12, imagen 1.

Grúa

Cuerpo principal del robot. Consiste en dos pilares y una viga de aluminio al que van adheridas todas las piezas y otras secciones del robot. En ella están la caja de electrónica, los motores de movimiento X e Y, la bomba de agua y las estructuras deslizaderas del eje Y así como los cables y las ruedas de deslizamiento sobre el eje X. Sus dimensiones máximas son 1240mm de ancho, 350mm de largo y 630 mm de altura. Se puede ver en la figura 6.12, imagen 2.

Por cuestiones prácticas, en los procesos de montaje se subdividió en:

1. Columna derecha
2. Columna izquierda
3. Viga
4. Deslizadera

Eje z

Sección portadora de los sensores y actuadores del robot, consiste en un perfil de aluminio conectado a un tornillo sin fin que permite su movilidad en el eje z. En

la parte inferior del perfil encontramos el cabezal donde se encuentran los distintos sensores: cámara, boca de riego, aguja para siembra y desbrozadora. La parte superior de este subensamblaje se puede ver en la figura 6.12, imagen 3.

Este cabezal también se considerará en adelante como un subensamblaje propio debido a su complejidad e importancia. Se puede ver en la imagen 4 de la figura 6.12.

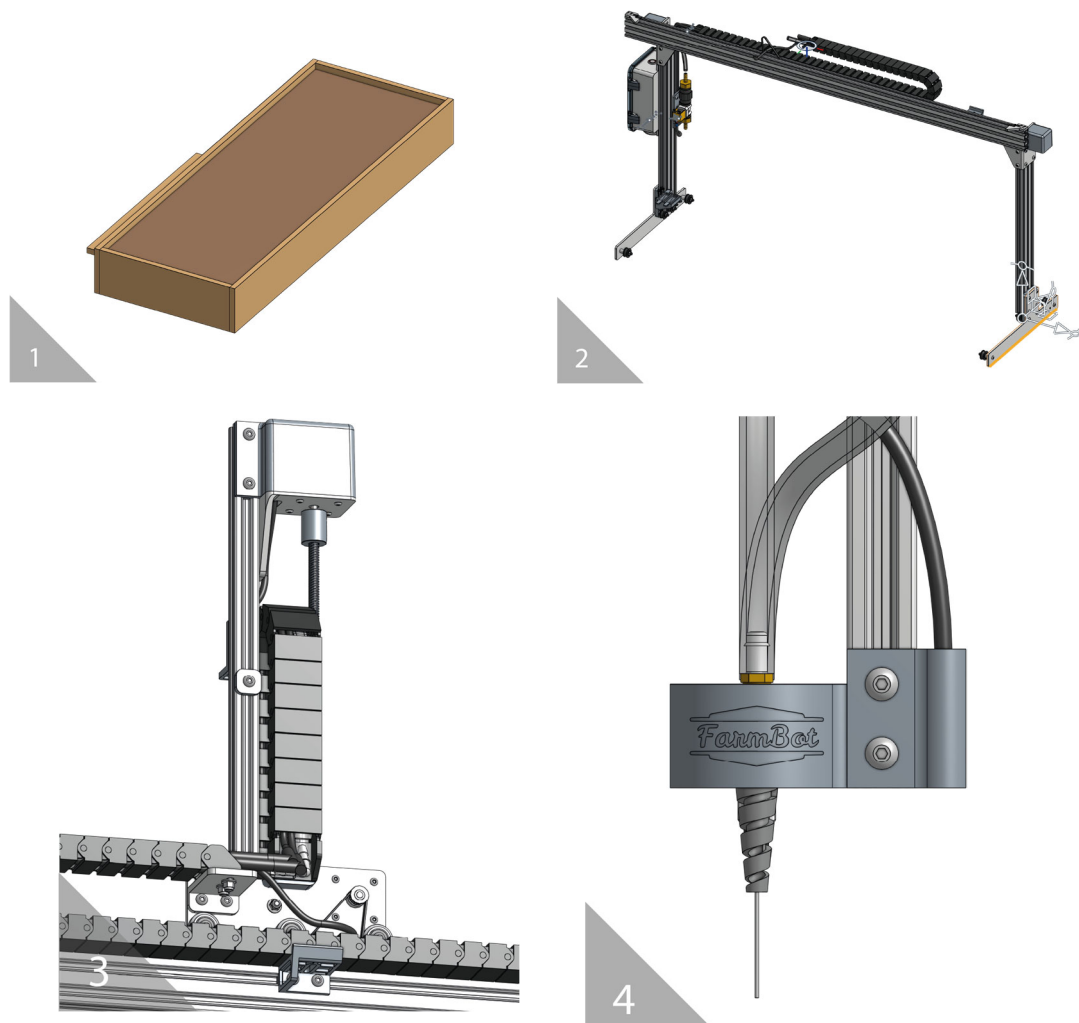


Figura 6.12: Imágenes de las principales secciones del robot. **1:** Bancal de madera de Farmbot Express V1. **2:** grúa de Farmbot Express V1. **3:** detalle superior del eje z y su mecanismo con tornillo sin fin y motor del F. Express V1. **4:** detalle de cabezal de Farmbot Express V1. (Elaboración propia).

Clasificación de piezas

Las piezas del robot han sido clasificadas por secciones según su función o composición:

1. **Perfilería:** perfiles de aluminio que se comportan como estructura principal del robot.
2. **Placas y soportes:** piezas realizadas en chapa por corte láser y dobladora que sirven de enlaces principales.
3. **Partes plásticas:** piezas realizadas con extrusión de plástico.
4. **Tornillería:** elementos de sujeción y anclaje.
5. **Transmisión:** elementos móviles o transmisores del movimiento.
6. **Fontanería:** elementos que conforman parte del sistema de riego y neumático.
7. **Maderas:** piezas compuestas en madera que se comportan como estructura del bancal.

Las siguientes enumeraciones toman como fuente los datos iniciales del robot, es decir, tal y cómo lo describe Farmbot [25].

Perfilería

Los elementos dentro de la clasificación de Perfilería son mostrados en la tabla inferior y en la figura 6.13:

Tabla 6.1: *Lista de piezas de perfilería [25].*

Nombre	Nombre interno	Material	Largo	Perfil	Cantidad
Columna de grúa	20 x 60 x 500mm V-Slot Silver Extrusion	Aluminio 6063-T5	500mm	20x60mm VSlot	2
Viga principal	20 x 60 x 1200mm V-Slot Silver Extrusion	Aluminio 6063-T5	1200mm	20x60mm VSlot	1
Eje Z	20 x 20 x 1000mm V-Slot Silver Extrusion	Aluminio 6063-T5	1000mm	20x20mm VSlot	1

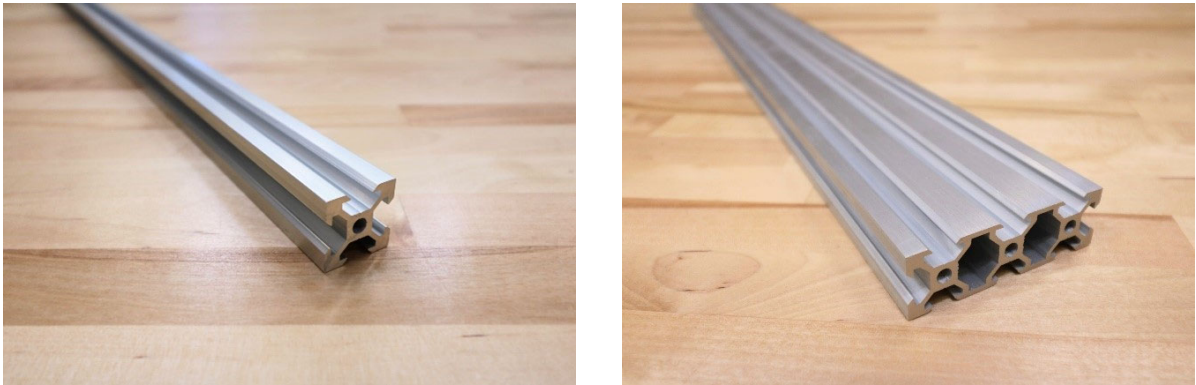


Figura 6.13: Piezas de perfilería del modelo inicial Farmbot Express V1.0. **Izquierda:** Perfil en forma de Vslot con dimensiones 20x20 mm.

Derecha: Perfil en forma de Vslot con dimensiones 20x60 mm [25].

Placas y soportes

Los elementos dentro de la clasificación de Placas y soportes son mostrados en la tabla 6.2 e ilustrados en la figura 6.14:

Tabla 6.2: Lista de piezas de placas y soportes [25].

Nombre	Nombre interno	Material	Grosor	Cantidad
Placas de ruedas de grúa	Express Gantry Wheel Plate Rev A Left Gantry Corner	Aluminio 6061	5mm	2
Soporte de esquina	Bracket Rev A Right Gantry Corner Bracket Rev A	Aluminio 5052	5mm	1 de cada
Placa de deslizamiento transversal	Express Cross-Slide Plate Rev A	Aluminio 6061	5mm	1
Montaje de motor de eje Z	Express Z-Axis Motor Mount Rev A	Aluminio 6061 mecanizado	5mm	1
Soporte portacable de 50mm	50mm CC Mount Rev A	Aluminio 6061 mecanizado	5mm	1
Soporte portacable de 65mm	65mm CC Mount Rev A	Aluminio 6061 mecanizado	5mm	1
Clip de cinturón	Belt Clip Rev A	Aluminio 6061	5mm	6
Tope de Eje Z	Z-Axis Hardstop Rev A	Aluminio 6061	5mm	2

Partes plásticas

Se recomienda por el modelo original que se fabrique en ABS gris estabilizado a los rayos UV. Estas piezas están realizadas por extrusión.

Los elementos dentro de la clasificación de Partes plásticas son, según los nombres internos del proyecto original, los mostrados en la tabla inferior e ilustrados en la figura 6.15:

Tabla 6.3: *Lista de piezas plásticas [25]*

Nombre interno	Cantidad
<i>Gantry Plate Spacer Block Rev A</i>	2
<i>40mm Horizontal CC Suport Rev B</i>	4
<i>40mm Vertical CC Suport Rev B</i>	4
<i>40mm CC Spacer Block Rev A</i>	1
<i>Solenoid Valve Mount Rev A</i>	1
<i>Vacuum Pump Mount Rev B</i>	1
<i>50 mm Horizontal Motor Housing Rev B</i>	3
<i>60mm Vertical Motor Housing Rev B</i>	1
<i>Vacuum Pump Cover Rev A</i>	1
<i>3-in-1 Tool Head Rev B</i>	1
<i>Seed Trough Holder Rev B</i>	2
<i>Seed Trough Rev A</i>	2

Transmisión

Los elementos de la transmisión son más variados, por lo tanto, se añade una pequeña descripción de sus características. Estos componentes se utilizarán para la transmisión del movimiento a lo largo del robot.

Tabla 6.4: Lista de piezas de transmisión [25].

Nombre	Características	Cantidad
<i>Ruedas en V</i>	Formadas por 2 rodamientos, una arandela interna y cubiertas de goma.	10
<i>Correa de distribución</i>	Material: Neopreno con fibra de carbono, ancho de 5mm.	1.4m x 1
<i>Correa de transmisión</i>	Material: Neopreno con fibra de carbono, ancho de 5mm.	4.5m x 2
<i>Fijadores de correa</i>	Aluminio.	6
<i>Polea GT2</i>	Aluminio, 20 dientes, D:15mm, d: 5mm, h: 14mm, incluye dos tornillos de fijación de 1.5 mm.	3
<i>Acople de barras de 5mm a 8 mm</i>	Aluminio, D: 18mm, d1: 5mm, d2: 8mm, h: 25mm.	1
<i>Husillo ACME</i>	D: 8mm, l: 800mm.	1
<i>Deslizador de husillo</i>	Usado para desplazar el eje Z sobre el husillo. Preparado para husillo de D=8mm. Compatible con tornillería M5.	1

Electricidad y electrónica

Los elementos de electrónica y electricidad, al igual que en los de transmisión, son más variados, por lo que se añadirá una pequeña descripción de sus características mientras que se disponga de datos por parte de la fuente [25].

Estos componentes son los que componen los sistemas eléctricos y electrónicos del robot:

Tabla 6.5: *Lista de elementos eléctricos, electrónicos y cableado [25].*

Nombre	Características	Cantidad
<i>Fuente de alimentación</i>	Salida de 24V a 6.35A. Recomendable IP67.	1
<i>Raspberry Pi Zero W</i>	Micro ordenador de código abierto.	1
<i>Tarjeta MicroSD</i>	8Gb.	1
<i>Motor NEMA 17</i>	Motor paso a paso, 12V, 1,68A, Eje de 5mm.	4
Cables para motor	Waterproof, con 4 hilos cada uno. Recomendable IP67.	0.6m x1
		1.8m x2
		2.2m x1
		2.1m x1
		1.8m x1
<i>Protector de cableado</i>	Material: Nylon PA66.	1.7m x1
	Características externas: 20mm x 38.5 mm.	1.4m x1
	Características internas: 15mm x 30 mm.	0.74m x1
<i>Tira LED</i>	Recomendado blanco 6000K, 1.2m de tira con 1m de cable con conector Molex Part Number 151049-2206.	1
<i>Cámara y cable de cámara</i>	Cámara tipo endoscópica con cable de 2.1m.	1
<i>Unión de cables con protección de agua</i>	Recomendable IP67.	1
<i>Caja protectora para componentes electrónicos</i>	Recomendable IP67.	1
<i>Botón de parada de emergencia</i>		1
<i>Farmduino Express</i>	Micro ordenador de código abierto propio de los productos de Farmbot.	1

Sistema de riego y neumático

De los elementos de los sistemas de riego y neumático apenas hay datos más allá de las fotografías aportadas por la fuente [25]. Se indicará cuando sea posible las características y se mostrarán las piezas disponibles en la figura 6.17.

Tabla 6.6: Lista de piezas de sistema de riego y neumático [25].

Nombre	Características	Cantidad
		3m x1
<i>Tubo de silicona</i>	Material: silicona d : 6mm D : 9mm	1.8m x1 0.95m x1 0.15m x1
<i>Conexión de barb a rosca</i>	Rosca macho de M5.	2
<i>Filtro de aire</i>	Boquillas NPT.	1
<i>Conector en L</i>	Boquillas NPT y NPT.	1
<i>Adaptador de NPT a barb</i>		2
<i>Adaptador de goma de jardín a Barb</i>		1
<i>Regulador de presión de agua</i>	Presión de salida: 1 atm.	1
<i>Válvula solenoidal</i>	Utilizada en el sistema de aire comprimido.	1
<i>Bomba de aire comprimido</i>		1
<i>Cable de bomba de aire</i>		1
<i>Cable de válvula solenoidal</i>		1
<i>Conexión de M5 a NPT</i>		1
<i>Filtro de aire</i>		1
<i>Agujas Luer Lock</i>	Agujas normalmente usadas en medicina. Se clasifican según el diámetro interior de la aguja.	3 x 1.6mm 3 x 1.9mm 3 x 2.2mm
<i>Adaptador Luer Lock</i>	Adaptador que permite la conexión de las agujas Luer Lock.	1

6.6. FabLab Xtrene y el proyecto TerraMaker

Las prácticas curriculares las realicé en el FabLab Xtrene [88] de Almendralejo como alumno en prácticas de la Cooperativa Emprendiciencia que forma parte de este espacio.

Durante las prácticas de empresa, se comenzó a investigar sobre el Proyecto Farmbot y su evolución al proyecto TerraMaker. El equipo llevaba bastante tiempo queriendo innovar y mejorar la realización de cursos y talleres de educación que ya realizan. Sergio Aranda, Juan Carlos Cano y David Carretero me encargaron la preparación de la documentación, análisis de piezas requeridas, propuestas de mejora, presupuesto y montaje del proyecto pero resultó ser demasiado extenso y con demasiados costes para el momento.

Posteriormente, para conseguir la financiación suficiente para el proyecto, se decidió presentarlo al Desafío Social 2021 de Fundación Caja Extremadura y Fundación Botín [89]. El proyecto quedó finalista y con opción a mentorización en cuanto fuera necesario.

Se preparó la documentación para su presentación que se puede consultar en la página 31 en los Anexos.

¿Qué es Terramaker?

Como breve resumen, el proyecto Terramaker pretende ser un laboratorio para alumnos en prácticas de las Formaciones Profesionales de los institutos de la región y de estudiantes de la Universidad de Extremadura donde estos puedan aprender de forma estructurada y abierta cómo se trabaja en el sector empresarial y en concreto el agrotecnológico.

Se trabajará en la mejora continua de este huerto robotizado según las necesidades detectadas dentro del sector agrícola local y se buscarán soluciones técnicas a estas necesidades. Los estudiantes estarán tutorizados desde el propio fablab Xtrene y, si una de las mejoras tiene viabilidad técnica y económica, se podrá implementar para robots que adquirieran las empresas agrícolas locales. El objetivo real de este proyecto no es el beneficio económico a través del trabajo del alumnado, sino brindarles un espacio donde poder crear y conocer el sector agrotecnológico.

Al ser elegidos en el Desafío Social de Caja Extremadura, se creó una imagen de marca correcta para el proyecto Terramaker y, como se verá más adelante, fueron elaborados el nombre, logotipo e imagen corporativa del proyecto. La imagen corporativa se puede consultar en los Anexos, en la página 36.



Figura 6.14: Piezas de chapa de la sección "Placas y soportes" del modelo inicial Farmbot Express V1.0. **De izquierda a derecha y de arriba a abajo** 1. Piezas de bases de la grúa. 2. Soportes de las esquinas de la grúa. 3. Placa de deslizamiento, 3. Montaje de motor de eje Z. 5. Soporte portacables de 50 mm. 6. Soporte portacables de 65 mm. 7. Clip de las cintas de movimiento del eje X. 8. Tope de eje Z. [25].

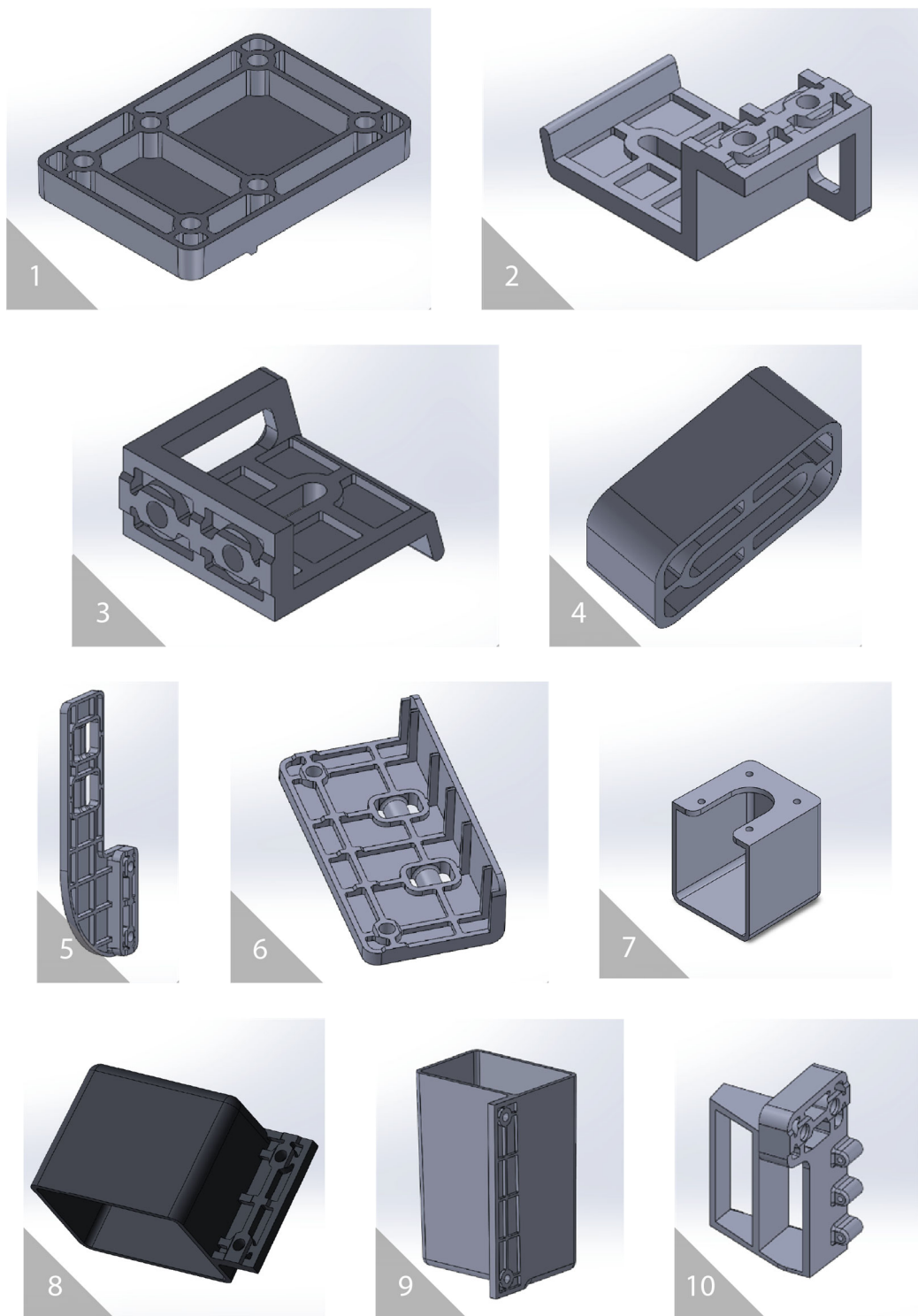


Figura 6.15: Piezas plásticas del modelo inicial Farmbot Express V1.0. De izquierda a derecha y de arriba a abajo 1. Gantry Plate Spacer Block, 2. 40mm Horizontal Cable Carrier Support, 3. 40mm Vertical Cable Carrier Support, 4. 40mm Cable Carrier Spacer Block, 5. Solenoid Valve Mount, 6. Vacuum Pump Mount, 7. 50mm Horizontal Motor Housing, 8. 60mm Vertical Motor Housing, 9. Vacuum Pump Cover, 10. Seed Though Holder [25].



Figura 6.16: Piezas de transmisión del modelo inicial Farmbot Express V1.0. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: 1. Ruedas en V. 2. Correas de transmisión. 3. Fijadores de correa 4. Polea GT2 5. Acople de barras de 5mm a 8mm 6. Husillo ACME 7. Deslizador de husillo [25].

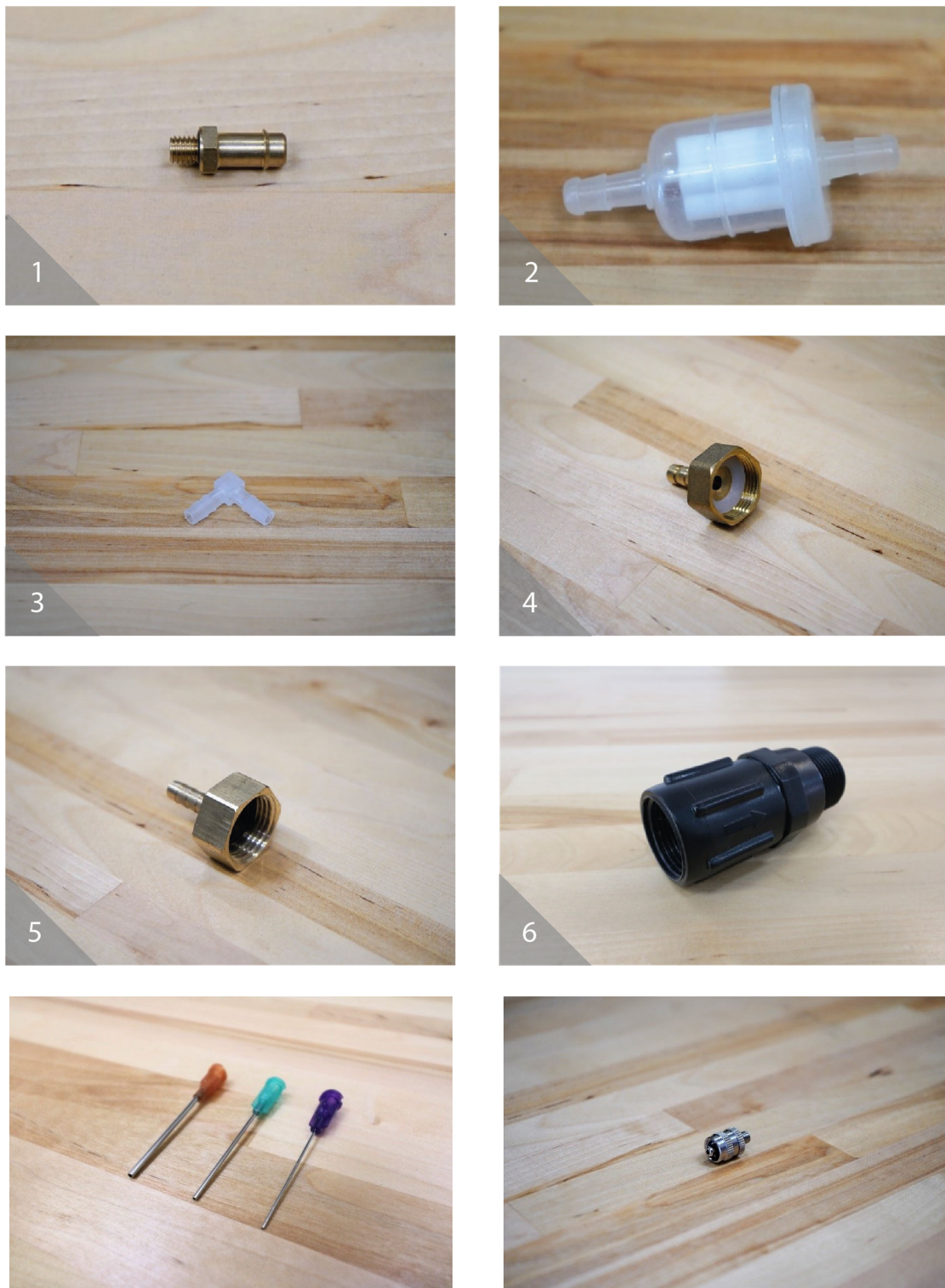


Figura 6.17: Elementos neumáticos y sistema de riego del modelo inicial Farmbot Express V1.0 De izquierda a derecha y de arriba a abajo 1. Conexión de barb a rosca, 2. Filtro de aire, 3. Conexión en L, 4. Adaptador NPT a Barb 5. Adaptador de goma de jardín a barb, 6. Regulador de presión, 7. Agujas Luer Lock, 8. Adaptador de agujas Luer Lock a rosca M5 [25].

Capítulo 7

Adaptación a normativa europea

El producto final pretende ser fabricado y comercializado en al UE a pesar de que los diseños originales provienen de Estados Unidos (EEUU), por lo que habrá que comprobar qué se requerirá adaptar. Este es el primer objetivo a cumplir en este Proyecto.

7.1. Normativa reguladora de la utilización de unidades de medida

El primer aspecto a tener en cuenta llega a la base propia del Proyecto: las unidades legales de medida. Estas unidades se publicaron en el Boletín Oficial del Estado (BOE):

- Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Real Decreto 493/2020, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.

7.2. Normativa reguladora de fabricación

Se comprobará si existe normativa de fabricación por métodos aditivos e impresión 3d. Tras investigar en el BOE, se llega a la conclusión de que no existe ninguna

ley o reglamento de carácter obligatorio para la fabricación aditiva con la intención de este Proyecto.

Pero sí que existe la normativa UNE-EN ISO/ASTM 52910:2020 cuyo título es: "*Fabricación aditiva. Diseño. Requisitos, directrices y recomendaciones.*". Esta norma UNE es una trasposición directa de la norma ISO/ASTM 52910:2018 y no es de carácter obligado.

7.3. Reglamentos técnicos a cumplir

En el resto de piezas que se utilizan en este diseño y que se encargan a terceros, hay piezas y sistemas concretos que deben seguir normativas reguladoras:

Reglamento (CE) Nº 1935/2004

Reglamento que influye en los materiales y objetos que están destinados a entrar en contacto con alimentos (en este caso, los producidos). Afecta a todas las piezas que estarán en contacto con las plantas: el subensamblaje del cabezal y el subensamblaje del bancal.

Reglamento (CE) Nº 2023/2006

Reglamento que indica las buenas prácticas de fabricación de objetos y materiales que están destinados a entrar en contacto con alimentos.

Reglamento (UE) Nº 10/2011

Reglamento que regula los materiales y objetos compuestos por plásticos que están destinados a entrar en contacto con alimentos. Añade una lista de sustancias permitidas para la fabricación de plásticos que tendrán contacto con los alimentos. En ella aparece el PLA con el que está compuesto el cabezal.

Normativa reguladora de las instalaciones de energía de baja tensión

Las piezas que deben cumplir con esta normativa son:

La caja de electricidad

Se estudiará la normativa que regula la caja de conexiones del Farmbot. Las condiciones que debe cumplir son:

- Apta para exteriores.
- Apta para enlaces de baja tensión.
- Apta para la protección de equipos electrónicos.

La normativa que cubre todas estas condiciones es la ITC-BT-13 donde se especifica que:

- Para ser apta para exteriores debe tener un grado de protección IP43 o superior según la UNE 20324 e IK09 según UNE-EN 50102. Éstas normas siguen a la norma CEI 60529 sobre los grados de protección.
- Para la acometida (que será subterránea) se seguirá la UNE-EN 50102.

Fuente de alimentación

La fuente de alimentación también debe ser apta para exteriores y preparada para las tensiones que se requieran en el trabajo. Por lo que debe cumplir también la UNE 20324 y la UNE-EN 50102 para un grado de protección IP67 según la CEI 60529.

Enlace a red y otros componentes eléctricos

Como todos los otros componentes eléctricos, deben cumplir con la UNE 20324 y la UNE-EN 50102 para conseguir un grado de protección IP67 según la CEI 60529.

Normativa reguladora de las instalaciones en ambientes externos

Toda instalación con fines especiales de establecimientos agrícolas y hortícolas siguen la ITC-BT-35. Ésta hace referencia a la UNE 20460-7-705:1993 y la ITC-BT-33.

Sin embargo, la norma UNE 20460-7-705:1993 fue anulada y la actual vigente es la UNE-HD 60364-7-705:2011, que fue modificada por la UNE-HD 60364-7-705:2011/A12:2017. Esta normativa es de carácter voluntario.

Capítulo 8

EcoCanvas del proyecto

8.1. Introducción

El proyecto TerraMaker (ver sección 6.6) pretende ser un modelo de negocio viable y, para ello, es necesario conocer información de los clientes, la propuesta de valor que se ofrece, a través de qué canales y cómo el modelo sería sostenible económicamente. Y la mejor forma de hacerlo es a través de los mapas de empatía y el modelo ecoCanvas diseñado por un equipo libano-español [64].

8.2. Mapas de empatía

El mapa de empatía es una herramienta para conocer qué siente el cliente como explica en el capítulo 5. En este Proyecto se realizarán dos al tener dos clientes tipo: tecnomaker y ecofriendlyes.

En este proceso se descubre por qué pueden llegar a ser nuestros clientes ideales. Para ver los perfiles y los mapas de empatía realizados, acudir al Anexo V.

8.3. El EcoCanvas en el proyecto Terramaker

Tras tener los perfiles tipo de nuestros clientes del proyecto, se realiza un ecoCanvas [64] con sus gustos y perfiles, pero añadiendo también otros posibles clientes como empresas o entidades tanto públicas como privadas.

Este proyecto cuenta de tres fases. Estas van incluyéndose unas a otras y, mien-

tras se superan fases, se tendrá que tener en cuenta distintos puntos.

Estas fases son las siguientes:

1. **Rediseño del proyecto Farmbot:** esta fase consiste en este TFG y la fabricación posterior del producto en el FabLab de Almendralejo.
2. **Prácticas de empresa grupal:** tras tener el primer modelo de farmbot express operativo, contactaremos con los Institutos de Educación Secundaria (IES), Centros formativos y la Universidad para realizar un proyecto de prácticas conjuntas en las que los estudiantes desarrollarán nuevas propuestas de rediseño del robot guiados por personal especializado del FabLab Xtrene.
3. **Proyecto Huerto Digital:** por último, se contactará con las empresas agrónomas del sector para descubrir qué necesidades se podrían satisfacer con los modelos y realizar rediseños a medida para esas funcionalidades.

El reto a resolver en todo el proyecto es:

La sociedad española necesita conectar el campo y la naturaleza -el respeto por ella, sus productos y experiencias- con la ciudad -su innovación, conocimiento y rendimiento-.

Primera fase

Durante la primera fase del proyecto, estos serán los puntos a tener en cuenta:

- **Clientes objetivo:** Ecofriendlys y makers, estudiados en los mapas de empatía.
- **Propuesta de valor:** La oportunidad de tener un huerto urbano autosostenido. Para los ecofriendlys será una forma con la que aprender a cultivar y mejorar en la agricultura de casa sin necesidad de mucho tiempo y atención. Para los makers será un robot con el que experimentar para hacer innovaciones a su gusto mientras que obtienen alimentos.
- **Actividad principal:** Proporcionar como producto un huerto urbano autosostenido.
- **Fidelización:** A través de la cercanía que proporciona una facilidad de compra, contacto y mejora. Servicio de mantenimiento para los ecofriendlys y apoyo técnico para los makers. Proyecto de suscripción en la que se le enviarían las semillas por temporadas e información sobre botánica, horticultura y

sobre las técnicas utilizadas para la fabricación del producto. Posibilidad de creación de una comunidad que se implica en la mejora y optimización del producto.

- **Canales de difusión y distribución:** A través de redes sociales y prensa escrita. Para los ecofriendly: foros de ecologistas y el proyecto Anillo Verde de Almendralejo. [90]. Para los makers: los foros makers y las redes en torno a los fablabs.
- **Recursos principales:** Las redes ya formadas de ecologistas y makers de Extremadura y España en las que el fablab Xtrene tiene ya un rol importante son un gran recurso ya que son potenciales clientes con los que ha habido relación previa. Como recursos materiales tenemos los que nos proporciona el FabLab de Almendralejo y como recursos humanos en esta fase se requiere de: un diseñador, un técnico del fablab, un coordinador, un informático y un horticultor.
- **Aliados y proveedores:** Como aliados en esta fase se tiene a la UEx, el Ayuntamiento de Almendralejo y Farmbot. Como proveedores: Eolas Print, ITCorte Extremadura, Vivero local y tiendas industriales de material tecnológico.
- **Costes:** Contratación de recursos humanos, transporte, materiales, suministros, consultoría y auditoría, impuestos y administración.
- **Fuentes de ingresos:** Venta del producto final y el servicio suscripción. Micromecenazgo: Goteo [91].
- **Previsión e impactos sociales:** La comunidad maker y la comunidad de ecofriendly son dos movimientos con cada vez más adeptos. La comunidad maker en Europa ha sido muy potenciada por la red de fablabs que se ha extendido por todo el continente y ha entrado en la educación a todos los niveles. El movimiento ecofriendly cada vez está más afianzado y no es ya solo una corriente de moda sino el camino que muchos consideran como la vía para poder solucionar situaciones tan graves como la Emergencia Climática.
- **Previsión e impactos medioambientales:** La necesidad de innovación en la agricultura desde lo local está directamente relacionada con el incentivo de una tecnología más respetuosa con el medioambiente para evitar el uso de pesticidas y químicos que afectan a suelo y aguas. El cultivo de productos hortícolas en local también puede evitar emisiones de gases de efecto invernadero producidos por el transporte.
- **Modelo de empresa circular e innovación:** Creación de una sección que se dedique a fabricar en local un robot que, de otra forma, tendría que venir

desde EEUU si los vendiera la empresa Farmbot al no disponer de ninguna filial en toda Europa. De esta forma, se evita el transporte de las piezas en barco desde América hasta aquí, reduciendo las emisiones de CO2. Para ser fiel a esta medida, se procurará que las piezas y materiales a utilizar sean los más cercanos a la región de fabricación y venta para evitar la emisión de gases de efecto invernadero por transporte.

Segunda fase

Durante la segunda fase del proyecto, se seguirán teniendo en cuenta los puntos de la fase 1, pero hay que añadir:

- **Clientes objetivo:** Diputación de Cáceres y Badajoz, ayuntamientos colaboradores del proyecto CircularFab [92] y el proyecto la Cocosa [93], de la Diputación de Badajoz.
- **Propuesta de valor:** Realización de mejoras a través de estudiantes que realizarán las prácticas en el Fablab mientras se les tutoriza y enseña a trabajar en equipo y como la innovación, la fabricación digital y el diseño son herramientas para construir su propio trabajo. En caso de que se consiga fabricar y vender las mejoras realizadas, los alumnos recibirán una comisión por su colaboración en el trabajo. Presentación de proyecto e inclusión de huertos en los espacios de los CircularFab [92] que ya hay en Cáceres y que posiblemente se implanten en Badajoz.
- **Actividad principal:** Mejora continua del huerto urbano autosostenido con nuevas capacitaciones.
- **Fidelización:** Servicio de mantenimiento y mejora en función de las actualizaciones que se vean con viabilidad económica y técnica.
- **Canales de difusión y distribución:** Las mismas que en la fase 1 (Ver sección 8.3).
- **Recursos principales:** las relaciones con los IES y Centros que proporcionarán a los estudiantes. También es fundamental el conocimiento del funcionamiento de la administración.
- **Aliados y proveedores:** los centros educativos que colaborarán con nosotros.
- **Costes:** las comisiones que habría que ingresar a los estudiantes y la ampliación de plantilla en montadores y técnicos de impresión por Deposición del Material Fundido (FDM por sus siglas en inglés). Ampliación del taller.

- **Fuentes de ingresos:** Venta del producto final, proyecto de suscripción y venta de los kits de mejora. Contratos realizados con Diputación de Cáceres, Diputación de Badajoz y los ayuntamientos de la red CircularFab.
- **Previsión e impactos sociales:** los jóvenes siempre pueden llegar a ser el inicio del cambio. Darles la oportunidad y educarlos en el respeto al medio ambiente y el uso de la tecnología para ello puede ser un impacto social importante en la región.
- **Previsión e impactos medioambiental:** los mismos que en la fase 1 (8.3).
- **Modelo de empresa circular e innovación:** La inclusión de los institutos y centros educativos en este proyecto tiene la intención de ayudar en la educación, saber aprovechar el potencial que aportan los jóvenes y brindarles oportunidades para desarrollar soluciones prácticas a problemas reales y locales.

Tercera fase

Durante esta última fase del proyecto se utilizará toda la red de contactos adquirida para afectar directamente al campo extremeño y las entidades que lo conforman. Se buscará realizar convenios de investigación y desarrollo de propuestas para estas entidades:

- **Clientes objetivo:** Empresas y cooperativas agrónomas de Extremadura relacionadas con la agricultura.
- **Propuesta de valor:** Innovación y mejora de los rendimientos de los cultivos sin uso de productos químicos.
- **Actividad principal:** Desarrollo de propuestas y productos al servicio del campo extremeño.
- **Fidelización:** La innovación continuada puede llegar a mejorar su beneficio económico a largo plazo.
- **Canales de difusión y distribución:** Realización de mejoras e innovaciones con ellos, teniendo en cuenta su experiencia. Contacto directo con las cooperativas y empresas del sector.
- **Recursos principales:** Contactos con las empresas locales. Como recurso humano será necesario un administrador de servicios que se encargue del buen servicio y la comunicación con las entidades que serán nuestros clientes y aliados.

- **Aliados y proveedores:** Se incorporarán como aliados los propios clientes: las entidades agrícolas locales pueden proporcionar mucho conocimientos y experiencia del sector.
- **Costes:** Los mismos que en la fase 1 y 2 (Ver 8.3 y 8.3) y posiblemente las patentes de los diseños realizados sobre el proyecto open-source. Ampliación de plantilla para el montaje y fabricación: montadores, técnicos en impresión FDM y agrónomos. Ampliación de instalaciones.
- **Fuentes de ingresos:** Financiación por colaboración con las entidades agrónomas locales. Subvenciones.
- **Previsión e impactos sociales:** el campo es el gran olvidado en las ciudades. Realizar una empresa tecnológica que escuche sus necesidades y estudie sus intereses para ayudarles desde la técnica y la investigación puede provocar una evolución positiva en el sector.
- **Previsión e impactos medioambientales:** al crear propuestas para los agricultores cuyo principal objetivo es la reducción de la dependencia de los agroquímicos, se puede llegar a tener una huella real en la mejora de la gestión medioambiental de los campos de Extremadura.
- **Modelo de empresa circular e innovación:** desarrollo e investigación a petición del sector local, evitando grandes transportes y emisiones innecesarias de gases de efecto invernadero. Reducción de los químicos necesarios en el cultivo que utilice el robot que se pretende diseñar y adaptar a petición.

Capítulo 9

Rediseño de piezas

Dentro de los objetivos principales de este Proyecto (Ver capítulo 2) aparece el rediseño de piezas para su fabricación con la tecnología disponible. No todas las piezas podrán ser fabricadas y la mayoría de las secciones de la clasificación de piezas indicadas en el capítulo "Diseño de partida" (ver sección 6.5) tendrán que ser compradas a terceros.

Sin embargo, se han detectado dos secciones de piezas (ver sección 6.5) que se podrán rediseñar y actuar sobre su fabricación y montaje de forma directa. Estas son:

- **Placas y soportes** que se realizarán en aluminio por corte láser y dobladora.
- **Partes plásticas** que se realizarán con fabricación aditiva FDM en vez de por extrusión de plásticos.
- **Subensamblaje Cabezal** debido a su considerable cambio con respecto al inicio del diseño.

Dentro del FabLab Xtreme se tendrá a nuestra disposición varias impresoras y materiales para la realización de las partes plásticas. Para las placas y soportes se contactará con una empresa amiga cuyo trabajo es precisamente trabajar con corte y doblado de chapa.

A pesar de haber rediseñado 22 piezas, en este TFG sólo se mostrarán las más relevantes para mostrar el proceso seguido en cada caso, una de cada sección que fabricaremos y el subensamblaje del cabezal.

9.1. Estructura del estudio

Este proceso tiene como metodologías base la Metodología DFMA y el Método Ashby explicadas en el apartado de Metodología (Ver capítulo 5) ([94], [56]) aunque utilizará también la estructura de estudio del Método Ashby como base del estudio. La metodología DFMA se utilizará para conseguir diseños mejores para la fabricación y montaje mientras que el Método Ashby se utilizará para elegir los materiales de fabricación.

Para conseguir el resultado idóneo en cada situación, se seguirán los siguientes pasos:

1. **Se indicarán los requisitos de diseño generales.** Son las peticiones generales mínimas que se requiere para toda la sección de piezas.
2. **Se realizará un perfil de propiedades generales del material.** El perfil de propiedades generales pretende realizar una generalización de las circunstancias en las que nos encontraremos los casos extremos de todas las piezas que engloba la sección de "Placas y soportes" y "Partes Plásticas". En este perfil, según la metodología de M. Ashby [56], se debe mencionar la función; las restricciones, que son los límites físicos que solo dependen del material y no de la forma del producto; y los objetivos que se barajan donde se busca maximizar o minimizar algún valor.
3. **Se hará una selección de materiales.** Según el método Ashby, esta selección tendrá tres etapas: una primera de filtrado de los materiales que cumplen con las restricciones, le seguirá la fase de comparación y clasificación de los materiales que han superado el filtrado y, por último, se documentarán las razones de la elección del material final.
4. **Se realizará una tabla de requisitos de diseño de una pieza demostrativa** donde se buscarán las formas de mejorar la pieza utilizando la metodología DFMA [94].
5. **Se realizarán los cambios pertinentes** de la pieza demostrativa en su estructura teniendo en cuenta tanto su ensamblaje, su fabricación y su huella de carbono.
6. **Se realizarán unas conclusiones sobre el diseño de la pieza demostrativa.**

9.2. Placas y soportes

Estas piezas se caracterizan por ser los enlaces y uniones firmes de la estructura. En base a la metodología adoptada (ver capítulo 5), los requisitos de estas piezas son:

Requisitos de diseño generales

1. El elemento deberá ser fabricado por la empresa ITCorte Extremadura [95] a través de corte láser de CO₂ y doblado posteriormente en una dobladora de la misma empresa si fuera necesario.
2. El elemento deberá encajar con las piezas del entorno indicadas por el diseño de partida (ver el capítulo 6).
3. El elemento no debe sufrir oxidación o corrosión en ambientes abiertos.
4. Como mínimo, debe soportar cargas de 1000N para aguantar en situaciones adversas.
5. Todos los elementos deberán hacerse en chapas de 5mm con el mismo material.
6. Se procurará tener la menor huella de carbono posible.

Perfil de propiedades generales del material

Tras determinar los requisitos de diseño generales, se utilizarán para encontrar el material que mejor se amolde a lo solicitado. Para ello, se elaborará un perfil de propiedades del material que se utilizará como primera etapa de la búsqueda del material idóneo. En este perfil de propiedades, los requisitos de diseño generales se transforman en límites físicos y objetivos que se buscan maximizar o minimizar.

Tabla 9.1: *Perfil de propiedades de material de las piezas de la Sección "Placas y soportes", elaboración propia.*

Función	Soporte de la estructura generalmente a compresión y flexión.
Restricciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los materiales trabajados por ITCorte Extremadura son: acero, acero inoxidable, acero galvanizado y aluminio. 2. El material debe ser procesable en los procesos de corte láser y doblado. 3. Límite elástico mínimo $\sigma_y = 5,8 \cdot 10^5 N/m^2$.

Objetivos	Minimizar densidad (Kg/m ³). Minimizar el impacto ambiental en huella de carbono (kgs material/kgs CO ₂) Minimizar costes (€ / m ³) Maximizar la resistencia a la atmósfera rural.
------------------	---

*Para calcular el límite elástico necesario, se utilizaron los datos de la pieza que le corresponde la carga de 1000N que es la placa de ruedas de grúa (Ver sección 9.2). Si se quieren comprobar los cálculos, ver el anexo V.

Selección de materiales

Tras conocer la función, restricciones y objetivos de esta sección de piezas, se puede iniciar la selección de materiales según la metodología de M. Ashby [56]. En este proceso se ha usado el Nivel 3 de CES EduPack 2019.

Etapa de filtrado

Se aplican las restricciones que se han presentado en la tabla 9.1.

Para ello, utilizando el software de selección de materiales CES EduPack 2019, se elegirán los materiales que cumplan las restricciones y objetivos. Uniendo la primera y segunda restricción (ver tabla 9.1) pueden ser acero, acero inoxidable y aluminio. Estos son los materiales que puede procesar ITCorte y que cumplen las condiciones de ser procesado en corte láser y dobladora.

Posteriormente, se añade la tercera restricción (ver tabla 9.1) en el CES EduPack en Nivel 3 y los materiales resultantes son los que aparecen en el Anexo V.

Etapa de de comparación y clasificación

Al ser tan numerosos los resultados, se elegirán aquellos que cumplan mejor con los objetivos: minimizar el peso, el impacto ambiental y el precio mientras se maximiza la resistencia a la atmósfera rural.

Todos los elementos resultantes tienen una resistencia excelente a la atmósfera rural por lo que se compararán los demás objetivos para elegir el material.

Para poder comparar el impacto ambiental, se debe estudiar el proceso de fabricación de la chapa.

El proceso del material hasta convertirse en la chapa consiste en la extracción o reciclado para posteriormente sufrir un proceso de laminado y, tras su uso, reciclado de nuevo.

Estos tres procesos tienen una huella de carbono medible en el CES Edupack 2019: la producción primaria del material (en caso de ser de primer uso), el proceso de conformado de la chapa (Roll forming) y el reciclado. Al sumar todos los impactos y compararlos con la densidad, se consigue la siguiente gráfica:

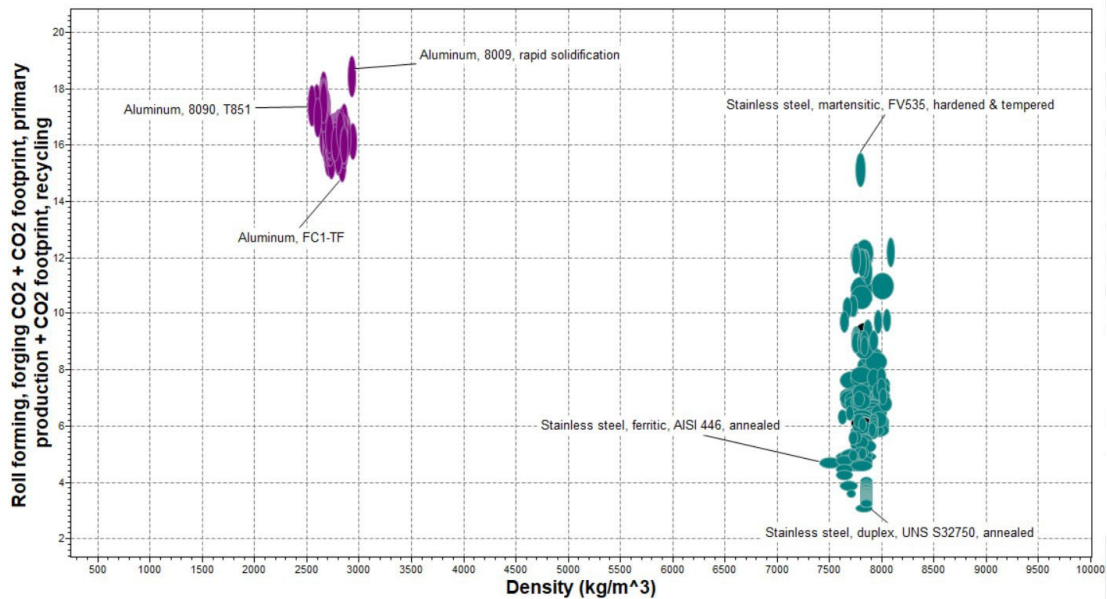


Figura 9.1: Gráfico de comparación de materiales entre cantidad de CO2 emitido por el proceso de producción y la densidad del material donde la zona violeta pertenece a los aluminios y la verde a los aceros, elaboración propia.

En situaciones ideales, se elegirían aquellos materiales que están en el cuadrante donde coinciden los valores mínimos de ambas propiedades. Sin embargo, al no existir materiales en esa zona, se compararán por el precio por unidad de volumen. Esta decisión de comparar con respecto al volumen y no al peso es tomada debido a que los volúmenes ya están delimitados por los diseños iniciales.

Los resultados se pueden ver en la ilustración 9.2 donde los más baratos se ubican a la izquierda y que son el aluminio puro y ciertas aleaciones de acero inoxidable.

Se elegirán los que tengan un precio inferior a $5\text{€}/\text{m}^3$ para realizar el cribado. Y por último, se volverán a comparar para comprobar su huella de carbono en todo su proceso tal y como se hizo al principio de las comparaciones que se han realizado.

Como podemos apreciar en la figura 9.3, los aceros (en verde) tienen un impacto

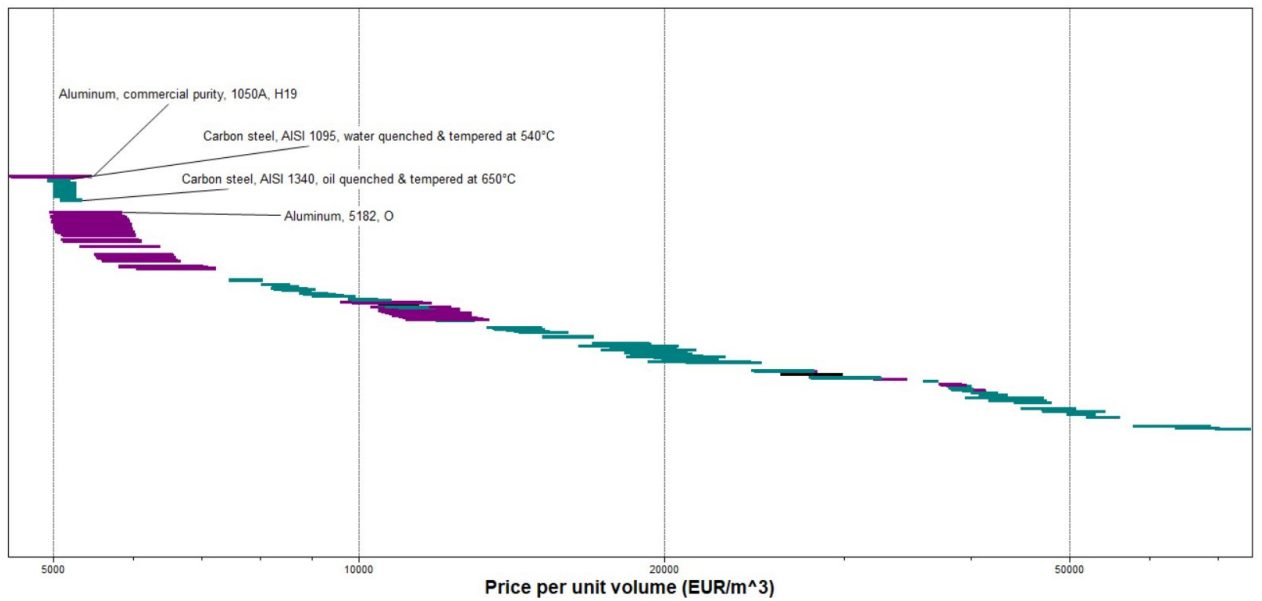


Figura 9.2: Gráfico de comparación de precios por unidad de volumen de los materiales estudiados, elaboración propia.

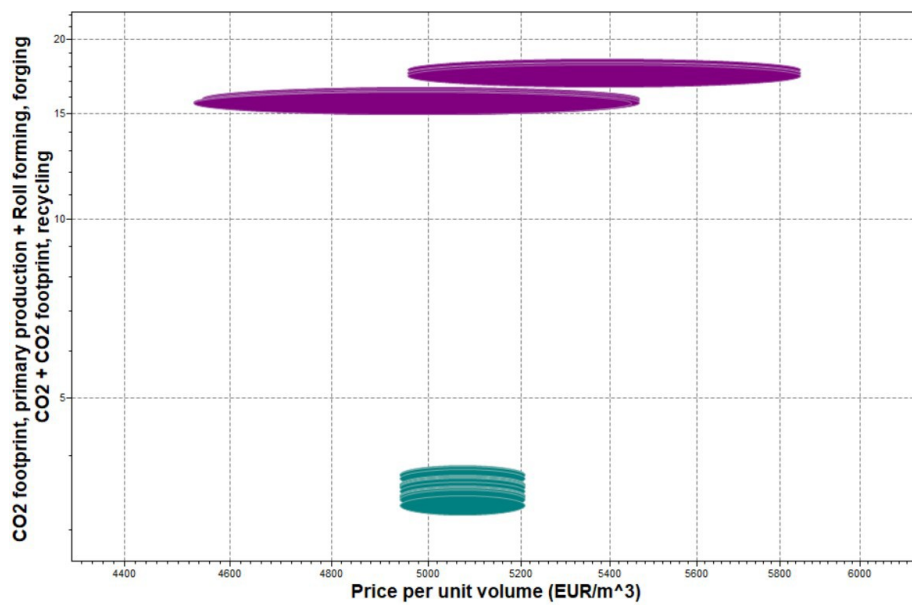


Figura 9.3: Gráfico de comparación de materiales por precio por unidad de volumen en comparación con la huella de carbono en el proceso de producción en kgs de CO2 por kg de material, elaboración propia.

ambiental muy inferior que los aluminios (en magenta) y su coste por unidad de volumen es aproximadamente el precio medio de los aluminios. Esto posiciona a los aceros como material a utilizar.

Etapa de documentación

De entre todos los aceros posibles, si se atiende a la huella de carbono menor, se seleccionan los mostrados en la tabla 9.2.

Tabla 9.2: *Aceros seleccionados tras el proceso de comparación, elaboración propia*

Acero	Huella de CO2
Carbon steel, AISI 1095, annealed	3,19 - 3,43
Carbon steel, AISI 1095, normalized	3,26 - 3,5
Carbon steel, AISI 1095, oil quenched tempered at 650°C	3,3 - 3,54
Carbon steel, AISI 1095, as rolled	3,31 - 3,55
Carbon steel, AISI 1095, water quenched tempered at 650°C	3,32 - 3,56
Carbon steel, AISI 1095, oil quenched tempered at 540°C	3,37 - 3,62
Carbon steel, AISI 1095, water quenched tempered at 540°C	3,43 - 3,67
Carbon steel, AISI 1095, oil quenched tempered at 425°C	3,43 - 3,68
Carbon steel, AISI 1095, oil quenched tempered at 315°C	3,46 - 3,7
Carbon steel, AISI 1095, oil quenched tempered at 205°C	3,47 - 3,71
Carbon steel, AISI 1095, water quenched tempered at 425°C	3,55 - 3,8
Carbon steel, AISI 1095, water quenched tempered at 315°C	3,6 - 3,85
Carbon steel, AISI 1095, water quenched tempered at 205°C	3,61 - 3,86

Como se ve en la tabla superior, los materiales finales son todas las variedades posibles del acero inoxidable AISI 1095 por lo que el material seleccionado será el Acero Inoxidable AISI 1095 que se pueda conseguir de la forma más económica.

Pieza demostrativa: Placas de ruedas de grúa

Como pieza demostrativa de este proceso de fabricación, se ha elegido las placas de ruedas de grúa que soportan la grúa al completo y le aportan la estabilidad suficiente mientras que permiten el deslizamiento por las guías del eje x. En la figura inferior se puede ver tanto su forma original como su ubicación inicial.

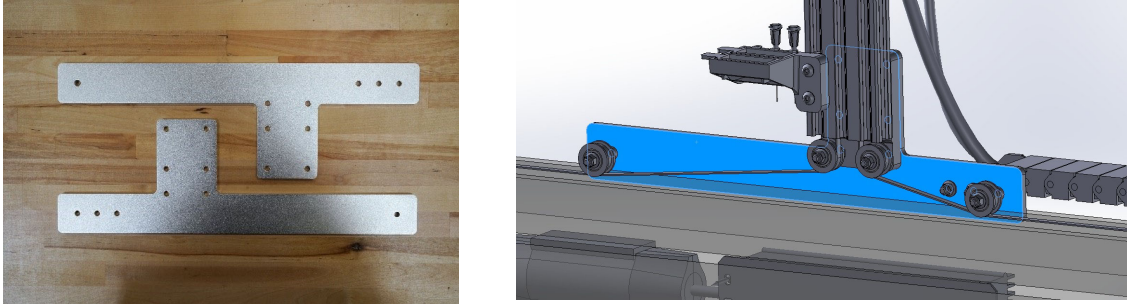


Figura 9.4: *Izquierda:* forma inicial de placas de ruedas de grúa, elaboración propia. *Derecha:* ubicación de la pieza como soporte de la grúa en el robot, elaboración propia.

Requisitos de diseño de la pieza demostrativa

Como una esquematización de las propiedades de la pieza a estudiar, se realiza la tabla inferior en la que se indican cuestiones de diseño relevantes que son necesarias añadir a los requisitos generales de este tipo de piezas mencionado anteriormente (ver 9.1).

Tabla 9.3: Perfil de propiedades de Pieza 1

Nombre interno	Express Gantry Wheel Plate Rev A.
Función principal	Soporte de la estructura.
Funciones secundarias	Sujeción de soporte de cableado y entrada de agua. Sujeción de ruedas de deslizamiento.
Restricciones	1. El centro de masas del robot debe estar en el centro de la línea que existe entre los puntos donde se ubican las ruedas. 2. Radio de perforación: 5,25mm 3. La sujeción de la viga debe tener cero grados de libertad.
Objetivos	Incluir alguno de los principios de la metodología DFMA.

Posibles cambios para facilitar el montaje

Entre los cambios para facilitar el montaje, se han barajado las siguientes opciones:

1. Centrar la extensión que se dirige al perfil para que la pieza sea simétrica y así facilite el montaje.
2. Reducir el número de tornillos necesarios para su sujeción, disminuyendo de esta forma el tiempo de montaje y el número de piezas requeridas.
3. Estandarizar las uniones. Según el modelo inicial, hay dos tipos de uniones con tornillo: pasantes con tuerca-contratuerca y pasantes con tuerca fija.

No se han detectado cambios para facilitar la fabricación.

Cambio 1: Centrar la extensión que se dirige al perfil.

Esta propuesta, bocetada en la ilustración inferior, permitiría montar la pieza tanto de un lado como del otro sin posibilidad a la equivocación en la orientación. Esta propuesta sigue los principios de la metodología DFMA. Estudiando la estructura del robot, se entiende la forma original donde uno de los brazos es más largo para compensar el peso superior que tiene la grúa por un lado debido al brazo que lleva incorporado, como se ve en la ilustración inferior derecha.

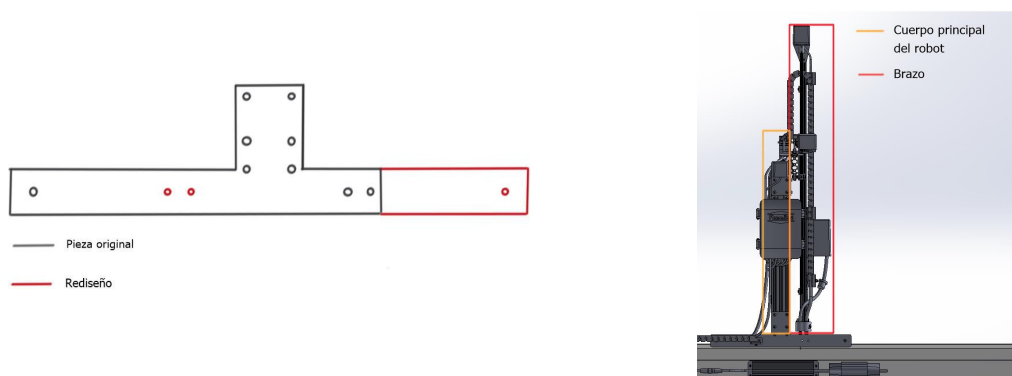


Figura 9.5: Propuesta de diseño de la pieza. **Izquierda:** Esquema inicial de placas de ruedas de grúa, elaboración propia. **Derecha:** Muestra del peso que supone el brazo sobre uno de los lados de la grúa, elaboración propia.

Si se redujera el lado más largo, habría riesgo de vuelco al reducir el margen que el centro de masas tiene para desviarse a causa de las aceleraciones y movimiento

del robot. En vez de reducir uno de los lados, esta propuesta ampliaría el contrario para que no hubiera riesgos de vuelco en los movimientos.

Pros: Sería más sencillo el montaje al no ser relevante la orientación de la pieza.

Contras: Requeriría de más material que implica mayor coste en materias primas y mayor impacto ambiental.

Conclusión: Teniendo en cuenta que el material añadido no es excesivo por este cambio, que la empresa IT Corte ha indicado que no variaría el presupuesto y que mejora en la manipulación y montaje, se decide ampliar el brazo más corto. También habrá que hacer la misma cantidad de orificios por ambos lados, a pesar de que algunos quedarán en desuso posteriormente.

Cambio 2: Reducir el número de tornillos que ensamblan al perfil de 4 a 2.

Esta propuesta propondría reducir el número de operaciones a realizar por parte del operario y también reduciría el número de piezas necesarias para el ensamble.

Pros: Menor número de piezas a ensamblar.

Contras: Reducir el número de anclajes podría provocar inestabilidad a largo plazo al no haber una fijación firme en el eje Z de la unión entre la pieza estudiada y el perfil.

Conclusión: Se mantiene el número de tornillos para evitar riesgos.

Cambio 3: Estandarizar las uniones.

Como se ve en la figura inferior, habría dos posibles soluciones: utilizar en todas tornillo pasante y tuerca o tornillo simple y tuerca en T que se sujete dentro del riel.

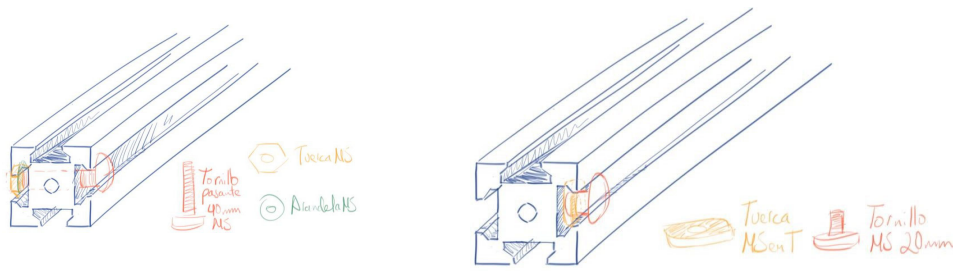


Figura 9.6: Alternativas de unión, **Izquierda:** unión por tornillo pasante y tuerca, elaboración propia. **Derecha:** unión por tornillo simple y tuerca en T que se sujeta dentro del riel del perfil, elaboración propia

En ambas nos encontramos con pros y contras comunes con respecto a la solución inicial:

- Pros:** Se eliminarían unas piezas que solo están disponibles por un suministrador de EEUU.
Si se decide tomar esta decisión para todas las piezas con las mismas circunstancias, se estandarizarían las uniones del ensamblaje general del robot.
Reducción de costes considerables como se ve en la tabla inferior:

Tabla 9.4: Comparativa de costes de las piezas de unión, costes según RationalStock [96].

Conjunto inicial (100 uds)		Conjunto tornillo- arandela-tuerca (100 uds)		Conjunto tornillo- tuerca en T (100 uds)	
Tornillo M5x20mm	3.994	Tornillo M5x40	3.01	Tornillo M5x20mm	3.994
Nut 40mm	175	Tuerca de seguridad	2.34	Tuerca en T	4.65
		Arandela M5	0.24		
Total	178.994		5.59		8.664

- Contras:** Sería más complicado el ensamble en ambas situaciones ya que se manipulan 2 tuercas en vez de una sola.

Opción 1: Tornillería pasante

La opción de tornillería pasante tendría las siguientes ventajas y desventajas con respecto a la opción de tuercas en T:

Pros: Las uniones serían estandarizadas. Todas las uniones del subensamblaje serían a rosca con tornillos pasantes, tanto las que ensamblan las ruedas como las que unen al perfil.

Sería más sencillo de manejar que las tuercas en T introducidas en el riel del perfil.

Como se ve en la tabla anterior 9.4, incluso los costes se reducirían al mínimo posible.

Contras: Mayor número de piezas requeridas.

La unión no queda tan fuerte al soportarse por las esquinas del perfil en vez de fija en el fondo del riel que tiene el mismo perfil.

Se requiere operaciones de postprocesado: hacer agujeros en el perfil.

Opción 2: Tuerca en T

La opción de tuerca en T tendría las siguientes ventajas y desventajas con respecto a la propuesta de tornillería pasante:

Pros: Menor número de piezas requeridas.

No requiere operaciones de taladro.

Contras: Las uniones no serían estandarizadas al completo ya que hay tornillería que requiere del sistema tornillo-tuerca (las ruedas).

Conclusión: Para evitar las operaciones de taladro que complicarían la fabricación, se decide finalmente la opción de tuercas en T.

Conclusiones finales

Tras las decisiones tomadas en cada posible cambio, llegamos a las siguientes conclusiones:

- La pieza tiene simetría de extremo a extremo que facilita el montaje.
- Se facilita la realización de las uniones al ser todas en una misma dirección.

-
- Se reduce el número de piezas distintas que se requieren en el ensamblaje al normalizar todas las uniones a los perfiles con las tuercas en T.
 - La pieza es multifuncional: sirve de soporte de columna y de sujeción del cableado.
 - La pieza permite el acceso directo a todos los submontajes.

El resultado queda ilustrado en las imágenes de la siguiente página:

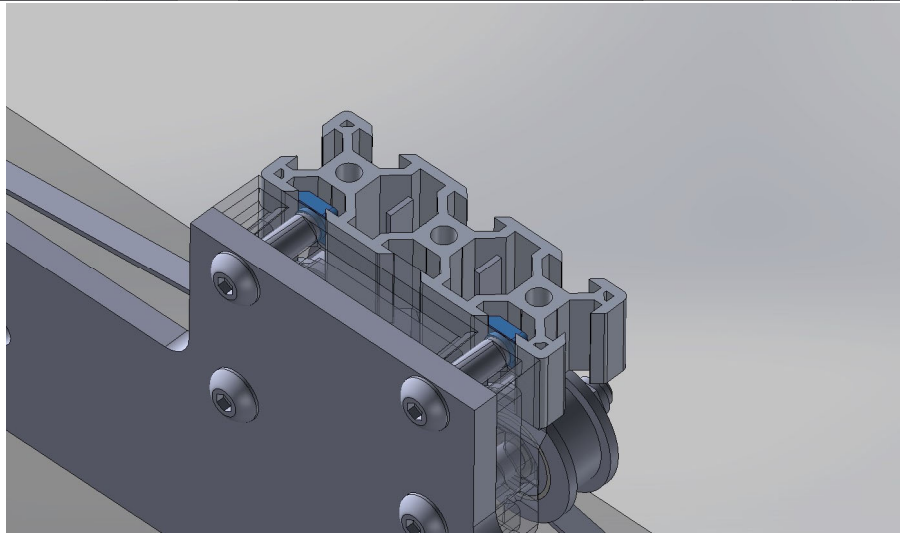
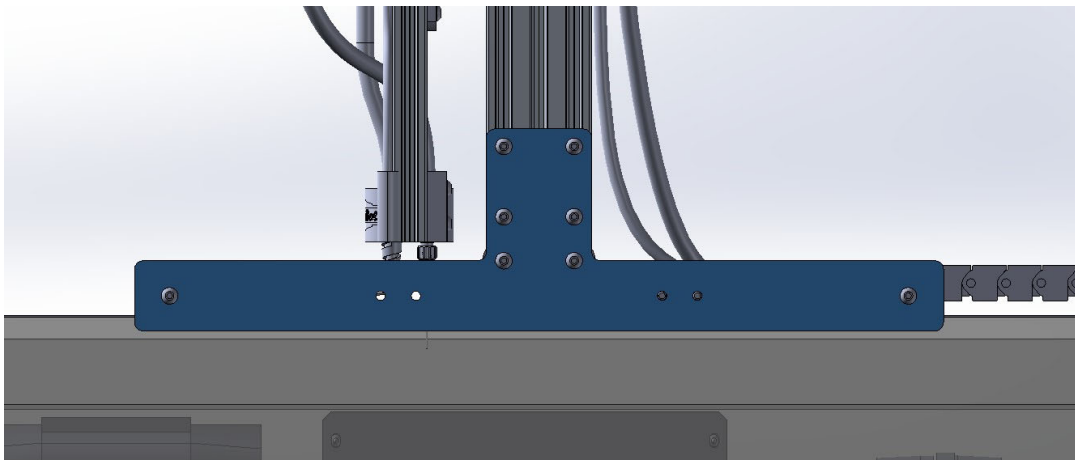
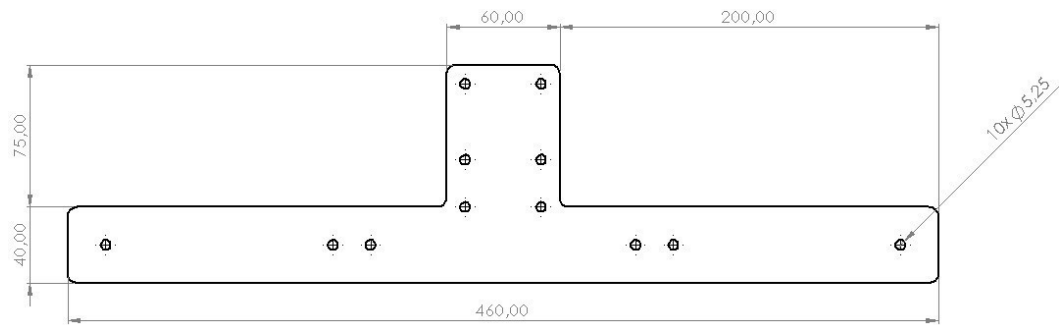


Figura 9.7: Pieza rediseñada. **Arriba:** Plano de Gantry Wheel Plate rediseñada con medidas y acotaciones, elaboración propia. **Medio:** Posición de la pieza rediseñada en el ensamblaje, elaboración propia. **Abajo:** Plano detalle con corte de sección para mostrar la unión elegida, elaboración propia.

9.3. Partes plásticas

Estas piezas se caracterizan por utilizarse como soportes de carga ligera y separadores de piezas. En base a la metodología adoptada (Ver capítulo 5), los requisitos de estas piezas son:

Requisitos de diseño generales

1. En el diseño original, estas piezas se fabricaban a través extrusión de plástico pero el Fablab Xtrene [88] las fabricará con impresión 3d FDM [97].
2. Se procurará el menor tiempo de fabricación y material por pieza en el proceso de impresión.
3. En la fabricación, se procurará el uso mínimo de soportes.
4. El elemento seguirá en la medida de lo posible las medidas generales de la pieza original.
5. El elemento no debe sufrir oxidación o corrosión en ambientes abiertos.

Perfil de propiedades generales del material

Tras determinar los requisitos de diseño generales, se utilizarán para encontrar el material óptimo. Para ello, se elaborará un perfil de propiedades del material. En este perfil de propiedades, los requisitos de diseño generales se transforman en límites físicos y objetivos que se buscan maximizar o minimizar.

Tabla 9.5: *Perfil de propiedades de material de las piezas de la Sección "Piezas plásticas", elaboración propia.*

Función	Separador de partes.
Restricciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los materiales trabajados por FabLab Xtrene son: PLA, ABS y Nylon. 2. El material debe ser realizado por fabricación aditiva FDM.
Objetivos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maximizar la resistencia a la luz ultravioleta. 2. Maximizar la resistencia a la atmósfera rural. 3. Minimizar el impacto ambiental en huella de carbono (kgs material/kgs CO₂). 4. Minimizar costes (€/m³).

Selección de materiales

Tras conocer la función, restricciones y objetivos de esta sección de piezas, se inicia la selección de materiales según la metodología de M. Ashby [58]. En este proceso se ha usado el Nivel 2 de CES EduPack 2019.

Etapa de filtrado

Se aplican las restricciones que se han presentado en la tabla 9.5. Para ello, utilizando el software de selección de materiales CES EduPack 2019, se aplicarán las restricciones y objetivos para seleccionar materiales.

Uniendo la primera y segunda restricción (9.5), los materiales iniciales son el PLA, el ABS y el Nylon.

Posteriormente, se añaden los objetivos 1 y 2 (ver tabla 9.5) en el CES EduPack y el material resultante es el PLA, el único que puede resistir al aire libre teniendo en cuenta la radiación ultravioleta y los ambientes rurales de una forma buena o excelente.

Etapa de documentación

Como el único material posible de los planteados es el PLA, no se ha podido tener en cuenta otros objetivos planteados. Sin embargo, en caso de que los otros materiales hubieran pasado el filtrado, también se habría demostrado que el PLA es la mejor opción, como se ve en la gráfica 9.8 en la que se comparan los costes por unidad métrica y la huella de carbono de estos materiales:

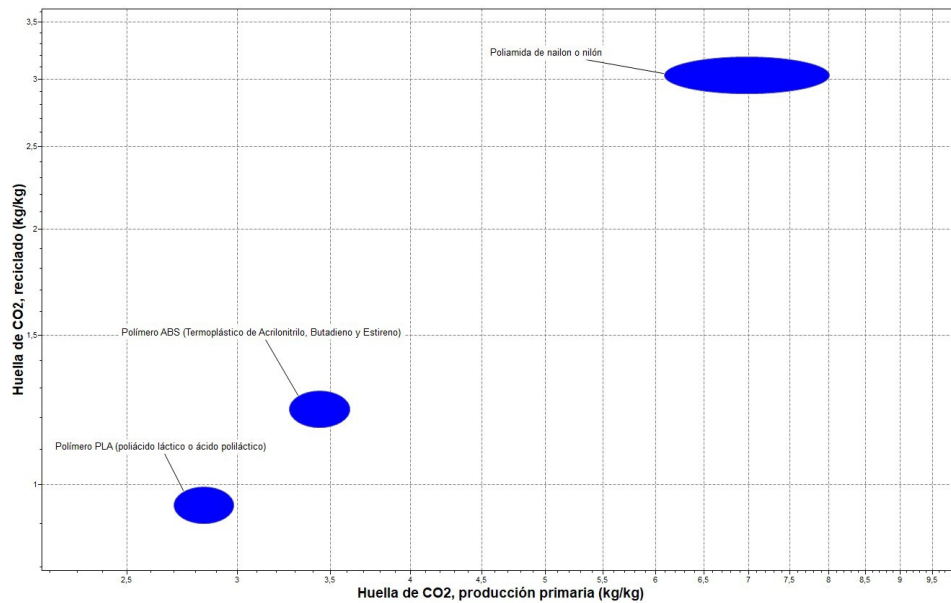


Figura 9.8: Gráfico de comparación de materiales por huella de carbono en la producción primaria y en el reciclado

Además, también se tiene constancia de que el PLA utilizado por el Fablab Xtrene es de fabricación nacional y que el propio PLA no proviene del petróleo, sino del ácido láctico que aparece de forma natural en la fermentación de la leche.

Pieza demostrativa: Soporte horizontal de cableado

Como pieza demostrativa de este proceso de fabricación, se ha elegido el soporte horizontal de cableado que soporta, tal como indica su nombre, el cableado y también las conexiones de agua del robot. En la figura 9.9 se puede ver tanto su forma original como su ubicación inicial.

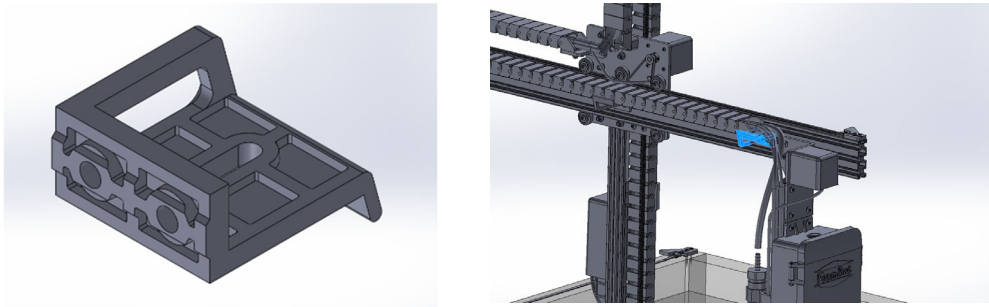


Figura 9.9: *Pieza demostrativa: soporte horizontal de cableado* **Izquierda:** Forma inicial del soporte horizontal de cableado, elaboración propia. **Derecha:** ubicación en el diseño, elaboración propia.

Perfil de propiedades

Como una esquematización de las propiedades de la pieza a estudiar, se realiza la tabla inferior en la que se indican cuestiones de diseño relevantes que son necesarias añadir a los requisitos generales de este tipo de piezas mencionado anteriormente.

Tabla 9.6: *Perfil de propiedades de Pieza 1, elaboración propia.*

Nombre interno	40mm horizontal cable carrier support
Función principal	Soporte de cableado y conexión de aguas
Funciones secundarias	Sin funciones secundarias
Restricciones	1. Debe tener al menos una superficie plana en la que apoyarse para su fabricación. 2. Diámetro de perforación: 5,5mm
Objetivos	Incluir alguno de los principios de la metodología DFMA.

Posibles cambios para la fabricación

Solo se ha observado un cambio necesario: Simplificar la geometría de nervios que tiene el diseño inicial. Este tipo de estructuras refuerza la resistencia de la pieza sin aumentar el exceso de material usado en la fabricación por extrusión de plástico pero ralentiza la producción en impresión 3d por FDM e incrementa el material utilizado sin aportar realmente tanto refuerzo a la estructura. De esta forma, se simplifica la geometría de la pieza para una mejor impresión.

En el momento de la fabricación, habrá que tener en cuenta en qué orientación se tendrá que hacer la pieza y con qué densidad interna.

Según la experiencia adquirida por David Carretero, impresor profesional del Fablab Xtrene, este tipo de piezas deberán ser impresas con 40 % de relleno y por la parte más plana posible de la pieza. Este tipo de preparación a la fabricación se consigue en el programa Ultimaker Cura, tal y como se ve en la ilustración 9.10.

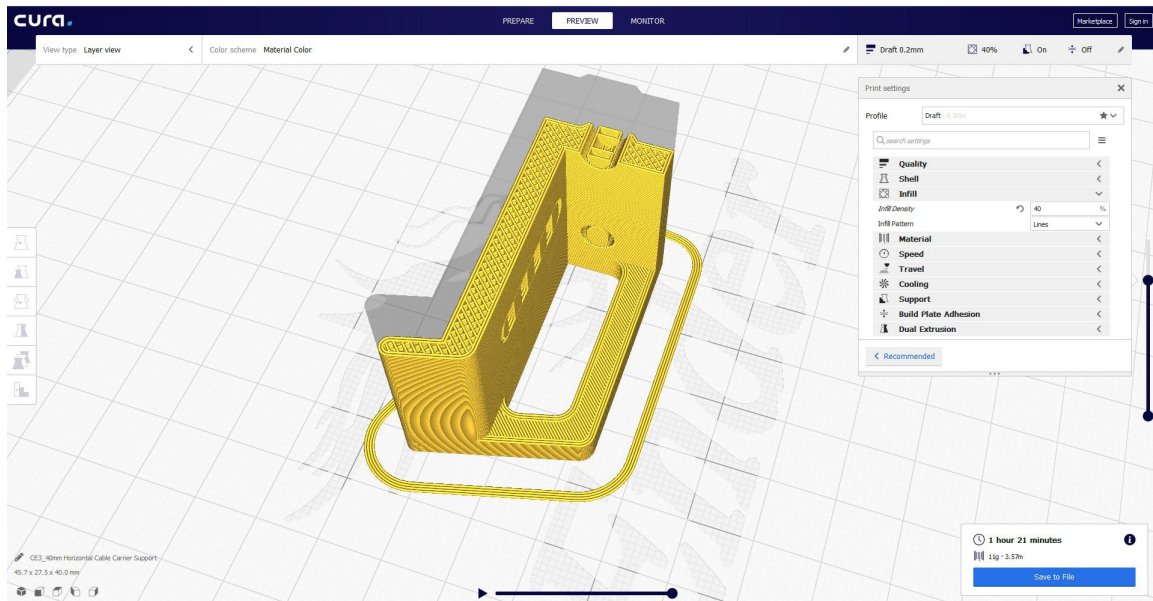


Figura 9.10: Vista con corte de sección de la pieza Soporte horizontal de cableado en el programa Ultimaker Cura, preparada para imprimir. Elaboración propia.

Posibles cambios para el montaje

No se encuentran cambios relevantes para mejorar su montaje más allá de la estandarización de uniones al perfil realizada en la pieza demostrativa anterior, ver sección 9.2.

Conclusiones finales

Tras el cambio que se ha efectuado en el diseño, la pieza resultante pasa a ser la ilustrada en la figura inferior:

Y este cambio ha supuesto:

- Una reducción de tiempo de impresión: de 2h y 26 minutos por pieza en caso de hacerlo con relleno al completo y con la geometría anterior a 1h y 20 minutos según el programa Ultimaker Cura. Un 46 % menos de tiempo por pieza.
- Una reducción del material de 15gr por pieza a 11 gramos pieza. Un 27 % menos de material.
- Estas reducciones anteriores suponen una disminución del coste de la pieza del 45 % atendiendo a los datos del presupuesto IV y los cálculos realizados:

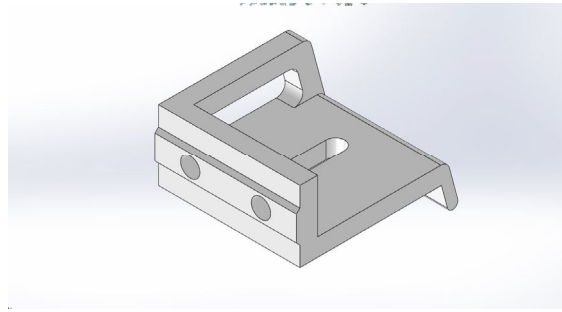


Figura 9.11: Forma final de la pieza "soporte horizontal de cableado", elaboración propia.

Cálculo de los costes de producción de la pieza:

$$\text{Coste de material} + \text{Coste de fabricación} = \text{Coste total}$$

$$\text{Coste kg PLA} \cdot \text{Masa pieza} + T \text{ fabricación} \cdot \text{coste h impresión} = \text{Coste total}$$

$$100 - \frac{\text{coste total final}}{\text{coste total inicial}} \cdot 100 = \% \text{ de disminución del precio}$$

Lote de 100 unidades Coste total previo:

$$20 \text{€}/\text{kg} \cdot 0,015 \text{kg} + 2,43 \text{h} \cdot 10 \text{€}/\text{h} = 24,63 \text{€}/\text{pieza}$$

Coste total final:

$$20 \text{€}/\text{kg} \cdot 0,011 \text{kg} + 1,33 \text{h} \cdot 10 \text{€}/\text{h} = 13,55 \text{€}/\text{pieza}$$

Disminución de precio:

$$100 - \left(\frac{13,55}{24,63}\right) \cdot 100 = 44,98 \%$$

Lote de 2000 unidades Coste total previo:

$$18,43 \text{€}/\text{kg} \cdot 0,015 \text{kg} + 2,43 \text{h} \cdot 10 \text{€}/\text{h} = 24,58 \text{€}/\text{pieza}$$

Coste total final:

$$218,43 \text{€}/\text{kg} \cdot 0,011 \text{kg} + 1,33 \text{h} \cdot 10 \text{€}/\text{h} = 13,50 \text{€}/\text{pieza}$$

$$\text{Disminución de precio: } 100 - \left(\frac{13,50}{14,58}\right) \cdot 100 = 45,08 \%$$

Como conclusión, tanto para el lote de 100 como para el de 2000 unidades (los dos extremos de los lotes posibles), el porcentaje de reducción del precio con respecto a fabricarla sin estos cambios ronda el 45 %.

9.4. Subensamblaje: cabezal

Uno de los objetivos de este TFG es añadir nuevas funcionalidades al diseño. Cuando se comenzó con el estudio inicial del Proyecto y las funcionalidades que tenía el robot, entre ellas estaba la función de riego. Sin embargo, este riego era automático, pero no “inteligente”: no tenía en cuenta la humedad de la tierra previa ni si había llovido en ese día o cómo la temperatura afecta a la evaporación del agua. En resumen, no podía saber cuando el huerto requería riego.

Por ello, se decidió que la nueva funcionalidad sería un sensor de humedad de tierra que midiera, de forma previa al riego, la humedad del suelo.

La metodología utilizada previamente fue correcta para las piezas que solo requerían rediseño para la fabricación y montaje, pero, para realizar este último, se decidió seguir la Método Proyectual de Bruno Munari [58], una metodología que se adapta muy bien a la creación de algo nuevo solucionando un problema encontrado, como es el caso. Ver capítulo 5 para más información.

1. El problema

Para comenzar, describiremos el problema en una frase de forma general:

“El robot no puede saber cuándo el huerto necesita de riego.”

2. Definición del problema

Detallar el problema encontrado y hacerse preguntas clave es el siguiente paso:

El robot no puede saber cuándo el huerto necesita riego porque no tiene capacidad de medir de forma directa cuándo es necesario ni puede interpretar los datos que tiene de forma adecuada como para suponerlo.

Al robot le falta una fuente de información que le aporte los datos para poder decidir por sí mismo cuándo tiene que efectuar el riego y cuándo no.

Como conclusión, significa que el robot requiere de un nuevo sensor que le permita medir de forma directa o indirecta si la planta concreta requiere de riego en ese momento.

Y las preguntas clave son:

1. ¿Puede el robot interpretar los datos que tiene ya disponibles para resolver este problema?

2. ¿Qué medirá el sensor?
3. ¿Cómo interpretará los datos y decidirá cuándo regar?
4. ¿Dónde se ubicará el sensor?
5. ¿Podemos modificar el robot para incluir el sensor?
6. ¿Supondrá alguna incompatibilidad con alguna otra parte o función del robot?

3. Componentes del problema

Desde que Descartes creó el método cartesiano, para resolver un problema mayor, se descompone este problema en partes más pequeñas y se aborda cada una por separado para, al finalizar, haber terminado con el problema inicial.

La lista de pequeños problemas puede salir de las preguntas clave que nos hicimos al definir el problema general:

- Datos a medir.
- Interpretación de los datos.
- Decisión tras la interpretación.
- Ubicación del sensor.
- Incompatibilidad con otras partes.

4. Recopilación de datos

Para solucionar cualquier problema, es necesario conocer la realidad y documentarse sobre el tema que se va a trabajar. En este caso, cómo medir la humedad de la tierra, sensorización y la estructura del propio robot.

Esta etapa se realizó a la vez que la etapa siguiente: el análisis de los datos aportados

Investigación: sensores

Hay muchos sensores compatibles con la placa que da vida al robot ya que parte de un arduino [76]. Cada tipo de sensor está especializado en una función, pero ¿se puede calcular con los que ya tenemos?

Una forma de medir la humedad sería a través de la propia cámara y con una inteligencia artificial (IA) que sea capaz de interpretar la humedad relativa comparando fotografías del mismo terreno en situaciones de humedad y de sequía. No es una aplicación de la IA que se haya desarrollado aún o, al menos, que se haya encontrado en el transcurso de esta investigación, sin embargo, sería relativamente sencillo en comparación con avances que se han logrado con una IA que sabe comparar imágenes: detección de alteraciones en las estructuras pulmonares a través de fotografías de rayos X [98], clasificación automática de imágenes del cielo [99] o de fruta [100]. Sin embargo, esto solo nos aportaría datos sobre la humedad de la superficie.

Otra forma sería a través de sensores de humedad. Existen varios métodos para conseguir una medida, sin embargo, nos centraremos en las dos más comunes y baratas:

El sensor FC-28 [101], [102], un sensor higrómetro muy sencillo de utilizar y barato. Además, el Fablab Xtreme posee stock de otros usos. También se buscaron otros sensores que utilizaran la misma tecnología pero con mejores prestaciones como el SKY: SEN0193 ilustrado en la figura 9.13 a la derecha.

Existen otras opciones que dan mayores prestaciones, pero los más baratos siguen esta tecnología y es una tecnología probada y fiable.

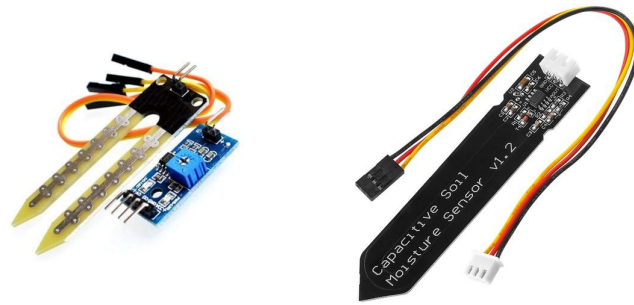


Figura 9.12: *Sensores de humedad de tierra***Izquierda:** Sensor de humedad de tierra FC-28, [103], **Derecha:** Sensor de humedad de tierra capacitivo SKU:SEN0193 , [104].

Estructura del robot

Otra de las claves es conocer dónde se ubicaría el sensor. El robot, como ya se dijo en el capítulo 6, está conformado por varias secciones. La que más interesa es el brazo ya que se mueve por el huerto y puede descender a nivel de tierra para determinar la humedad en cada punto. Y en concreto, es el subensamblaje del cabezal el que alberga los demás sensores para estar en mayor contacto con la tierra. Esto se puede ver en la imagen de la izquierda de la figura 9.13.

Como vemos en la figura 9.13, ya existe una pieza sobresaliente del cabezal. Este es el desbrozador, utilizado para eliminar las plantas no deseadas de nuestro huerto. Podría ocasionar problemas introducir en cada momento de eliminación de plantas indeseadas también el sensor de humedad de tierra.

Además, aunque no se indique en las figuras, existe una pieza que se extrae y se coloca en momentos clave: la aguja Luer Lock. Esta aguja, cuya función es llevar las semillas del semillero a su lugar mediante vacío, se coloca solo en los momentos de siembra.

Este cabezal se vende preensamblado como se ve en la figura 9.14 y la página web de Farmbot [25] no indica exactamente qué componentes componen la parte interna del cabezal.

Si se quiere fabricar un nuevo cabezal, las piezas requeridas son aquellas que encajen en los componentes que hay a su alrededor:

- Los tubos de agua y aire.
- La pieza desbrozadora.
- El adaptador Luer Lock.



Figura 9.13: *Izquierda:* Estructura del robot con el brazo elevador indicado, elaboración propia. *Derecha:* Imagen del cabezal en contacto con la tierra, [25]

En el cabezal original, por las fotografías de la figura 9.14, se ve que las uniones con los demás elementos son roscas en todos los casos, con distintos tamaños.



Figura 9.14: *Cabezal original pre-ensamblado, fuente: Farmbot Inc.*

Para mayor facilidad de comprensión, se ha realizado un esquema sobre los diseños iniciales indicando cada parte. Los nombres de cada elemento serán la guía a posteriori, en él también se ve la Aguja Luer Lock comentada anteriormente:

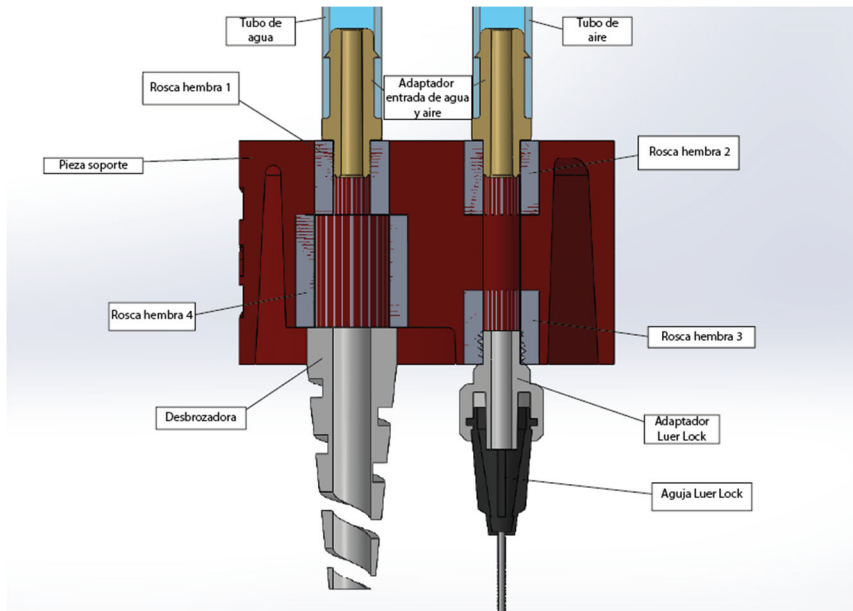


Figura 9.15: Esquema inicial de cabezal con piezas indicadas, elaboración propia

Búsqueda de componentes de fontanería

Se determinarán las conexiones que deben cumplir cada uno de los elementos en función de los planos iniciales y las piezas disponibles en el mercado. Se tendrá especial consideración en el tipo de conexión requerida y la compatibilidad con los otros elementos de subensamblaje.

Adaptador de entrada de agua y aire

Los tubos de agua y aire tienen una sección interna de 6mm y externa de 9mm. El tipo de adaptador que se busca debería conectar la goma a una rosca, como por ejemplo, estos encontrados en Aliexpress [105] especializados en sistemas hidráulicos y que se ilustran en la figura 9.16. El tamaño de la rosca se determinará más adelante.

Adaptador Luer Lock y rosca hembra 3

El adaptador Luer Lock, según los datos de la página web [25], es de rosca macho M5 por lo que la rosca hembra a la que se conecte para este caso debe ser M5 también.



Figura 9.16: *Ejemplo de adaptador de cola de lengüeta a rosca, fuente: Tienda Adaptadores*

Desbrozadora y rosca hembra 4

Posteriormente, la pieza que funciona de desbrozadora tiene una rosca M10, según los planos, por lo que se necesita un adaptador de rosca hembra M10.

Roscas hembra 1 y 2

Ambas roscas tendrán el mismo tamaño para que los adaptadores de entrada de agua y aire sean el mismo. Estas roscas tienen que formar parte de una pieza que atraviese directamente todo el cabezal y que permita conectar tanto la pieza desbrozadora como el adaptador Luer Lock por la parte inferior. Para ello, se han buscado piezas que sirvan de alargadores en ambos casos con rosca M5 hembra tanto por arriba como por abajo [106] (Ver la imagen de la izquierda de la figura 9.17) y, para la aguja Luer Lock, a posteriori se ha buscado un adaptador de rosca M10 macho - M5 hembra [107] tal y como se ve en la figura inferior derecha.



Figura 9.17:

Izquierda: alargador de rosca hembra moleteado, fuente: Aliexpress. **Derecha:** adaptador de roscas métricas a demanda, fuente: Aliexpress

5. Análisis de los datos aportados

Planteamiento de fabricación del cabezal

Tras la investigación sobre la estructura del robot y el cabezal, la primera reflexión que nos hacemos al descubrir esto es: ¿podemos fabricar esta pieza? Se parece bastante a 5ª pregunta de las formuladas en la definición del problema (9.4).

Tenemos dos opciones: imprimirla entera con todos los detalles incluidos: roscas, conexiones internas... o realizarla con partes prefabricadas como serían los tubos interiores y las roscas e imprimir el soporte o carcasa.

Para saber la solución más conveniente, se realizará un análisis de la situación viendo los pros y contras en cada circunstancia. En la tabla 2, se ilustra la comparación de cada técnica que se podría utilizar para conseguir las piezas junto con los aspectos medibles que se tienen en cuenta. Estos aspectos serán ponderados según su importancia y, si cualquiera de estos aspectos se considera inviable (con valor 0), se descalificará esa opción.

Las elementos se agruparán en tres sectores:

1. Carcasa del subensamblaje.
2. Todas las roscas hembras que se requieren.
3. En caso de ser necesario, los conectores interiores que conectarían las roscas.

Y los aspectos a evaluar serán:

1. Viabilidad técnica.
2. Coste.
3. Resistencia a impactos y esfuerzos solicitados.
4. Precisión.
5. Impacto ambiental.
6. Otros.

La tabla del análisis morfológico se puede ver en el anexo V y las conclusiones que podemos extraer del análisis son:

- La carcasa se realizará con PLA en el Fablab Xtreme a medida.
- Las roscas y los tubos interiores serán prefabricadas.

Sensor de humedad de tierra

Tras la búsqueda de información sobre sensores y las pruebas realizadas, se decidió utilizar el sensor FC-28[101], [102] al disponerlo en el fablab y al tener unas prestaciones suficientes como para poder ser utilizado en el robot.

Sin embargo, tras varias pruebas con él, se descubrió que la zona que se inserta en la tierra se oxidaba estropeando el sensor. Esta circunstancia nos llevó a seleccionar el sensor SKY:SEN0193, ya que tiene un recubrimiento específico para evitar ese tipo de circunstancias.

Requisitos de diseño

Tras la búsqueda y análisis de la información, se decidió realizar una lista de requisitos de diseño que debería cumplir el diseño final para funcionar de forma correcta:

1. El subensamblaje deberá mantener las funcionalidades que tenía previamente.
2. El subensamblaje deberá poder unirse mediante tornillería M5 y tuerca en T al ensamblaje del brazo.
3. El elemento de la carcasa deberá poder ser impreso por el Fablab Xtreme [88] con tecnología de impresión 3d FDM [85] en PLA.
4. El subensamblaje deberá incorporar un sensor de humedad de tierra tipo SKY:SEN0193 [108].
5. El subensamblaje deberá permitir la conexión de la toma de agua con rosca métrica hembra M5 de latón.
6. El subensamblaje deberá permitir la conexión de la toma de aire con rosca métrica hembra M5 de latón.
7. El subensamblaje deberá permitir la conexión de la pieza desbrozadora con rosca de métrica hembra M10 de latón.
8. El subensamblaje deberá permitir la conexión del adaptador Luer Lock con rosca métrica hembra M5 de latón.
9. El subensamblaje deberá tener conexiones internas impermeables para los pasos de agua y aire.
10. El diseño debe permitir la compatibilidad de funcionalidades.

11. Los elementos no deben sufrir oxidación o corrosión en atmósfera rural.

Además, se buscará cumplir con los principios de la metodología DFMA:

1. El diseño debe ser modular.
2. Todas las operaciones de montaje deberán hacerse en una dirección.
3. Favorecer el uso de componentes multifuncionales.
4. Proveer en los componentes de partes que los hagan autoposicionarse.
5. Minimizar los niveles de ensamblado.
6. Proveer de acceso directo a todos los submontajes.
7. Facilitar la orientación de los componentes.

Además, se tendrán en cuenta las indicaciones de fabricación y montaje indicadas en el capítulo 5.

6. Creatividad

En esta etapa se realizan los primeros bocetos teniendo en cuenta la información recopilada y todos los datos. Todos el proceso creativo está en el Anexo V.

7. Materiales y tecnología

Se recogen aún más datos sobre las posibilidades de materialización y tecnologías disponibles para el Proyecto. También se pueden desarrollar bocetos y utilizar programas para encontrar los materiales ideales.

En este caso, esta sección se acopla con la ya realizada de investigación en el apartado 4 de este proceso creativo y también con la investigación realizada anteriormente sobre los plásticos para imprimir en FDM (ver sección 9.3).

8. Experimentación

Esta fase existe para permitir la oportunidad de experimentar con materiales diversos y tecnologías disponibles para permitir nuevos usos de un material o instrumento.

En esta fase, se descubrió que el sensor de humedad elegido previamente sufría oxidación con su uso y se cambió de sensor, sin embargo, se ha decidido incluir esa información en la fase 4 para permitir un orden de lectura.

9. Modelos

Se realizan modelos en programas y también prototipos físicos para visualizar la función y observar las posibles optimizaciones. En este caso, hubo una necesidad detectada: la desbrozadora queda parcialmente inutilizada al estar dentro de la pieza del cabezal. Esto se puede visualizar mejor en la ilustración inferior:

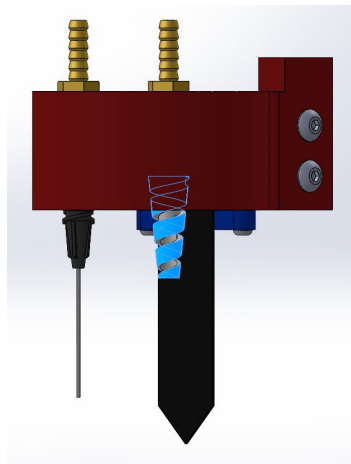


Figura 9.18: Modelo en solidworks de subensamblaje “Cabezal” con el elemento desbrozadora destacado para visualizar cómo parte de la pieza queda inutilizada al estar dentro de la pieza del cabezal, elaboración propia.

Para evitar esto, existen dos posibles soluciones:

1. Buscar unos conectores internos más largos para que la aguja Luer Lock y la desbrozadora queden enroscados sin inutilizar parte de ellos mismos al estar dentro de la carcasa del cabezal.
2. Realizar dos niveles en el cilindro de la carcasa donde se ubican los sensores y hacer que la distancia entre la parte superior e inferior de la carcasa sea inferior y no cubra a los otros elementos.

De las dos opciones, la más barata de realizar es la segunda ya que se disminuye el material y el tiempo de fabricación requerido mientras que se da solución al problema.

El subensamblaje resultante tras este proceso creativo se puede ver en la figura 9.19.

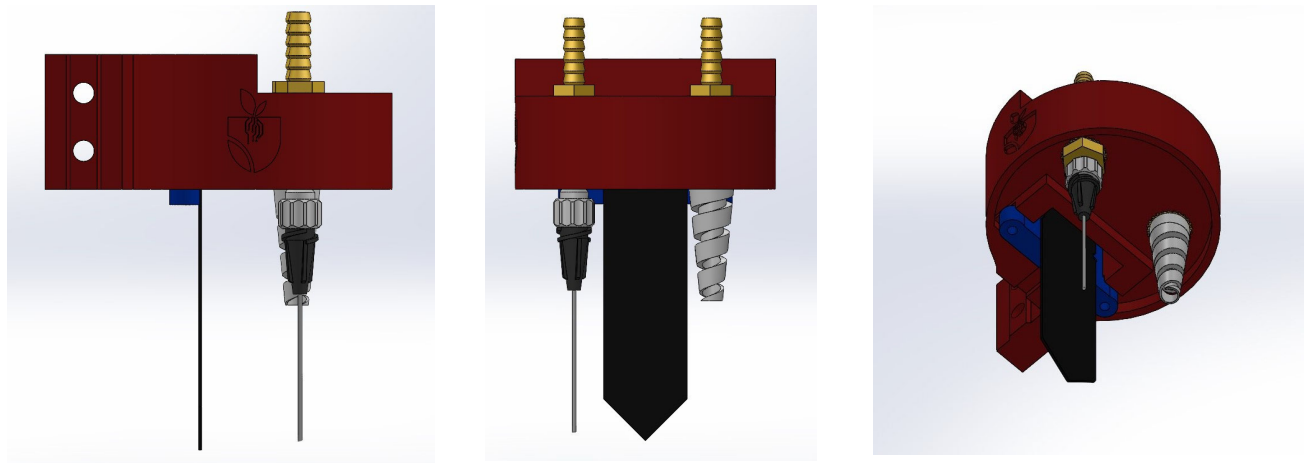


Figura 9.19: *Izquierda:* Perfil de subensamblaje cabezal, elaboración propia. *Medio:* alzado de subensamblaje cabezal, elaboración propia. *Derecha:* Vista inferior en perspectiva del subensamblaje cabezal, elaboración propia.

10. Verificación

Con el modelo realizado, se harían pruebas con el usuario/receptor potencial y se tomarían notas de posibles errores. Esta sección no será posible de realizar ya que no se ha podido realizar un prototipo físico del producto.

11. Dibujos constructivos

Se realizan correcciones en base a lo obtenido en la fase 10 y se hacen dibujos de especificaciones y medidas exactas para realizar el nuevo prototipo. En este caso, los planos del subensamblaje y cada una de sus partes que se pueden encontrar en el documento de Planos.

12. Solución y conclusiones

En esta fase, se presenta el prototipo definitivo que deberá ser funcional y estético. A falta de un prototipo físico, se presentará render realizados con Solidworks y Keyshot 10.



Figura 9.20: Render de vista del subensamblaje cabezal, elaboración propia.

El rediseño final cumple con todos los requisitos de diseño (ver página 83) y, además, cumple con los siguientes principios de la metodología DFMA:

- El diseño es modular.
- Se utiliza un elemento multifuncional como es la carcasa del subensamblaje: da soporte a todo el subensamblaje, permite el paso del agua y aire y protege la electrónica del sensor de humedad de la lluvia directa.
- Se ha provisto de chaflanes en todas las uniones con la carcasa que permiten a los elementos de unión autopositionarse.
- Se tiene acceso directo a todos los subensamblajes.
- Se ayuda la orientación de los componentes mediante asimetría completa, como la carcasa con respecto a su unión al perfil, o mediante simetría completa como son el resto de los componentes.

Sin embargo, no se han podido cumplir los siguientes principios de la metodología DFMA:

- No todas las operaciones se realizan en una dirección.
- No se ha reducido el número de partes del producto.

Capítulo 10

Plan de fabricación y montaje

Uno de los condicionantes de la colaboración con el Fablab Xtreme en este trabajo era facilitar la fabricación del producto y el ensamblaje dentro de la organización. Para facilitar la fabricación, se realizó el rediseño de las piezas necesarios pero se consideró añadir también un plan de fabricación y ensamblaje para determinar el orden de montaje. De esta forma, se completa el cuarto de los objetivos específicos indicados (ver capítulo 2).

Para ello, se buscó una metodología adecuada a la fabricación y montaje de un diseño tan complejo y se decantó por el diagrama PERT (Program Evaluation and Review Technic), un gráfico que permite visualizar las tareas a realizar y, sobre todo, las relaciones que existen entre ellas. Además, también sirve para medir los tiempos que se dedican a cada tarea y determinar los pasos más críticos, aquellos en los que la producción puede llegar a sufrir retrasos. Para más información, se explica brevemente en el capítulo 5 y también en el “Cuaderno de explicación y ejercicios de la metodología del camino crítico CPM para la planificación de proyectos”, [59].

Antes de comenzar, se ha de indicar que para medir los tiempos se requeriría comenzar la producción -cosa que aún no es posible-. Por eso, se hará solo la mitad del PERT: el diagrama de tareas y sus conexiones para, más adelante, medir los tiempos y comenzar a descubrir cómo optimizar la producción en cuanto esta comience.

10.1. Estudio de las actividades de montaje

Para realizar el PERT, lo primero que se debe hacer es analizar el proceso y detallar cada tarea requerida para el montaje. Este análisis se llevó a cabo a través del estudio del robot para descubrir las actividades, las relaciones entre ellas y piezas que se requieren para su montaje tal y como se ve en la figura inferior:

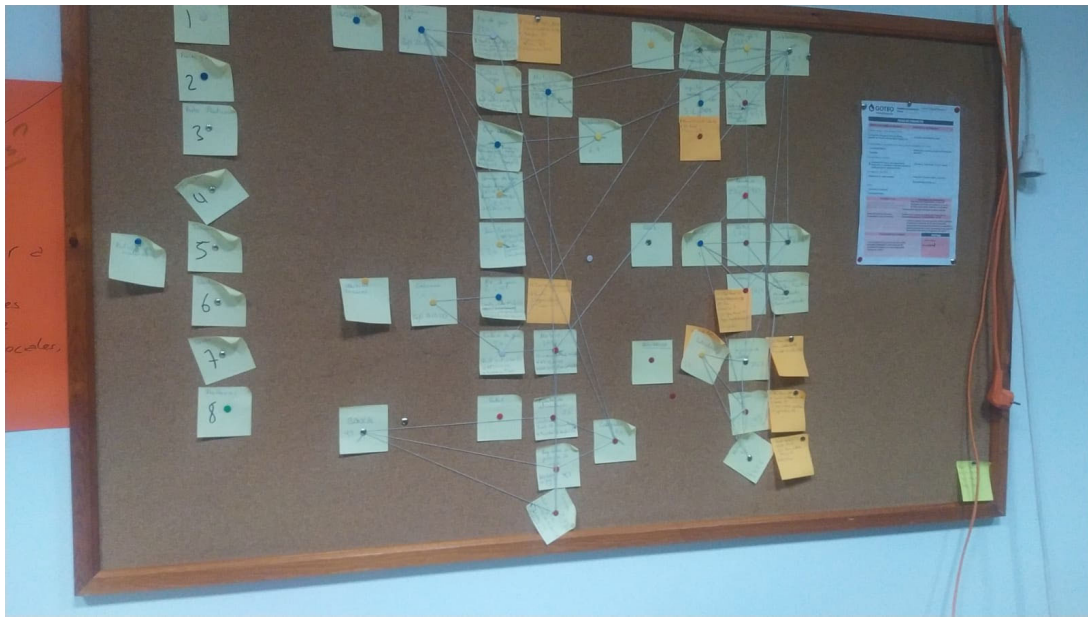


Figura 10.1: *Análisis de actividades de montaje y fabricación y sus relaciones a través de postits e hilo de lana, elaboración propia.*

Tras el análisis, se dividió el proceso en 28 actividades generales que engloban el diseño completo. Al ser muchas actividades y conexiones entre ellas, se tuvo que elaborar varios esquemas antes como se ve en la ilustración inferior. Las 28 actividades se pueden ver en el Anexo V.

10.2. Realización del gráfico

Posteriormente se comenzó el proceso de diseño del gráfico PERT tal y como se ve en la ilustración inferior:

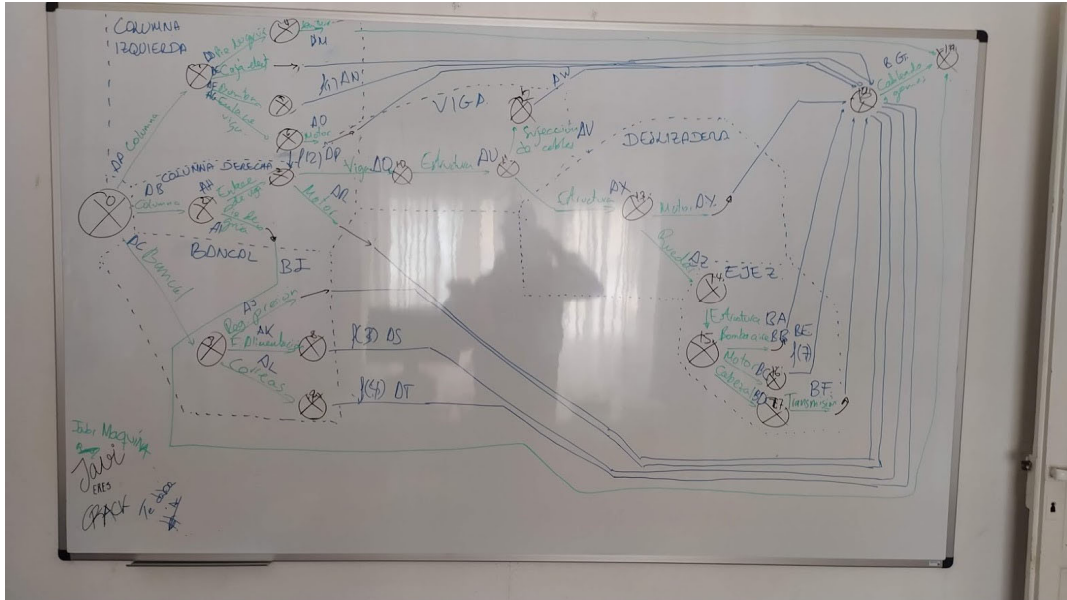


Figura 10.2: Gráfico inicial del PERT, elaboración propia.

Se trabajó de esa forma hasta llegar al gráfico definitivo donde se ubican todas las actividades y también los huecos necesarios para continuar el análisis en cuanto empiece la producción. Además, se han indicado tanto la etapa de fabricación como la de ensamblaje incluyendo también los subensamblajes a los que pertenece cada actividad a través de los colores del fondo. Su relación está indicada en la leyenda de la esquina superior izquierda.

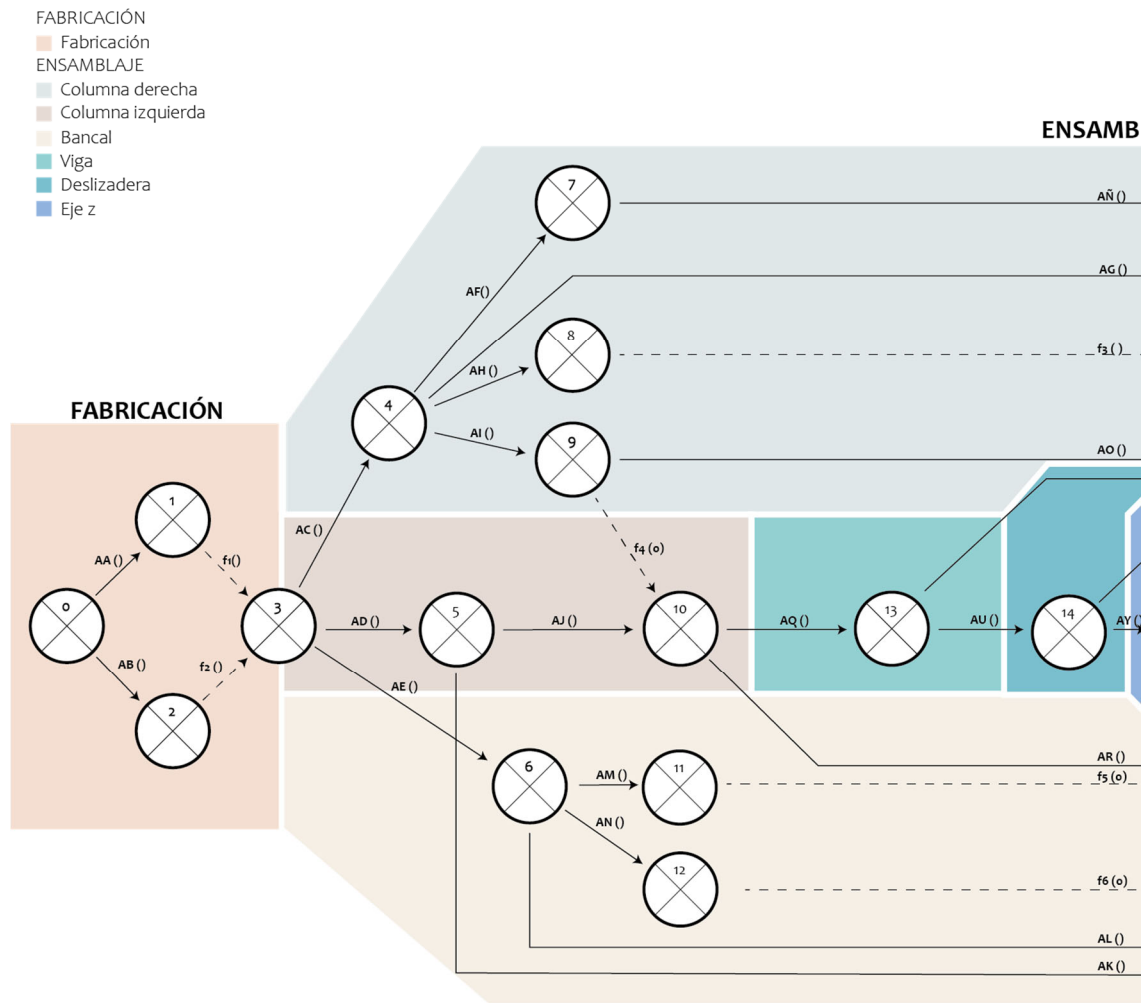


Figura 10.3: PERT de la fabricación y montaje del robot con las actividades y relaciones propias.

Capítulo 11

Imagen corporativa

Como objetivo secundario en este TFG, se decide crear la imagen corporativa para el proyecto Terramaker. Este apartado se ha realizado en colaboración con Carlos, David, Sergio y Publio, todos del Fablab Xtrene [88].

11.1. Los valores

Para comenzar, se buscaron los valores que pretende transmitir la imagen de marca. Los valores escogidos fueron:

- Es un huerto digital
- Es un espacio educativo
- Es un espacio para crear
- Tecnología
- Agricultura
- Comunidad
- Naturaleza
- Social

Al ser tantos, se decidió agruparlos y resumirlos en:

- Huerto/naturaleza

- Tecnología
- Social

11.2. El nombre

Lo primero que se realizó fue un proceso de brainstorming para pensar nombres sin tapujos y, tras ello, elegir 2 nombres por participante para realizar una selección. Los nombres elegidos fueron:

- igardentic
- Huerta Maker
- TerraMAKER
- Social Garden Lab
- MyDigitalFarm
- Cogarden
- Huerto LAB
- El Jardín de los Knomads

Se comprobaron que no hubiera ningún proyecto con los nombres elegidos y se descubrió que Cogarden [109], MyDigitalFarm [110] y Huerto LAB [19] ya existían, por lo que quedaron fuera de la selección.

De los cribados, quedaron finalistas TerraMAKER y Social Garden Lab y, tras una votación, se decidió que el nombre del proyecto fuera TerraMAKER al incluir tanto a la tierra, en representación de la agricultura y la naturaleza, como a la tecnología y la comunidad en el término "Maker": una persona aficionada a la tecnología que no trabaja nunca solo, siempre en red y comunidad.

Además, Sergio sugirió buscar un slogan para el proyecto y, finalmente, fue elegido "El jardín de los knomads" como slogan por mostrar lo frickie que la comunidad del Fablab Xtrene es y describir el proyecto: un lugar "ideal" (como un jardín, referencia al Jardín del Edén) donde buscar como nómadas el conocimiento. Este término de nómadas del conocimiento se ha bautizado como knowmad.

11.3. Proposiciones de logotipo

Tras tener el nombre y el slogan, había que realizar un logotipo. Se realizaron varias propuestas de diseño que se pueden ver en el anexo V y, tras varias decisiones tomadas por parte de los participantes, se decidió por este diseño:

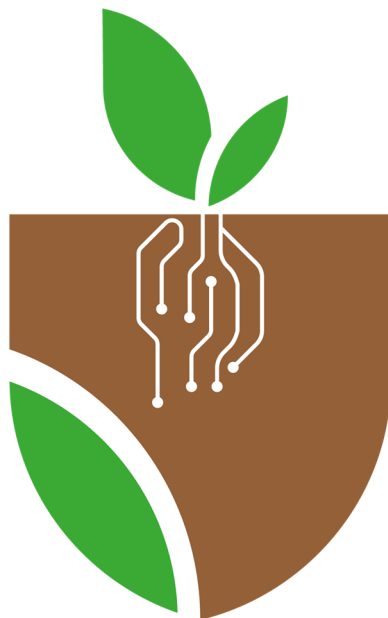


Figura 11.1: *Logotipo de TerraMAKER, elaboración propia.*

El imagotipo representa una maceta donde una planta en crecimiento tiene raíces que realmente son líneas de circuito y una hoja/mano en la parte inferior sustenta la maceta.

De esta forma, todos los valores están representados: la naturaleza con los colores y la planta, la tecnología con las raíces y lo social con la mano.

Los colores se eligieron para que quedara un isotipo luminoso y brillante y que, además, hubiera coherencia entre los colores. Para ello, se propusieron las siguientes combinaciones y fue elegida la cuarta de las proposiciones de la figura 11.2.



Figura 11.2: Logotipo de Terramaker, variaciones del marrón, elaboración propia.

Y por último, se decidió que el isotipo fuera acompañado por el título del proyecto. La tipografía elegida fue Avenir Next LT Pro en las variaciones “ultralightz “extrabold”, haciendo así un contraste de tamaños que contrarrestara lo llamativo de la palabra MAKER en mayúsculas. Las posibilidades del logotipo se pueden ver en la figura 11.3, todas válidas para diferentes usos: como logotipo en forma cuadrada, circular y horizontal:



Figura 11.3: Logotipo de Terramaker en distintas posiciones. **Izquierda:** logotipo para espacios cuadrados y circulares, **derecha:** logotipo para espacios rectangulares y circulares, elaboración propia.

11.4. Conclusión

El logotipo a utilizar será el mostrado en la figura 11.1 y se ha creado una imagen corporativa acorde al logo utilizando sus colores y formas. Estas se pueden ver tanto en la página 31 como en el Manual de Identidad corporativa expuesto en la página 36 dentro del documento de Anexos.

Capítulo 12

Conclusiones y resultados finales

Tras finalizar el Proyecto y el plan de calidad pertinente, se ha logrado cumplir el objetivo principal de este Proyecto: se ha rediseñado y adaptado el modelo Farm-Bot Express V1.0 para su implementación en el mercado europeo y su fabricación posterior.

Y también se han logrado los objetivos específicos:

1. Se ha adaptado el producto a la normativa europea.
2. Se han rediseñado piezas para la fabricación con la tecnología disponible tales como las piezas representativas de los métodos de producción asociados a las secciones de “Placas y soportes” y “Piezas plásticas”.
3. Se ha implementado una nueva funcionalidad que se adapta a las necesidades detectadas.
4. Se ha realizado un plan de fabricación y ensamblaje que se puede implementar en la empresa.
5. Se ha realizado la imagen de marca del Proyecto.

En cuanto empiece la ejecución del proyecto Terramaker, se podrán comprobar la cumplimentación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Pacto Verde Europeo.

Además, se ha creado la imagen corporativa del producto y se ha procurado tener la menor huella de carbono posible en las piezas rediseñadas a través de la selección de materiales.

Siguiendo el plan de calidad, también se han realizado una revisión final conjunta con los tutores y se han realizado los cambios detectados.

Como resultado final, se ha obtenido un rediseño que se adapta a la empresa que lo va a realizar, que permite su realización prácticamente inmediata y cuya integración puede llegar a ser mucho más sencilla gracias al trabajo realizado en este Proyecto: la localización de piezas y elementos necesarios, el plan de fabricación y montaje, los costes contemplados y, por supuesto, el plan de negocio para realizar de este Proyecto un plan económico viable.

En la figura 12.1, se puede la representación del resultado final del robot a través de renders y algunas vistas de detalle sobre las piezas que se ha actuado directamente en este TFG:

Sin embargo, siguen existiendo retos pendientes: De las necesidades detectadas (ver 5.5) faltan por resolver:

- La altura máxima de las plantas sigue siendo 0.5m.
- Reducción de coste por metro cuadrado de tierra cultivable.
- Mejora de las guías del eje X.

Además, otros puntos pendientes son:

1. Medir los tiempos y determinar el camino crítico en el gráfico PERT para la optimización del proceso de montaje.
2. Completar el análisis DFMA para todas las partes del robot.
3. Realizar un Análisis del Ciclo de Vida completo y realizar los pasos para conseguir la certificación de la ISO 14001.
4. Realizar un estudio más meticuloso sobre los tipos de materiales para fabricación aditiva que existen y, si es necesario, realizar experimentos y análisis para su determinación.
5. Realizar los pasos para conseguir la certificación ISO 9001.
6. Revisar el software para modificar la función de riego y que haga el paso previo de medir la humedad y confirmar si es necesario regar.
7. Diseñar el embalaje para su transporte y comercialización.
8. Legalizar la comercialización y conseguir el mercado CE.



Figura 12.1: Renders del robot Farmbot Express V1.1 **Arriba:** Vista general, elaboración propia. **Medio arriba:** vista de detalle de pieza representativa de la sección de piezas plásticas, elaboración propia. **Medio abajo:** vista de detalle de pieza representativa de la sección de piezas placas, elaboración propia. **Abajo:** Vista en detalle del subensamblaje cabezal, elaboración propia.

Parte II

Planos

Índice

- **00** Plano General, Farmbot Express V1.1
- **01** Bancal
- **02** Subensamblaje columna izquierda
- **03** Subensamblaje columna derecha
- **04** Subensamblaje de grúa
- **05** Cross Slide
- **06** Subensamblaje de Eje Z
- **07** Cabezal
- **1-4 A** Bel Clip
- **2 2 B** 50mm Cable Carrier Mount
- **3 2-3 A** Gantry Wheel Plate
- **4 2-3 B** Gantry Plate Spacer Block
- **5 2-3-5 B** Horizontal Motor Housing
- **6 2 A** Left Gantry Corner Bracket
- **7 2 B** Seed Trough Holder
- **8 2 B** Seed Trough
- **9 2 B** Solenoid Mount
- **10 3 A** Right Gantry Corner Bracket
- **11 4 B** 40mm Horizontal Cable Carrier Support

- **12 5 A** 65mm Cable Carrier Support
- **13 5 A** Cross Slide Plate
- **14 6 A** Z-Axis Motor Mount
- **15 6 B** 40mm Vertical Cable Carrier Support
- **16 6 B** 40mm Cable Carrier Spacer Block
- **17 6 B** 60mm Vertical Motor Mount
- **18 6 A** Z-Axis Hardstop
- **19 6 B** Vacuum Pump Mount
- **20 6 B** Vacuum Pump Cover
- **21 7 B** Carcasa y estructura de subensamblaje
- **22 7** Alargador M10-20mm
- **23 7** M10-M5 Adaptador
- **24 7** M10-Barb Adaptador
- **25 7** Adaptador para agujas Luer Lock
- **26 7** Aguja Luer Lock
- **27 7** Spiral Spray Nozzle
- **28 7** Sensor de humedad
- **29 7 B** Soporte sensor de humedad

Capítulo 1

Introducción

Este documento incluye todos los planos necesarios para realizar el Farmbot Express Rediseñado para su fabricación y montaje. Los planos incluidos están divididos en:

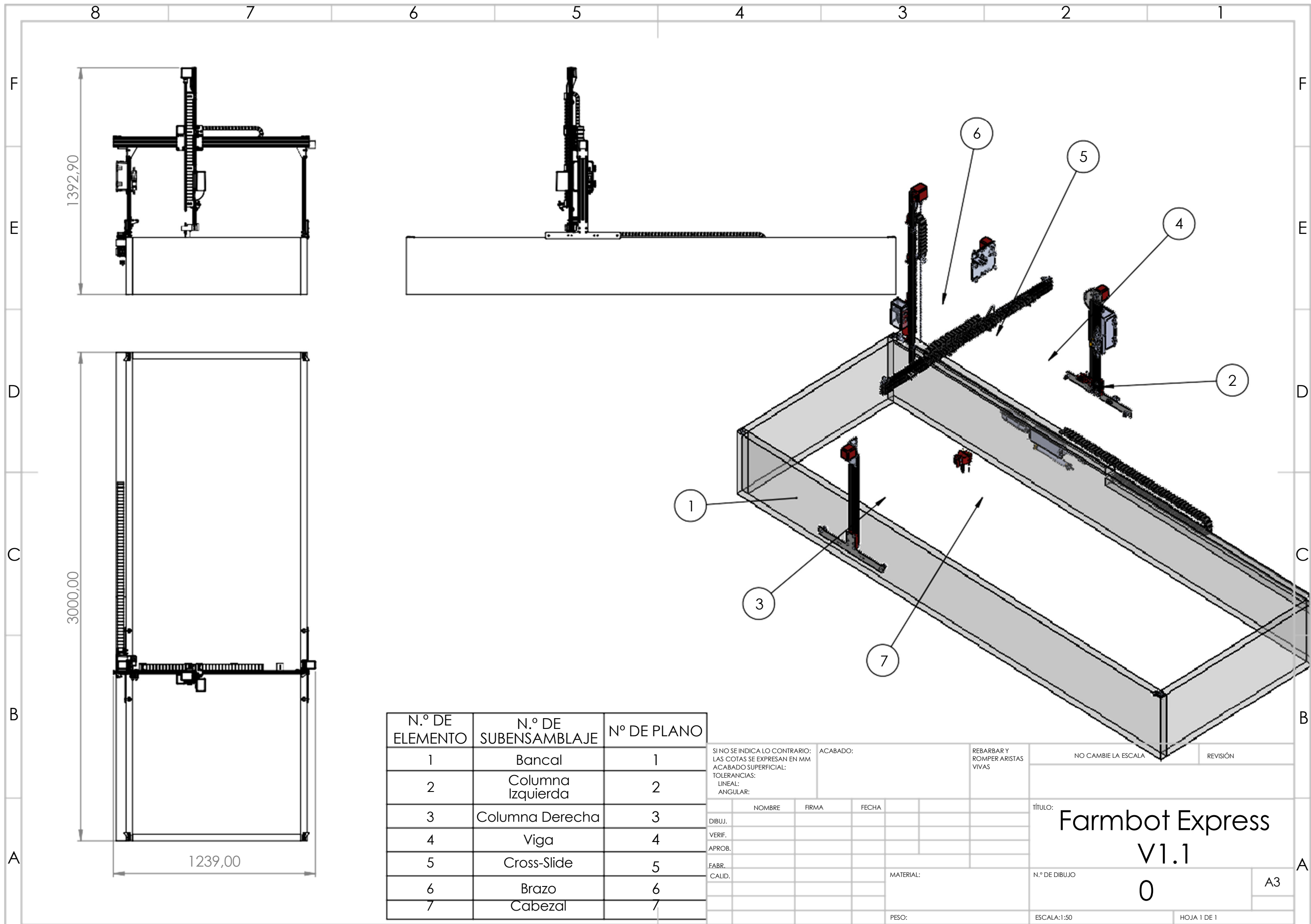
- **Plano 00: Plano general.** Donde se indican los distintos subensamblajes en los que se divide el Proyecto. Esto se ha realizado por la cantidad de piezas que contiene el ensamblaje general que hace inviable una vista entendible de todo el montaje en un solo plano general.
- **Planos 01 al 07: planos de subensamblaje.** Donde se especifican los elementos necesarios para el montaje de cada subensamblaje. Los elementos de cada parte se dividen en aquellos que se ha especificado su forma y medidas en un plano y aquellos que solo tienen las referencias de compra. Esta decisión se ha tomado para diferenciar aquellas piezas en las que este Proyecto ha influido directamente en su forma y las que no se es posible.
- **Planos “1 1,4 A” a “29 7 B”: planos de piezas.** Estas son las piezas que se fabricarán en el Fablab Xtreme o se ha influido en su forma y medidas de forma directa con los rediseños realizados en este Proyecto.

Las piezas representativas de cada proceso corresponden a los planos “3 2-3 B” para la sección de “Placas” y “15 6 B” para la sección de “Piezas plásticas”. Además, los planos de las piezas del subensamblaje cabezal (numerado como plano 7 en el plano de subensamblaje) son los que van del “21 7 B” al “29 7 B”

La forma de numeración de estas piezas sigue el esquema mostrado en la figura 1.1 y se hace una diferencia entre dos tipos distintos de materiales: PLA y Chapa de Acero AISI 1095. Se ha realizado esta diferenciación en los planos para facilitar su gestión en la fase de fabricación.



Figura 1.1: Nomenclatura utilizada para los planos de piezas, elaboración propia.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE SUBENSAMBLAJE	Nº DE PLANO
1	Bancal	1
2	Columna Izquierda	2
3	Columna Derecha	3
4	Viga	4
5	Cross-Slide	5
6	Brazo	6
7	Cabezal	7

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.		
VERIF.		
APROB.		
FABR.		
CALID.		

TÍTULO: **Farmbot Express V1.1**

N.º DE DIBUJO: **0**

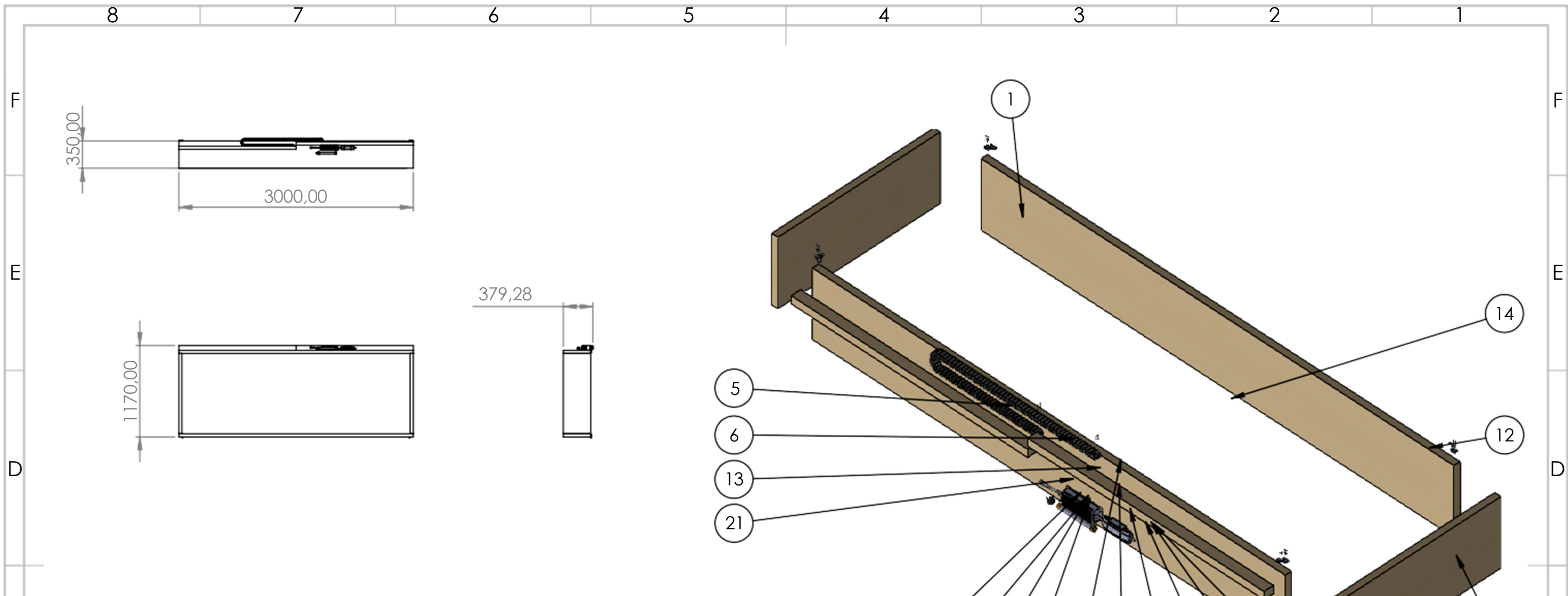
MATERIAL:

PESO:

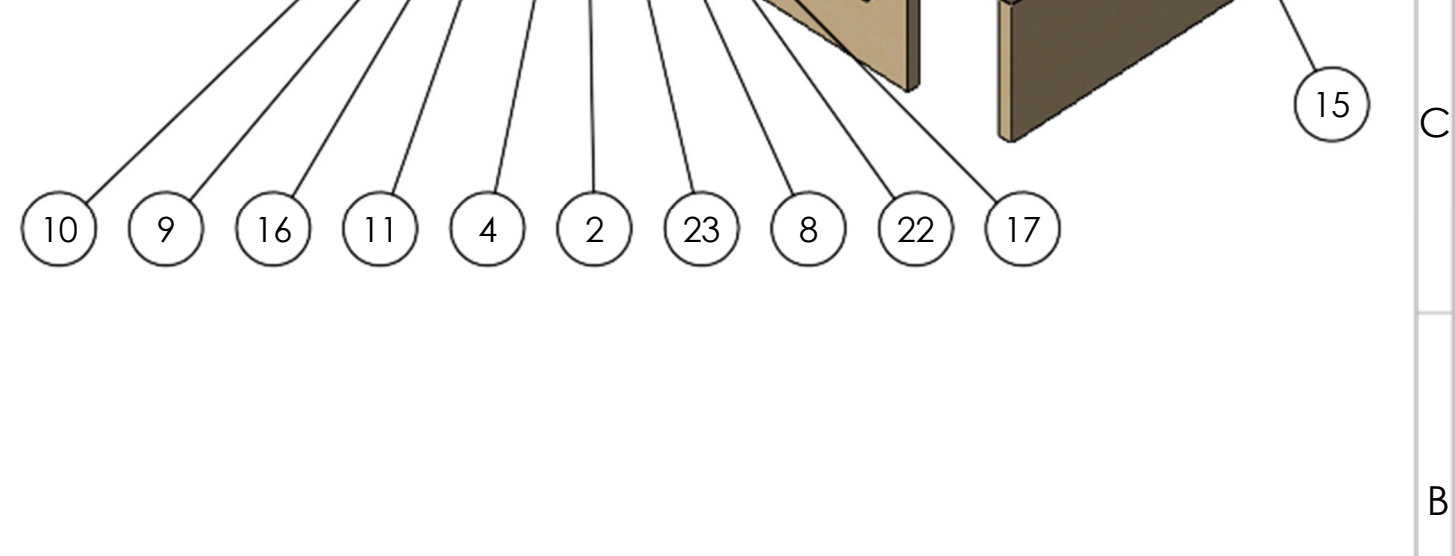
ESCALA:1:50

HOJA 1 DE 1

A3

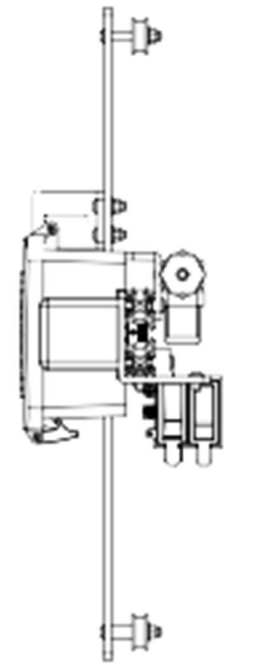


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANO
1	Belt Clip	Acero AISI 1095		4	1_1-4 A
2	M5 Flange Locknut		Rational Stock [96]	2	
3	M5 x 16mm Screw		Rational Stock [96]	2	
4	Cable Carrier End 1		Amazon [126]	1	
5	Cable Carrier Link		Amazon [126]	85	
6	Cable Carrier End 2		Amazon [126]	1	
7	25mm Wood Screw		Rational Stock [96]	14	
8	Cord Protector Half		Amazon [129]	2	
9	Power Supply		Amazon [120]	1	
10	Garden Hose to Barb Adapter		Aliexpress [130]	1	
11	Garden Hose		Aliexpress [131]	1	
12	Belt Sleeve		Amazon [123]	4	
13	Cable Carrier Support	Madera		2	
14	Long Board	Madera		2	
15	Short Board	Madera		2	

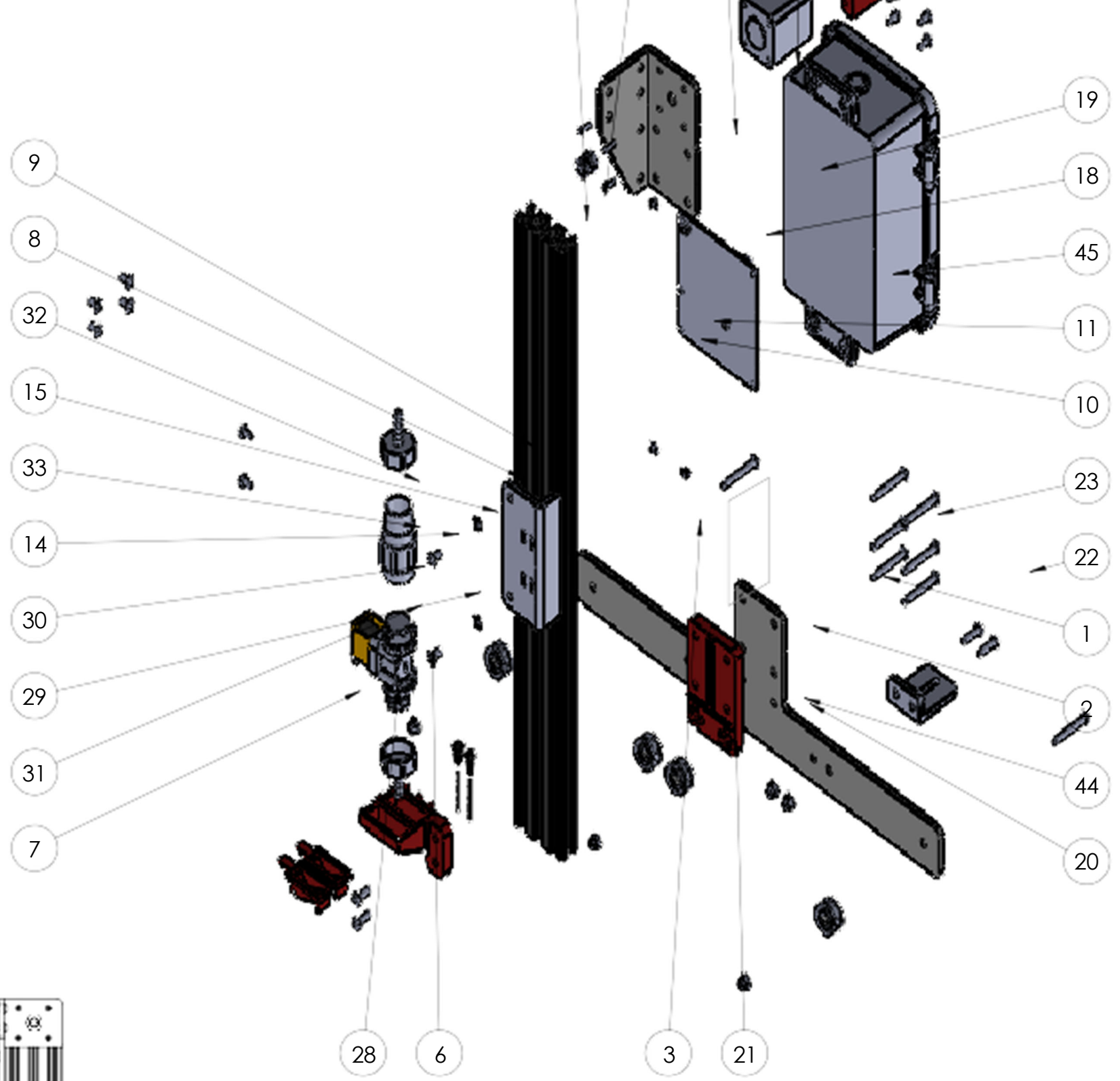
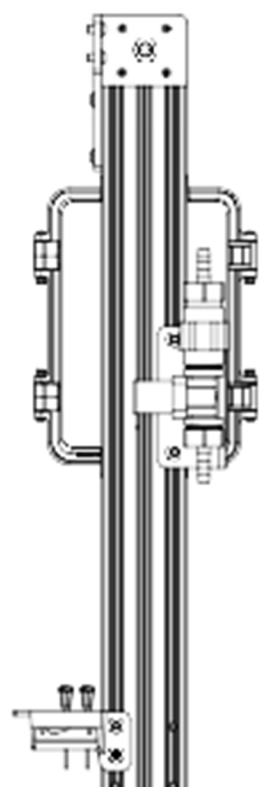
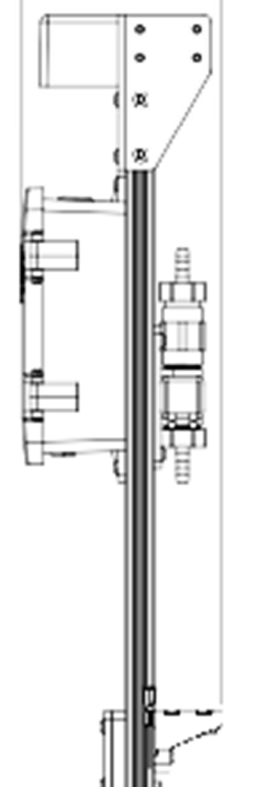
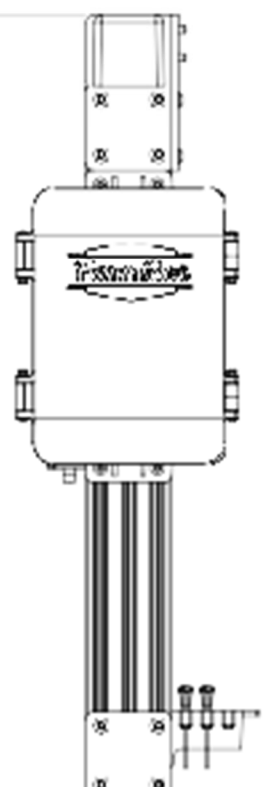


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALID.				TÍTULO: <h1>Bancal</h1>		
NOMBRE				FIRMA	FECHA	
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO		
PESO:				ESCALA: 1:50		
				HOJA 1 DE 1		

Aluminio	6_2 A	RatRig [12]
PLA	7_2 B	Farmbot [25]
PLA	8_2 B	Rational Stock [96]
PLA	9_2 B	[122]
		[121]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Amazon [119]
		Amazon [123]
		Amazon [124]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Rational Stock [96]
		Amazon [116]
		Rational Stock [96]
		Amazon [125]
		Rational Stock [96]
		Farmbot [25]
		Farmbot [25]
		Aliexpress [132]
		Farmbot [25]
		Rational Stock [96]

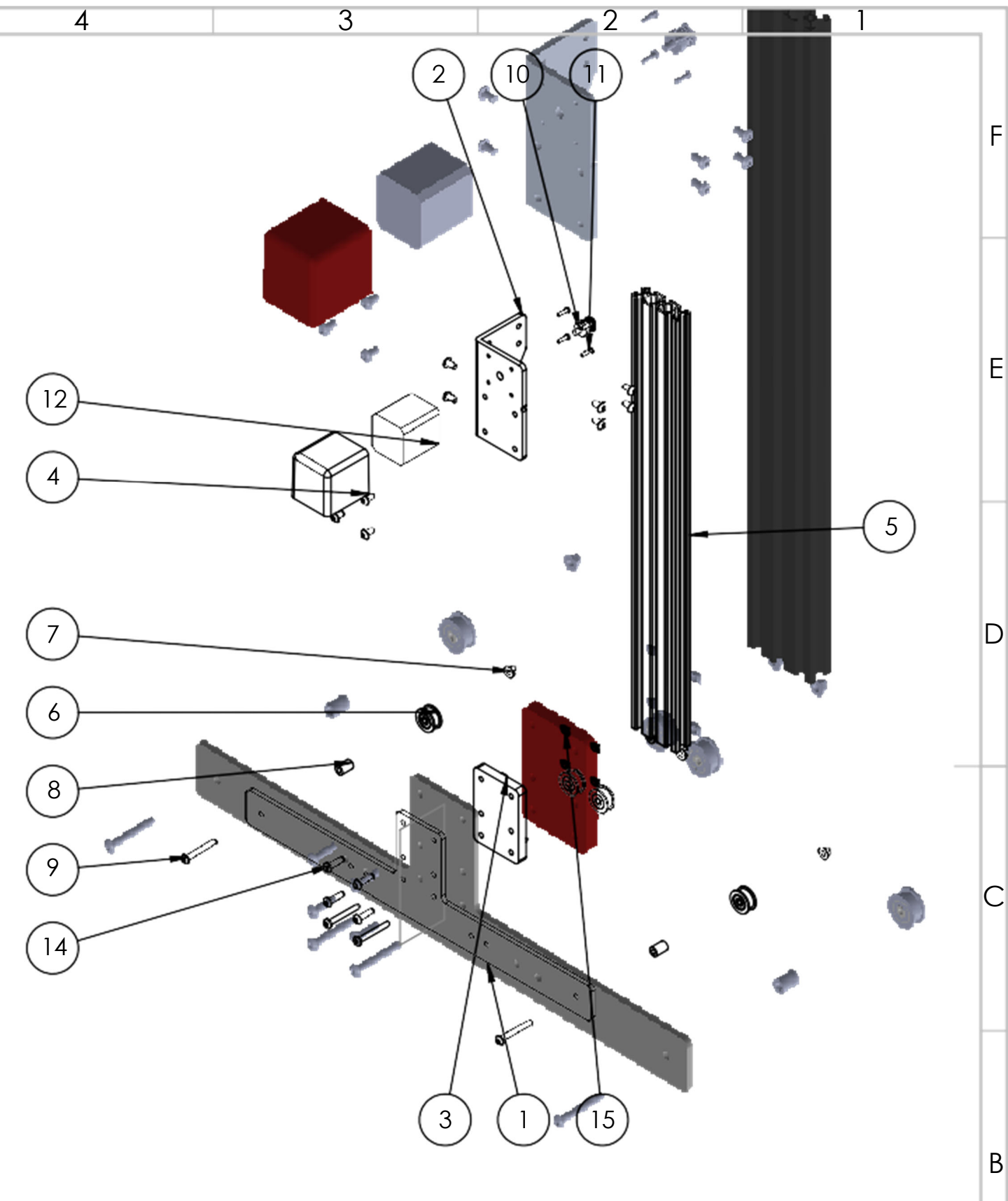
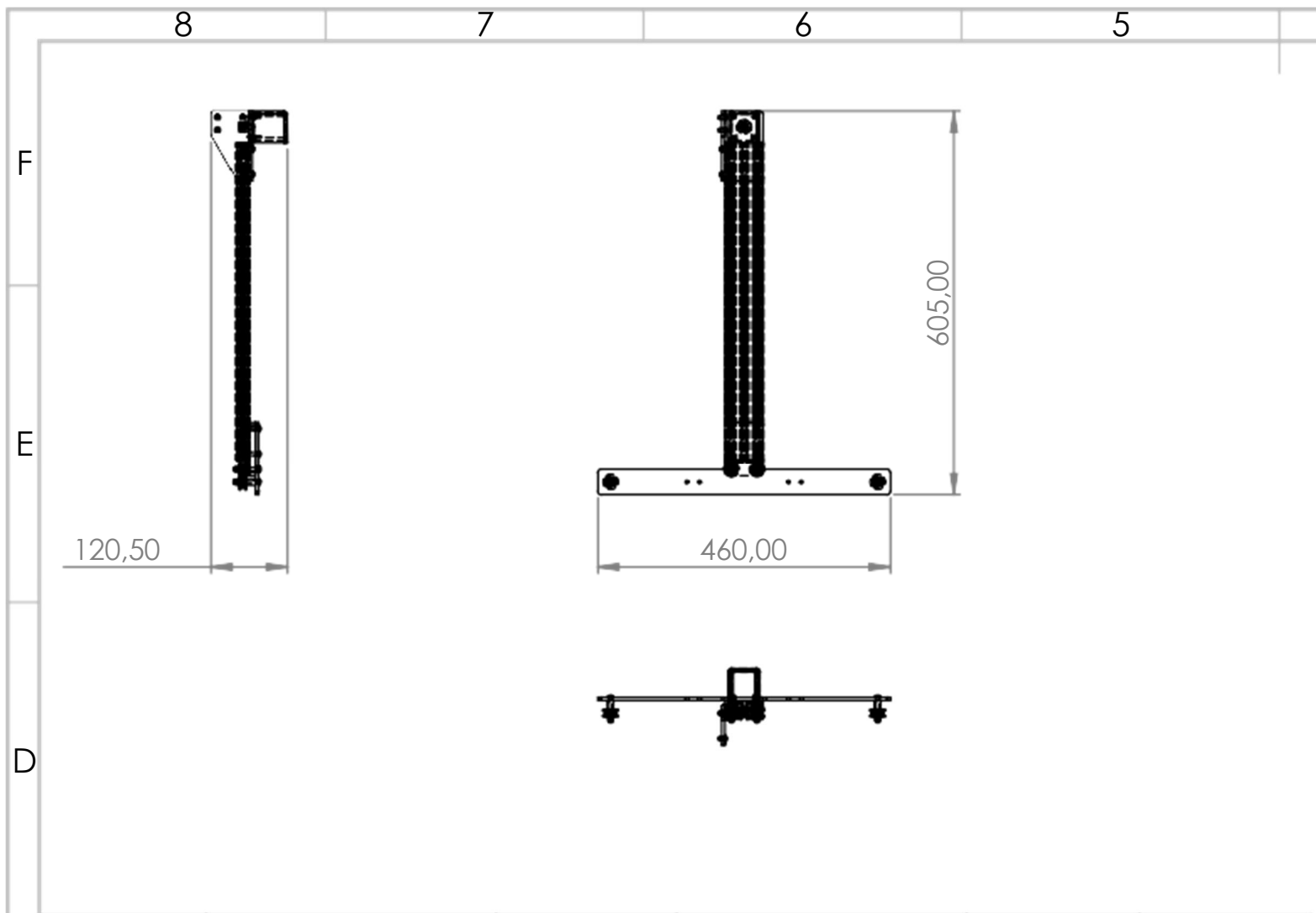


140,99



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: ACABADO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
--	---------------------------------------	---------------------	----------

G
F
E
D
C
B



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANO
1	Gantry Wheel Plate	Acero AISI 1095		1	3_2-3 A
2	Right Gantry Corner Bracket	Acero AISI 1095		1	10_3 A
3	Gantry Plate Spacer Block	PLA		1	4_2 3 B
4	50mm Horizontal Motor Housing	PLA		1	5_2 3 5 B
5	500mm Extrusion	Aluminio	RatRig [12]	1	
6	Idler Pulley		Amazon [124]	4	
7	M5 Flange Locknut		Rational Stock [96]	4	
8	M5 x 14.5mm Spacer		Rational Stock [96]	2	
9	M5 x 40mm Screw		Rational Stock [96]	4	
10	20T Pulley		Amazon [116]	1	
11	M3 x 12mm Screw		Rational Stock [96]	4	
12	NEMA 17 Stepper Motor		Amazon [125]	1	
13	M5 x 10mm Screw		Rational Stock [96]	10	
14	M5 x 20mm Screw		Rational Stock [96]	4	
15	M5 Tee Nut		Rational Stock [96]	4	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO: **Subensamblaje Columna Derecha**

N.º DE DIBUJO: **3**

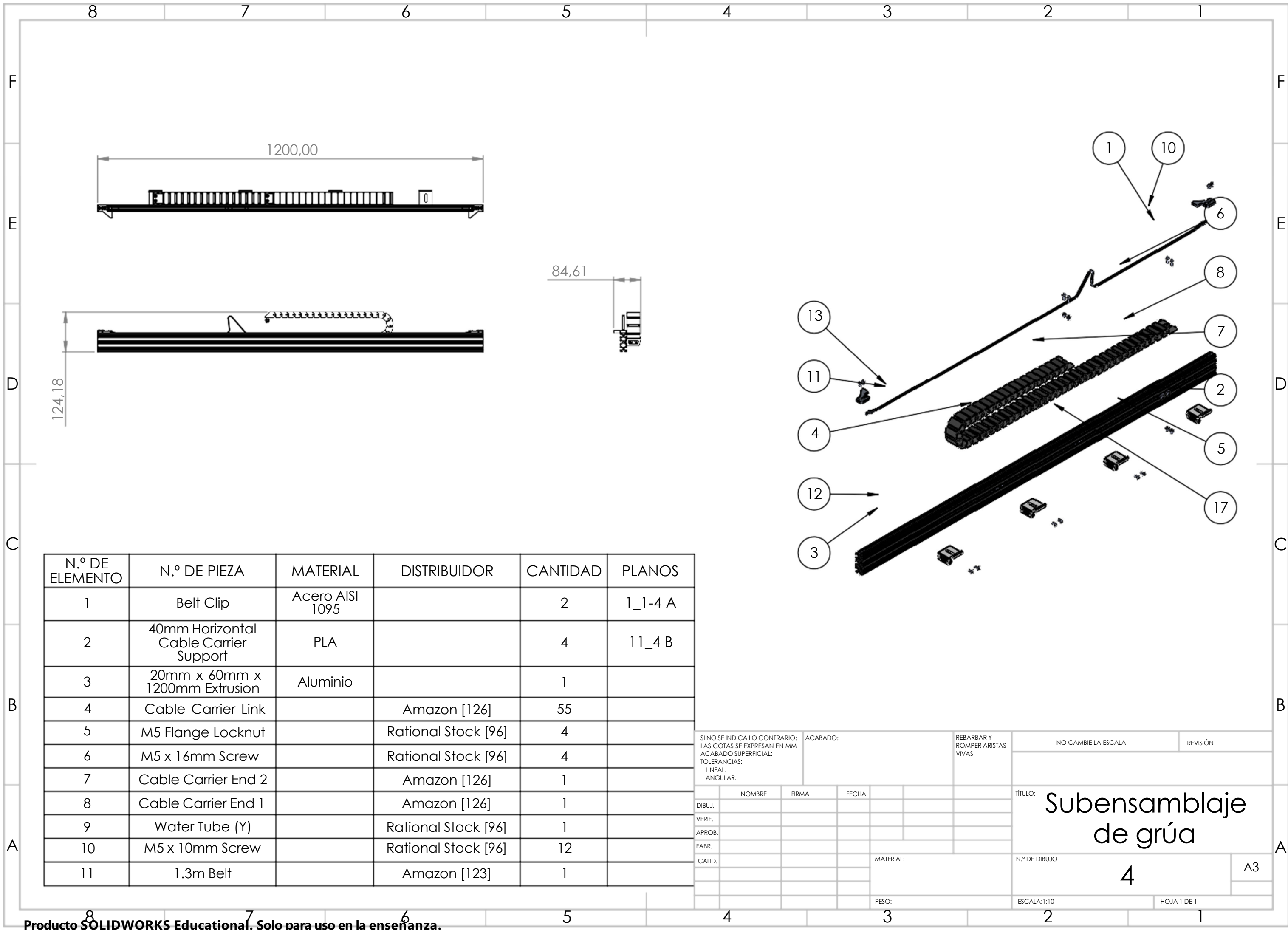
ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.		
VERIF.		
APROB.		
FABR. CALID.		

MATERIAL:

PESO:



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANOS
1	Belt Clip	Acero AISI 1095		2	1_1-4 A
2	40mm Horizontal Cable Carrier Support	PLA		4	11_4 B
3	20mm x 60mm x 1200mm Extrusion	Aluminio		1	
4	Cable Carrier Link		Amazon [126]	55	
5	M5 Flange Locknut		Rational Stock [96]	4	
6	M5 x 16mm Screw		Rational Stock [96]	4	
7	Cable Carrier End 2		Amazon [126]	1	
8	Cable Carrier End 1		Amazon [126]	1	
9	Water Tube (Y)		Rational Stock [96]	1	
10	M5 x 10mm Screw		Rational Stock [96]	12	
11	1.3m Belt		Amazon [123]	1	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO: **Subensamblaje de grúa**

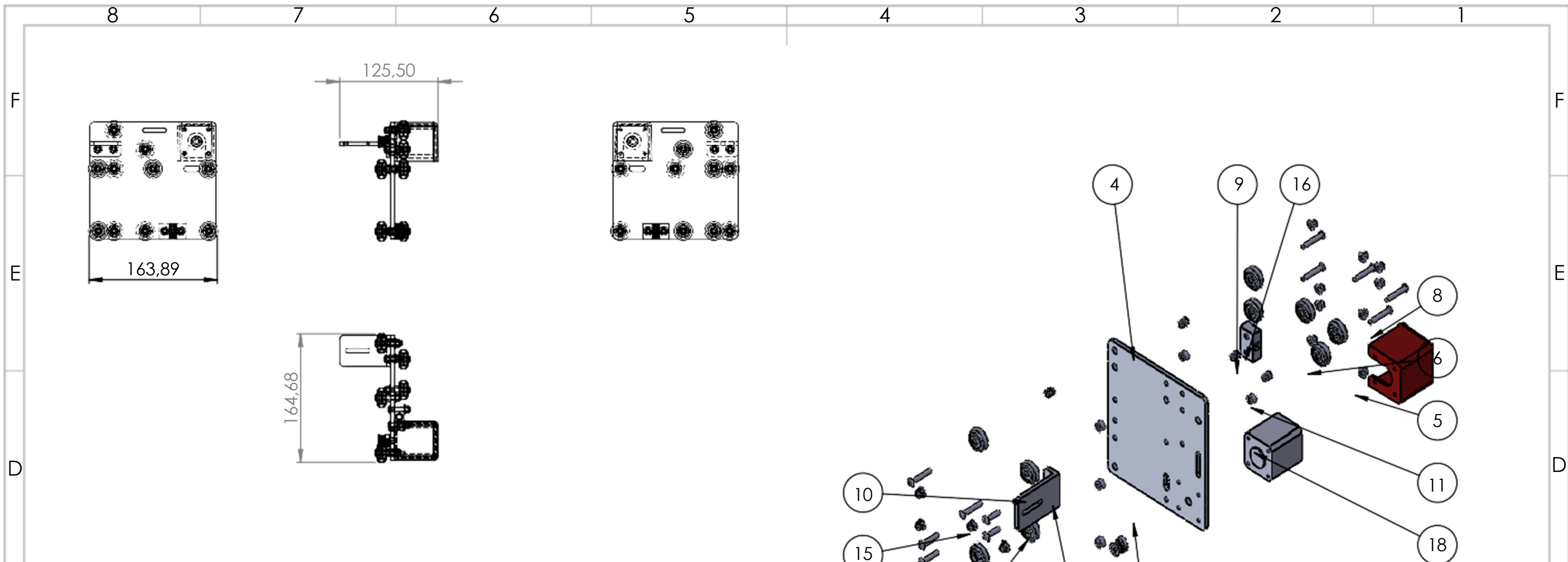
N.º DE DIBUJO: **4**

A3

PESO:

ESCALA:1:10

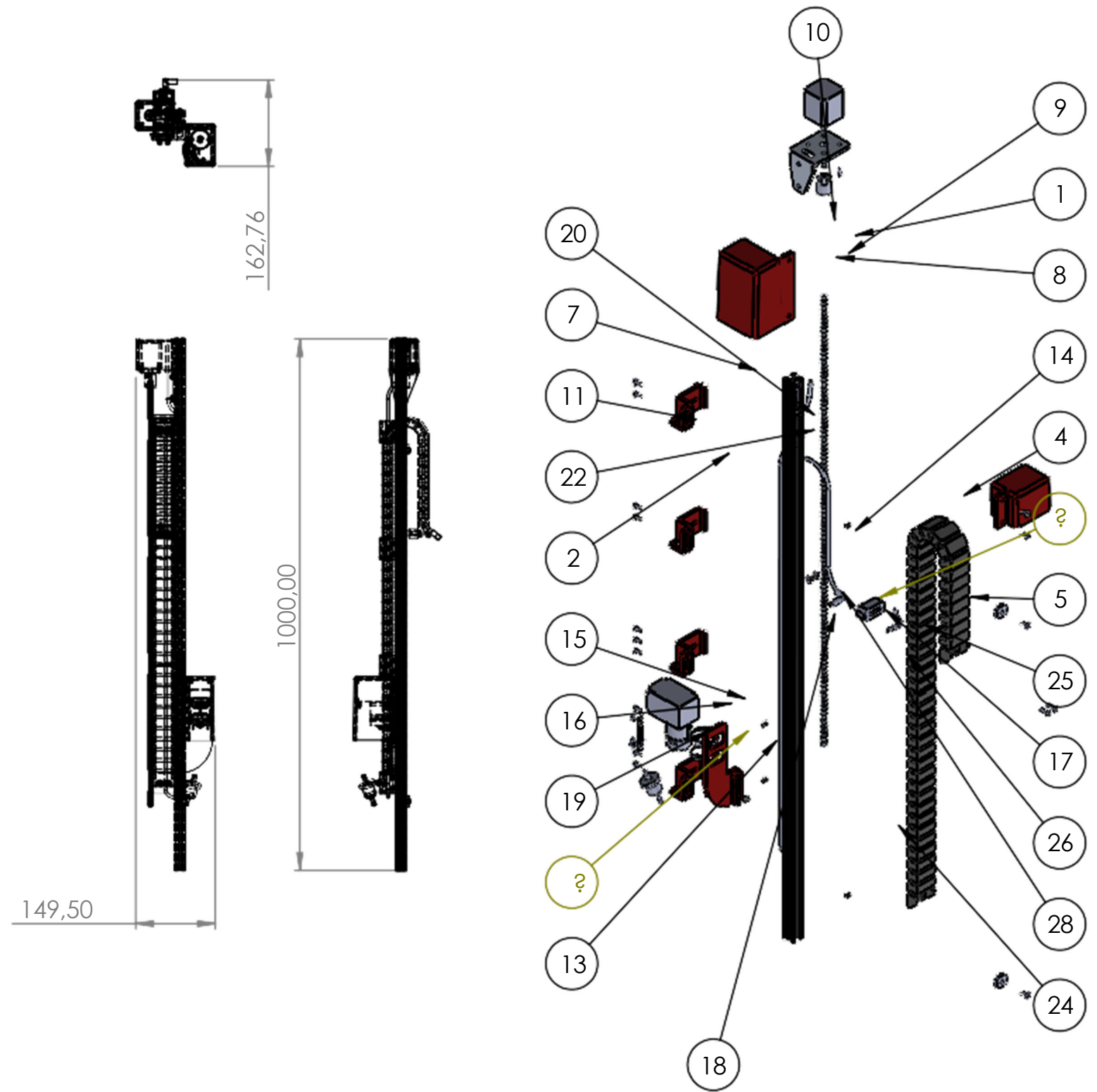
HOJA 1 DE 1



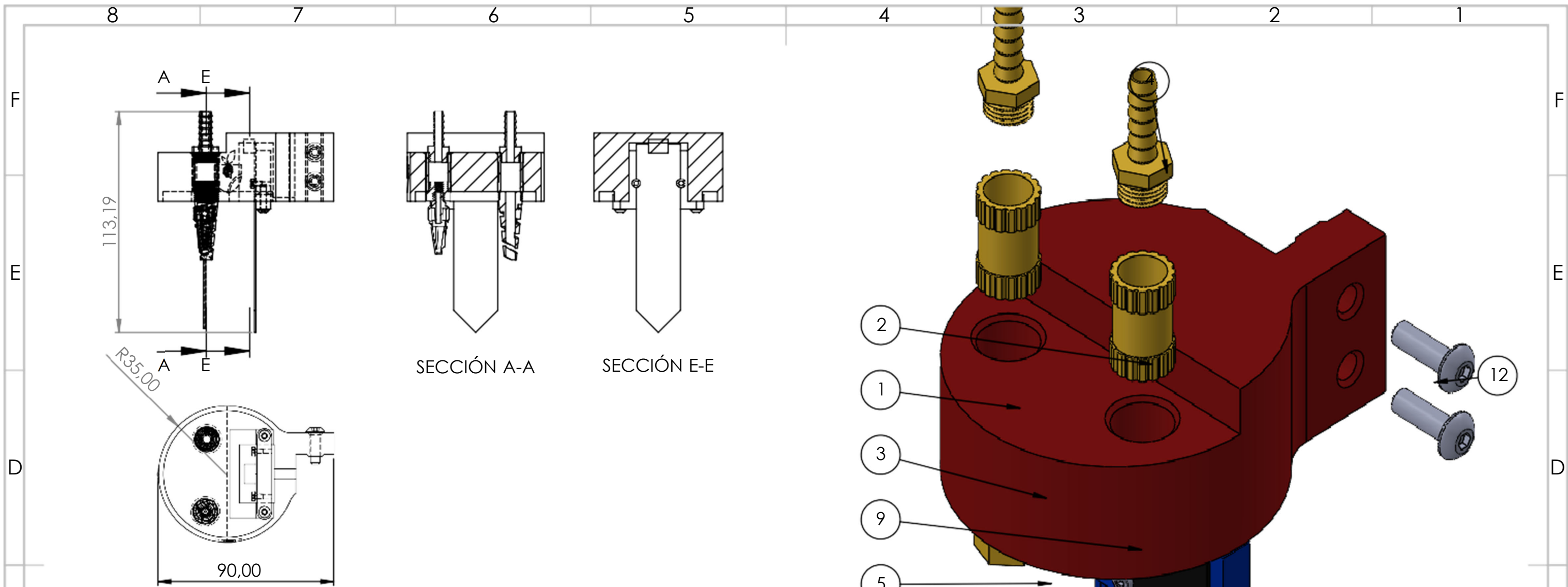
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANOS
3	65mm Cable Carrier Mount	Acero AISI 1095		1	12_5 A
4	Cross-Slide Plate	Acero AISI 1095		1	13_5 A
5	50mm Horizontal Motor Housing	PLA		1	2_2 B
6	V-Wheel		Rational Stock [96]	10	
7	M5 Flange Locknut		Rational Stock [96]	14	
8	M5 x 30mm Screw		Rational Stock [96]	10	
9	Eccentric Spacer		Rational Stock [96]	5	
10	M5 x 20mm Screw		Rational Stock [96]	2	
11	M5 Spacer		Rational Stock [96]	5	
12	M3 Setscrew		Rational Stock [96]	2	
14	M3 x 12mm Screw		Rational Stock [96]	4	
15	M5 x 25mm Screw		Rational Stock [96]	2	
16	Leadscrew Block		Rational Stock [96]	1	
17	20T Pulley		Amazon [116]	1	
18	NEMA 17 Stepper Motor		Amazon [125]	1	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: 5 Cross-Slide			
DIBUJ.	VERIF.	APROB.	FABR.	CALID.	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO 5
PESO:					ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1

N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANOS
Z-Axis Motor Mount	Acero Inoxidable AISI 1095		1	14_6 A
40mm Vertical Cable Carrier Support	PLA		4	15_6 B
40mm Cable Carrier Spacer Block	PLA		1	16_6 B
60mm Vertical Motor Housing	PLA		1	17_6 B
Z-Axis Hardstop	Acero Inoxidable AISI 1095		2	18_6 A
Vacuum Pump Mount	PLA		1	19_6 B
Vacuum Pump Cover	PLA		1	20_6 B
5mm to 8mm Shaft Coupler		Amazon [124]	1	
M3 x 12mm Screw		Rational Stock [96]	4	
NEMA 17 Stepper Motor		Amazon [123]	1	
M5 x 10mm Screw		Rational Stock [96]	16	
M5 Flange Locknut		Rational Stock [96]	4	
M5 x 16mm Screw		Rational Stock [96]	6	
M5 Tee Nut		Rational Stock [96]	4	
200mm Zip Tie-1 Vacuum Pump		Rational Stock [96]	2	
		Amazon [124]	1	
90 Degree Barb		Amazon [124]	1	
Leadscrew		Rational Stock [96]	1	
Inline Air Filter		Farmbot [25]	1	
20x20 - 1000mm	Aluminio		1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE				FIRMA	FECHA	TÍTULO: Subensamblaje de Eje Z
DIBUJ.						N.º DE DIBUJO: 6
VERIF.						A3
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:		
				PESO:		
				ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	DISTRIBUIDOR	CANTIDAD	PLANO
1	Cabezal 2	PLA		1	21_7 B
2	Alargador M10-20mm		Aliexpress [131]	2	22_7
3	M10 - M5 Adaptador		Aliexpress [132]	1	23_7
4	M10 adaptador de tubo		Aliexpress [130]	2	24_7
5	Luer Lock Adapter		Farmbot [25]	1	25_7
6	Luer Lock Needle (19 Gauge)		Farmbot [25]	1	26_7
7	Spiral Spray Nozzle		Farmbot [25]	1	27_7
8	Sensor de humedad		Aliexpress [108]	1	28_7
9	Soporte sensor de humedad	PLA		1	29_7_B
10	M3 x 12mm Screw		Rational Stock [96]	2	
11	M2.5 x 4mm Screw		Rational Stock [96]	2	
12	M5 x 16mm Screw		Rational Stock [96]	2	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO: _____

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
			Cabezal

DIBUJ. _____
 VERIF. _____
 APROB. _____
 FABR. _____
 CALID. _____

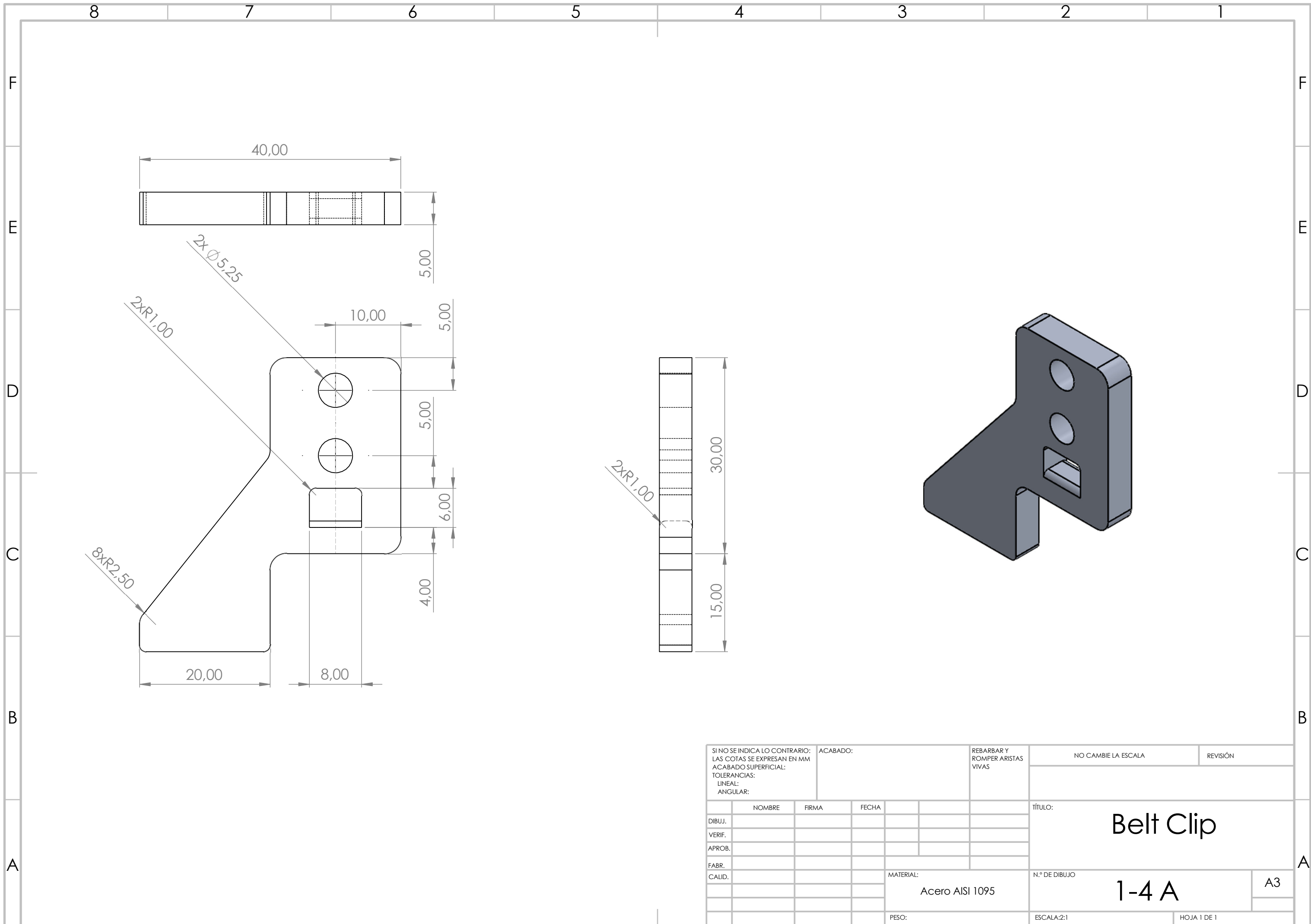
MATERIAL: _____

N.º DE DIBUJO: **7**

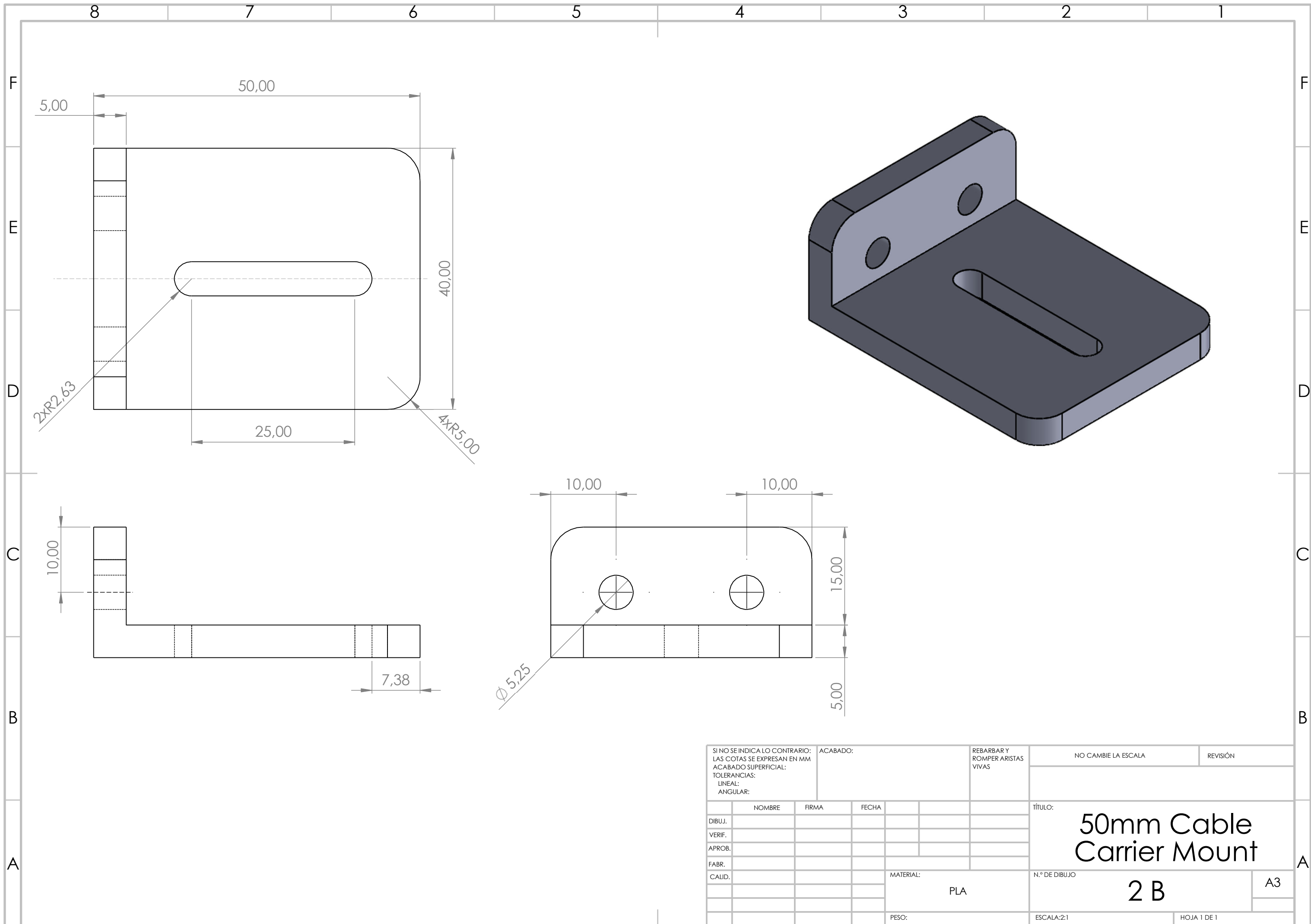
PESO: _____

ESCALA: 1:2

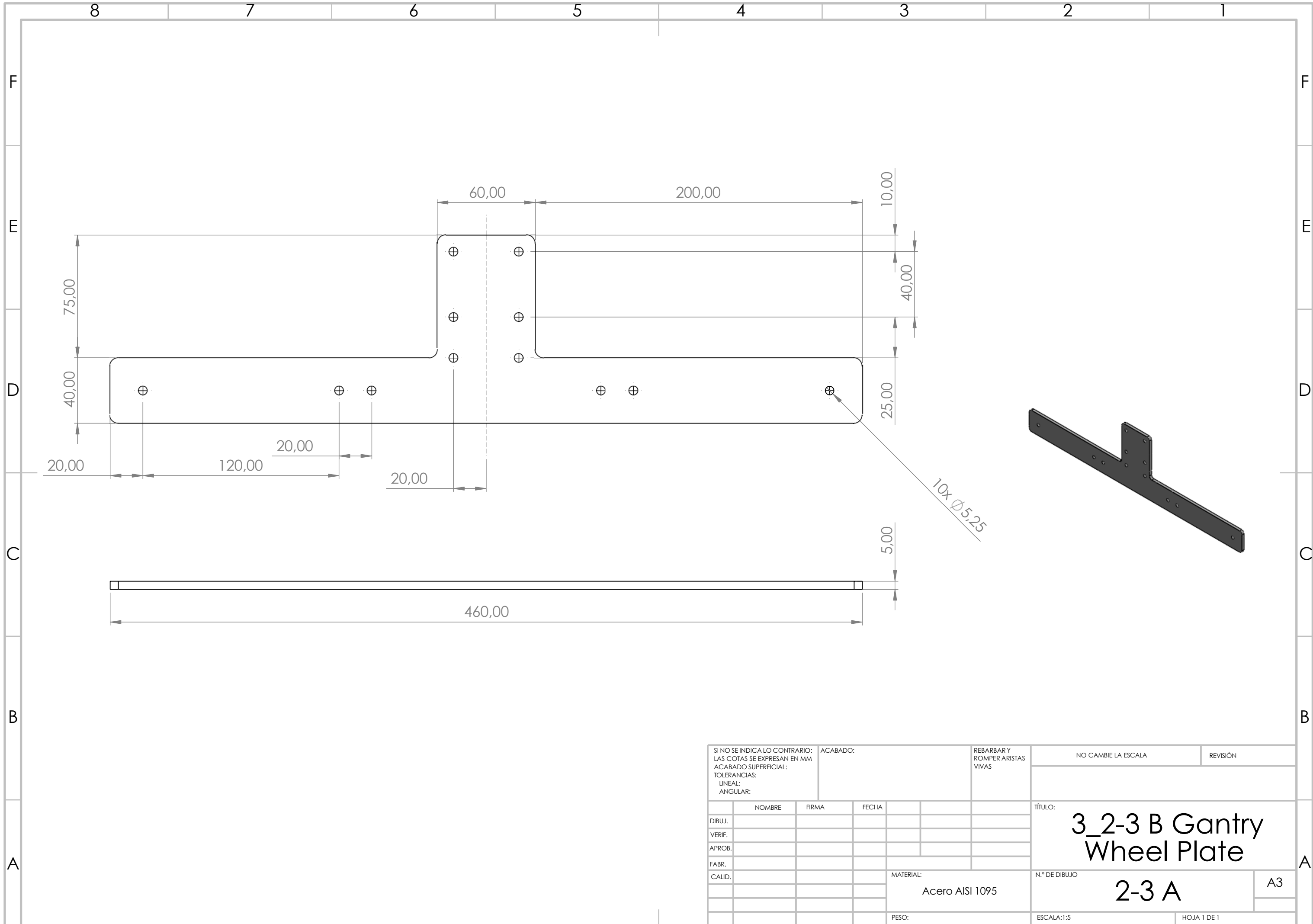
HOJA 1 DE 1



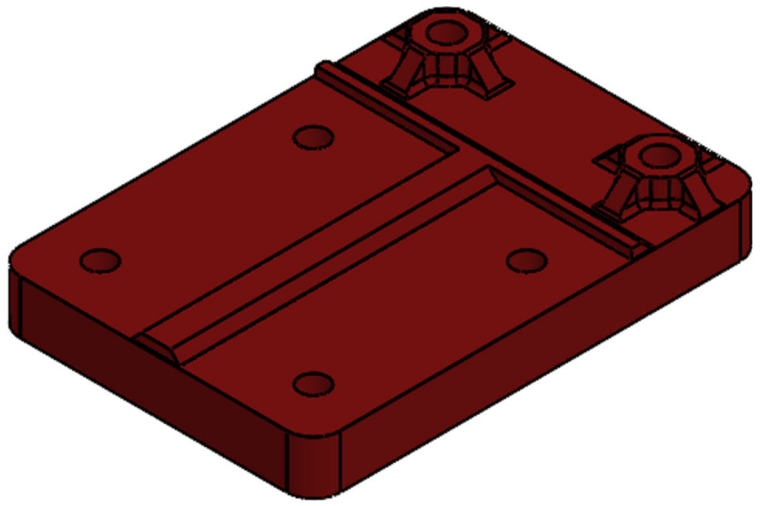
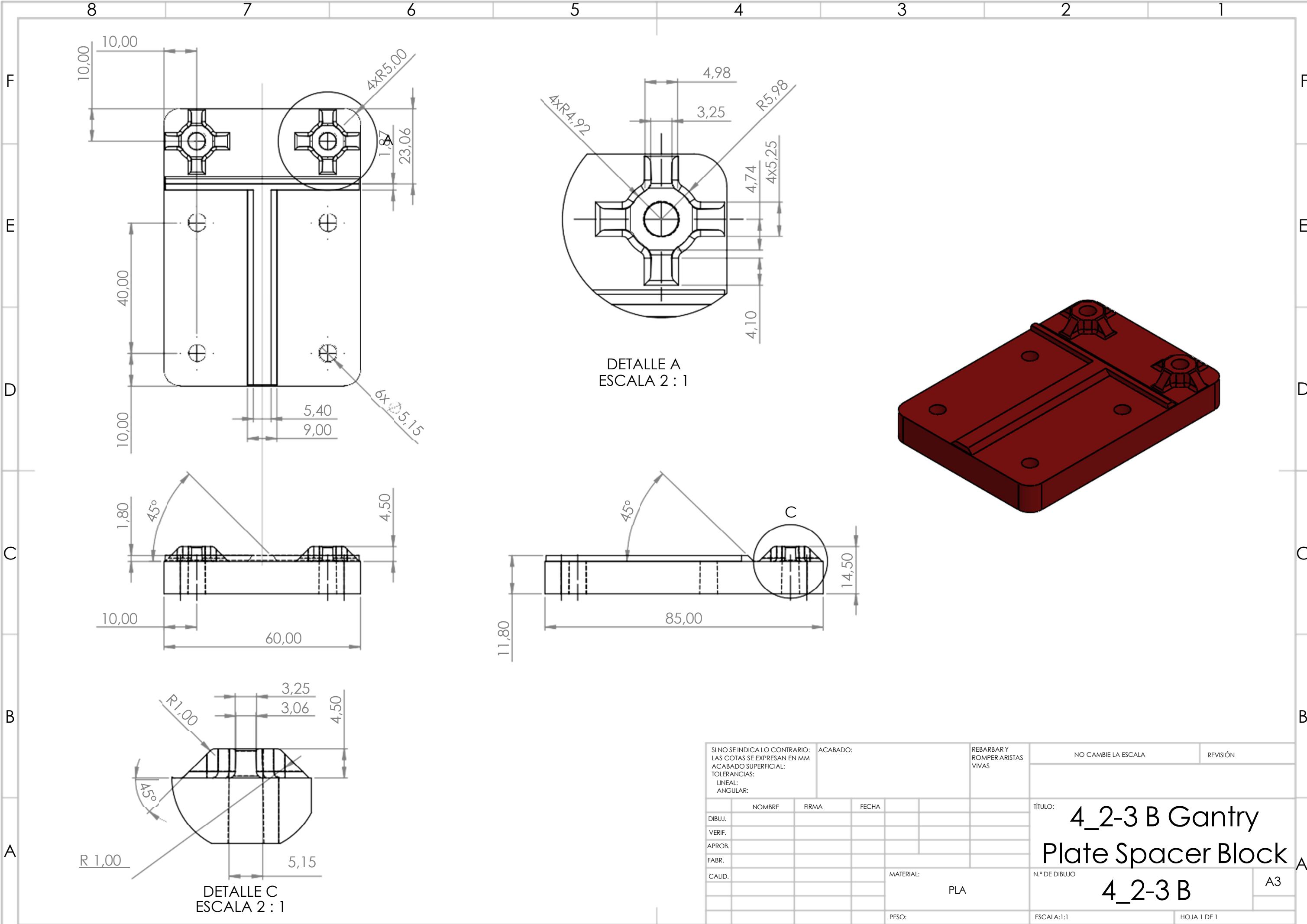
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE			FIRMA			FECHA		
VERIF.			DIBUJ.			VERIF.			APROB.		
APROB.			DIBUJ.			VERIF.			APROB.		
FABR.			DIBUJ.			VERIF.			APROB.		
CALID.			DIBUJ.			VERIF.			APROB.		
MATERIAL:			Acero AISI 1095			N.º DE DIBUJO			1-4 A		
PESO:			ESCALA:2:1			HOJA 1 DE 1			A3		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					TÍTULO: 50mm Cable Carrier Mount	
DIBUJ.			NOMBRE		N.º DE DIBUJO	
VERIF.			FIRMA		2 B	
APROB.			FECHA		A3	
FABR.					MATERIAL: PLA	
CAUID.					PESO:	
					ESCALA:2:1	
					HOJA 1 DE 1	



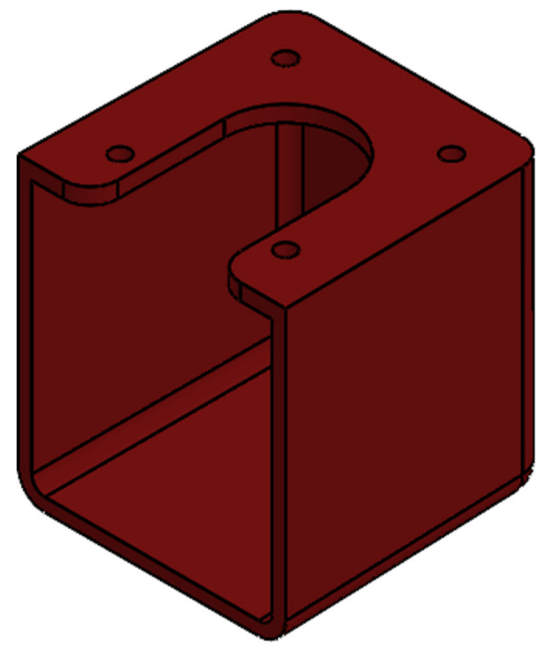
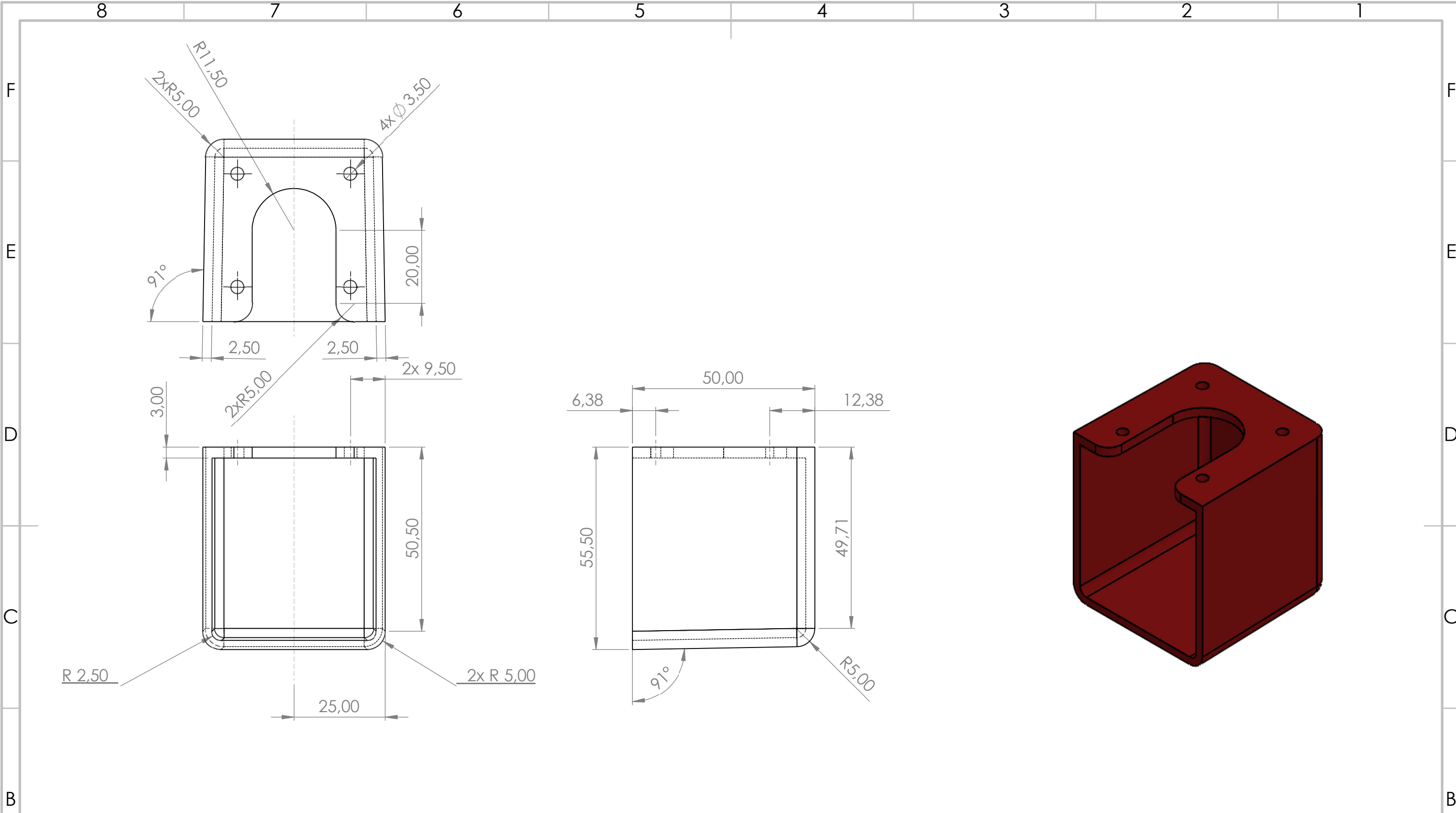
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.								3_2-3 B Gantry Wheel Plate	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
FABR.						MATERIAL:		2-3 A	
CAUD.						Acero AISI 1095		A3	
						PESO:		ESCALA:1:5	
								HOJA 1 DE 1	



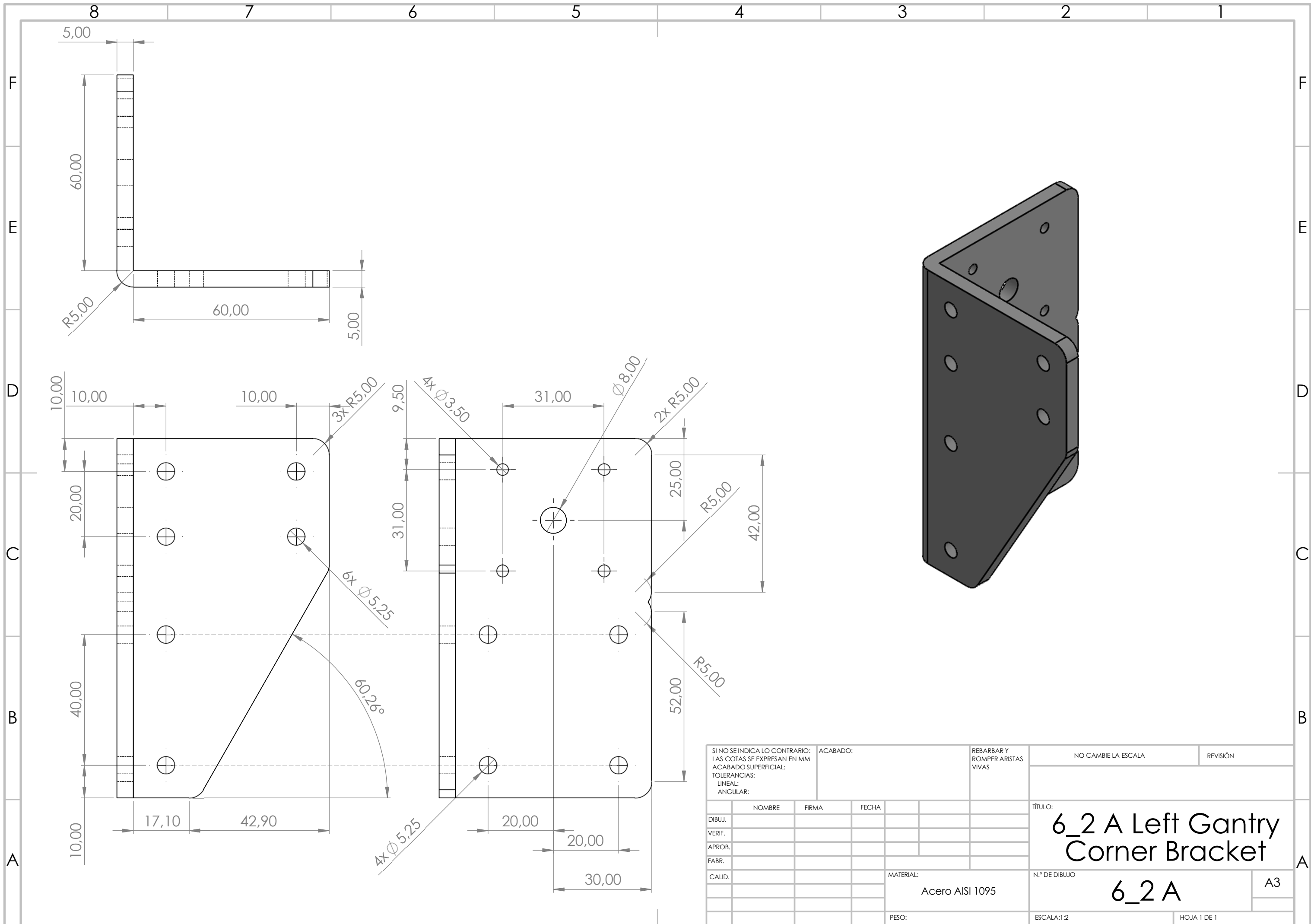
DETALLE A
ESCALA 2 : 1

DETALLE C
ESCALA 2 : 1

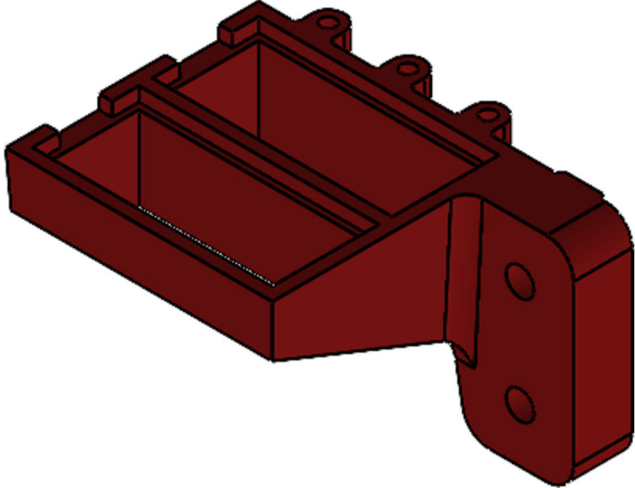
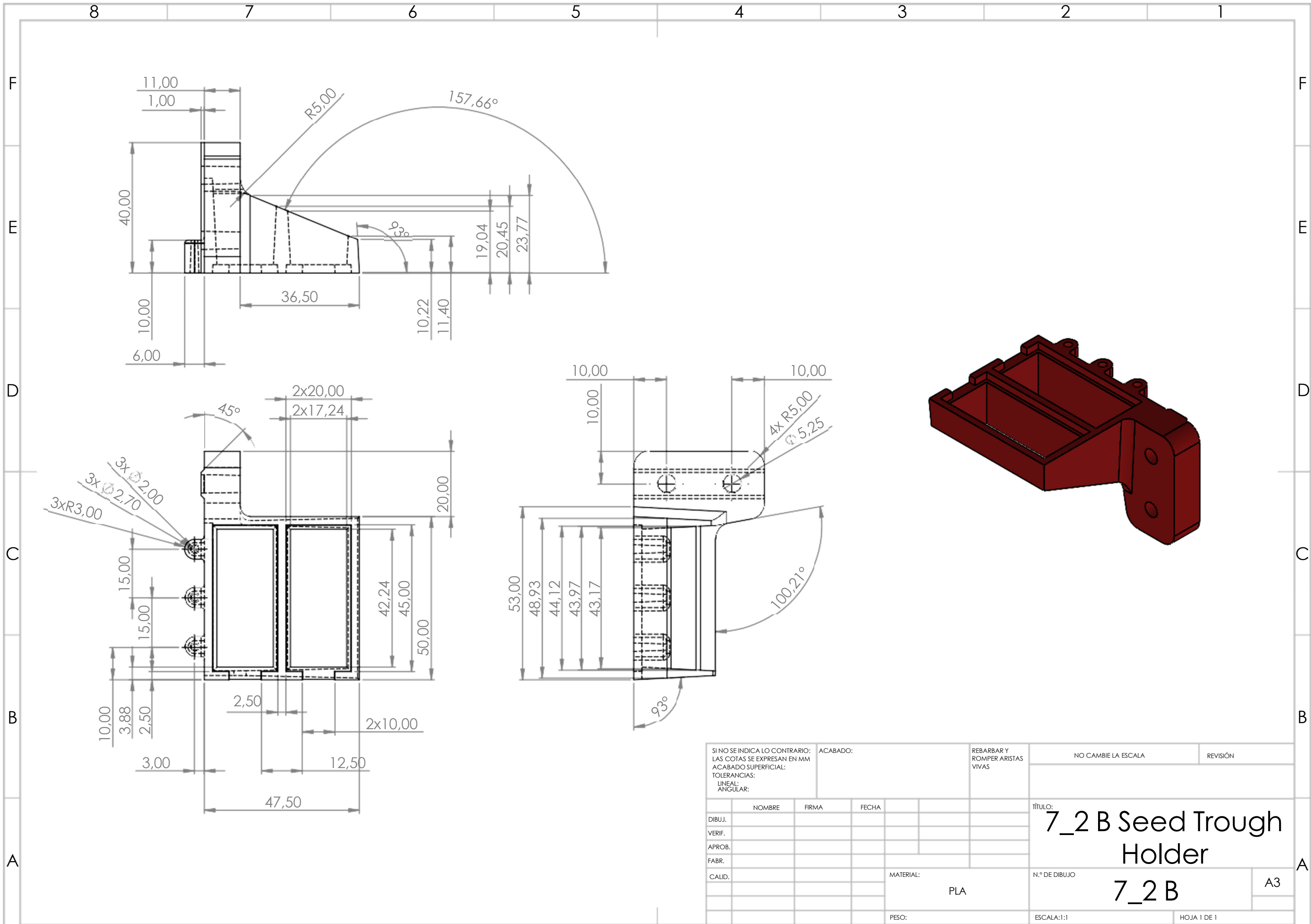
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: 4_2-3 B Gantry Plate Spacer Block	
VERIF.					N.º DE DIBUJO	A3
APROB.				MATERIAL: PLA	4_2-3 B	
FABR.				PESO:	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1
CALID.						



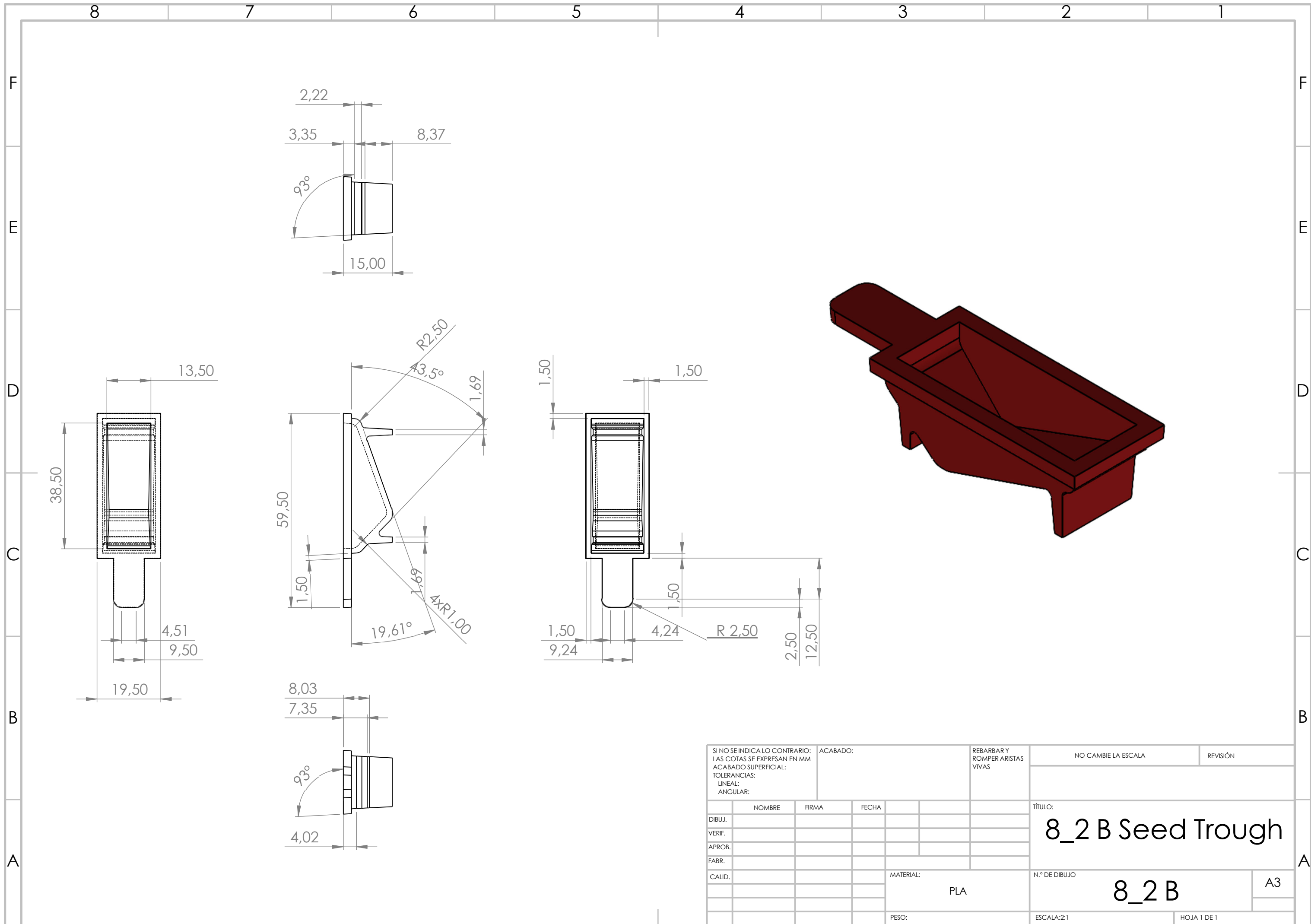
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			TÍTULO: 50mm Horizontal Motor Housing		
VERIF.			N.º DE DIBUJO: 5_2-3-5 B		
APROB.			A3		
FABR. CALID.			MATERIAL: PLA	ESCALA: 1:1	
			PESO:	HOJA 1 DE 1	



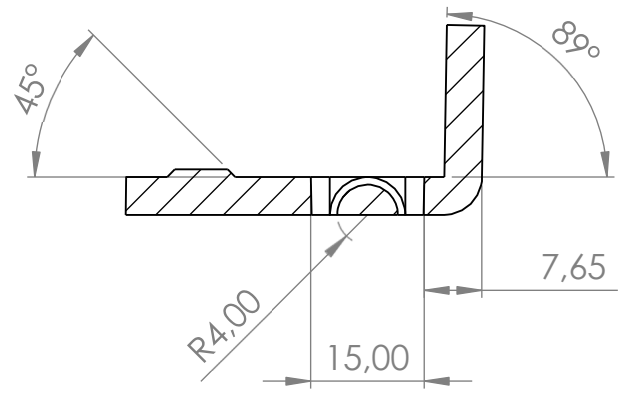
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: 6_2 A Left Gantry Corner Bracket	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 6_2 A	
APROB.				A3	
FABR.				ESCALA:1:2	
CALID.				HOJA 1 DE 1	
			MATERIAL: Acero AISI 1095		
			PESO:		



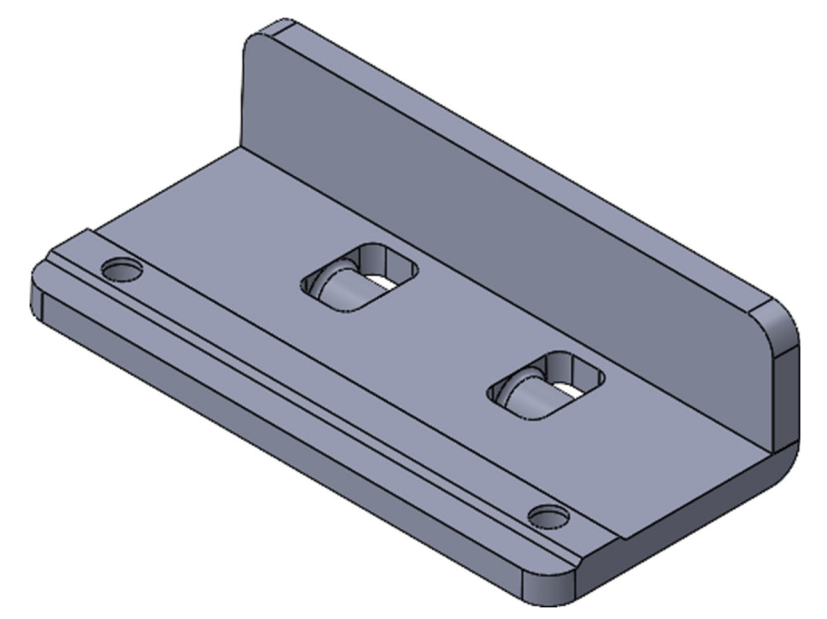
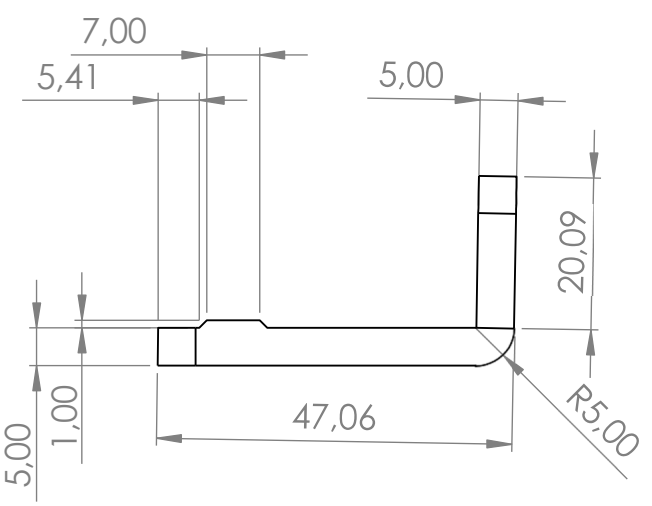
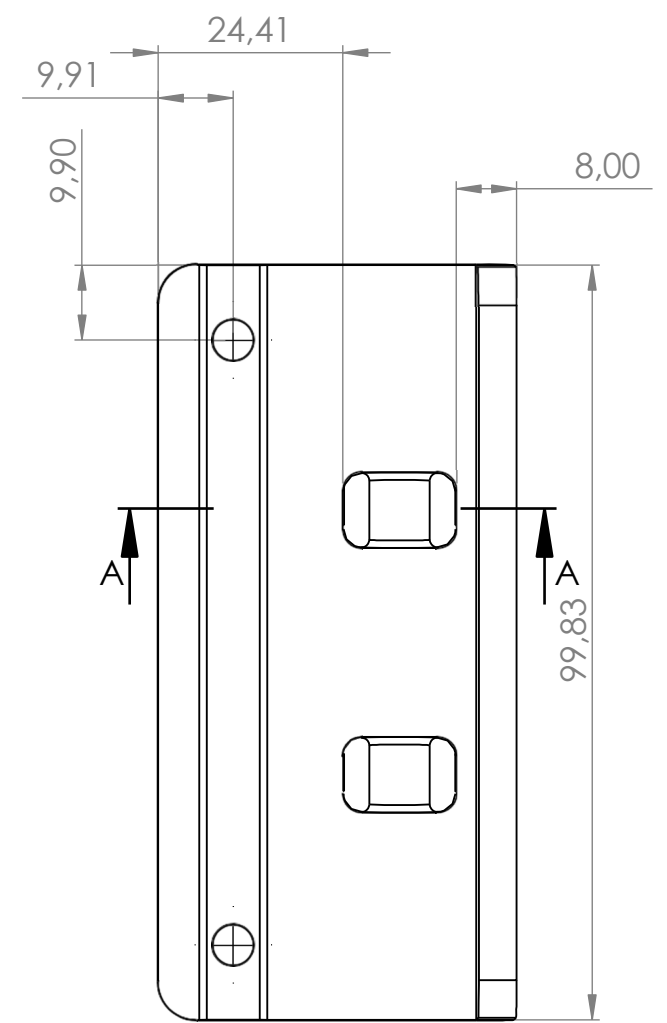
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
VERIF.						7_2 B Seed Trough Holder
APROB.						N.º DE DIBUJO
FABR.						7_2 B
CALID.			MATERIAL:			A3
			PLA			
			PESO:			ESCALA:1:1
						HOJA 1 DE 1



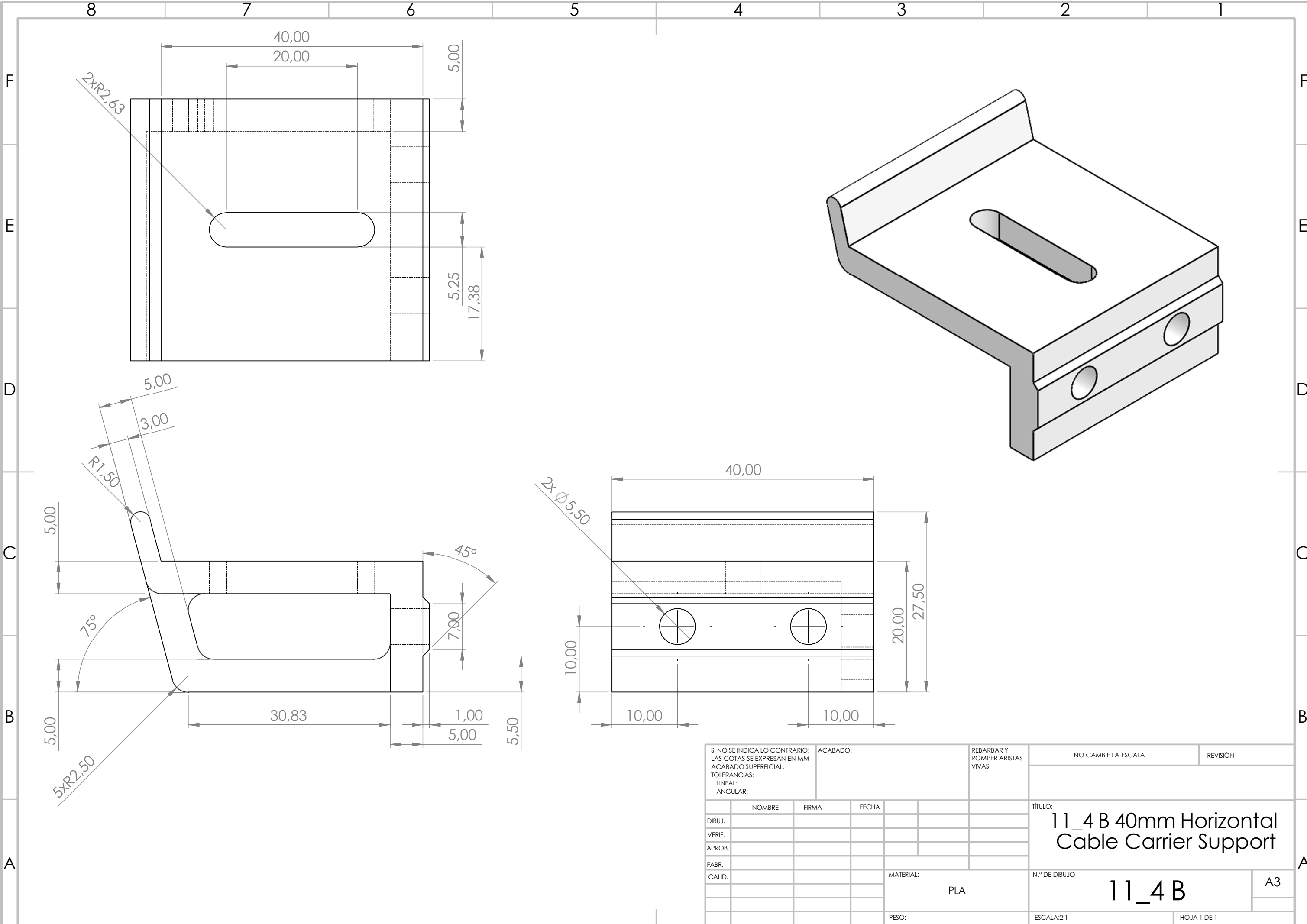
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
					TÍTULO: 8_2 B Seed Trough	
DIBUJ.			NOMBRE		N.º DE DIBUJO	
VERIF.			FIRMA		8_2 B	
APROB.			FECHA		A3	
FABR.					MATERIAL: PLA	
CAUID.					ESCALA:2:1	
					HOJA 1 DE 1	



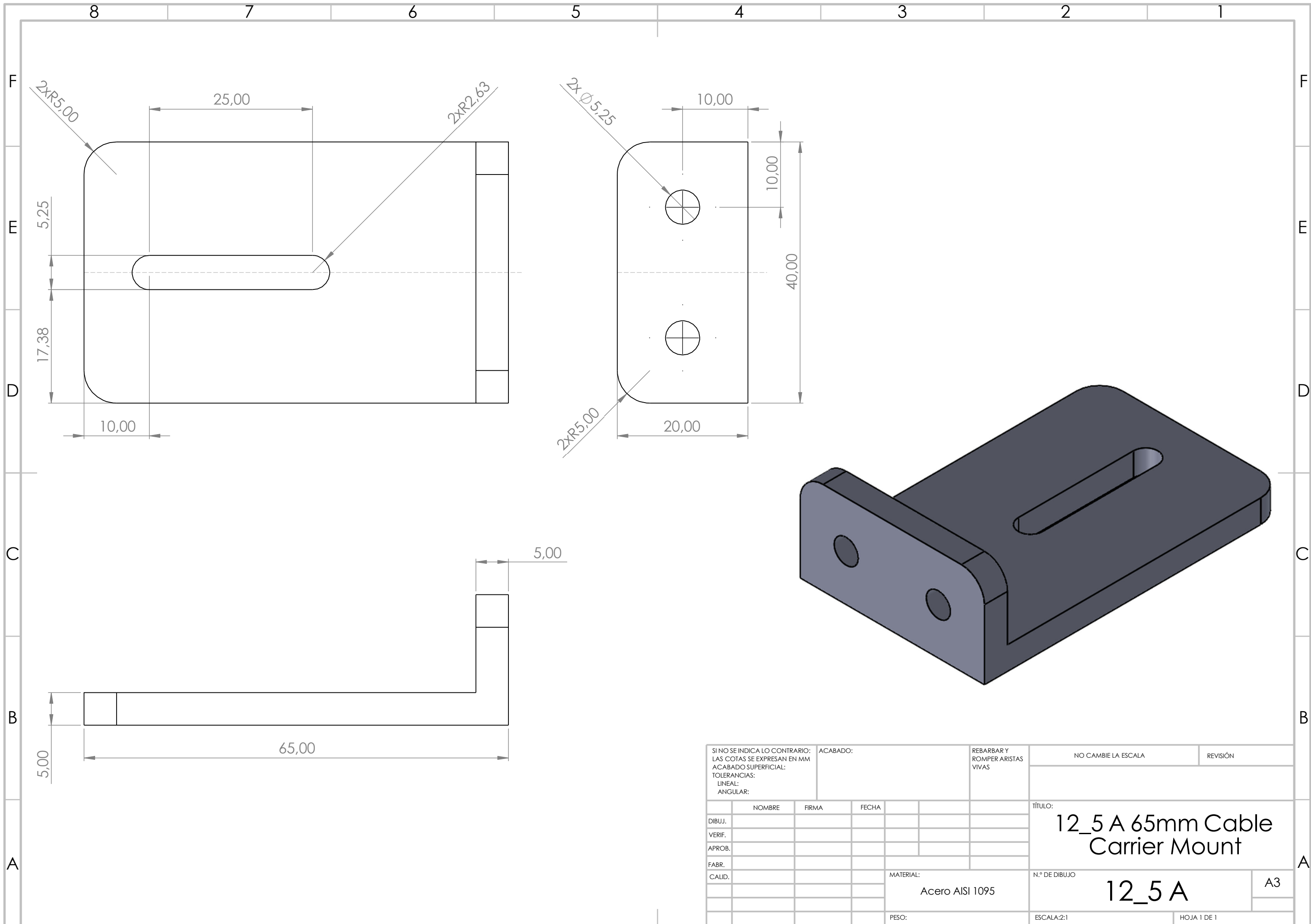
SECCIÓN A-A



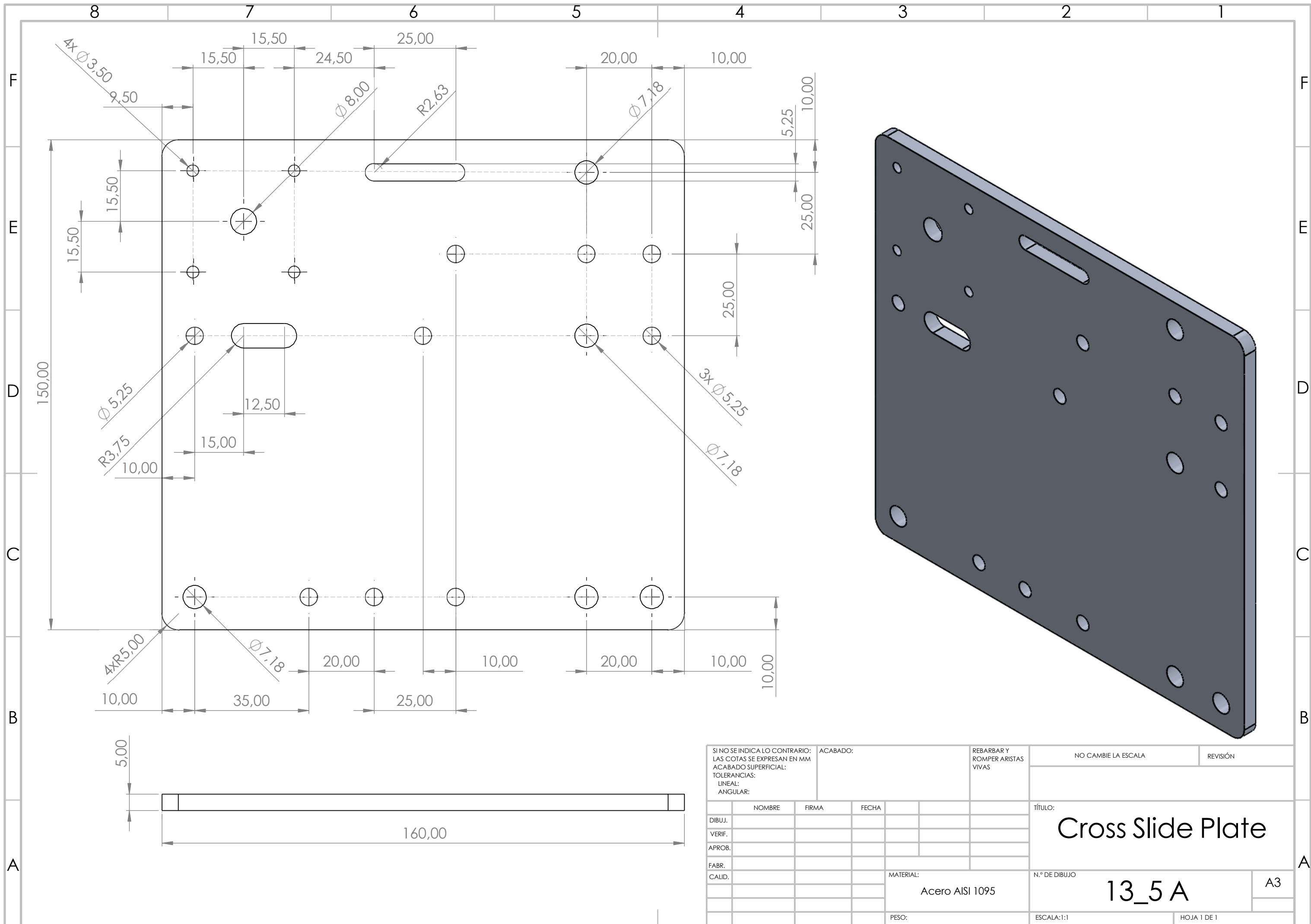
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: 9_2 B Solenoid Mount	
DIBUJ.				N.º DE DIBUJO 9_2 B	A3
VERIF.				ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1
APROB.					
FABR.			MATERIAL: PLA		
CAUID.			PESO:		



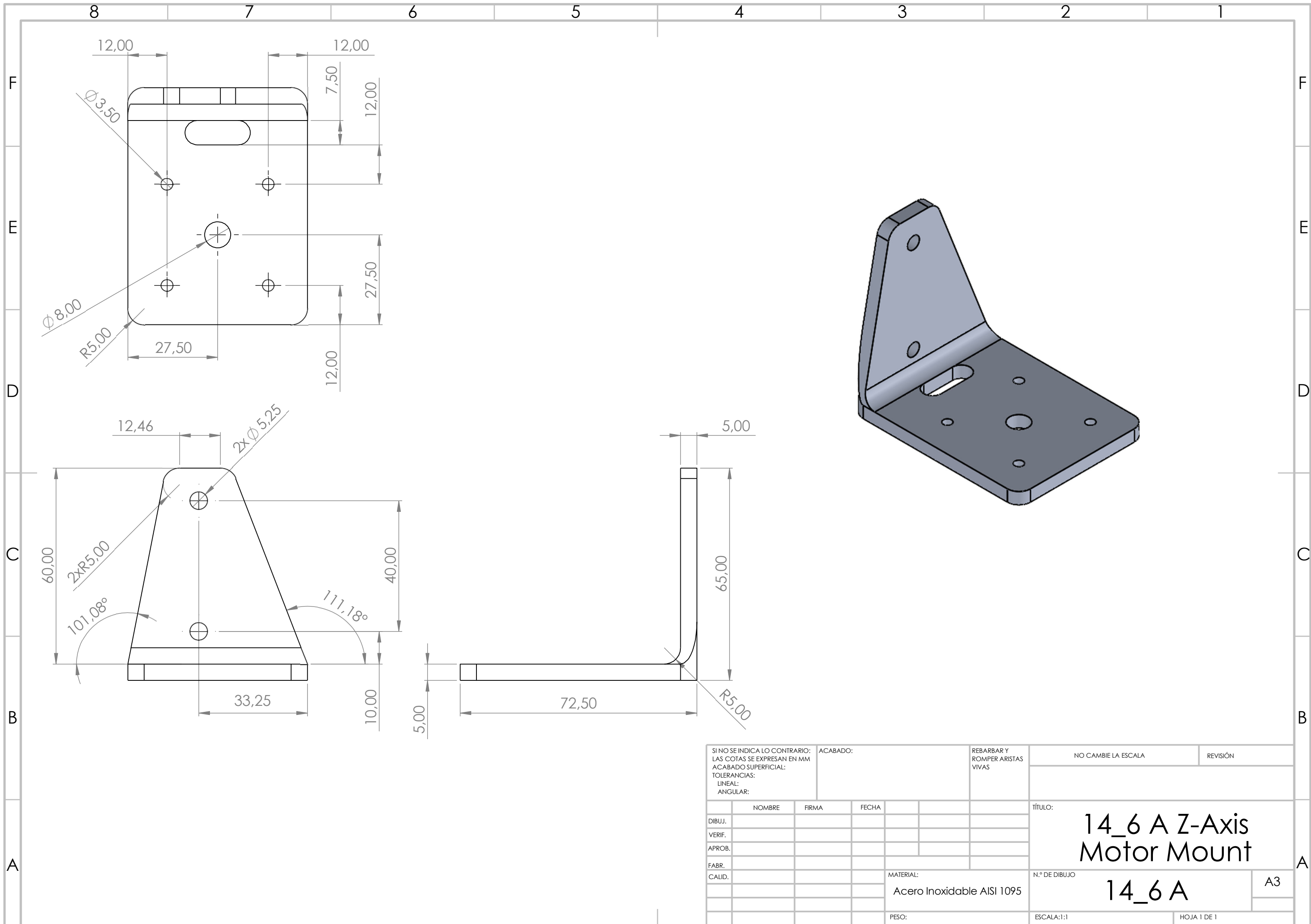
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.				TÍTULO: 11_4 B 40mm Horizontal Cable Carrier Support		
VERIF.				N.º DE DIBUJO 11_4 B		
APROB.				A3		
FABR.				MATERIAL: PLA	ESCALA:2:1	
CALID.				PESO:	HOJA 1 DE 1	



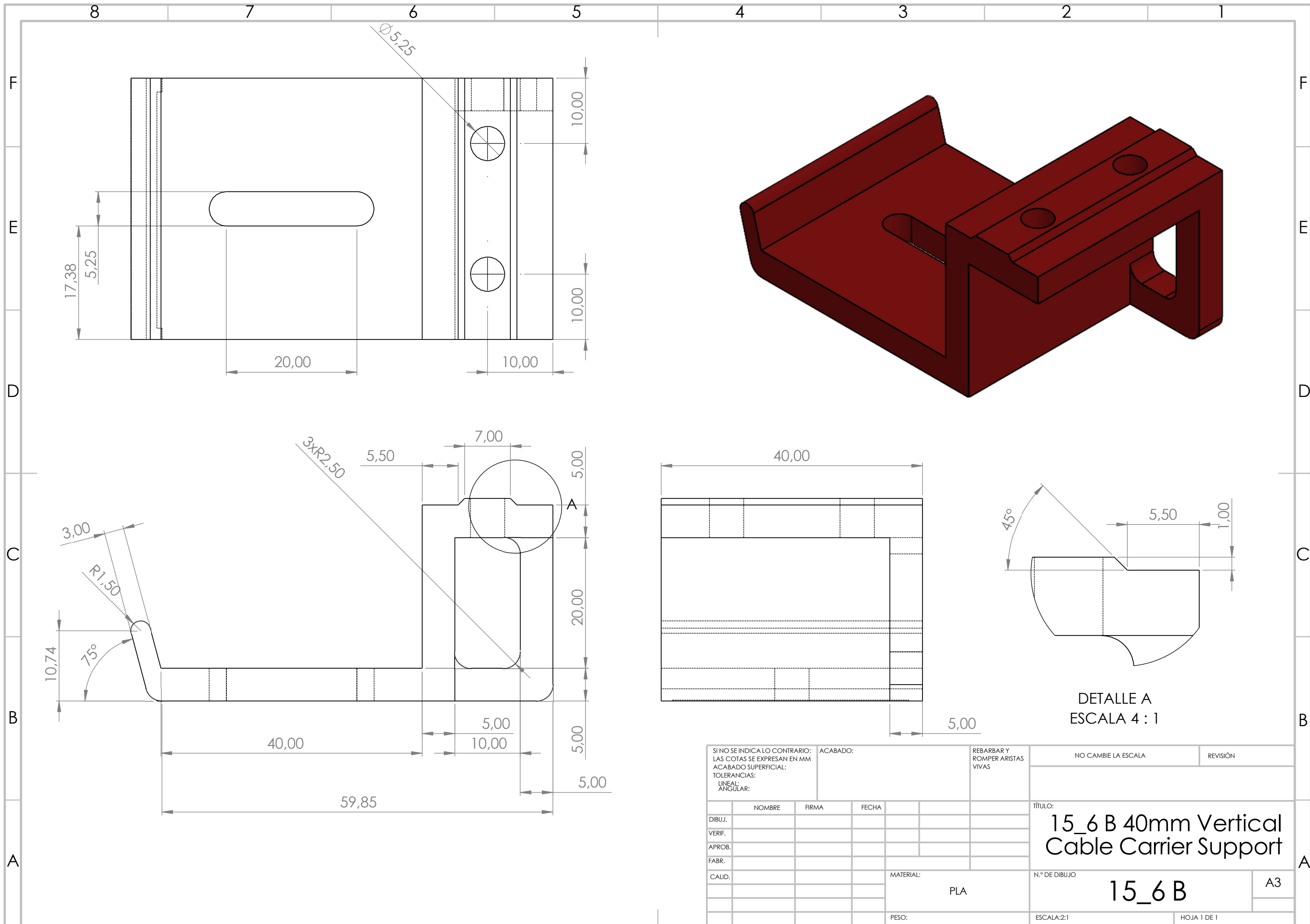
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: 12_5 A 65mm Cable Carrier Mount	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 12_5 A	A3
APROB.				ESCALA:2:1	HOJA 1 DE 1
FABR.				MATERIAL: Acero AISI 1095	
CALID.				PESO:	



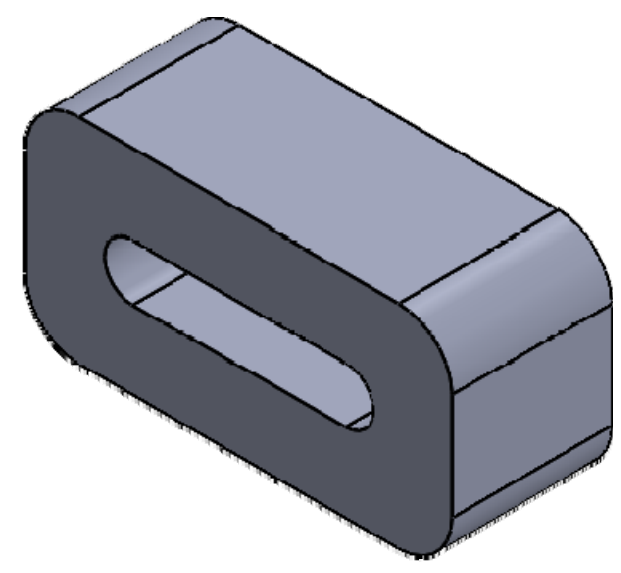
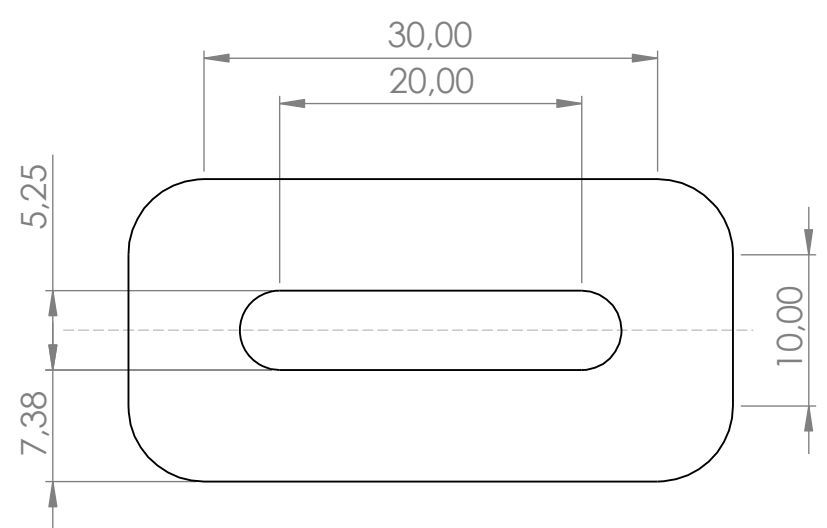
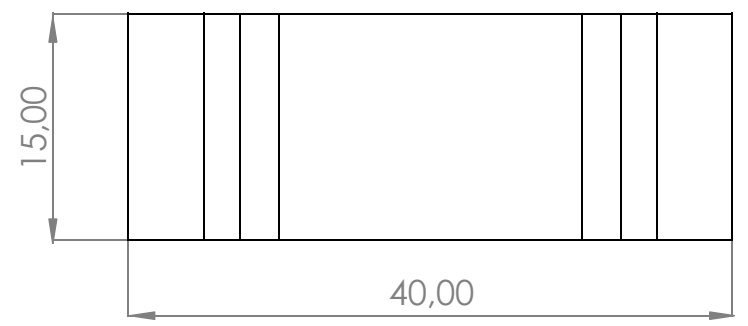
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.		NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Cross Slide Plate
VERIF.					N.º DE DIBUJO 13_5 A
APROB.					A3
FABR.		MATERIAL: Acero AISI 1095			ESCALA:1:1
CALID.		PESO:			HOJA 1 DE 1



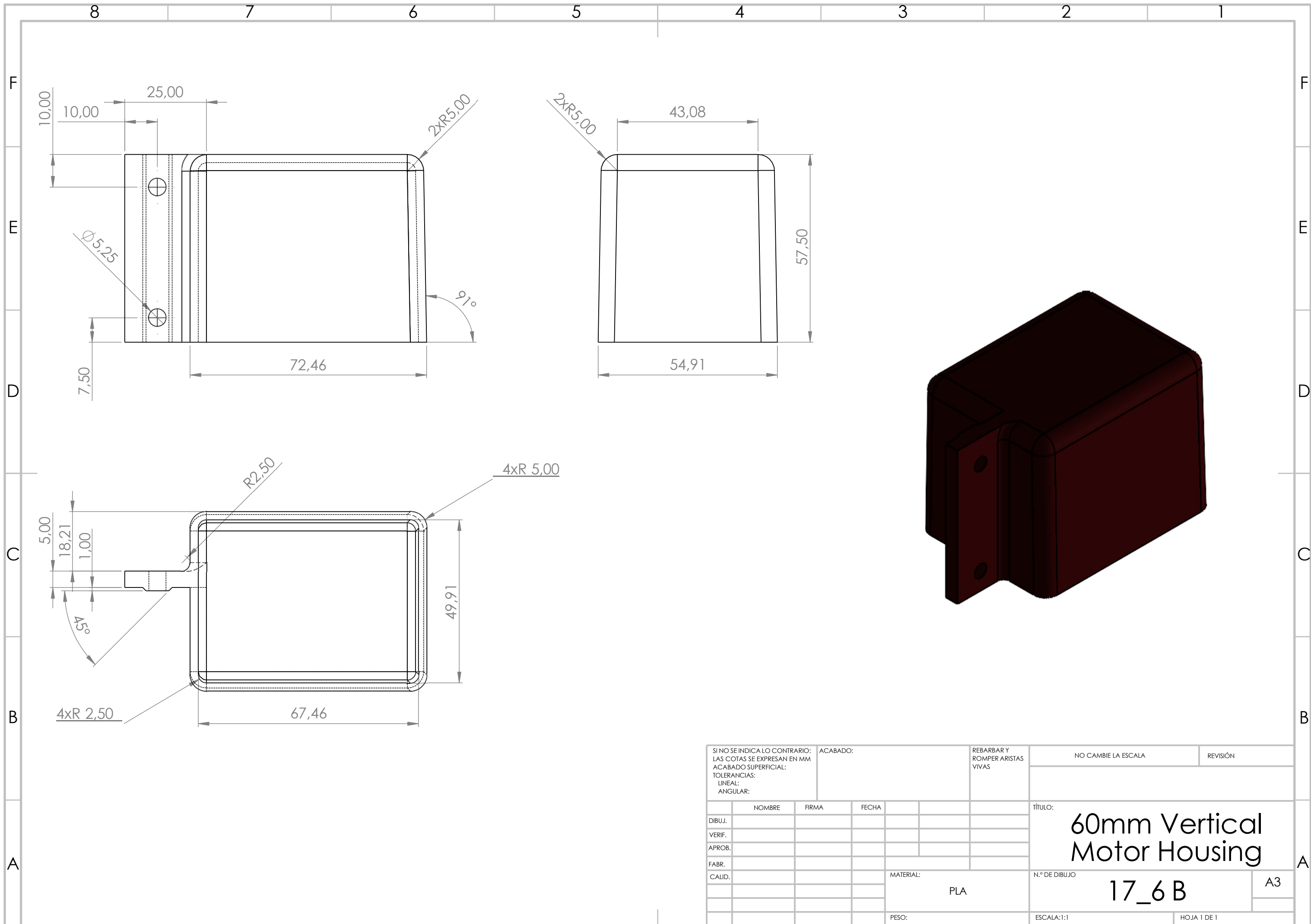
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: 14_6 A Z-Axis Motor Mount	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 14_6 A	
APROB.				A3	
FABR.				MATERIAL: Acero Inoxidable AISI 1095	ESCALA:1:1
CALID.				PESO:	HOJA 1 DE 1



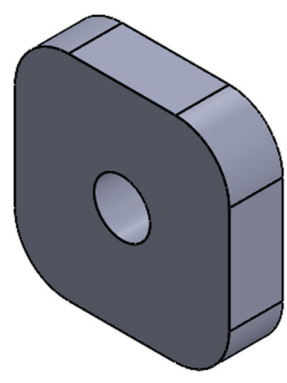
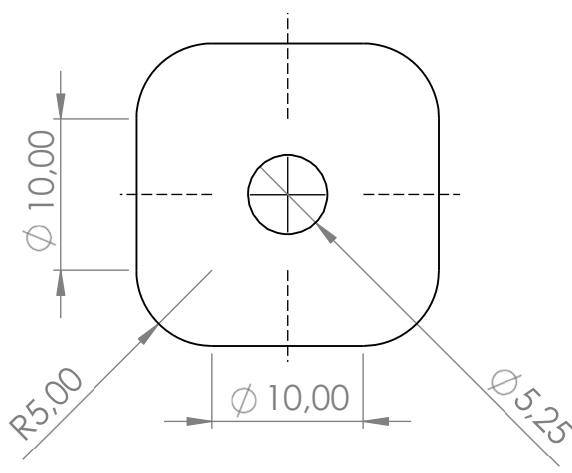
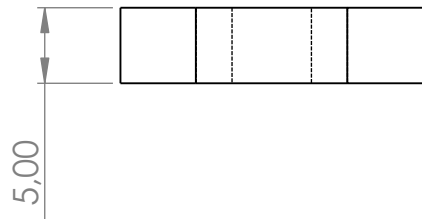
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
VERIF.						15_6 B 40mm Vertical Cable Carrier Support
APROB.						N.º DE DIBUJO
FABR.						15_6 B
CAUID.			MATERIAL: PLA			A3
			PESO:			ESCALA:2:1
						HOJA 1 DE 1



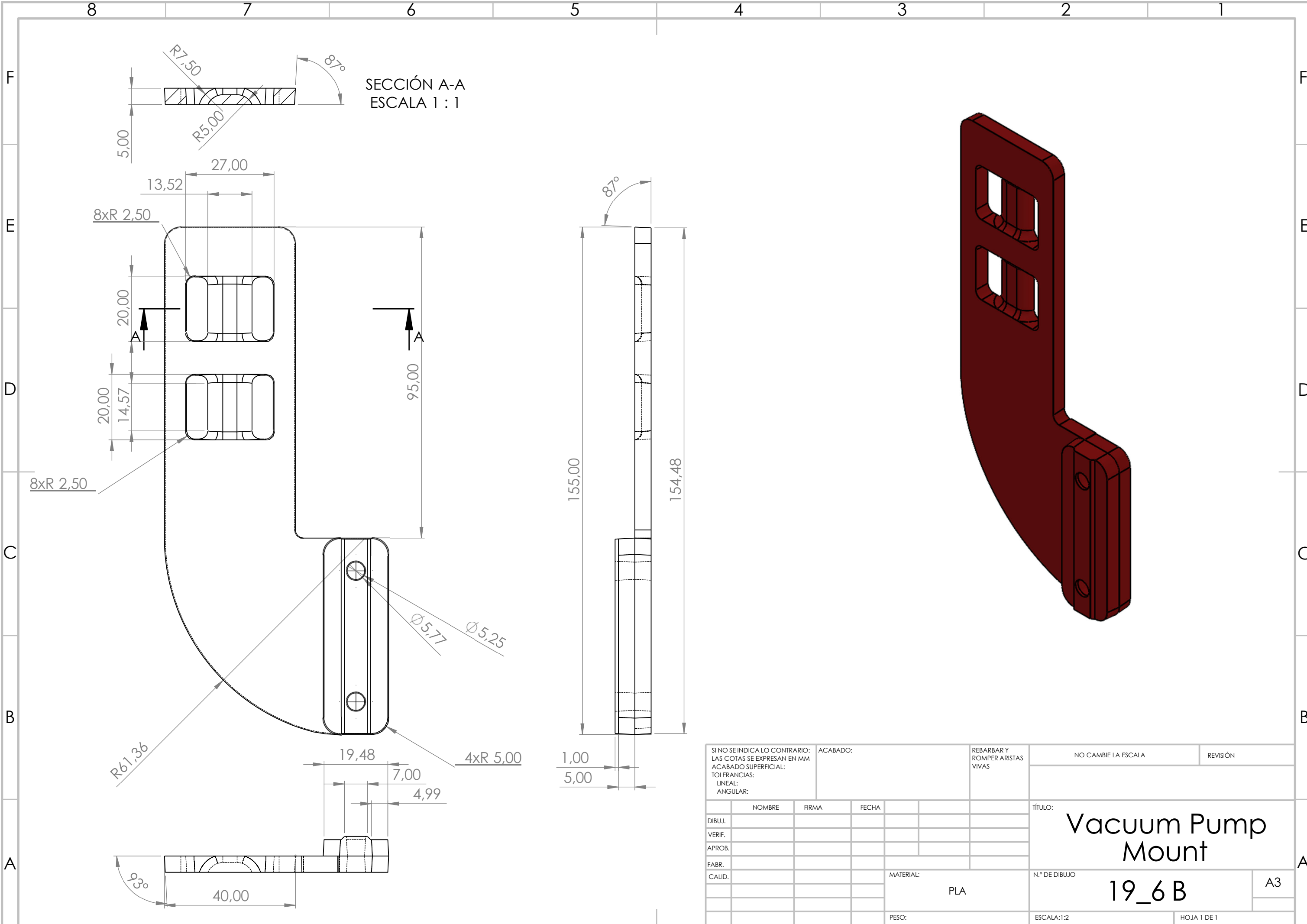
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.								40mm Cable Carrier Spacer Block	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
FABR. CALID.						MATERIAL:		16_6 B	
						PLA		A3	
						PESO:		ESCALA:2:1	
								HOJA 1 DE 1	



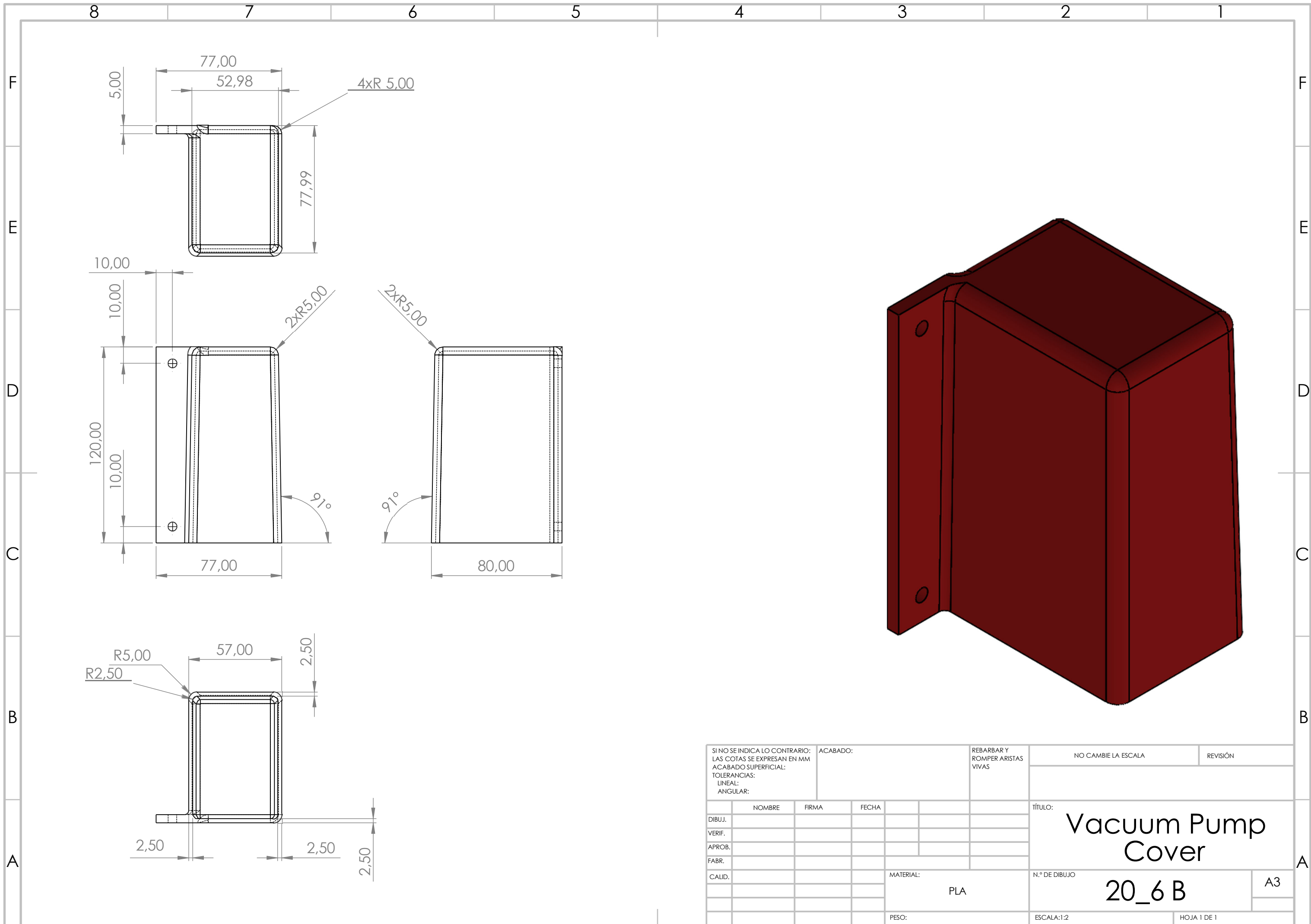
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.								60mm Vertical Motor Housing	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
FABR.						MATERIAL:		17_6 B	
CAUID.						PLA		A3	
						PESO:		ESCALA:1:1	
								HOJA 1 DE 1	



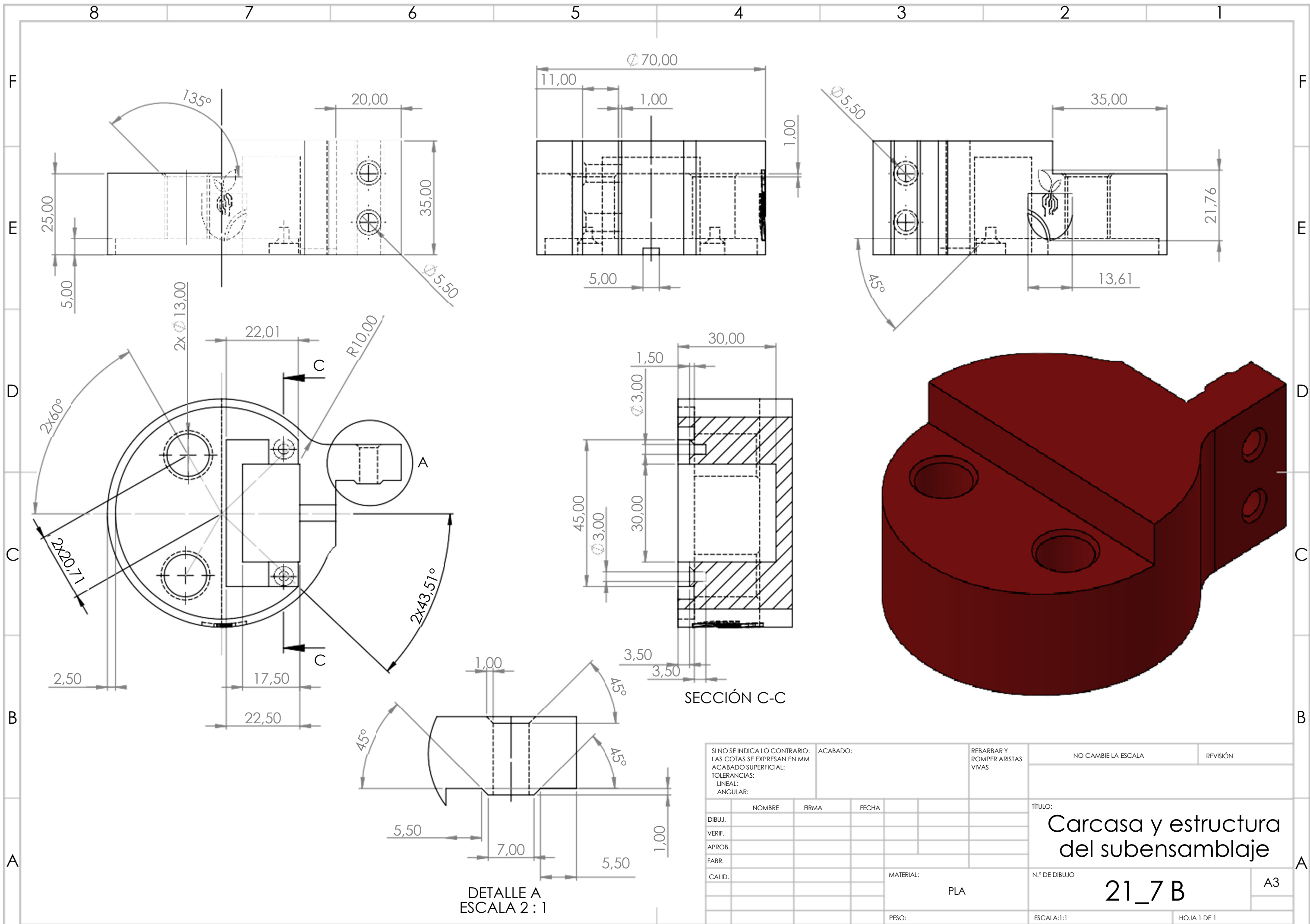
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: 18_6 A Z-Axis Hardstop	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 18_6 A	
APROB.				A4	
FABR.			MATERIAL: Acero Inoxidable AISI 1095	ESCALA:2:1	
CALID.			PESO:	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ. VERIF. APROB. FABR. CALID.				TÍTULO: Vacuum Pump Mount	
NOMBRE		FIRMA	FECHA	N.º DE DIBUJO 19_6 B	
MATERIAL: PLA			ESCALA:1:2		
PESO:			HOJA 1 DE 1		
				A3	



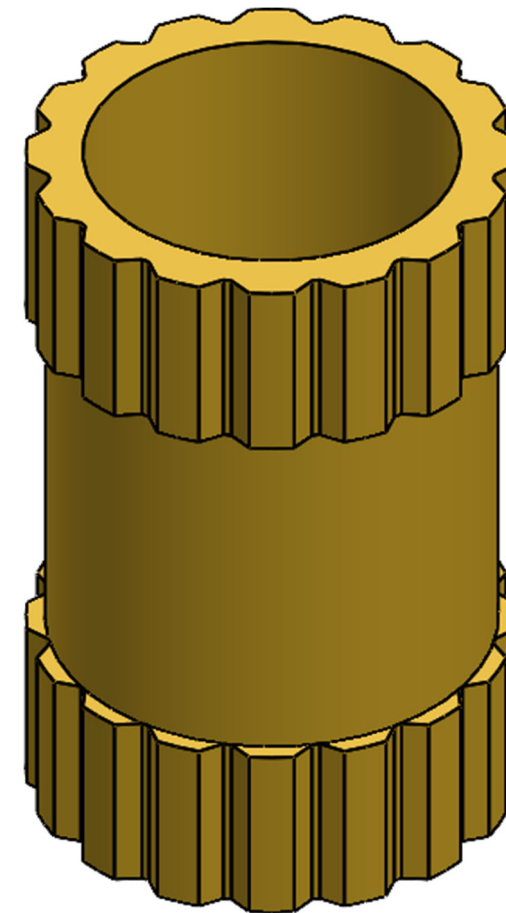
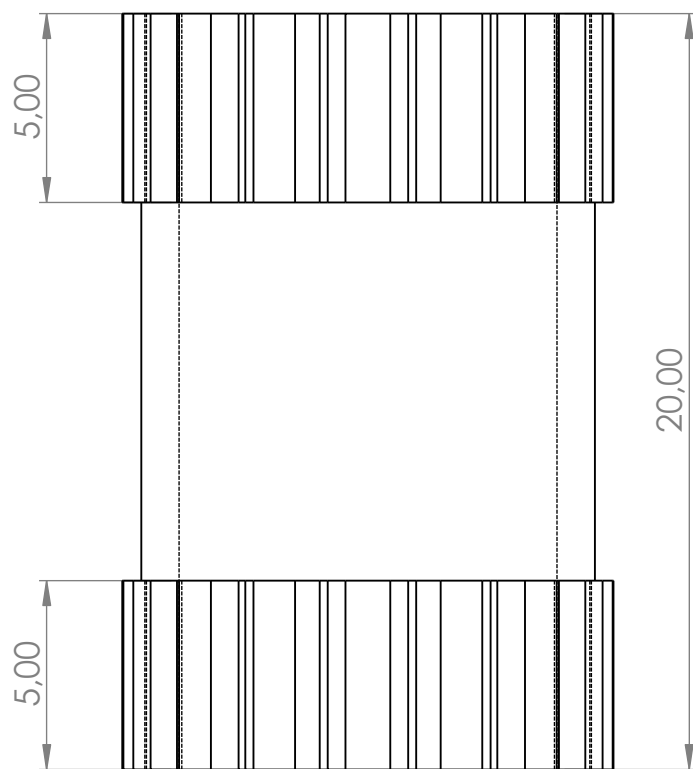
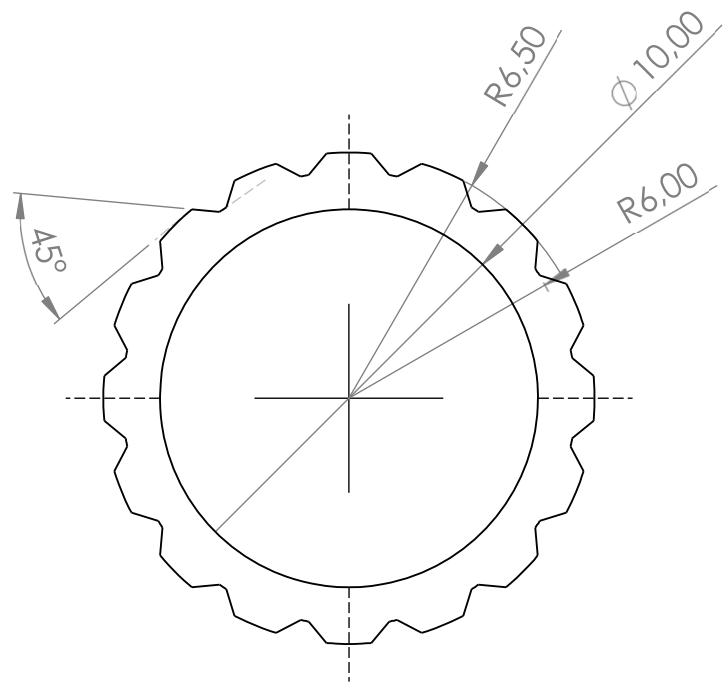
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO: Vacuum Pump Cover	
VERIF.					N.º DE DIBUJO	A3
APROB.				MATERIAL: PLA	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
FABR.				PESO:		
CALID.						



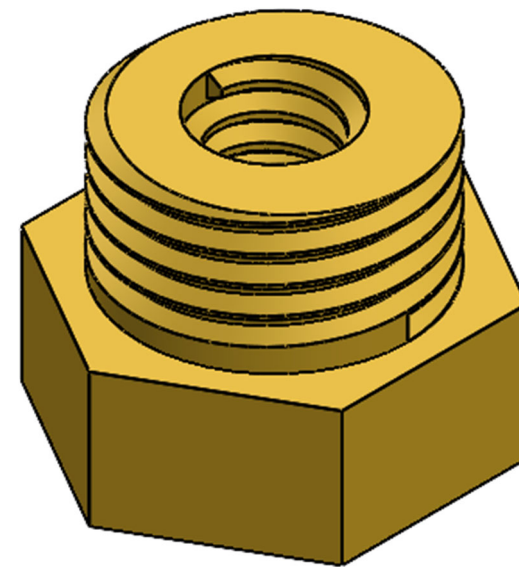
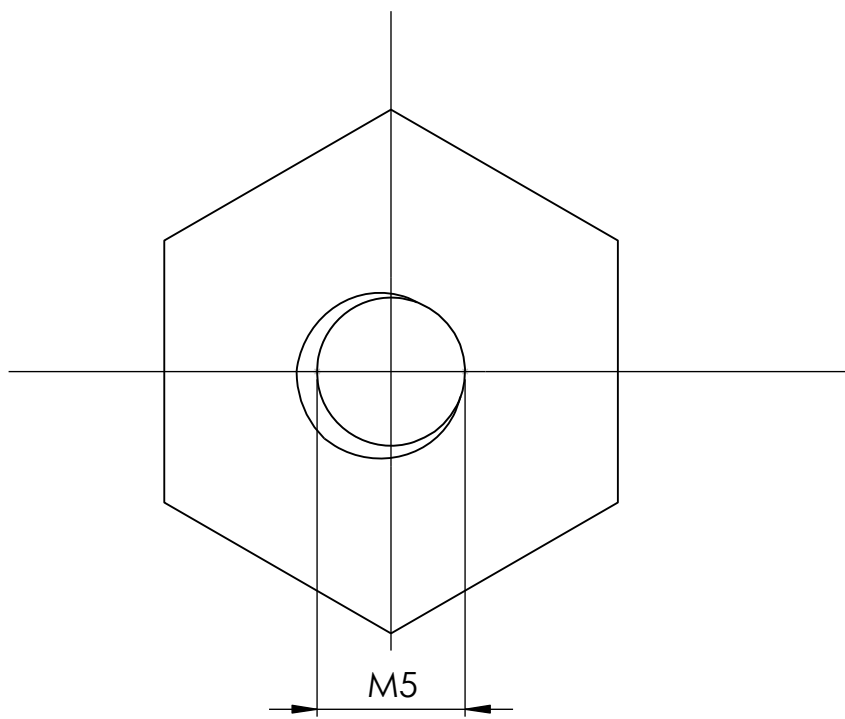
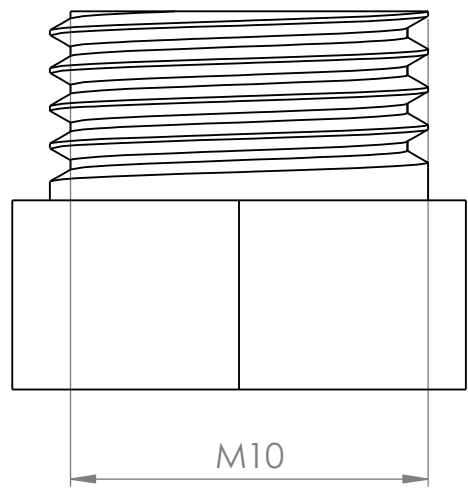
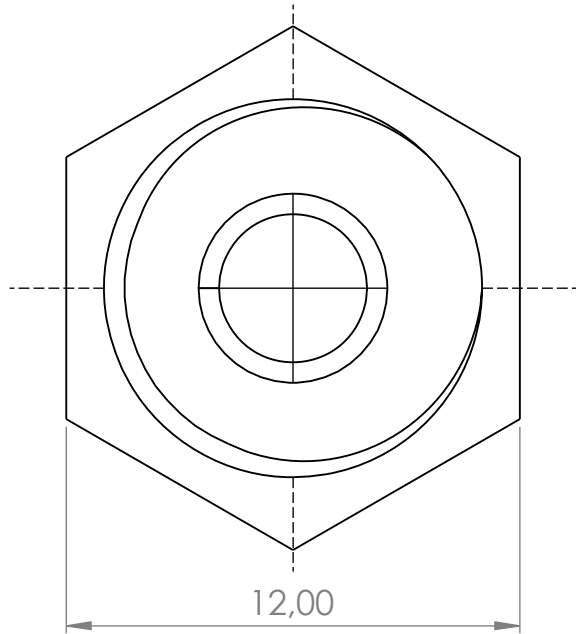
SECCIÓN C-C

DETALLE A
ESCALA 2:1

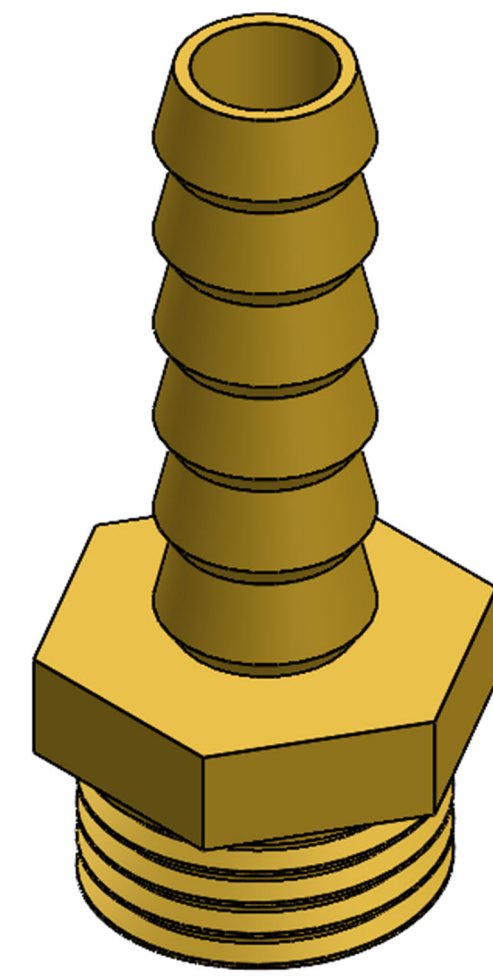
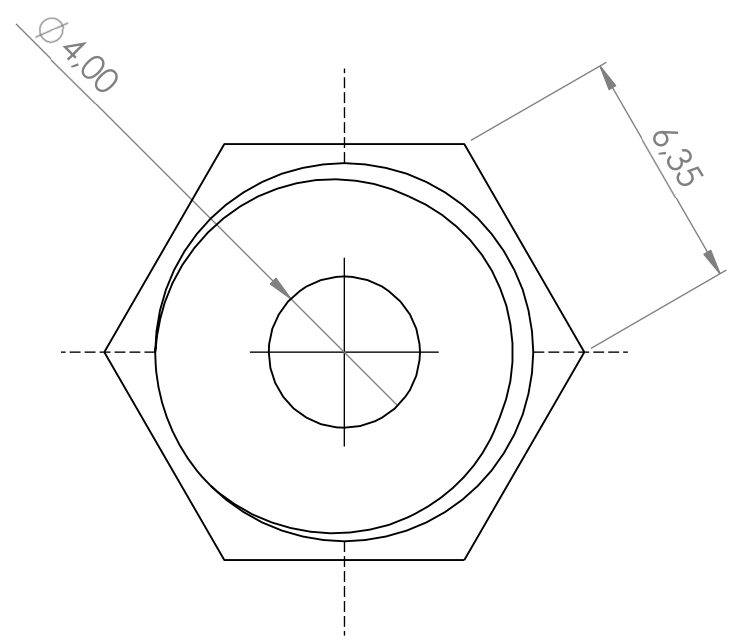
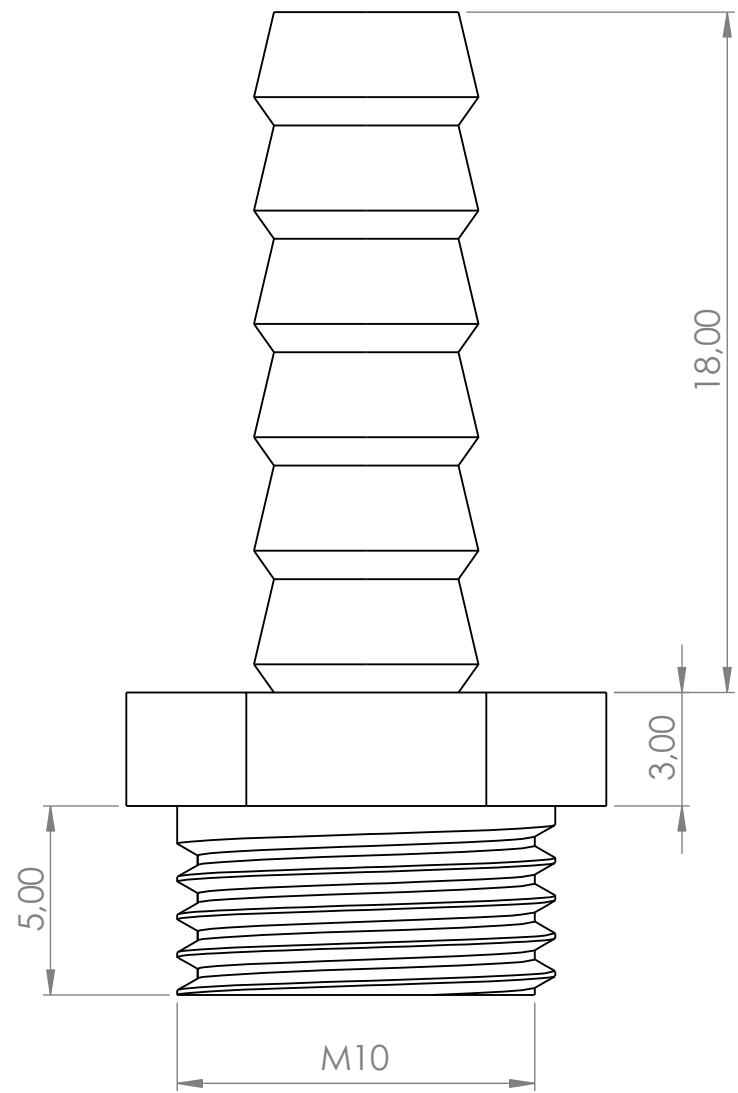
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.			NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:
VERIF.						Carcasa y estructura del subensamblaje
APROB.						N.º DE DIBUJO
FABR.						21_7 B
CALID.			MATERIAL:			A3
			PLA			
			PESO:			ESCALA:1:1
						HOJA 1 DE 1



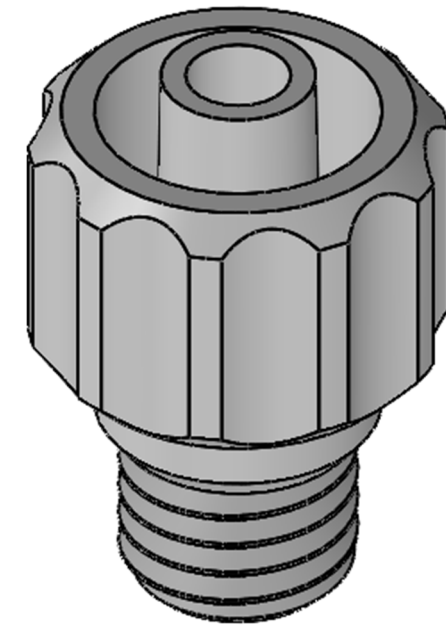
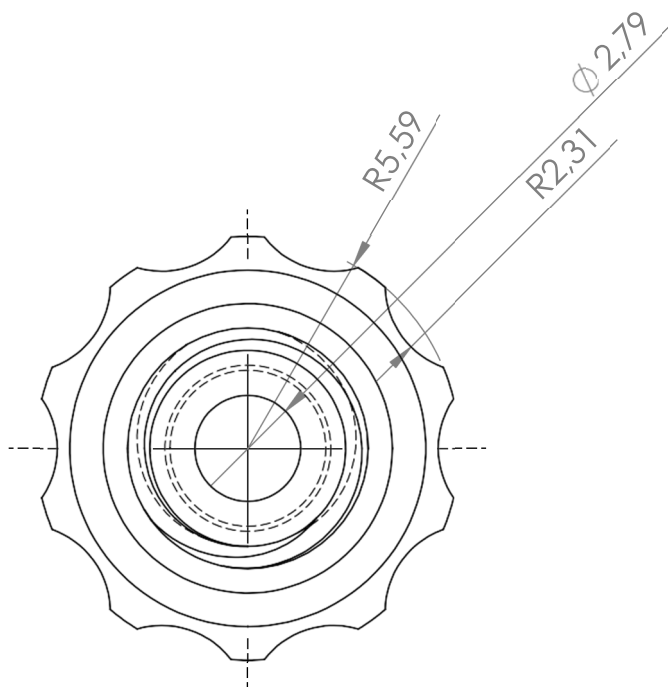
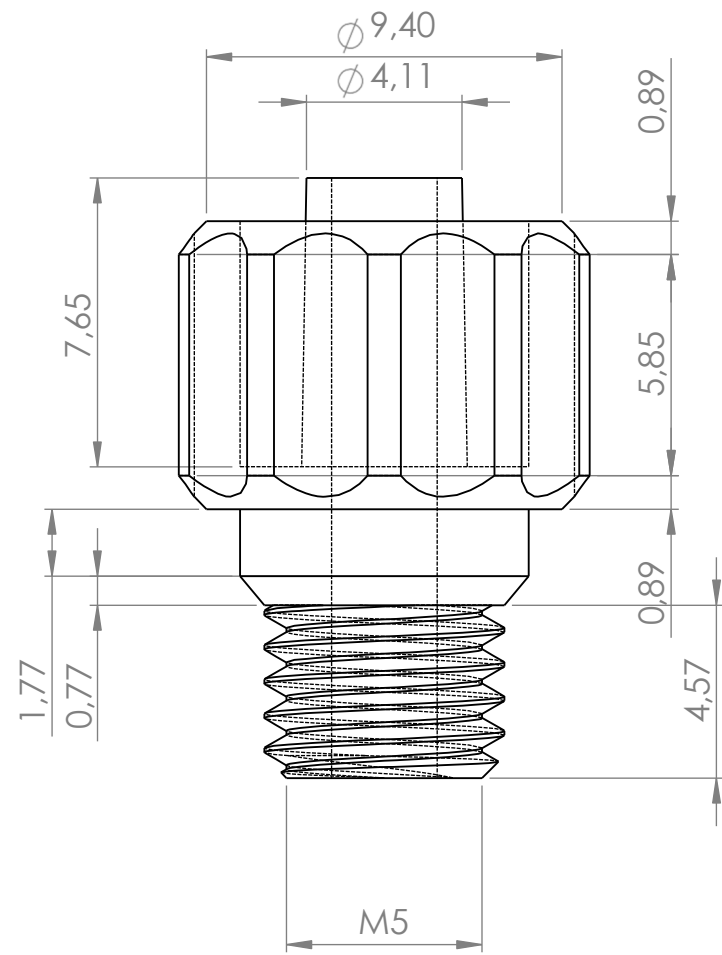
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Alargador M10- 20mm	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 22_7	A3
APROB.				ESCALA:2:1	HOJA 1 DE 1
FABR.				PESO:	
CALID.					



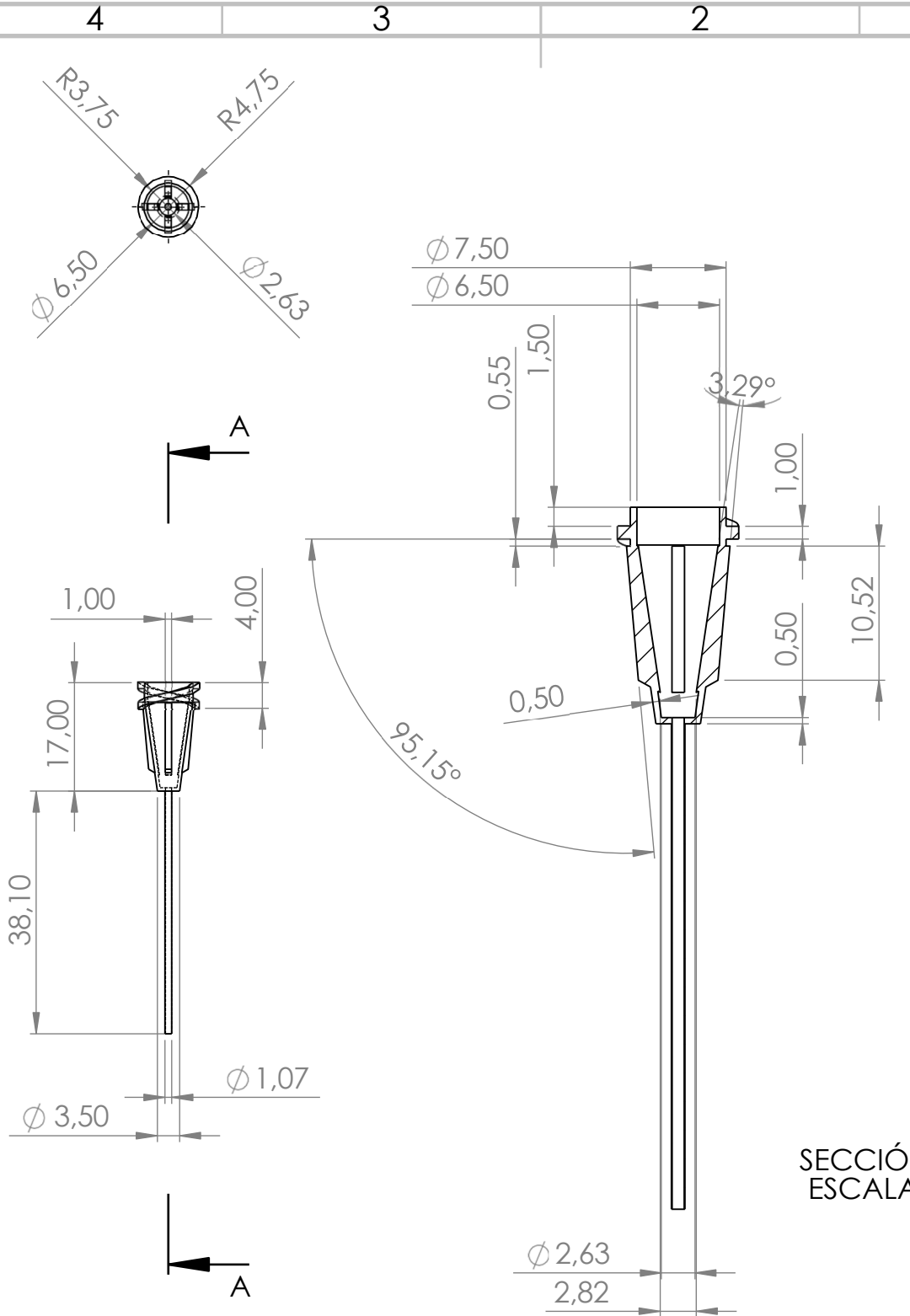
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: M10 - M5 Adaptador	
VERIF.				N.º DE DIBUJO 23_7	A3
APROB.				ESCALA:5:1	HOJA 1 DE 1
FABR.				PESO:	
CALID.					



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE			FIRMA			FECHA		
VERIF.			FABR.			MATERIAL:			TÍTULO:		
APROB.			CALID.			PESO:			M10 Barb Adaptador		
									N.º DE DIBUJO		
									24_7		
									ESCALA:2:1		
									HOJA 1 DE 1		
									A3		

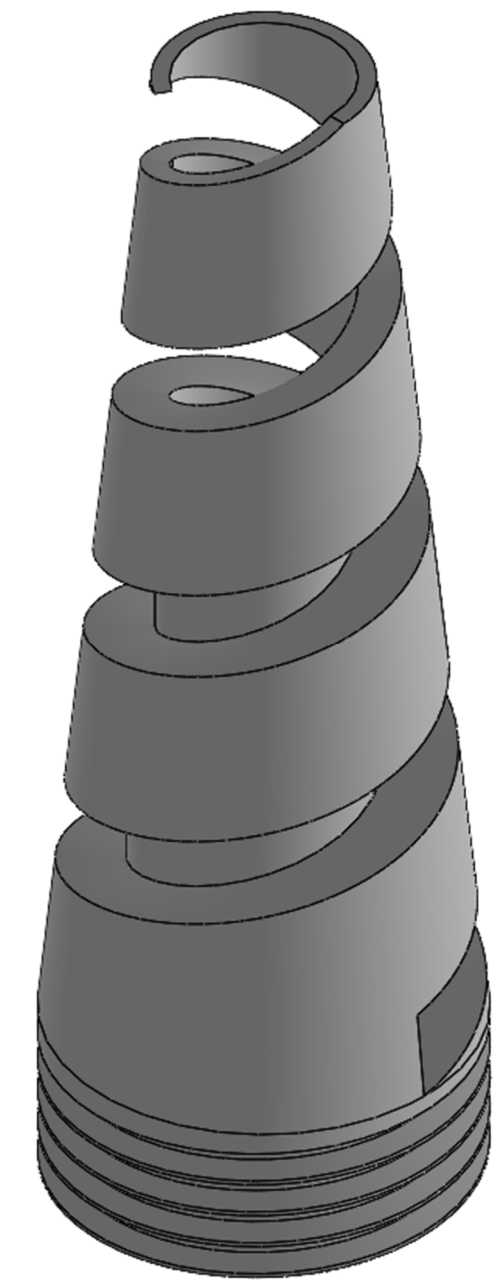
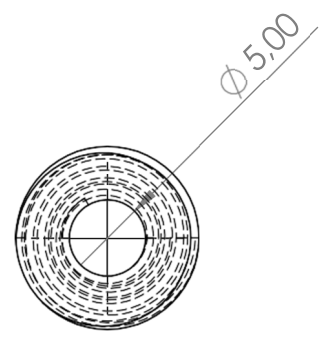
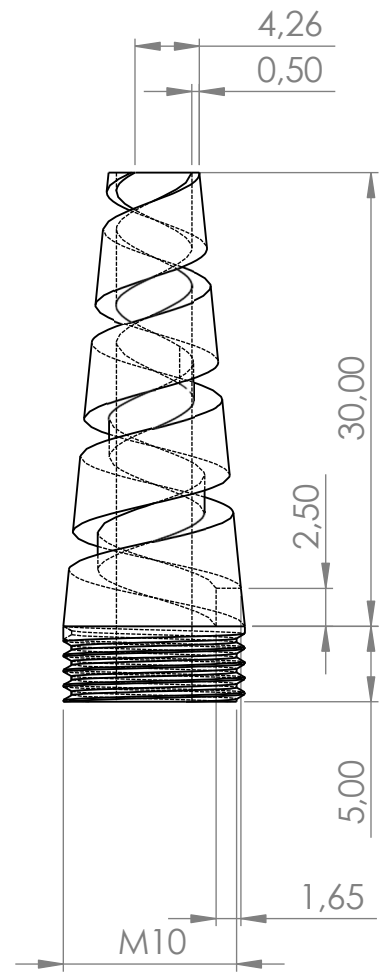


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE			FIRMA			FECHA		
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.									MATERIAL:		
									PESO:		
									TÍTULO:		
									Adaptador para agujas Luer Lock		
									N.º DE DIBUJO		
									25_7		
									ESCALA:5:1		
									HOJA 1 DE 1		
									A3		

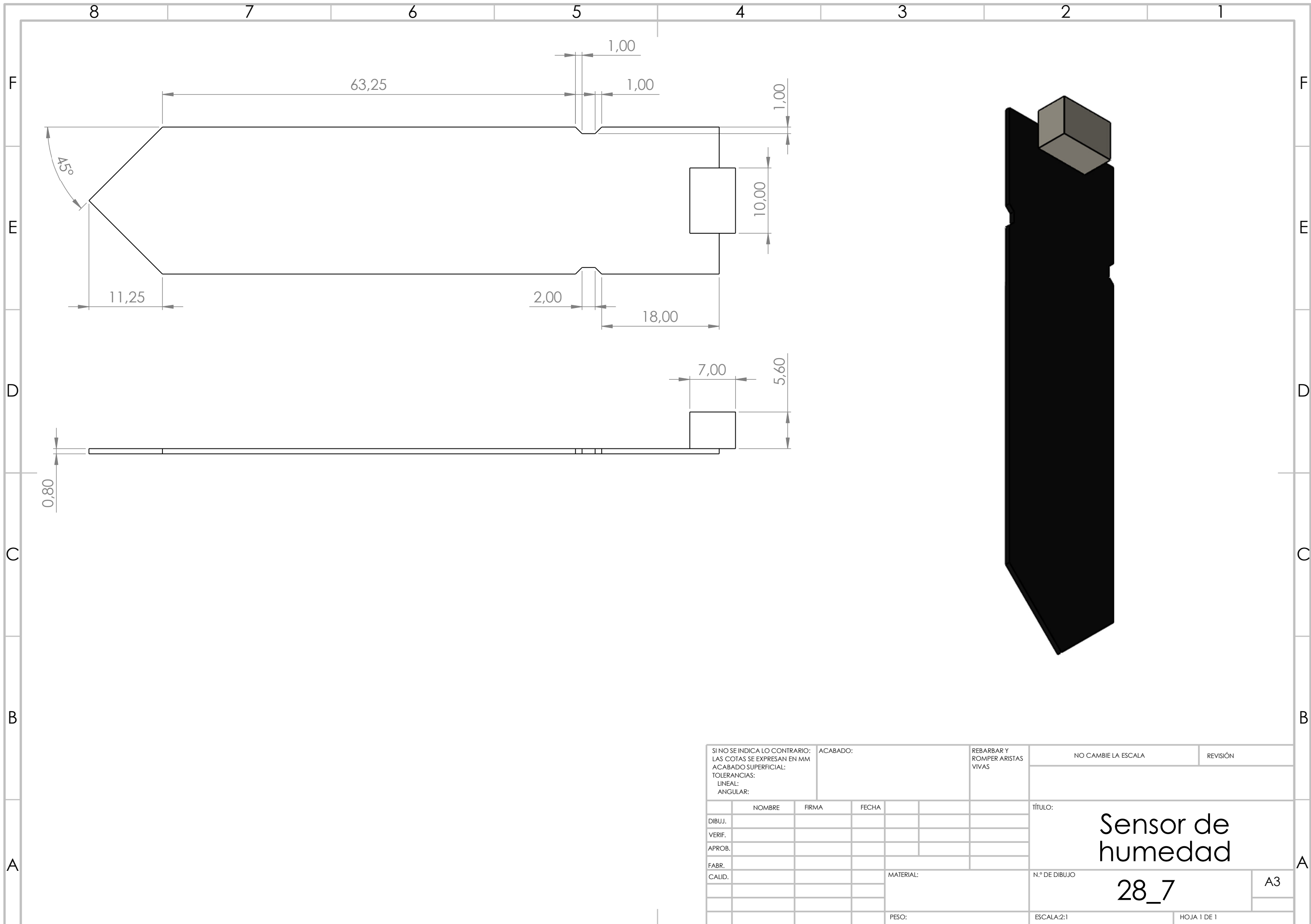


SECCIÓN A-A
ESCALA 2 : 1

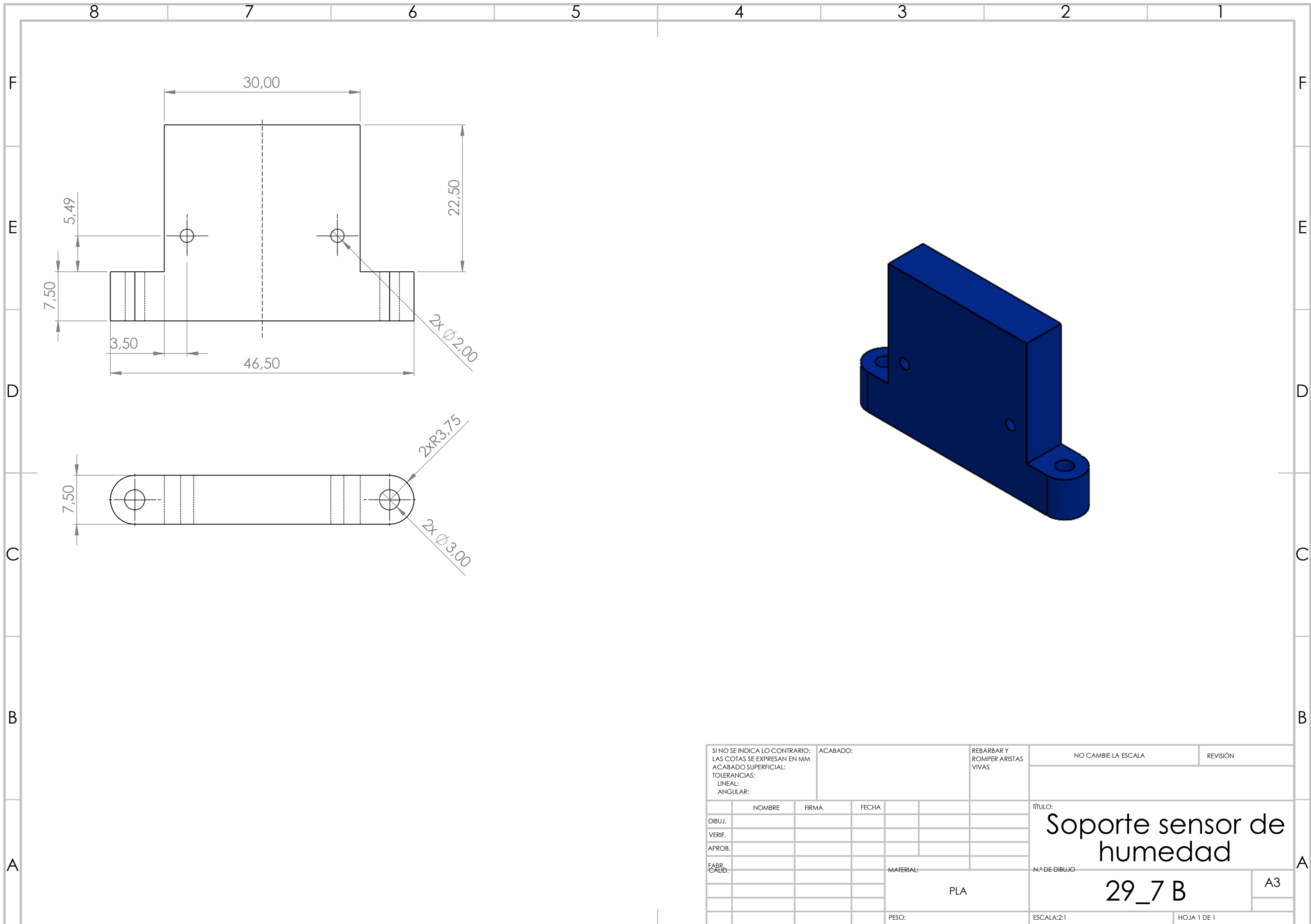
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA																																										TÍTULO: <h1>Aguja Luer Lock</h1>		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																																																
MATERIAL:				N.º DE DIBUJO <h1>26_7</h1>		A4																																												
PESO:				ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1																																												



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.								Spiral Spray Nozzle	
APROB.								N.º DE DIBUJO	
FABR.								27_7	
CALID.						MATERIAL:		A3	
						PESO:		ESCALA:2:1	
								HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.								Sensor de humedad	
APROB.									
FABR.								N.º DE DIBUJO	
CALID.								28_7	
								A3	
						MATERIAL:		ESCALA:2:1	
						PESO:		HOJA 1 DE 1	



Parte III

Pliego de condiciones

Índice

1 Objeto	3
2 Pliego de condiciones generales	4
2.1 Organización y planificación del trabajo:.....	4
2.2 Responsabilidades facultativas	10
3 Especificaciones de Materiales y Equipos	19
3.1 Materiales	19
3.2 Maquinaria	22
3.3 Instalaciones.....	22
4 Especificaciones de Ejecución	23
5 Pliego de condiciones económicas	25
6 Pliego de condiciones legales	32
6.1 Arbitraje obligatorio	32
6.2 Normativa	32

Capítulo 1

Objeto

El presente Pliego de Condiciones sobre el rediseño de un robot agrícola, tiene por finalidad cubrir una necesidad social, proporcionar un soporte autónomo a huertos urbanos ayudando así a aquellas personas y organizaciones que poseen uno pero les falta tiempo para dedicarse a ellos. La ejecución del proyecto, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño del proyecto, al Contratista o constructor del mismo, a sus técnicos, a sus encargados y al diseñador, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato del proyecto.

El producto tiene innovación, por lo tanto, la imagen del mismo se vuelve novedosa, su público exige grandes calidades frente a precios económicos, y fácil manejo y mantenimiento.

Capítulo 2

Pliego de condiciones generales

El Contratista, ordenará los trabajos de la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y el proyecto se realizará siempre siguiendo las indicaciones del Director del proyecto al amparo de las condiciones siguientes:

2.1. Organización y planificación del trabajo:

Condiciones generales

El contratista deberá suministrar todos los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones definidos en los cuadros de características de los Planos. La distribución comercial será a usuarios individuales y a organizaciones públicas. En caso de discrepancias de calidades, este documento tendrá preferencia sobre cualquier otro.

En caso de dudas sobre la interpretación técnica de cualquier documento del Proyecto, el Director del proyecto hará prevalecer su criterio.

Materiales complementarios de la instalación, usualmente omitidos en Planos, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, como destornilladores, llaves allen, lubricantes, tijeras, pinzas, toda clase de soportes, etc., deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar. Todos los materiales y equipos suministrados por el contratista deberán ser nuevos y de la calidad exigida por este Pliego de condiciones, salvo cuando en otra parte del Proyecto, el Pliego de Condiciones Particulares, se especifique la utilización de material usado.

La oferta incluirá el transporte de los materiales, así como la mano de obra para el premontaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con

las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.

Datos del proyecto

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución del mismo. El fabricante podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos. Javier García González se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director del Proyecto después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de ocho meses, después de la terminación de los trabajos, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes de acuerdo con las características del proyecto terminado, entregando al Director del Proyecto dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados. No se harán por el fabricante alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director del proyecto.

Relación de planos

Los planos referentes a este proyecto aparecen en el Documento "Planos" y consta de los siguientes planos:

- **00** Plano General, Farmbot Express V1.1
- **01** Bancal
- **02** Subensamblaje columna izquierda
- **03** Subensamblaje columna derecha
- **04** Subensamblaje de grúa
- **05** Cross Slide
- **06** Subensamblaje de Eje Z
- **07** Cabezal
- **1-4 A** Bel Clip
- **2 2 B** 50mm Cable Carrier Mount
- **3 2-3 A** Gantry Wheel Plate
- **4 2-3 B** Gantry Plate Spacer Block
- **5 2-3-5 B** Horizontal Motor Housing
- **6 2 A** Left Gantry Corner Bracket
- **7 2 B** Seed Trough Holder
- **8 2 B** Seed Trough
- **9 2 B** Solenoid Mount

- **10 3 A** Right Gantry Corner Bracket
- **11 4 B** 40mm Horizontal Cable Carrier Support
- **12 5 A** 65mm Cable Carrier Support
- **13 5 A** Cross Slide Plate
- **14 6 A** Z-Axis Motor Mount
- **15 6 B** 40mm Vertical Cable Carrier Support
- **16 6 B** 40mm Cable Carrier Spacer Block
- **17 6 B** 60mm Vertical Motor Mount
- **18 6 A** Z-Axis Hardstop
- **19 6 B** Vacuum Pump Mount
- **20 6 B** Vacuum Pump Cover
- **21 7 B** Carcasa y estructura de subensamblaje
- **22 7** Alargador M10-20mm
- **23 7** M10-M5 Adaptador
- **24 7** M10-Barb Adaptador
- **25 7** Adaptador para agujas Luer Lock
- **26 7** Aguja Luer Lock
- **27 7** Spiral Spray Nozzle
- **28 7** Sensor de humedad
- **29 7 B** Soporte sensor de humedad

Libro de órdenes

Cada orden deberá ser extendida y firmada por el Diseñador y por el responsable de la ejecución del proyecto, o por su encargado en la fábrica.

La copia de cada orden extendida a folio duplicado, quedará en poder del Diseñador. El hecho de que en el citado libro no figuren las ordenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el encargado de la ejecución material del proyecto o el encargado de montaje, de acuerdo con lo establecido en el pliego de condiciones, no supone eximente ni atenuante alguna para las responsabilidades que sean inherentes al encargado correspondiente.

Calendario de trabajo

el Contratista propondrá al Diseñador el correspondiente Calendario de trabajo en un plazo de 2 meses desde el día 1 de noviembre. Aceptado este calendario se firmarán por la Contrata y por el Diseñador Director quedándose cada parte con una copia.

La Contrata se obliga, por este documento a justificar mensualmente el cumpli-

miento de las ejecuciones programadas. Si no se cumplen con estos plazos se puede sancionar.

Plazo de ejecución

Será el que se señale en el contrato privado que se realice entre ambas partes del proyecto.

El encargado de la ejecución material del proyecto, y en caso de que sea distinto, el encargado de montaje, propondrán al Diseñador el correspondiente calendario de trabajo. Aceptado éste, se firmará, quedándose cada parte con una copia. La fecha a la que se vaya a dar principio a la ejecución, deberá ir indicada en el calendario de trabajo.

Los encargados no podrán excusarse de no haber cumplido los plazos estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes por parte del Diseñado.

Comienzo de los trabajos

Obligatoriamente y por escrito, deberá el encargado de la ejecución del proyecto dar cuenta al Diseñador del comienzo de los trabajos antes de que transcurran 72 horas antes del comienzo del proyecto.

La fecha con la que se vaya a dar principio a la ejecución deberá ir indicada en el Calendario de trabajo.

Inspección y medidas previas al montaje

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Contratista deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

En caso de discrepancias entre las medidas realizadas en el trabajo y las que aparecen en Planos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el Contratista deberá notificar las anomalías al Director del proyecto para oportunas modificaciones.

Variaciones de proyecto y cambios de materiales

El Contratista podrá proponer, al momento de presentar la oferta, cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados, debidamente justificada.

La aprobación de tales variantes queda a criterio del Director del Proyecto, que las aprobará solamente si redundan en un beneficio económico de inversión y/o explotación para la Propiedad, sin merma para la calidad de la instalación.

El Director del proyecto evaluará, para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la consideración de la totalidad o parte de los Proyectos estructurales, mecánicos y eléctricos y, eventualmente, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridos por cualquiera de las otras instalaciones.

Empleo de los materiales y aparatos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y de los aparatos, sin que antes sean examinados y aceptados por el Diseñador Director, en los términos que prescriben los Pliegos de Condiciones, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contraseñados, para efectuar con ellos las comprobaciones, ensayos, o pruebas preceptuadas en el Pliego de Condiciones vigentes.

Los gastos que ocasionen los ensayos, análisis, prueba, etc., antes indicados, serán de cargo al Contratista.

Si los materiales utilizados para la fabricación de los elementos no son de la calidad requerida o no cumplen las condiciones óptimas para su correcto uso, la directora del proyecto ordenará a la empresa que los reemplace por otros que cumplan las condiciones indicadas específicas en este pliego, o en su defecto las fijadas por la autora del proyecto. No teniendo el Contratista derecho a indemnización alguna.

Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales o aparatos empleados en la fabricación del producto no fueran de la calidad requerida, o no estuviesen perfectamente preparados, el Diseñador dará orden al encargado de la ejecución material del proyecto para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas por los pliegos o, a falta de estos, a las órdenes del Diseñador.

La fecha con la que se vaya a dar principio a la ejecución deberá ir indicada en el Calendario de trabajo.

Pruebas

El Contratista pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se indicará a continuación para las pruebas finales y, para las pruebas parciales, en otros capítulos de este Pliego de Condiciones.

Las pruebas parciales estarán precedidas de una comprobación del material al momento de su recepción en el trabajo. Cuando el material o equipo esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones mecánicas y eléctricas, fijación a la estructura principal, accesibilidad, accesorios de seguridad y funcionamiento, etc.)

Sucesivamente, cada material o equipo participará también en las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (funcionamiento, puesta en marcha, aislamiento, ruidos, vibraciones, etc.)

Pruebas finales

Una vez el proyecto se encuentre totalmente terminado, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y que haya sido ajustada y equilibrada de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, se deberán realizar las pruebas finales, según indicaciones del Director del proyecto, cuando así se requiera.

- Verificación, de la resistencia a la compresión vertical en el canto.
- Verificación de la resistencia a aplastamiento en el plano.
- Verificación de su montaje.
- Verificación de su vida útil.
- Verificación de calidad.
- Verificación de su coste.
- Verificación del impacto ambiental del proyecto.
- Verificación del buen funcionamiento de las partes mecánicas.
- Verificación del buen funcionamiento del software.

2.2. Responsabilidades facultativas

Técnico director de diseño

Corresponde al Técnico Director:

- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a los talleres, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las órdenes complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución técnica.
- Aprobar las certificaciones parciales de trabajo, la liquidación final y asesorar al cliente en el acto de la recepción.
- Redactar cuando sea requerido el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización del proyecto y aprobar el Plan de Seguridad y Salud para la aplicación del mismo.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y sistemas de seguridad e higiene en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena realización.
- Realizar o disponer las pruebas o ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de trabajo según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad del trabajo de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al Jefe de fábrica, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas.
- Realizar las comprobaciones del trabajo ejecutado y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación del proyecto.
- Suscribir el certificado final del proyecto.

Fabricante

Corresponde al fabricante:

- Organizar los trabajos, redactando los planes de trabajo que se precisen y autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares para la ejecución del proyecto.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene del proyecto en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Técnico Director el acta del replanteo del proyecto.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en el trabajo y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en el proyecto y rechazando los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento del proyecto, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Técnico Director con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales del proyecto.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la ejecución del diseño.

Verificación de los documentos del proyecto.

Antes de dar comienzo al trabajo, el fabricante consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad del proyecto contratado o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes. El fabricante se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución del proyecto.

Prelación de preinscripción

El orden de prelación de documentos del proyecto, de mayor a menor, queda fijado de la siguiente forma:

1 Planos. 2 Pliego de Condiciones. 3 Presupuesto. 4 Memoria.

Si por cualquier circunstancia fuese necesario ejecutar alguna variación en el proyecto a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de la fecha que se redacte, se considerará parte integrante del proyecto primitivo, y por tanto, sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se le opongán explícitamente.

Plan de seguridad y salud en el trabajo

El contratista está obligado a adaptar todas las medidas oportunas para garantizar la seguridad de los operarios, así como de terceros vinculados o no al trabajo, aunque por parte de la empresa no se mencionen expresamente.

Limpieza en el trabajo

Es obligación del fabricante mantener limpios los talleres y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que el taller ofrezca un buen aspecto.

Presencia del responsable en la fábrica

El fabricante viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en el proyecto, que tendrá carácter de Jefe del mismo, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas disposiciones competan a la contrata. El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Técnico para ordenar la paralización del proyecto, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia. El fabricante, por sí mismo o por medio de sus técnicos encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Técnico Director, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándole los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de los productos acabados, aún cuando no se halle estipulado

expresamente en los Pliegos de Condiciones, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Diseñador Industrial

Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al fabricante estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Técnico Director. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el fabricante, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al fabricante, el correspondiente recibo, si este lo solicitase. El fabricante podrá requerir del Técnico Director, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las ordenes dimanadas del Diseñador, solo podrá presentarlas, a través del mismo, ante la propiedad, si ellas son de índole económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes, contra disposiciones de orden técnico o facultativo no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada, dirigida al Diseñador Director, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Recusación por el contratista del personal nombrado por el diseñador

El Contratista no podrá recusar a los diseñadores, o personal de cualquier índole, ni pedir que por parte de la Propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones. Cuando se crea perjudicado por los resultados de estos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa pueda interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Recusación por el diseñador-director del representante facultativo del contratista

Cuando esté ausente el Contratista, por cualquier causa, que el Diseñador-Director lo estime necesario, el Contratista tendrá obligación de poner al frente de su personal un facultativo legalmente autorizado.

Faltas de personal

El Técnico Director, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al fabricante para que aparte del trabajo a los dependientes u operarios causantes de la perturbación. El fabricante podrá subcontratar capítulos o unidades del proyecto a otros fabricantes, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como fabricante general del proyecto.

Comienzo del proyecto y ritmo de ejecución de los trabajos

El fabricante dará comienzo a las tareas en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato. Obligatoriamente y por escrito, deberá el fabricante dar cuenta al Técnico Director del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

Facilidades para otros fabricantes

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el fabricante General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás fabricantes que intervengan en el proyecto.

Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre fabricantes por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, ambos fabricantes estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Técnico Director en tanto se haya formulado y tramitado el Proyecto Reformado.

Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del fabricante, éste no pudiese comenzar las tareas, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el fabricante expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso del proyecto

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de trabajos estipulados, alegando como causa la carencia de planos y órdenes del Diseñador, a excepción del caso en que la contrata en uso de las facultades que en ese artículo se le conceden, los haya solicitado por escrito del Diseñador y éste no los haya entregado

Insuficiente especificación en la documentación del proyecto

Si alguna parte del proyecto no quedara suficientemente especificada en la documentación presente, no se realizará hasta que el Diseñador dé las indicaciones precisas y concretas para su ejecución. Esto se advertirá a la Dirección por escrito, con la antelación suficiente para que pueda estudiar el problema y aportar la solución mas acertada. El tiempo mínimo de antelación es una semana.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los Planos o Dibujos, las órdenes o instrucciones correspondientes se comunicaran por escrito al encargado de la ejecución material del proyecto, estando éste obligado a su vez a devolver, ya sean los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que firmará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba.

Cualquier reclamación que el encargado de la ejecución del proyecto quisiera realizar, estará dirigida, dentro del plazo de 15 días, al inmediato superior técnico.

Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al fabricante, dentro de las limitaciones presupuestarias.

Trabajos defectuosos

El fabricante debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica" en el Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del producto es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta. Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva del proyecto, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

Procedencia de materiales y aparatos

El fabricante tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada. Obligatoria, y para proceder a su empleo o acopio, el fabricante deberá presentar al Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución del proyecto, serán de cuenta del fabricante. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

Limpieza del trabajo

Es obligación del fabricante mantener limpios los talleres y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que el taller ofrezca un buen aspecto.

Documentación final de proyecto

El Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final del proyecto, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción. Hasta que tenga lugar la recepción definitiva el Contratista es responsable de la conservación del producto, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales. En términos generales, si el funcionamiento del producto o de alguno de sus accesorios no es correcto durante el periodo de garantía, la empresa, en su calidad de proveedor original del producto, o un Servicio Técnico Autorizado por la

propia empresa, según su situación geométrica, lo reparará o sustituirá. La garantía comercial del producto cubre un periodo de 1 año.

Vicios Ocultos

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en el proyecto ejecutado, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se observen serán de cuenta del fabricante, siempre que los vicios existan realmente.

Capítulo 3

Especificaciones de Materiales y Equipos

3.1. Materiales

Los materiales requeridos para este proyecto se muestran en la siguiente tabla. Se ha indicado la sección a la que pertenecen según la clasificación realizada en la memoria del proyecto (ver ??):

Tabla 3.1: *Tabla de materiales y elementos necesarios para la fabricación del Farmbot Express V1.1 rediseñado, elaboración propia.*

SECCIÓN	PIEZA	CANTI-DAD	UNI-DAD
Piezas plásticas	PLA	0,3280	kgs/-prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x1000mm	2	uds/-prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x1200mm	1	ud/prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x500mm	1	uds/-prod
Placas y soportes	Piezas de aluminio, corte y doblado	1	uds/-prod
Tornillería	Tornillo M2.5 4mm	10	uds/-prod

Tornillería	Tornillo M3 12mm	18	uds/- prod
Tornillería	Tornillo M5 10mm	56	uds/- prod
Tornillería	Tornillo M5 16mm	2	uds/- prod
Tornillería	Tornillo M5 20mm	1	uds/- prod
Tornillería	Tornillo M5 25mm	1	uds/- prod
Tornillería	Tuerca autoblocante M5	34	uds/- prod
Tornillería	Espaciador M5 6mm	5	uds/- prod
Tornillería	Espaciador M5 14mm	4	uds/- prod
Tornillería	Espaciador excéntrico M6 6mm	5	uds/- prod
Tornillería	Roscas en T	70	uds/- prod
Tornillería	Bridas 200mm	4	uds/- prod
Transmisión	Ruedas V-Slot	10	uds/- prod
Transmisión	Correas de transmisión 5m	3	uds/- prod
Transmisión	Soportes de fijación de correa	6	uds/- prod
Transmisión	Polea dentada 20T	3	uds/- prod
Transmisión	Acople de 5mm a 8 mm	1	uds/- prod
Transmisión	Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo	1	uds/- prod
Electricidad y electrónica	Caja de electricidad	1	uds/- prod
Electricidad y electrónica	Fuente de alimentación	1	uds/- prod

Electricidad y electrónica	Raspberry Pi Zero W 2	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Tarjeta microsd 8gb	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Botón de emergencia	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Farmduino Express	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Motor NEMA17	4	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Cables de motor	8,5	m/prod
Electricidad y electrónica	Cadena protectora de cables	3,84	m/prod
Electricidad y electrónica	Bomba de aire 24V 0.5A	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Cámara	1	uds/-prod
Electricidad y electrónica	Tira LED	1,2	m/prod
Electricidad y electrónica	Protector de conector de cables	1	uds/-prod
Fontanería	Tubos NPT	3	m/prod
Fontanería	Filtro de aire	1	uds/-prod
Fontanería	Adaptador M10 a NPT	1	uds/-prod
Fontanería	Extensores M10 20mm	1	uds/-prod
Fontanería	Adaptador M10 a M5	1	uds/-prod
Fontanería	Adaptador Luer Lock	1	uds/-prod
Fontanería	Aguja Luer Lock	10	uds/-prod
Fontanería	Sensor de humedad de tierra	1	uds/-prod
Fontanería	Desbrozadora	1	uds/-prod

Fontanería	Regulador de presión	1	uds/- prod
Fontanería	Adaptador de boca de riego a NPT	1	uds/- prod
Fontanería	Codo NPT	1	uds/- prod
Embalaje	Cartón de embalaje	1	uds/- prod

3.2. Maquinaria

Será necesario para su fabricación al menos 10 impresoras fdm tipo Artillery Genius y se buscará un subcontratante que pueda realizar piezas en chapa de acero AISI 1095 de 5mm mediante corte láser de CO2 y doblado cuando sea necesario.

También será necesario maquinaria básica para su montaje: destornilladores de estrella, llaves Allen M2.5, M3, M5 y M10, también será necesario alicates, tenazas y pinzas de electricista.

Para el uso de los documentos y diseños 3d, se recomienda tener al menos un ordenador con licencia de Solidworks con la versión 2020-21 o posterior.

3.3. Instalaciones

Para la realización del proyecto serán necesario que el edificio tenga un espacio para oficina, una sala de montaje de al menos 100 m2, una sala de fabricación de 50m2 y un almacén que dependerá su tamaño en función del tamaño del lote a realizar.

Capítulo 4

Especificaciones de Ejecución

La fabricación y montaje del robot aparecen especificados en el documento Memoria, con el diagrama PERT realizado y en el Anexo VIII, con la tabla de actividades y cada pieza requerida para su fabricación y montaje. Para facilidad de acceso, aparece representado en la figura de la siguiente imagen:

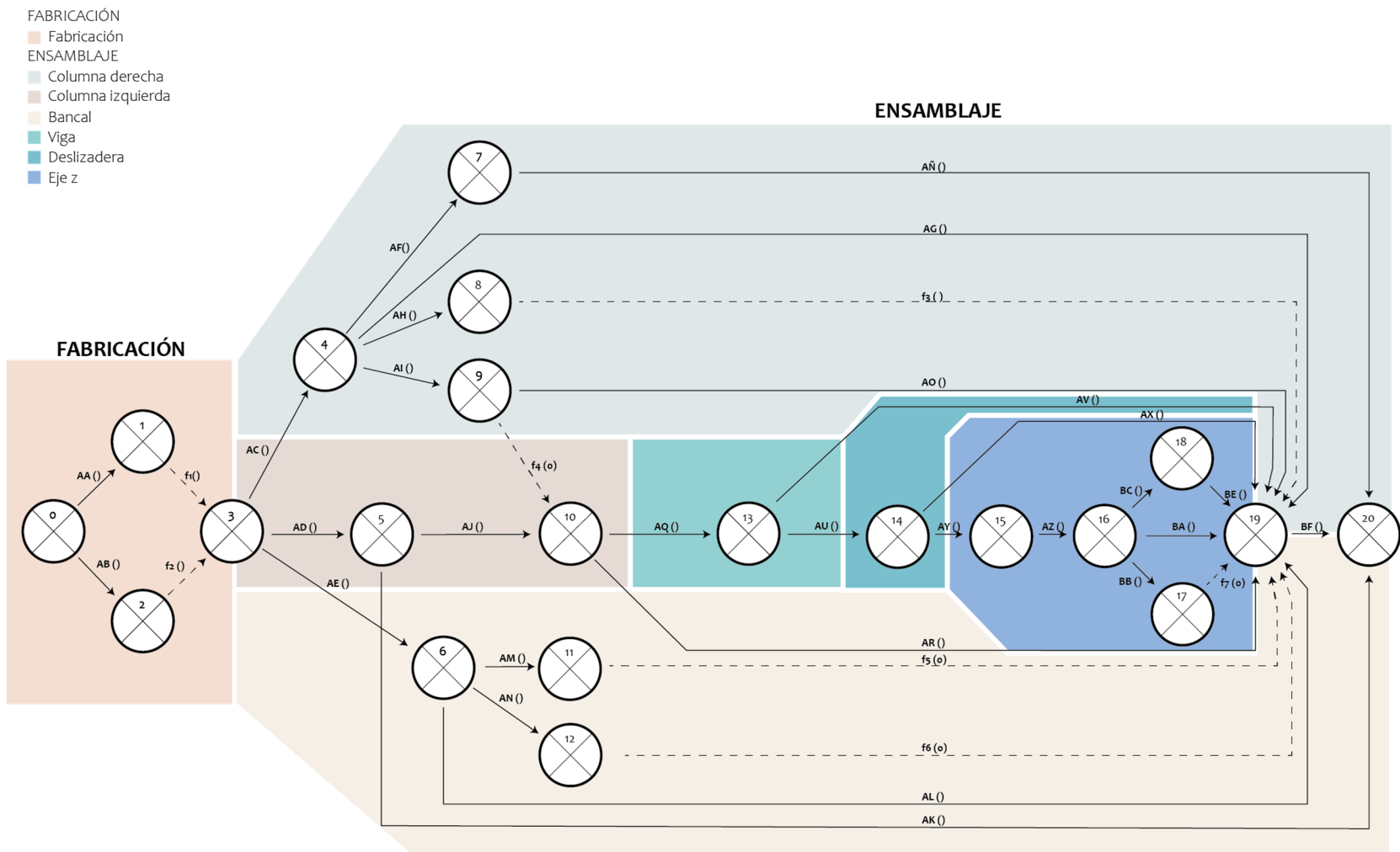


Figura 4.1: PERT de la fabricación y montaje del robot con las actividades y relaciones indicadas, elaboración propia.

Capítulo 5

Pliego de condiciones económicas

Base fundamental

Como base fundamental de estas “Condiciones particulares de índole económica”, se establece el principio de que el Contratista ha de percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones generales y particulares que rijan el proyecto.

Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar el proyecto en las condiciones contratadas, el Diseñador, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada.

De su devolución en general

La fianza depositada será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de ocho días, una vez firmada el acta de la recepción definitiva.

Precios

La composición de los precios unitarios, precios de contrata, importe de contrata, precios de ejecución material o importe de ejecución material así como la revisión de los precios contratados, vienen detallados en el documento Presupuesto IV.

Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Técnico decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El fabricante estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Técnico y el fabricante antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

Los posibles errores cometidos en el presupuesto deberán ser corregidos lo antes posible comarcándose a la persona encargada de realizar el proyecto.

La corrección de las posibles contradicciones que se presenten, se deberá efectuar en un plazo máximo de dos días entre contratista y Dirección facultativa.

Arbitraje

El arbitraje se llevará a cabo por el Propietario, por el encargado de la ejecución material del proyecto y por tres Diseñadores, uno de los cuales será forzosamente el director de la fábrica.

Reclamaciones del aumento de precio por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución del producto.

Responsabilidad del fabricante en el bajo rendimiento de los trabajadores

Si de los partes mensuales de trabajo ejecutados que preceptivamente debe presentar el fabricante al Técnico Director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de tarea ejecutada, fuesen

notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de trabajo iguales o similares, se lo notificará por escrito al fabricante, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el Técnico Director.

Si hecha esta notificación al fabricante, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el cliente queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del quince por ciento (15 por 100) que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al fabricante en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

El contratista respeta y hace respetar a todos los trabajadores implicados en el proceso de producción, las normas de seguridad e higiene vigentes y de la aplicación a proyectos de esta índole. También protegerá a toda persona, que, no relacionada con el proyecto, pudiera estar sometida a riesgo de accidente causado por el proceso productivo en cuestión.

El contratista será responsable de los accidentes causados por inexperiencia o descuido de los trabajadores en el proceso productivo, siendo objeto por tanto de la normativa legal vigente en la materia.

Mejoras de proyecto libremente ejecutadas

Cuando el fabricante, incluso con autorización del Técnico Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de el proyecto, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Técnico Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

Forma de abono

La forma de pago será la que se acuerda en el documento privado que firmen la Propiedad y el Contratista.

Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones, u otra clase de trabajos de cualquier índole especial u ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si el Director no los contratase con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales serán abonados por el propietario por separado de la Contrata. A este efecto, el Diseñador designará la persona que deberá comprobar las auxiliares en ellos empleados, estampado su conformidad al pie de los mismos con ellos se formaran dos relaciones, que, unidas a los recibos de su abono, servirán de documentos justificativos de las cuentas, en los cuales firmara el visto bueno el Diseñador.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al Contratista, se le abonará juntamente con ellos el diez por ciento (10 %) de su importe total, como interés del dinero adelantado y remuneración del trabajo y diligencia que ha tenido que prestar

Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así: Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Diseñador exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los Pliegos Particulares o con su defecto en los Generales en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.

Aumento de precios

Si el encargado de la ejecución material del proyecto, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución del producto.

Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones expedidas por el Diseñador, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

El importe de estos pagos se entregará precisamente al Contratista en cuyo favor se haya rematado la producción, o a persona legalmente autorizada por el mismo, nunca a ningún otro; aunque se libren despachos o exhortas por cualquier Tribunal o Autoridad para su retención pues se trata de fondos destinados al pago de operarios y no de interés particulares del Contratista. Únicamente el saldo que la liquidación arroje a favor de éste y de la fianza, si no hubiese sido necesario retenerla para el cumplimiento de la contrata, podrá verificarse el embargo dispuesto por las referidas Autoridades o Tribunales.

Importe de la indemnización con retraso no justificado en el plazo de terminación del proyecto

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil (0/00) del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de trabajo. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

Suspensión o retraso en la programación de los trabajos

En ningún caso podrá el Contratista, alegando retraso en los pagos, suspender trabajos ni ejecutarlos a menor ritmo que el que les corresponda, con arreglo al plazo en que deban terminarse.

Indemnización por retraso

La cuantía y el procedimiento a seguir para fijar el importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación, se convendrán expresamente entre la propiedad y el Contratista, antes de la firma del contrato.

Demora en los pagos

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente

al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

Mejoras y aumentos del proyecto, casos contrarios

No se admitirán mejoras de proyecto, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de proyecto en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de proyecto supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

Unidades defectuosa pero aceptable

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar el proyecto defectuoso, pero aceptable a juicio del Técnico Director del proyecto, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al fabricante, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera rehacer el proyecto con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

Seguro del proyecto

El Contratista estará obligado a asegurar el proyecto contratado durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al fabricante se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista,

hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el fabricante pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al fabricante por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Técnico Director.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el fabricante, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Uso por el contratista de bienes del propietario

Cuando durante la ejecución del proyecto, el contratista haga uso de materiales o útiles pertenecientes al propietario tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del Contrato, en perfecto estado de conservación reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición

Capítulo 6

Pliego de condiciones legales

6.1. Arbitraje obligatorio

Ambas partes se comprometen a someterse en sus diferencias al arbitraje de amigables compondores uno de ellos por el Propietario, otro por la contrata y tres Diseñadores por el Colegio Oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el director de la fábrica.

6.2. Normativa

Reglamentación y normativa

Son de gran importancia la consideración a tener en cuenta de los siguientes condicionantes, así como la normativa legal necesaria para un perfecto y seguro desarrollo del proyecto en cuestión:

- Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Real Decreto 493/2020, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida.
- Reglamento (CE) N° 1935/2004, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos, de manera que se garantiza que todos los materiales que se ponen en territorio comunitario cumplen los mismos requisitos de calidad.

- Reglamento (CE) Nº2023/2006, que indica las buenas prácticas de fabricación de objetos y materiales que están destinados a entrar en contacto con alimentos.
- Reglamento (CE) Nº10/2011 Reglamento que regula los materiales y objetos compuestos por plásticos que están destinados a entrar en contacto con alimentos. Añade una lista de sustancias permitidas para la fabricación de plásticos que tendrán contacto con los alimentos.
- ITC-BT-13, la ITC-BT-35 y la ITC-BT-33, todas ellas son partes de la Instrucción Técnica Complementaria de Baja Tensión.
- IP43 e IP67 en función de las partes. Los niveles IP miden los diferentes grados de protección que tienen elementos eléctricos y electrónicos.

Parte IV

Presupuesto

Índice

1	Introducción	3
2	Precios de materiales y elementos auxiliares	4
2.1	Coste de operaciones.....	9
2.2	Otros costes	10
3	Costes totales	11
3.1	Costes fijos e inversión inicial	11
3.2	Costes variables	11
3.3	Costes marginales.....	24
3.4	Costes totales y costes totales unitarios estimados.....	24
4	Precios de venta al público	25
5	Conclusiones	26

Capítulo 1

Introducción

Este presupuesto realizará acorde a lo especificado en la memoria: la adaptación del modelo Farmbot Express V1.0 para su implementación en el mercado europeo y su fabricación.

Para ello, se mostrarán una serie de tablas donde se indicarán los materiales utilizados, los costes de operaciones y los costes totales en función del tamaño del lote que se vaya a realizar. Finalmente, se posee una tabla de precios de venta al público y una conclusión final indicado las recomendaciones a seguir.

Capítulo 2

Precios de materiales y elementos auxiliares

Para comenzar, se ha creado una tabla con los datos de los materiales y elementos auxiliares donde se indica el nombre de cada pieza, su cantidad requerida para cada diseño unitario y su precio tanto por pieza como por diseño unitario.

Existen ciertos elementos en los que el precio varía en función de la cantidad comprada, estos datos vienen dados en las tablas de variación de precios (ver las tablas 2.2 y 2.4).

Tabla 2.1: Tabla de materiales y elementos necesarios para la fabricación del Farmbot Express V1 rediseñado, elaboración propia.

SECCIÓN	PIEZA	Nº	UNI- DAD	PRE- CIO	UNI- DAD	PRECIO/- PIEZA	UNI- DAD
Piezas plásticas	PLA [111]	0,3280	kgs/- prod	s./ tabla	€ /kg	s./ tabla	€ /prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x1000mm [112]	2	uds/- prod	6,46	€ /ud	12,92	€ /prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x1200mm [112]	1	ud/prod	19,37	€ /ud	19,37	€ /prod
Perfilería	Perfil de aluminio Vslot 20x60x500mm [112]	1	uds/- prod	7,5	€ /ud	7,5	€ /prod
Placas y soportes	Piezas de aluminio, corte y doblado [95]	1	uds/- prod	s./ tabla	€ /ud	s./ tabla	€ /prod
Tornillería	Tornillo M2.5 4mm [96]	10	uds/- prod	0,0094	€ /ud	0,094	€ /prod
Tornillería	Tornillo M3 12mm [96]	18	uds/- prod	0,0127	€ /ud	0,2286	€ /prod
Tornillería	Tornillo M5 10mm [96]	56	uds/- prod	0,02856	€ /ud	1,59936	€ /prod
Tornillería	Tornillo M5 16mm [96]	2	uds/- prod	1,2	€ /ud	2,4	€ /prod
Tornillería	Tornillo M5 20mm [96]	1	uds/- prod	9,9	€ /ud	9,9	€ /prod
Tornillería	Tornillo M5 25mm [96]	1	uds/- prod	0,85	€ /kg	0,85	€ /prod
Tornillería	Tuerca autoblocante M5 [96]	34	uds/- prod	0,0172	€ /ud	0,5848	€ /prod

Tornillería		Espaciador M5 6mm [96]	5	uds/- prod	0,288	e /ud	1,44	e /prod
Tornillería		Espaciador M5 14mm [96]	4	uds/- prod	0,3	e /ud	1,2	e /prod
Tornillería		Espaciador escéntrico M6 6mm [96]	5	uds/- prod	2,396	e /ud	11,98	e /prod
Tornillería		Roscas en T [96]	70	uds/- prod	0,04787	e /ud	3,3509	e /prod
Tornillería		Bridas 200mm [96]	4	uds/- prod	0,0192	e /ud	0,0768	e /prod
Transmisión		Ruedas V-Slot	10	uds/- prod	1,389 [113]	e /ud	13,89	e /prod
Transmisión		Correas de transmisión 5m [114]	3	uds/- prod	10,99	e /ud	32,97	e /prod
Transmisión		Soportes de fijación de correa [115]	6	uds/- prod	0,799	e /ud	4,794	e /prod
Transmisión		Polea dentada 20T [116]	3	uds/- prod	0,1048	e /ud	0,3144	e /prod
Transmisión		Acople de 5mm a 8 mm[117]	1	uds/- prod	0,14	e /ud	0,14	e /prod
Transmisión		Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo [118]	1	uds/- prod	30,9	e /ud	30,9	e /prod
Electricidad electrónica	y	Caja de electricidad [119]	1	uds/- prod	45,45	e /ud	45,45	e /prod
Electricidad electrónica	y	Fuente de alimentación [120]	1	uds/- prod	39,95	e /ud	39,95	e /prod
Electricidad electrónica	y	Raspberry Pi Zero W 2 [121]	1	uds/- prod	10,53	e /ud	10,53	e /prod

Electricidad electrónica	y	Tarjeta microsd 8gb [122]	1	uds/-prod	9,9	e/ud	9,9	e/prod
Electricidad electrónica	y	Botón de emergencia [123]	1	uds/-prod	4	e/ud	4	e/prod
Electricidad electrónica	y	Farmduino Express [25]	1	uds/-prod	75	e/ud	75	e/prod
Electricidad electrónica	y	Motor NEMA17 [124]	4	uds/-prod	8,598	e/ud	34,392	e/prod
Electricidad electrónica	y	Cables de motor [125]	8,5	m/prod	1,79	e/m	15,215	e/prod
Electricidad electrónica	y	Cadena protectora de cables [126]	3,84	m/prod	1,18	e/m	4,5312	e/prod
Electricidad electrónica	y	Bomba de aire 24V 0.5A [127]	1	uds/-prod	5,32	e/ud	5,32	e/prod
Electricidad electrónica	y	Cámara [128]	1	uds/-prod	9,24	e/ud	9,24	e/prod
Electricidad electrónica	y	Tira LED [128]	1,2	m/prod	10,83	e/m	12,996	e/prod
Electricidad electrónica	y	Protector de conector de cables [129]	1	uds/-prod	7	e/ud	7	e/prod
Fontanería		Tubos NPT [96]	3	m/prod	0,2831	e/m	0,8493	e/prod
Fontanería		Filtro de aire [25]	1	uds/-prod	2	e/ud	2	e/prod
Fontanería		Adaptador M10 a NPT [130]	1	uds/-prod	0,68	e/ud	0,68	e/prod
Fontanería		Extensores M10 20mm [131]	1	uds/-prod	0,596	e/ud	0,596	e/prod

Fontanería	Adaptador M10 a M5 [132]	1	uds/- prod	0,86	e /ud	0,86	e /prod
Fontanería	Adaptador Luer Lock [25]	1	uds/- prod	0,68	e /ud	0,68	e /prod
Fontanería	Aguja Luer Lock [25]	10	uds/- prod	0,0172	e /ud	0,172	e /prod
Fontanería	Sensor de humedad de tierra [108]	1	uds/- prod	0,63	e /ud	0,63	e /prod
Fontanería	Desbrozadora [25]	1	uds/- prod	4	e /ud	4	e /prod
Fontanería	Regulador de presión [25]	1	uds/- prod	6,75	e /ud	6,75	e /prod
Fontanería	Adaptador de boca de riego a NPT [25]	1	uds/- prod	1,16	e /ud	1,16	e /prod
Fontanería	Codo NPT [25]	1	uds/- prod	0,143	e /ud	0,143	e /prod
Embalaje	Cartón de embalaje [133]	1	uds/- prod	10,99	e /ud	10,99	e /prod

Cantidad	Unidad	Precio/ud	Unidad
2-100	kgs	23	€
10-100	kgs	20	€
100-500	kgs	18,84	€

Tabla 2.2: Tabla de precios según cantidad de kgs comprados de PLA, elaboración propia.

Cantidad	Unidad	Precio/ud	Unidad
2-10	kgs	40	€
10-35	kgs	32	€
35-100	kgs	29,85	€
101-500	kgs	25,42	€
501+	kgs	22,35	€

Tabla 2.3: Tabla de precios según cantidad de packs de piezas realizadas en IT Corte Extremadura, elaboración propia.

2.1. Coste de operaciones

A continuación, se han listado los costes de toda la maquinaria y de las tareas que implican mano de obra, como son la fabricación aditiva y el montaje del producto. Estos costes se caracterizan porque son determinados por el rendimiento de la tarea y se multiplica por el coste por hora en función del gasto energético y mano de obra si la hubiese. En el caso tanto del montaje como el empaquetado, se ha supuesto un valor que probablemente tendrá que ser modificado en cuanto empiece la producción inicial y se comprueben los datos.

	Rendimiento	Ud	Precio	Ud	Inversión	Ud
10 Impresoras	2,1	Piezas/h	100	€/h	47,62	€
Montaje	2	Prods/h	36	€/h	18	€
Empaquetado	8	Prods/h	18	€/h	6,25	€
Control de calidad	12	Prods/h	18	€/h	1,50	€

Tabla 2.4: Rendimiento y cote horario de las operaciones, elaboración propia.

Ingeniero	Coste	Unidad
Anteproyecto	2000	e
Proyecto	8000	e

Tabla 2.5: *Coste del Proyecto y anteproyecto, elaboración propia.*

2.2. Otros costes

Tanto para la determinación del coste del anteproyecto como para el del Proyecto completo, se han tomado como referencia los datos trabajados a lo largo del grado.

Capítulo 3

Costes totales

A continuación se calcularán los costes totales estimados y los costes totales unitarios estimados, para lo que se clasificarán los costes anteriormente mencionados en costes fijos y costes variables y se estimará la influencia de los costes marginales medios mediante el parámetro β .

3.1. Costes fijos e inversión inicial

En los costes fijos se incluyen la inversión en maquinaria y la retribución del proyectista, dando como resultado un total de 13.400 euros.

Costes fijos						
Máquinas				Retribución ingeniero		
Tipo	Cantidad	Inversión	Ud	Fase	Ingeniero	Ud
Impresoras 3d	10	3400	●	Anteproyecto	2000	●
				Proyecto	8000	●
Total coste fijo				13400		●

Tabla 3.1: Costes fijos del Proyecto, elaboración propia.

3.2. Costes variables

En el apartado de costes variables se han tenido en cuenta el rendimiento de las operaciones (Tabla 3.2) y el coste del consumo energético (Tabla 3.3), que serán

iguales para todos los tamaños de lote; así como el coste en materia prima, que variará en función de la cantidad comprada (Tablas).

	Rendimiento	Ud	Precio	Ud	Inversión	Ud
10 Impresoras	2,1	Piezas/h	100	€ /h	47,62	€
Montaje	2	Prods/h	36	€ /h	18	€
Empaquetado	8	Prods/h	18	€ /h	6,25	€
Control de calidad	12	Prods/h	18	€ /h	1,50	€
Coste total de operaciones					73,37	€

Tabla 3.2: Costes variables asociados a operaciones, elaboración propia.

Consumo energético			
Energía total por unidad acabada	Ud	Precio	Ud
1	kWh	0,3	€
Total Unitario		0,3	€

Tabla 3.3: Coste unitario del consumo energético, elaboración propia.

A continuación, se presentan los costes unitarios en materias primas y elementos auxiliares para cada uno de los tamaños de lote:

Lote de 100 unidades

Tabla 3.4: Tabla de materiales y elementos para un lote de 100 unidades, elaboración propia.

Pieza	Cantidad	Precio/pieza	Coste unitario
PLA	0,3280 kgs/- prod	20 € /kgs	6,65 €
Perfil de aluminio 20x60x1000mm	2 uds/prod	6,46€ /ud	12,92 €
Perfil de aluminio 20x60x1200mm	1 uds/prod	19,37 € /ud	19,37 €
Perfil de aluminio 20x60x500mm	1 uds/prod	7,5 € /ud	7,5 €
Piezas de aluminio, corte y doblado	1 uds/prod	29,85	29,85 €

Tornillo M2.5 4mm	10 uds/prod	0,0094 e/ud	0094 e
Tornillo M3 12mm	18 uds/prod	0,0127 e/ud	02286 e
Tornillo M5 10mm	56 uds/prod	0,02856 e/ud	159936 e
Tornillo M5 16mm	2 uds/prod	1,2 e/ud	24 e
Tornillo M5 20mm	1 uds/prod	9,9 e/ud	99 e
Tornillo M5 25mm	1 uds/prod	0,85 e/ud	085 e
Tuerca autoblocante M5	34 uds/prod	0,0172 e/ud	05848 e
Espaciador M5 6mm	5 uds/prod	0,288 e/ud	1,44 e
Espaciador M5 14mm	4 uds/prod	0,3 e/ud	1,2 e
Espaciador escéntrico M6 6mm	5 uds/prod	2,396 e/ud	11,98 e
Roscas en T	70 uds/prod	0,04787 e/ud	3,35 e
Bridas 200mm	4 uds/prod	0,0192 e/ud	0,0768 e
Ruedas V-Slot	10 uds/prod	1,389 e/ud	13,89 e
Correas de transmisión 5m	3 uds/prod	10,99 e/ud	32,97 e
Soportes de fijación de correa	6 uds/prod	0,799 e/ud	4,794 e
Polea dentada 20T	3 uds/prod	0,1048 e/ud	0,3144 e
Acople de 5mm a 8 mm	1 uds/prod	0,14 e/ud	0,14 e
Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo	1 uds/prod	30,9 e/ud	30,9 e
Caja de electricidad	1 uds/prod	45,45 e/ud	45,45 e

Fuente de alimentación	1 uds/prod	39,95 €/ud	39,95 €
Raspberry Pi Zero W 2	1 uds/prod	10,53 €/ud	10,53 €
Tarjeta microsd 8gb	1 uds/prod	9,9 €/ud	9,9 €
Botón de emergencia	1 uds/prod	4 €/ud	4 €
Farmduino Express	1 uds/prod	75 €/ud	75 €
Motor NEMA17	4 uds/prod	8,598 €/ud	34,392 €
Cables de motor	8,5 m/prod	1,79 €/ud	15,215 €
Cadena protectora de cables	3,84 m/prod	1,18 €/ud	4,5312 €
Bomba de aire 24V 0,5A	1 uds/prod	5,32 €/ud	5,32 €
Cámara	1 uds/prod	9,24 €/ud	9,24 €
Tira LED	1,2 m/prod	10,83 €/ud	12,996 €
Protector de conector de cables	1 uds/prod	7 €/ud	7 €
Tubos NPT	3 m/prod	0,2831 €/ud	0,8493 €
Filtro de aire	1 uds/prod	2 €/ud	2 €
Adaptador M10 a NPT	1 uds/prod	0,68 €/ud	0,68 €
Extensores M10 20mm	1 uds/prod	0,596 €/ud	0,596 €
Adaptador M10 a M5	1 uds/prod	0,86 €/ud	0,86 €
Adaptador Luer Lock	1 uds/prod	0,68 €/ud	0,68 €
Aguja Luer Lock	10 uds/prod	0,0172 €/ud	0,172 €

Sensor de humedad de tierra	1 uds/prod	0,63 e/ud	0,63 e
Desbrozadora	1 uds/prod	4 e/ud	4 e
Regulador de presión	1 uds/prod	6,75 e/ud	6,75 e
Adaptador de boca de riego a NPT	1 uds/prod	1,16	1,16 e
Codo NPT	1 uds/prod	0,143	0,143 e
Cartón de embalaje	1 uds/prod	10,99	10,99e
TOTAL UNITARIO			484,81e
TOTAL PARA LOTE 100 UNIDADES			48.481e

Lote de 500 unidades

Tabla 3.5: *Tabla de materiales y elementos para un lote de 500 unidades, elaboración propia.*

Pieza	Cantidad	Precio/pieza	Coste unitario
PLA	0,3280 kgs/- prod	18,84 e/kgs	6,17952 e
Perfil de aluminio 20x60x1000mm	2 uds/prod	6,46e/ud	12,92 e
Perfil de aluminio 20x60x1200mm	1 uds/prod	19,37 e/ud	19,37 e
Perfil de aluminio 20x60x500mm	1 uds/prod	7,5 e/ud	7,5 e
Piezas de aluminio, corte y doblado	1 uds/prod	25,42 e/ud	29,5 e
Tornillo M2.5 4mm	10 uds/prod	0,0094 e/ud	0,094 e
Tornillo M3 12mm	18 uds/prod	0,0127 e/ud	0,2286 e

Tornillo M5 10mm	56 uds/prod	0,02856 e/ud	1,59936 e
Tornillo M5 16mm	2 uds/prod	1,2 e/ud	2,4 e
Tornillo M5 20mm	1 uds/prod	9,9 e/ud	9,9 e
Tornillo M5 25mm	1 uds/prod	0,85 e/ud	0,85 e
Tuerca autoblocante M5	34 uds/prod	0,0172 e/ud	0,5848 e
Espaciador M5 6mm	5 uds/prod	0,288 e/ud	1,44 e
Espaciador M5 14mm	4 uds/prod	0,3 e/ud	1,2 e
Espaciador excéntrico M6 6mm	5 uds/prod	2,396 e/ud	11,98 e
Roscas en T	70 uds/prod	0,04787 e/ud	3,35 e
Bridas 200mm	4 uds/prod	0,0192 e/ud	0,0768 e
Ruedas V-Slot	10 uds/prod	1,389 e/ud	13,89 e
Correas de transmisión 5m	3 uds/prod	10,99 e/ud	32,97 e
Soportes de fijación de correa	6 uds/prod	0,799 e/ud	4,794 e
Polea dentada 20T	3 uds/prod	0,1048 e/ud	0,3144 e
Acople de 5mm a 8 mm	1 uds/prod	0,14 e/ud	0,14 e
Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo	1 uds/prod	30,9 e/ud	30,9 e
Caja de electricidad	1 uds/prod	45,45 e/ud	45,45 e
Fuente de alimentación	1 uds/prod	39,95 e/ud	39,95 e
Raspberry Pi Zero W 2	1 uds/prod	10,53 e/ud	10,53 e

Tarjeta microsd 8gb	1 uds/prod	9,9 e/ud	9,9 e
Botón de emergencia	1 uds/prod	4 e/ud	4 e
Farmduino Express	1 uds/prod	75 e/ud	75 e
Motor NEMA17	4 uds/prod	8,598 e/ud	34,392 e
Cables de motor	8,5 m/prod	1,79 e/ud	15,215 e
Cadena protectora de cables	3,84 m/prod	1,18 e/ud	4,5312 e
Bomba de aire 24V 0,5A	1 uds/prod	5,32 e/ud	5,32 e
Cámara	1 uds/prod	9,24 e/ud	9,24 e
Tira LED	1,2 m/prod	10,83 e/ud	12,996 e
Protector de conector de cables	1 uds/prod	7 e/ud	7 e
Tubos NPT	3 m/prod	0,2831 e/ud	0,8493 e
Filtro de aire	1 uds/prod	2 e/ud	2 e
Adaptador M10 a NPT	1 uds/prod	0,68 e/ud	0,68 e
Extensores M10 20mm	1 uds/prod	0,596 e/ud	0,596 e
Adaptador M10 a M5	1 uds/prod	0,86 e/ud	0,86 e
Adaptador Luer Lock	1 uds/prod	0,68 e/ud	0,68 e
Aguja Luer Lock	10 uds/prod	0,0172 e/ud	0,172 e
Sensor de humedad de tierra	1 uds/prod	0,63 e/ud	0,63 e
Desbrozadora	1 uds/prod	4 e/ud	4 e

Regulador de presión	1 uds/prod	6,75 €/ud	6,75 €
Adaptador de boca de riego a NPT	1 uds/prod	1,16	1,16 €
Codo NPT	1 uds/prod	0,143	0,143 €
Cartón de embalaje	1 uds/prod	10,99	10,99€
TOTAL UNITARIO			480,00€
TOTAL PARA LOTE 500 UNIDADES			240.000€

Lote de 1000 unidades

Tabla 3.6: Tabla de materiales y elementos para un lote de 1000 unidades, elaboración propia.

Pieza	Cantidad	Precio/pieza	Coste unitario
PLA	0,3280 kgs/- prod	18,84 € /kgs	6,17952 €
Perfil de aluminio 20x60x1000mm	2 uds/prod	6,46€/ud	12,92 €
Perfil de aluminio 20x60x1200mm	1 uds/prod	19,37 €/ud	19,37 €
Perfil de aluminio 20x60x500mm	1 uds/prod	7,5 €/ud	7,5 €
Piezas de aluminio, corte y doblado	1 uds/prod	22,35 € /ud	29,5 €
Tornillo M2.5 4mm	10 uds/prod	0,0094 €/ud	0,094 €
Tornillo M3 12mm	18 uds/prod	0,0127 €/ud	0,2286 €
Tornillo M5 10mm	56 uds/prod	0,02856 €/ud	1,59936 €
Tornillo M5 16mm	2 uds/prod	1,2 €/ud	2,4 €

Tornillo M5 20mm	1 uds/prod	9,9 e/ud	9,9 e
Tornillo M5 25mm	1 uds/prod	0,85 e/ud	0,85 e
Tuerca autoblocante M5	34 uds/prod	0,0172 e/ud	0,5848 e
Espaciador M5 6mm	5 uds/prod	0,288 e/ud	1,44 e
Espaciador M5 14mm	4 uds/prod	0,3 e/ud	1,2 e
Espaciador excéntrico M6 6mm	5 uds/prod	2,396 e/ud	11,98 e
Roscas en T	70 uds/prod	0,04787 e/ud	3,35 e
Bridas 200mm	4 uds/prod	0,0192 e/ud	0,0768 e
Ruedas V-Slot	10 uds/prod	1,389 e/ud	13,89 e
Correas de transmisión 5m	3 uds/prod	10,99 e/ud	32,97 e
Soportes de fijación de correa	6 uds/prod	0,799 e/ud	4,794 e
Polea dentada 20T	3 uds/prod	0,1048 e/ud	0,3144 e
Acople de 5mm a 8 mm	1 uds/prod	0,14 e/ud	0,14 e
Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo	1 uds/prod	30,9 e/ud	30,9 e
Caja de electricidad	1 uds/prod	45,45 e/ud	45,45 e
Fuente de alimentación	1 uds/prod	39,95 e/ud	39,95 e
Raspberry Pi Zero W 2	1 uds/prod	10,53 e/ud	10,53 e
Tarjeta microsd 8gb	1 uds/prod	9,9 e/ud	9,9 e
Botón de emergencia	1 uds/prod	4 e/ud	4 e

Farmduino Express	1 uds/prod	75 e/ud	75 e
Motor NEMA17	4 uds/prod	8,598 e/ud	34,392 e
Cables de motor	8,5 m/prod	1,79 e/ud	15,215 e
Cadena protectora de cables	3,84 m/prod	1,18 e/ud	4,5312 e
Bomba de aire 24V 0,5A	1 uds/prod	5,32 e/ud	5,32 e
Cámara	1 uds/prod	9,24 e/ud	9,24 e
Tira LED	1,2 m/prod	10,83 e/ud	12,996 e
Protector de conector de cables	1 uds/prod	7 e/ud	7 e
Tubos NPT	3 m/prod	0,2831 e/ud	0,8493 e
Filtro de aire	1 uds/prod	2 e/ud	2 e
Adaptador M10 a NPT	1 uds/prod	0,68 e/ud	0,68 e
Extensores M10 20mm	1 uds/prod	0,596 e/ud	0,596 e
Adaptador M10 a M5	1 uds/prod	0,86 e/ud	0,86 e
Adaptador Luer Lock	1 uds/prod	0,68 e/ud	0,68 e
Aguja Luer Lock	10 uds/prod	0,0172 e/ud	0,172 e
Sensor de humedad de tierra	1 uds/prod	0,63 e/ud	0,63 e
Desbrozadora	1 uds/prod	4 e/ud	4 e
Regulador de presión	1 uds/prod	6,75 e/ud	6,75 e
Adaptador de boca de riego a NPT	1 uds/prod	1,16 e/ud	1,16 e e

Codo NPT	1 uds/prod	0,143	0,143 €
Cartón de embalaje	1 uds/prod	10,99	10,99€
TOTAL UNITARIO			476,93€
TOTAL PARA LOTE 1000 UNIDADES			476.930€

Lote de 2000 unidades

Tabla 3.7: Tabla de materiales y elementos para un lote de 2000 unidades, elaboración propia.

Pieza	Cantidad	Precio/pieza	Coste unitario
PLA	0,3280 kgs/- prod	18,84 €/kgs	6,17952 €
Perfil de aluminio 20x60x1000mm	2 uds/prod	6,46€/ud	12,92 €
Perfil de aluminio 20x60x1200mm	1 uds/prod	19,37 €/ud	19,37 €
Perfil de aluminio 20x60x500mm	1 uds/prod	7,5 €/ud	7,5 €
Piezas de aluminio, corte y doblado	1 uds/prod	22,35 €/ud	29,5 €
Tornillo M2.5 4mm	10 uds/prod	0,0094 €/ud	0,094 €
Tornillo M3 12mm	18 uds/prod	0,0127 €/ud	0,2286 €
Tornillo M5 10mm	56 uds/prod	0,02856 €/ud	1,59936 €
Tornillo M5 16mm	2 uds/prod	1,2 €/ud	2,4 €
Tornillo M5 20mm	1 uds/prod	9,9 €/ud	9,9 €
Tornillo M5 25mm	1 uds/prod	0,85 €/ud	0,85 €

Tuerca autoblocante M5	34 uds/prod	0,0172 e/ud	0,5848 e
Espaciador M5 6mm	5 uds/prod	0,288 e/ud	1,44 e
Espaciador M5 14mm	4 uds/prod	0,3 e/ud	1,2 e
Espaciador excéntrico M6 6mm	5 uds/prod	2,396 e/ud	11,98 e
Roscas en T	70 uds/prod	0,04787 e/ud	3,35 e
Bridas 200mm	4 uds/prod	0,0192 e/ud	0,0768 e
Ruedas V-Slot	10 uds/prod	1,389 e/ud	13,89 e
Correas de transmisión 5m	3 uds/prod	10,99 e/ud	32,97 e
Soportes de fijación de correa	6 uds/prod	0,799 e/ud	4,794 e
Polea dentada 20T	3 uds/prod	0,1048 e/ud	0,3144 e
Acople de 5mm a 8 mm	1 uds/prod	0,14 e/ud	0,14 e
Husillo ACME 8mm 800mm y plomo de husillo	1 uds/prod	30,9 e/ud	30,9 e
Caja de electricidad	1 uds/prod	45,45 e/ud	45,45 e
Fuente de alimentación	1 uds/prod	39,95 e/ud	39,95 e
Raspberry Pi Zero W 2	1 uds/prod	10,53 e/ud	10,53 e
Tarjeta microsd 8gb	1 uds/prod	9,9 e/ud	9,9 e
Botón de emergencia	1 uds/prod	4 e/ud	4 e
Farmduino Express	1 uds/prod	75 e/ud	75 e
Motor NEMA17	4 uds/prod	8,598 e/ud	34,392 e

Cables de motor	8,5 m/prod	1,79 € /ud	15,215 €
Cadena protectora de cables	3,84 m/prod	1,18 € /ud	4,5312 €
Bomba de aire 24V 0,5A	1 uds/prod	5,32 € /ud	5,32 €
Cámara	1 uds/prod	9,24 € /ud	9,24 €
Tira LED	1,2 m/prod	10,83 € /ud	12,996 €
Protector de conector de cables	1 uds/prod	7 € /ud	7 €
Tubos NPT	3 m/prod	0,2831 € /ud	0,8493 €
Filtro de aire	1 uds/prod	2 € /ud	2 €
Adaptador M10 a NPT	1 uds/prod	0,68 € /ud	0,68 €
Extensores M10 20mm	1 uds/prod	0,596 € /ud	0,596 €
Adaptador M10 a M5	1 uds/prod	0,86 € /ud	0,86 €
Adaptador Luer Lock	1 uds/prod	0,68 € /ud	0,68 €
Aguja Luer Lock	10 uds/prod	0,0172 € /ud	0,172 €
Sensor de humedad de tierra	1 uds/prod	0,63 € /ud	0,63 €
Desbrozadora	1 uds/prod	4 € /ud	4 €
Regulador de presión	1 uds/prod	6,75 € /ud	6,75 €
Adaptador de boca de riego a NPT	1 uds/prod	1,16 € /ud	1,16 € €
Codo NPT	1 uds/prod	0,143 € /ud	0,143 € €
Cartón de embalaje	1 uds/prod	10,99 € /ud	10,99€ €

TOTAL UNITARIO	476,93€
TOTAL PARA LOTE 2000 UNIDADES	953.860€

3.3. Costes marginales

Para el cálculo de los costes marginales, se ha tomado de referencia la tabla del parámetro β proporcionada en los apuntes de la asignatura "Oficina Técnica" y que proviene del libro "Oficina Técnica. Proyectos, dirección y control de obras." [134].

Tabla 3.8: Valor del parámetro β para la estimación de los costes marginales., fuente "Oficina Técnica. Proyectos, dirección y control de obras", [134].

β	0-100	101-500	501-1000	1000-2000
Bajos	1	0.98	0.97	1
Medios	1	0.97	0.95	1.02
Altos	1	0.95	0.93	1.03

3.4. Costes totales y costes totales unitarios estimados

Para el cálculo de los costes totales estimados y los costes totales unitarios estimados se han utilizado las siguientes fórmulas, que han sido aplicadas a cada uno de los tamaños de lote:

$$\begin{aligned} \text{Coste total estimado, } CTe &= (CF + Q \times CVu) \cdot \beta \\ \text{Coste total unitario estimado, } CTue &= CTe / Q \end{aligned}$$

donde CF es el Coste Fijo, Q es el tamaño del lote y CVu es el Coste Variable Unitario.

Tabla 3.9: Costes totales y unitarios según lotes, elaboración propia.

Lote	100 uds	500 uds	1000 uds	2000 ud
Coste				
Unitario	692,48 €	514,08 €	487,83 €	516,94 €
Total	69.248,44 €	257.039,11 €	487.832,17 €	1.033.887,41 €

Capítulo 4

Precios de venta al público

Para terminar, se estima el precio de venta al público (PVP), partiendo del coste unitario de fabricación, al que se le imputan gastos generales y un margen comercial al mismo tiempo, suponiendo un 20 % y un 15 % en este caso; para terminar imputando el impuesto de valor añadido del 21 %. El PVP del producto ha resultado ser relativamente alto en los primeros lotes, sin embargo con el aumento del volumen de producción se ha visto notablemente rebajado, llegando hasta un mínimo de 796,87 euros.

Tabla 4.1: *Cálculo de precio de venta al público para lotes de 100, 500, 1000 y 2000 unidades, elaboración propia.*

Lote		100 uds	500 uds	1000 uds	2000 ud
Precio de fabricación		692,48 €	514,08 €	487,83 €	516,94 €
Gastos generales	20 %	138,50€	102,82€	97,57€	103,39€
Margen comercial	15 %	103,87€	77,11€	73,17€	77,54€
		934,85€	694,01€	658,57€	697,87€
IVA	21 %	196,32€	145,74€	138,30€	146,55€
PVP (UNITARIO)		1131,17€	839,75€	796,87€	844,43€

Capítulo 5

Conclusiones

Tras la realización de este presupuesto, se recomienda el lote de 1000 unidades para su fabricación al ser el más barato en PVP al repartirse los costes fijos sobre todas las unidades y teniendo en cuenta que el riesgo que la empresa toma con la fabricación de este lote.

Parte V

Anexos

Índice

Anexo I: Carta de recomendación	29
Anexo II: Documentación de Desafío Social	31
Anexo III: Imagen corporativa	36
Anexo IV: Mapas de empatía	44
Anexo V: Cálculo del límite elástico y comprobación de material	49
Anexo VI: Datos sobre selección de materiales	54
Anexo VII: Creatividad	59
Anexo VIII: PERT	64
Anexo IX: Análisis morfológico	70

Anexo I: Carta de recomendación

Yo, Juan Carlos Cano Rangel con DNI XXXXXXXXX de la cooperativa especial "Emprendiciencia" con domicilio en Pío Baroja nº 7 despacho 18 de Mérida; doy permiso al estudiante Javier García González a realizar su TFG "Rediseño y adaptación de huerto robotizado". También estoy de acuerdo en colaborar y ayudar al alumno con todo lo que necesite para la elaboración del proyecto.

Firmado en Mérida a 7 de febrero de 2021:

Firmado: Juan Carlos Cano Rangel

Anexo II: Documentación de Desafío Social

PROYECTO HUERTO DIGITAL

e Proporcionando soluciones
tecnológicas para un mundo mejor.



¿QUÉ ES?

Nuestro proyecto es una propuesta de formación dual para las FPs en su periodo de práctica donde los estudiantes trabajarán de forma conjunta en el desarrollo de soluciones con posibilidades de implantación en la región Tierra de Barros.

Es un proyecto centrado en la unión de las tecnologías de la Industria 4.0 con la Agricultura.



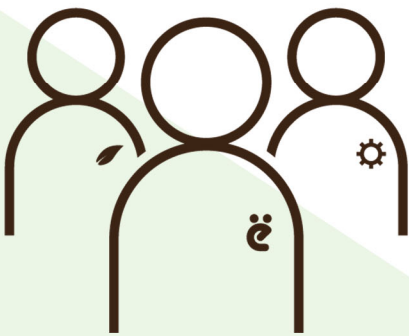
¿PARA QUIÉN?

Los beneficiados iniciales de esta propuesta serán los estudiantes que quieran realizar con

I.E.S Arroyo Harnina, ciclo de grado superior de Desarrollo de Aplicaciones Web.

I.E.S Santiago Apostol, ciclo de grado superior de Robótica y Automatismos.

I.E.S Carolina Coronado, ciclo de grado básico de Jardinería



¿CÓMO?

El proyecto se centra en el desarrollo, fabricación, mejora y explotación de un robot agrícola para huertos urbanos desarrollado con tecnología open-source y piezas que surgen de tecnologías de la Industria 4.0.

Además, los estudiantes serán formados en Economía Social, Verde y Circular, aprenderán a incluir metodologías como el Design Thinking o el Ecodiseño en sus proyectos y trabajarán en equipos multidisciplinares para conseguir sus objetivos.

NUESTROS OBJETIVOS:

Nuestro proyecto tiene una TRIPLE VERTIENTE:

EDUCATIVO

La formación de los estudiantes en equipos multidisciplinarios y en formación dual donde la teoría y la práctica se unen.

Creación de soluciones de educación basada en proyectos donde se una la asignaturas tecnológicas con otras de la rama de las ciencias naturales.

SOCIAL y PARTICULAR

Creación de huertos urbanos y ecológicos automatizados que requieran de menos mantenimiento y trabajo.

Ayudar en el cambio de sistema necesario para cumplir los ODS incentivando el autoconsumo de productos ecológicos, locales y naturales.

EMPRESARIAL

Creación de soluciones a medida que respondan a retos que tiene actualmente el sector agrario local.



FASES

Primera Fase:

1. Desarrollo y montaje de robot agrícola piloto.
2. Llegada del primera generación de estudiantes.
Creación de instalaciones y huerto urbano.
3. Investigación sobre funcionamiento del robot y posibles mejoras.
4. Formación sobre emprendimiento en Economía Social, Verde y Circular.
5. Desarrollo de mejoras.

Segunda Fase:

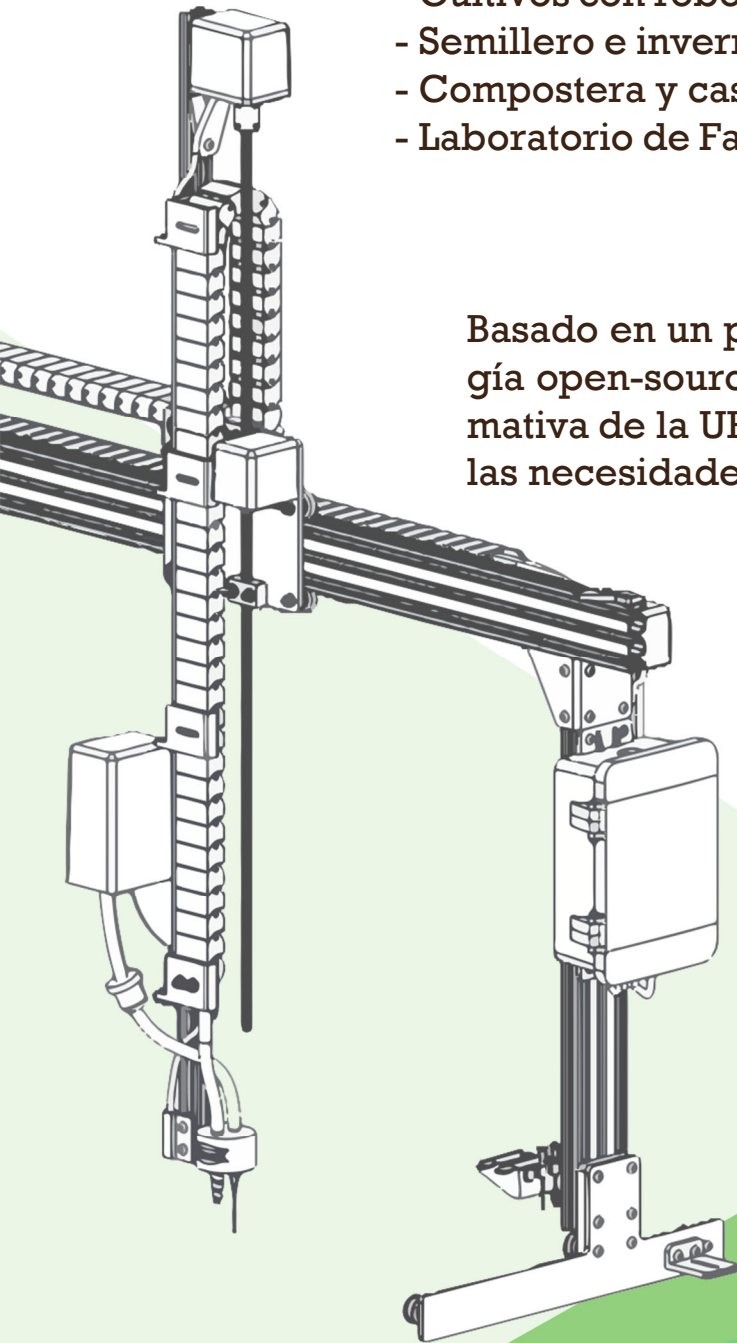
1. Ampliación de equipos de trabajo con mayor número de perfiles profesionales.
2. Respuesta a retos que proponga la industria agrícola local.
3. Creación de huertos escolares.

...

EL HUERTO DIGITAL

El huerto digital tiene unas instalaciones pensadas para el desarrollo íntegro de la producción agrícola in situ:

- Zona de trabajo al aire libre
- Cultivos con robot agrícola
- Semillero e invernadero
- Compostera y caseta de herramientas
- Laboratorio de Fabricación Digital



EL ROBOT AGRÍCOLA

Basado en un producto ya existente en EEUU de tecnología open-source y de libre licencia, se adaptará a la normativa de la UE, las técnicas de fabricación disponibles y las necesidades y mejoras que se vayan encontrando.

Las funciones básicas del robot son:

- Riego automático de las plantas.
- Cultivo automático de las semillas.
- Supervisión y seguimiento diario de crecimiento de las plantas.
- Detección y eliminación automática de malas hierbas.

NUESTROS PARTNERS

Anexo III: Imagen corporativa

Propuestas de logotipos

Estas fueron las propuestas iniciales del logotipo:

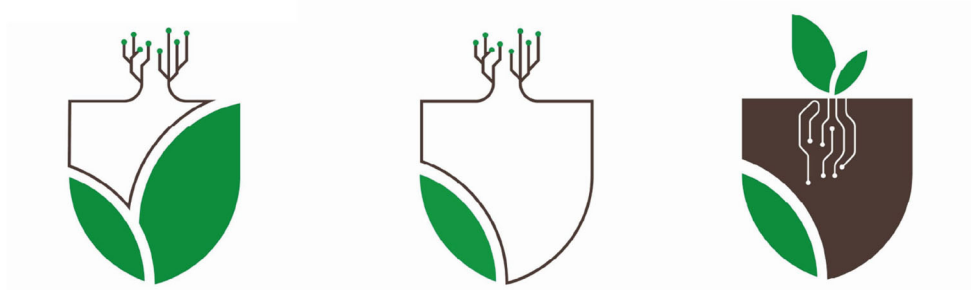
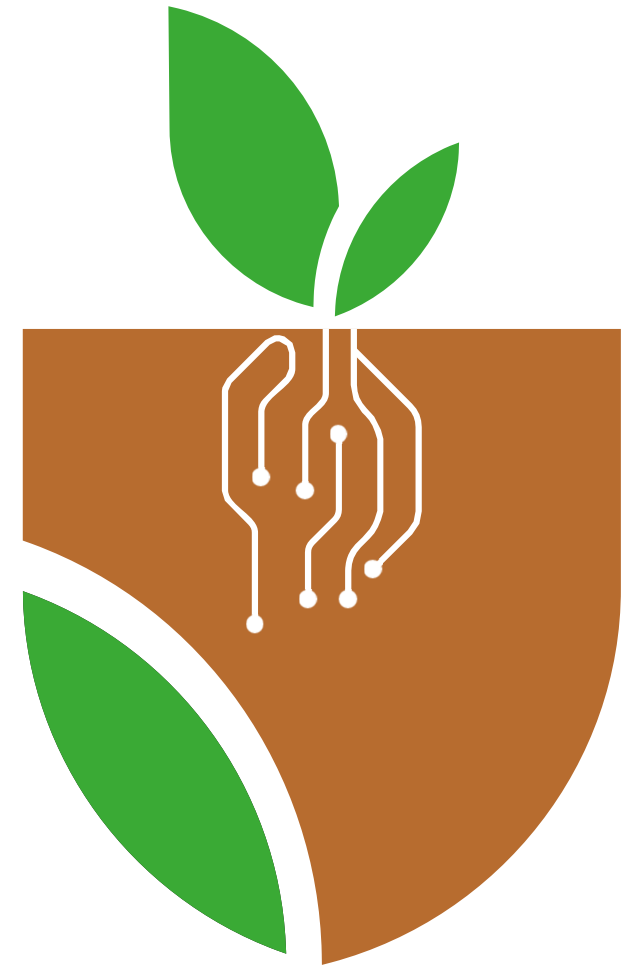


Figura 1: *Propuestas de isotipo para el proyecto TerraMAKER, elaboración propia.*

BRANDING CORPORATIVO

El isotipo representa varias cosas, algunas más fáciles de ver que otras:

- Una maceta con su planta y a ésta con sus raíces que son en realidad líneas de circuito en representación de la integración entre tecnología y agricultura que supone el proyecto.
- Una mano sujetando la maceta podría ser otra interpretación de la hoja de abajo, representando la parte social del proyecto.



El imagotipo incorpora el nombre del proyecto y el lema "el jardín de los knowmads" aunque este es sustituible por otro texto según conveniencia como subtítulo de un documento.



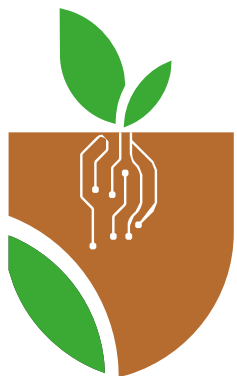
Además el el texto del subtítulo podrá estar en el verde corporativo o en negro, según conveniencia.



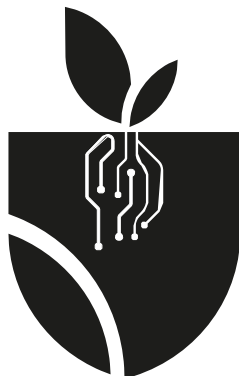
BRANDING CORPORATIVO

Las versiones permitidas del isotipo son:

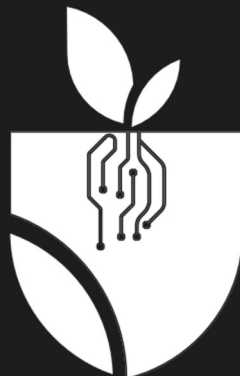
Original



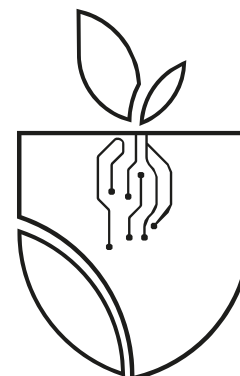
Negro



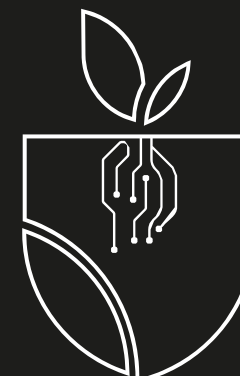
Contratipo



Contorno

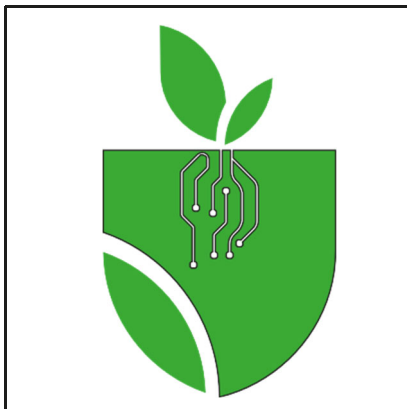


Contorno contratipo



tinta **verde**

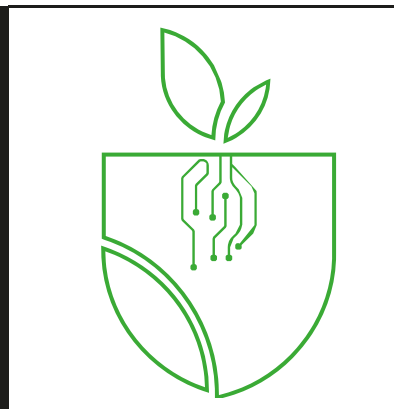
Relleno



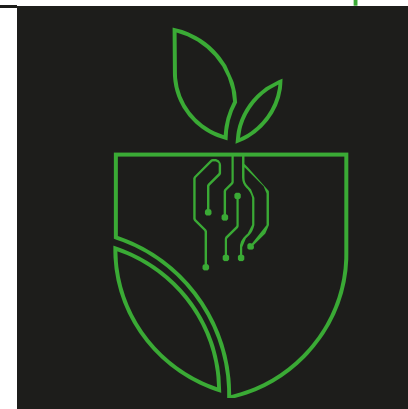
Contratipo



Contorno

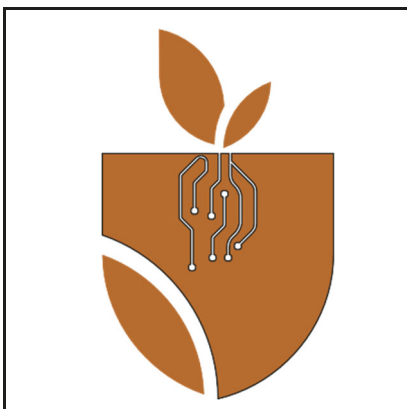


Contorno contratipo



tinta **marrón**

Relleno



Contratipo



Contorno



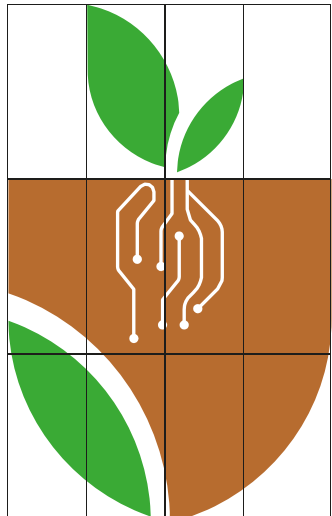
Contorno contratipo



terraMAKER
el jardín de los knowmads

COMPOSICIÓN DE ISOTIPO

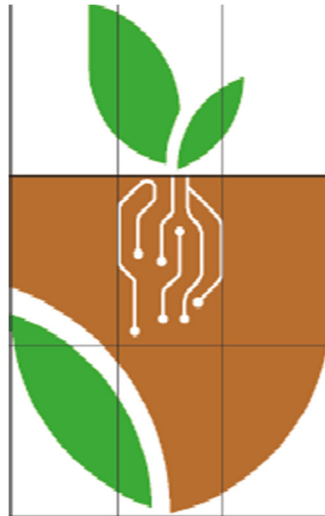
El isotipo está encajado en una rejilla de 3:4.
La composición está equilibrada de tal forma que



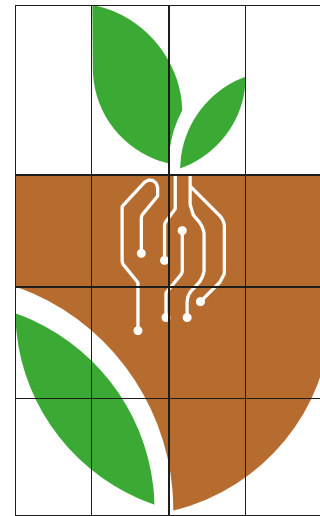
Las hojas conforman $1/3$ de la altura total.

Las hojas conforman los $2/4$ centrales del ancho total.

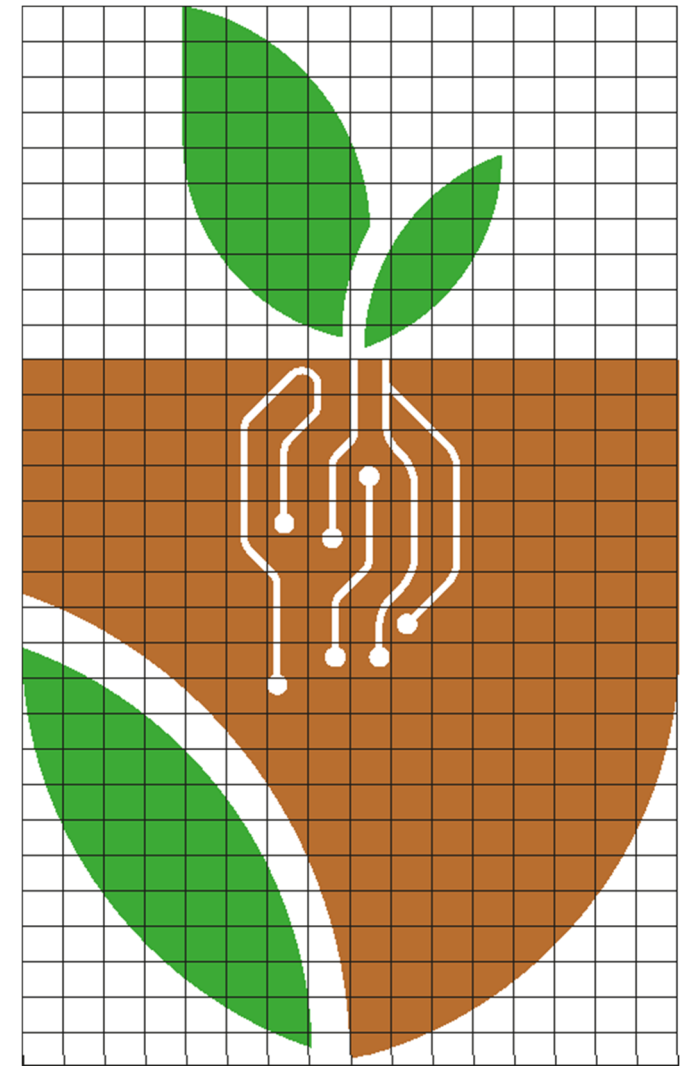
El macetero se encaja en los $2/3$ inferiores.



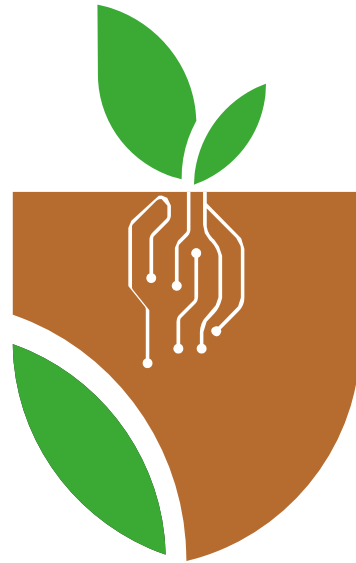
Las raíces-líneas de circuito están integradas en



La hoja-mano inferior está encuadrada en los $2/3$ inferiores de la división del macetero y sobre su mitad izquierda.



Encaja en una cuadrícula de 29×15
El ancho de la casilla se obtiene dividiendo el ancho del macetero por 15. El alto es el resultado de dividir la altura de la hoja por 10.



terraMAKER

Manual de identidad corporativa

Anexo IV: Mapas de empatía

Marta

26 años. En relación. Nivel económico medio. Residente en Villafranca.

En relación a distancia con Elena, de Valencia.

Estudió Ingeniería Mecánica.

Trabajadora a tiempo completo en la fábrica de la Díter de Zafra como supervisora de la calidad del proceso de fabricación.

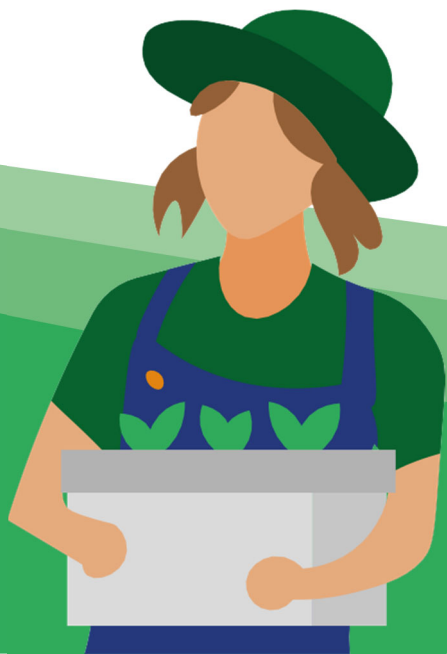
Estudia un máster a distancia sobre sostenibilidad en los procesos de fabricación.

Es una persona un tanto descuidada porque se va a las nubes a veces. Suele hacer senderismo y le encantan las máquinas pero también el campo.

Es una persona metódica tanto en su trabajo como en su vida. Tiene una rutina muy estricta para trabajar y estudiar a la vez.

A veces se agobia porque no tiene tiempo libre para lo que le gusta: el senderismo, la cocina, el campo y su pareja. O tampoco siquiera para comprar.

Vive sola en un bajo con patio amplio. Sus padres tienen un terreno al que le encanta ir cuando puede. Ha probado alguna vez en hacerse un huerto pero no tiene tiempo para cuidarlo.



Sergio

40 años. Casado. Nivel económico medio-alto. Residente en Mérida.

Casado con María, profesora. Tiene dos hijas y un perro.

Estudió FP de Informática.

Trabajador a tiempo completo en el FabLab de Sevilla con horario flexible. Le ayuda esto a compatibilizar su familia con su trabajo.

Es una persona práctica y taciturna a excepción de cuando hay juegos de mesa, películas de ficción o cómics por en medio. Hace maratones de marvel con sus hijas y les enseña tecnología con los programas de introducción al diseño 3d, programación y con lego.

Le gustaría trastear con cosas prehechas más grandes y sacar algún tipo de beneficio de ellas.

Ha curioseado mucho de robótica y se hizo su propia roomba.

Vive con su familia en un dúplex con patio trasero.



¿Qué piensa y siente?

Preocupado por la Emergencia Climática y nuestro modo de vida

Le da rabia pero no puede dejar de hacer ciertos hábitos que considera que van en contra de su moral.

A veces se siente colapsada por el rumbo que va tomando el planeta pero las nuevas políticas de la UE le devuelven parte de la esperanza.

Marta



¿Qué dice y hace?

No presiona a su entorno pero que intenta influir cuando las circunstancias lo permiten.

Compra ropa de segunda mano, productos locales e intenta no comprar cosas que vengan de fuera aunque a veces le cuesta mucho. Utiliza Blablacar y transporte público. Quiere montar un huerto en casa pero no tiene tiempo de cuidarlo porque estudia y trabaja.

Es una persona amable que entiende que no todo el mundo puede permitirse ser sostenible.

Esfuerzos

Tiene miedo a que nada sea suficiente para frenar la Emergencia Climática. Sabe que no es un pensamiento muy popular el hacer algo por el cambio. Tiene que luchar contra la rutina porque es más cómodo no hacer las cosas "bien". A veces es más caro seguir su línea y tiene que "traicionarse".

Resultados

Quiere hacer que su rutina y día a día sea más sostenible y que la de los demás también lo sean. Busca la transformación de su entorno y valora cada medida que se toma desde las marcas, instituciones y entidades ya que sabe que algunas solo hacen "green-washing".

¿Qué oye?

Sus amigos y familia le apoyan pero otra cosa es que ellos tomen cartas en el asunto.

Su jefe dice que a pesar de sus buenas intenciones, con esas técnicas no se puede ser económicamente rentable.

Se ha buscado ejemplos a seguir en Alemania y Francia y sigue a greenpeace, aunque no casa con todas sus ideas. Se ilusionó con Greta Thundberg y su movimiento.

¿Qué ve?

Un entorno que, a pesar de ser bombardeado con las noticias que a ella tanto le alarman, no cambia sus actos.

Sus amigos y familia le apoyan pero otra cosa es que ellos tomen cartas en el asunto.

Cada vez le es más fácil encontrar productos que sintonizan con su forma de pensar.

¿Qué piensa y siente?

Hay que educar a la población en el uso de la tecnología más allá de un nivel básico. Considera que el futuro pasa por que podamos hacer la mayoría de nuestros objetos desde casa. Considera que la economía social es el futuro para democratizar la tecnología.

Le preocupa que no haya tanto interés como él consideraría necesario en la sociedad por aprender.

¿Qué ve?

Sus amigos son tan frikis como él en la tecnología y también en la ciencia ficción y la cultura.

Ve cómo cada día la tecnología le trae una novedad.

Está completamente integrado en la comunidad maker de España.

¿Qué oye?

Consejos, recomendaciones y observaciones de sus amigos respecto a las nuevas tecnologías y sus aplicaciones.

Su jefe es igual que él, trabaja en el Fablab de su región.

Sigue muchos foros de impresión 3d, programación y tecnologías nuevas.

Sergio



¿Qué dice y hace?

Habla con convicción del futuro tecnológico.

En su tiempo libre crea nuevos inventos para su casa, trabajo o entorno por simple diversión. Imprime, corta en láser y prepara la electrónica que necesita.

Se tira horas mirando foros de internet sobre cuestiones técnicas.

No suele socializar mucho con gente que no está en el mismo entorno.

Esfuerzos

Tiene miedo de que sus esfuerzos no tengan aplicación en la sociedad.

Se frustra al creer que no se está haciendo lo suficiente para mejorar el nivel de vida de las personas con la tecnología. No tiene tiempo para hacer lo que él querría.

Resultados

Quiere explorar nuevas aplicaciones del open-source pero no tiene tiempo de hacer cosas grandes.

Elimina el estrés cacharreando.

Se marca retos a superar con sus capacidades.

Anexo V: Cálculo del límite elástico y comprobación de material

El cálculo del límite elástico necesario se ha realizado a través de un estudio de análisis estático de la pieza tomando como material un acero. En este caso, además, el estudio presentado se realizó a posteriori para poder asegurar que el material elegido podría soportar las cargas a las que estaría sometida la pieza.

El material elegido fue el Acero AISI 1095 y las cargas utilizadas tienen ya incorporadas el factor de seguridad. En este caso, para calcular la fuerza a la que sometería, se realizaron las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el peso de la estructura que tiene que soportar?
2. ¿Cuánta más carga puede tener que soportar de forma accidental?

A la primera pregunta, tras el cálculo de los pesos de los elementos de los que se disponen datos y teniendo un factor de seguridad de 2.5, se estimó el peso en 10kgs aproximadamente y, con el factor de seguridad, en 25kgs.

A la segunda pregunta, se pensó en la posibilidad de que tuviera que soportar a una persona que se apoya en la estructura, unos 50kgs ya que son dos piezas las que soportan la estructura y se repartiría entre ambas columnas.

Esto da un peso aproximado de 60kgs que, con factor de seguridad de 1.75, son 105kgs o 1050N.

G5.Cálculo límite elástico.pdf

G5.Cálculo límite elástico.pdf

G5.Cálculo límite elástico.pdf

G5.Cálculo límite elástico.pdf

Anexo VI: Datos sobre selección de materiales

De los procesos de selección de materiales llevados a cabo, estos son los resultados en cada paso del proceso.

Selección de material de placas y soportes

En la etapa de filtrado, teniendo en cuenta los requisitos obtenidos en el perfil de propiedades (y que se puede visualizar en la tabla 9.1), encontramos los siguientes materiales:

- Aluminum, 2008, T4
- Aluminum, 2010, T4
- Aluminum, 2010, T41
- Aluminum, 2024, O
- Aluminum, 3004, H11
- Aluminum, 3004, O
- Aluminum, 3103, O
- Aluminum, 3105, O
- Aluminum, 5005, O
- Aluminum, 5052, H11
- Aluminum, 5154, O

- Aluminum, 5251, O
- Aluminum, 5454, H112
- Aluminum, 5454, O
- Aluminum, 5754, O
- Aluminum, 6005, T1
- Aluminum, 6009, T4
- Aluminum, 6016, O
- Aluminum, 6022, T43
- Aluminum, 6022, T4E32
- Aluminum, 6060, T4
- Aluminum, 6061, T4
- Aluminum, 6061, T42
- Aluminum, 6061, T451
- Aluminum, 6061, T4510/T4511
- Aluminum, 6063, O
- Aluminum, 6063, T1
- Aluminum, 6063, T4
- Aluminum, 6063, T5
- Aluminum, 6463, T4
- Aluminum, 7075, O
- Aluminum, commercial purity, 1-0
- Aluminum, commercial purity, 1050A, O
- Aluminum, commercial purity, 1080, H18
- Aluminum, commercial purity, 1080, O

- Aluminum, commercial purity, 1200, H14
- Aluminum, commercial purity, 1200, O
- Carbon steel, AISI 1030, annealed
- Carbon steel, AISI 1030, as rolled
- Carbon steel, AISI 1030, normalized
- Carbon steel, AISI 1040, annealed
- Carbon steel, AISI 1040, normalized
- Carbon steel, AISI 1050, annealed
- Carbon steel, AISI 1060, annealed
- Carbon steel, AISI 1080, annealed
- Carbon steel, AISI 1095, annealed
- Carbon steel, AISI 1137, annealed
- Carbon steel, AISI 1137, as rolled
- Carbon steel, AISI 1137, normalized
- Carbon steel, AISI 1141, annealed
- Carbon steel, AISI 1141, as rolled
- Carbon steel, AISI 1144, annealed
- Stainless steel, austenitic, 316Ti, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 201, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 201L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 201LN, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 202, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 204-Cu, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 301, annealed

- Stainless steel, austenitic, AISI 301L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 302, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 303, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 304, 1/8 hard
- Stainless steel, austenitic, AISI 304, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 304L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 304LN, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 305, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 308, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 308L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 309, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 310, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 314, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 316, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 316L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 316LN, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 316LVM, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 317, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 317L, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 321, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 330, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 347, annealed
- Stainless steel, austenitic, AISI 348, annealed
- Stainless steel, austenitic, AL-6XN, annealed

- Stainless steel, austenitic, BS 315S16, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 405, annealed, low nickel
- Stainless steel, ferritic, AISI 409, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 429, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 430, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 430F, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 430FR, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 434, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 436, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 442, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 444, annealed
- Stainless steel, ferritic, AISI 446, annealed
- Stainless steel, ferritic, UNS S44627, annealed
- Stainless steel, martensitic, AISI 403, annealed
- Stainless steel, martensitic, AISI 410, annealed
- Stainless steel, martensitic, AISI 410S, annealed
- Stainless steel, martensitic, AISI 416, annealed
- Stainless steel, super-austenitic, alloy 20, annealed
- Stainless steel, super-austenitic, alloy 904L, annealed

Anexo VII: Creatividad

En este anexo se reúnen todos los aspectos relacionados con primeras ideas y bocetos.

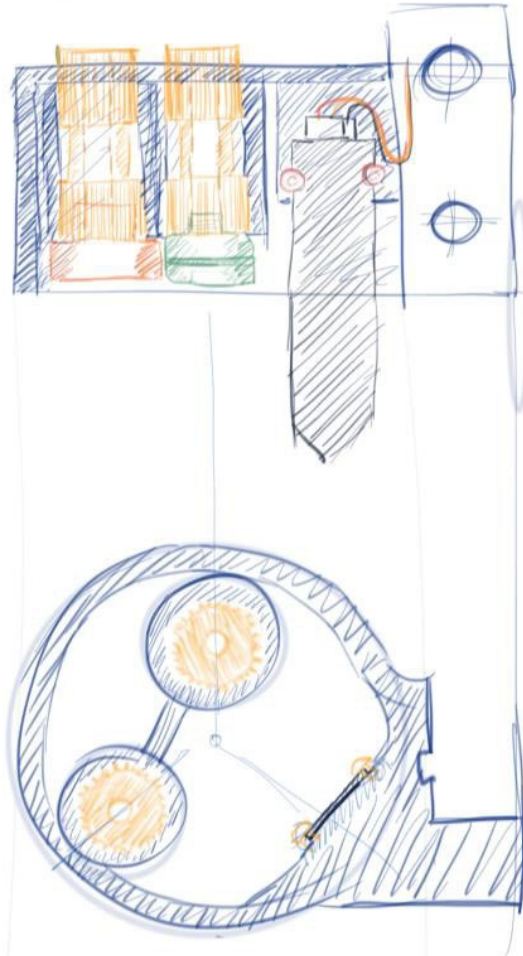
Bocetos de cabezal

Los bocetos siguientes se han elaborado sobre el subensamblaje del "Cabezal", analizado a través de la metodología de Bruno Munari en la sección 9.4.

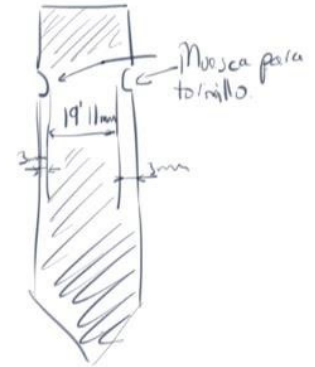
BOLETAJE INICIAL.

Partiendo de los requisitos iniciales, podemos realizar varias propuestas de diseño.

Opción 1:



Sección de sensor SKY-SEN



Pros: Imprimible en una sola pieza.

Contras: No se puede con tan poco espacio es muy difícil abrirlo.

Figura 2: Boceto de idea inicial 1, elaboración propia.

BOLETAJE INICIAL.

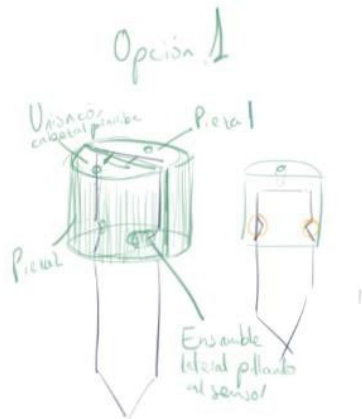
Opciones de ensamble de sensor:

o Por fuera, al lado de la cámara

No se puede por choques con el cabezal.



o Interior, preensamblado

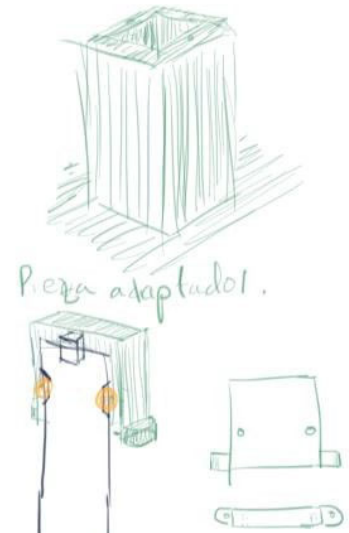


PROS: Electrónica bien protegida
CONTRAS: Tornillería atraviesa las dos piezas. 2 piezas.
La unión superior podría permitir el paso del agua.



PROS: bien protegida. Visión inferior ✓.
CONTRAS: 2 piezas, unión frágil de fabricación en imp 3D.

Opción 3:
Protección adherida a carcasa.



PROS:
CONTRAS:

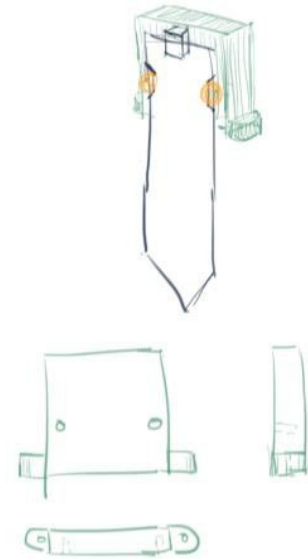
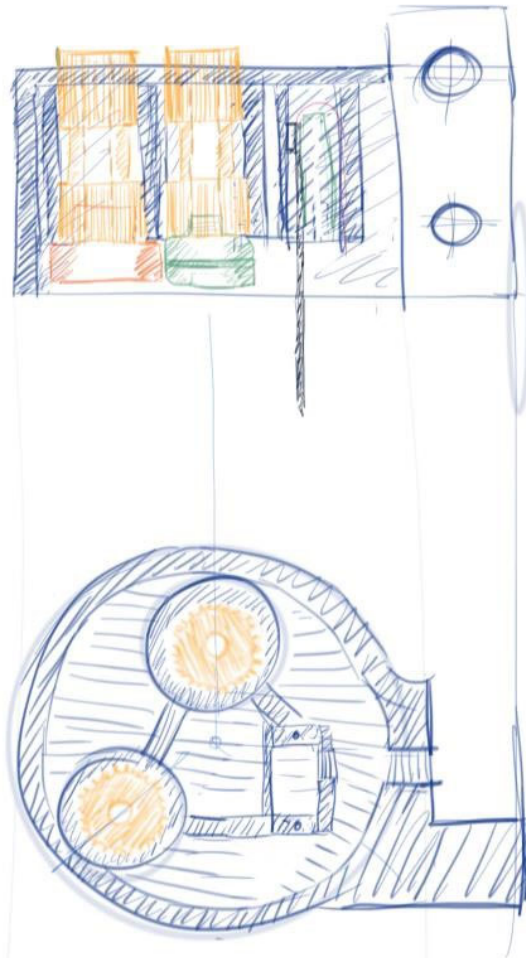
Figura 3: Boceto de variables de piezas unión del sensor de humedad de tierra a cabezal, elaboración propia.

BOLETAJE INICIAL.

Partiendo de los requisitos iniciales, podemos realizar varias propuestas de diseño.

Selección de sensor SKY-SEN

Opción 2:



Pros: Imprimible en una sola pieza.

Contras: No se puede con tan poco espacio es muy difícil trabajar.

Figura 4: Boceto de idea inicial 2, elaboración propia.

Anexo VIII: PERT

Tabla de actividades

La tabla de actividades es el primer paso para realizar un análisis PERT. Esta tabla originalmente tendría cinco columnas: la situación de inicio, la situación final, la actividad, tiempo de ejecución y su nombre real. En este caso, se ha suprimido el tiempo de ejecución al no ser posible conseguirlo y hemos añadido otras dos columnas para denominar el subensamblaje al que pertenece y qué piezas se requieren para el montaje.

Tabla 1: Valor del parámetro β para la estimación de los costes marginales., fuente "Oficina Técnica. Proyectos, dirección y control de obras", [134]

Si-tua-ción ini-cial	Ac-tivi-dad	Si-tua-ción final	Nom-bre	Descripción	Suben-sam-blaje de ubi-cación	Componentes
0	AA	1	PLA	<i>Fabricación de piezas plásticas en PLA</i>		
0	AB	2	Placas	<i>Fabricación de placas en chapa de acero inoxidable de 5mm</i>		
1	f1	3				
2	f2	3				
3	AC	4	Co-lumna 1	<i>Montaje de columna 1</i>	Co-lumna 1	Perfil 20x60x500mm.
3	AD	5	Co-lumna 2	<i>Montaje de columna 2</i>	Co-lumna 2	Perfil 20x60x500mm.
3	AE	6	Bancal	<i>Montaje de bancal</i>	Bancal	Maderas, tornillos de madera estrella 80mm.
4	AF	7	Pie de grúa 1	<i>Montaje de pie de grúa de columna 1</i>	Co-lumna 1	Placa de ruedas de grúa, espaciador de grúa a placa, 4 tornillos M5 20mm, 4 tornillos M5 40mm, 2 espaciadores M5 14.5mm, 4 ruedas, 4 tuercas M5 en T y 4 tuercas autoblo-cantes M5.

4	AG	19	Caja de electricidad	<i>Montaje de caja de electrónica</i>	Columna 1	Caja de electricidad, farmduino 1.0, Raspberry Pi 4b, totón de parada de emergencia, 4 tornillos M5 10mm, 6 tornillos M2.5 4mm, 2 espaciadores M2.5 10mm y 4 tuercas M5 en T.
4	AH	8	Bomba	<i>Montaje del sistema de bombeo de agua</i>	Columna 1	Bomba de agua, soporte de bomba de agua, regulador de presión, 2 adaptadores de rosca a NPT, 2 tornillos M5 10mm y 2 tuercas en T M5.
4	AI	9	Enlace de viga 1	<i>Montaje de enlace de viga a Columna 1</i>	Columna 1	Soporte de esquina derecho, 4 tornillos M5 10mm, 4 tuercas en T.
5	AJ	10	Enlace de viga 2	<i>Montaje de enlace de viga a Columna 2</i>	Columna 2	Soporte de esquina izquierdo, 4 tornillos M5 10mm, 4 tuercas en T.
5	AK	20	Pie de grúa 2	<i>Montaje de pie de grúa de Columna 2</i>	Columna 2	Placa de ruedas de grúa, espaciador de grúa a placa, 4 tornillos M5 20mm, 4 tornillos M5 40mm, 2 espaciadores M5 14.5mm, 4 ruedas, 4 tuercas M5 en T y 4 tuercas autobloqueantes M5.
6	AL	19	Regulador de presión	<i>Montaje de regulador de presión de agua</i>	Bancal	Adaptador de goma de agua de jardín a NPT, 2 abrazaderas, 4 tornillos de madera estrella 30mm.
6	AM	11	Fuente de alimentación	<i>Montaje de fuente de alimentación</i>	Bancal	1 Protector de conexiones, 1 fuente de alimentación 24V 6.25A IP67, cable de fuente de alimentación, 8 tornillos de madera estrella 30mm.

6	AN	12	Co-reas	<i>Montaje de correas de transmisión para los ejes X.</i>	<i>Bancal, columna 1 y 2</i>	4 Clip de correas, 2 correas 4.7m, 4 fijadores de correa, 8 tornillos de madera estrella 30mm.
7	AÑ	20	Semillero	<i>Montaje de semillero en Columna 1</i>	<i>Columna 1</i>	2 semilleros, 1 soporte de semillero, 2 tornillos M5 16mm, 2 tuercas en T M5.
8	f3	19	-			
9	AO	19	Motor 1	<i>Montaje del subensamblaje Motor 1 de eje X</i>	<i>Columna 1</i>	1 Motor NEMA 16, 1 polea 20T, protector de motor 50mm, 4 tornillos M3 12mm.
9	f4	10	-			
10	AQ	13	Viga	<i>Montaje de la viga a Columnas 1 y 2</i>	<i>Viga</i>	Perfil 20x60x1200mm, 8 tornillos M5 10mm, 8 tuercas en T.
10	AR	19	Motor 2	<i>Montaje de subensamblaje Motor 2 de eje X</i>	<i>Columna 2</i>	1 Motor NEMA 16, 1 polea 20T, protector de motor 50mm, 4 tornillos M3 12mm.
11	f5	19				
12	f6	19				
13	AV	19	Sujeción de cables	<i>Montaje de soportes de cableado</i>	<i>Viga</i>	4 40mm cable carrier, 2 clip de correas, 12 tornillos M5 10mm, 12 tuercas en T M5.

13	AW	17	Es- truc- tura 2	<i>Montaje estruc- tura de la desli- zadera</i>	<i>Desliza- dera</i>	Cross Slide Plate, 65mm cable carrier, Leadscrew block, 2 tornillos M5 20mm, 2 tornillos M5 25mm, 4 tuercas auto- blocantes M5.
14	AX	19	Motor 3	<i>Montaje de subensamblaje de Motor de eje Y</i>	<i>Desliza- dera</i>	1 Motor NEMA 16, 1 polea 20T, protector de motor 50mm, 4 tornillos M3 12mm.
14	AY	15	Rue- das	<i>Montaje de sis- tema de ruedas</i>	<i>Desliza- dera</i>	9 ruedas, 9 tornillos M5 30mm, 9 tuercas autoblocantes M5, 9 espaciadores M5
15	AZ	16	Es- truc- tura 3	<i>Montaje de estructura del brazo de eje Z</i>	<i>Brazo</i>	Perfil 20x20x1000mm, 4 40mm Vertical cable carrier, 8 Tor- nillos M5 10mm, 8 tuercas en T M5.
16	BA	19	Bomba de aire	<i>Montaje de subensamblaje de bomba de aire</i>	<i>Brazo</i>	1 bomba de aire, 1 vacuum pump mount, 1 vacuum pump cover, 2 bridas, 4 tornillos M5 10mm, 4 tuercas en T M5.
16	BB	17	Motor 4	<i>Montaje de subensamblaje de Motor de eje Z</i>	<i>Brazo</i>	1 motor NEMA 17, 1 soporte de motor, 1 protector de motor 60mm, un acople de 5 a 8mm, 4 tornillos M3 12mm, 4 tornillos M5 10mm, 4 tuercas en T M5.

16	BC	18	Cabezal	<i>Montaje de cabezal</i>	<i>Brazo</i>	1 cabezal, 1 adaptador de sensor de humedad de tierra, 2 extensores M10, 1 adaptador M-M10 a H-M5, 2 adaptadores NPT a M10, 1 adaptador Luer Lock, 1 aguja Luer Lock 1.9mm, 1 sensor de humedad de tierra, 1 desbrozadora, 1 cámara, 2 monturas de cámara, 2 tornillos M2.5 4mm, 2 tornillos M3 12mm, 4 tornillos M5 16mm, 4 tuercas en T M5.
17	f7	19	-			
18	BE	19	Transmisión	<i>Montaje de transmisión de movimiento del eje Z</i>	<i>Brazo</i>	1 varilla roscada, 2 topes de eje Z, 2 tornillos M5 10mm, 2 tuercas en T M5.
19	BF	20	Cableado y gomas	<i>Conexión de cableado eléctrico y gomas para sistema de agua y neumático</i>	<i>General</i>	

Anexo IX: Análisis morfológico

Este análisis morfológico se ha realizado para tomar la decisión sobre las piezas y conexiones que se requerirán para montar el subensamblaje “Cabezal”, se ha decidido dividir los elementos en tres según su naturaleza y similitud.

1. Carcasa de cabezal, soporte de todo el subensamblaje. Requiere ser un material liviano y resistente a la atmósfera rural que, además, esté permitido su uso en contacto con alimentos.
2. Roscas de conexión a elementos exteriores. Requieren ser piezas con la precisión necesaria para que las conexiones sean estancas y no haya riesgo de fuga de agua o del aire.
3. Conexión interna, elementos que conectarían las roscas superiores con las inferiores. Ver figura 9.15 en el documento de la memoria para más aclaraciones.

Para el análisis, se tendrá en cuenta si la fabricación será mediante impresión 3d FDM [85] o se importará y los aspectos que se medirán para determinarlo serán:

1. Viabilidad técnica.
2. Coste.
3. Resistencia a impactos y esfuerzos solicitados.
4. Precisión.
5. Impacto ambiental.
6. Otros.

Tabla 2: Análisis morfológico ponderado sobre las distintas opciones de fabricación de las piezas del subensamblaje "Cabezal", elaboración propia.

Pieza	Aspectos	Ponderación	Impresión 3d FDM con PLA				Prefabricado en latón			
				Valor	Valor ponderado	Total		Valor	Valor ponderado	Total
Carcasa de cabezal	1	0.2	Realizable en el Fablab Xtrene	5	1	4.4	No existe en el mercado	0		x
	2	0.2	Muy barata	5	1					
	3	0.2	Media	3	0.6					
	4	0.2	Suficiente	4	0.8					
	5	0.1	Muy bajo	5	0.5					
	6	0.1	Adaptable a los requerimientos de diseño	5	0.5					
Roscas de conexión	1	0.2	Realizable en el Fablab Xtrene			x	Existe en el mercado	5	1	4
	2	0.2	Muy barata				Barata	3	0.6	
	3	0.2	Baja				Alta	5	1	
	4	0.2	No se ajusta a lo solicitado	0			Alta	5	1	
	5	0.1					Alto, transporte desde China	1	0.1	

	6	0.1	Fabricable como una unidad junto con la carcasa	5			Ninguno	3	0.3	
Conexión interna	1	0.2	Realizable en el Fablab Xtreme pero está compuesto por un material permeable	1	0.2	3	Existe en el mercado	5	1	4
	2	0.2	Muy barata	5	1		Barata	3	0.6	
	3	0.2	Desconocido	?	0		Alta	5	1	
	4	0.2	Suficiente	4	0.8		Alta	5	1	
	5	0.1	Muy bajo	5	0.5		Alto, transporte desde china	1	0.1	
	6	0.1	Fabricable como una unidad junto con la carcasa	5	0.5		Ninguno	3	0.3	

Parte VI
Bibliografía

Bibliografía

- [1] *Área de Tierra (Kilómetros Cuadrados) | Data*,
<https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.TOTL.K2?view=chart>.
- [2] *Tierras Agrícolas (Kilómetros Cuadrados) | Data*, <https://bit.ly/3ofeKgp>.
- [3] *Agricultura y Desarrollo Rural | Data*,
<https://datos.bancomundial.org/tema/agricultura-y-desarrollo-rural>.
- [4] M. A. Altieri y C. I. Nicholls,
Agroecología Teoría y Práctica Para Una Agricultura Sustentable, 1a,
ép. Series Textos Básicos Para La Formación Ambiental 4. Boulevard de los
Virreyes 155, Colonia Lomas de Virreyes 11000, México D. F., México:
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2000,
isbn: 968-7913-04-X.
- [5] J. S. Triviño P., *Impacto Ambiental Por El Uso Excesivo de Monocultivo*.
- [6] R. Sandri, «The Effects of Monsanto on Indian Farmer Suicide Rates,»
ENV 334 Environmental Justice, mayo de 2017.
- [7] A. Kimbrell,
The Fatal Harvest Reader: The Tragedy of Industrial Agriculture.
Island Press, mayo de 2002, isbn: 978-1-59726-280-4.
- [8] W. J. Ripple, C. Wolf, T. M. Newsome, P. Barnard, W. R. Moomaw
y P. Grandcolas, «World Scientists' Warning of a Climate Emergency,»
Bioscience, 2019. doi: 10.1093/biosci/biz088/5610806.
- [9] F. S. Foundation, *¿Qué Es El Software Libre? – Free Software Foundation
– Working Together for Free Software*,
<https://www.fsf.org/es/recursos/que-es-el-software-libre>.
- [10] *Automatización - Definición - WordReference.Com*,
<https://www.wordreference.com/definicion/automatizaci%C3%B3n>.
- [11] *Automáticos - Definición - WordReference.Com*,
<https://www.wordreference.com/definicion/autom%C3%A1ticos>.

- [12] S. Yaghoubi, N. A. Akbarzadeh, S. S. Bazargani, S. S. Bazargani, M. Bamizan y M. I. Asl, *Autonomous Robots for Agricultural Tasks and Farm Assignment and Future Trends in Agro Robots*.
- [13] *Agriculture and the Environment*,
<https://www.sydney.edu.au/engineering/our-research/robotics-and-intelligent-systems/australian-centre-for-field-robotics/agriculture-and-the-environment.html>.
- [14] *How the Netherlands Feeds the World*,
<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/holland-agriculture-sustainable-farming>,
ago. de 2017.
- [15] J. C. Bernal Zapata, J. C. Flórez González y J. A. Gutiérrez Ortiz, «Construcción de Un Prototipo de Robot Sembrador de Maíz Agrobot II,» 2015.
- [16] H. F. González Gavilanes y M. G. Carrillo Trujillo, «Implementación de Un Prototipo de Robot Sembrador de Papa En Terrenos Sin Inclinación Para Pequeños Productores.,» jul. de 2019.
- [17] *Diseñan Robot Sembrador de Maíz*,
<http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/robotica/6157-disenan-robot-sembrador-de-maiz>.
- [18] A. H. A. López, G. A. Vargas, C. J. D. Ortiz y J. D. S. Vergara, «Diseño de Un Sistema de Control y Automatización de Temperatura, Humedad Del Suelo y Humedad Relativa Para Optimizar El Rendimiento de Cultivos Bajo Cubierta En CORHUILA,»
Memorias de Congresos UTP, págs. 48-53, jul. de 2017.
- [19] L. Huertas, «El Control Ambiental En Invernaderos: Temperatura,» pág. 4,
- [20] — —, «• Es Uno de Los Factores Medioambientales Que Hay Que Considerar, Porque Un Mal Control Puede Influir de Manera Negativa En Los Cultivos Bajo Invernadero,» pág. 3,
- [21] E. Pino V. y E. Pino V., «Los Drones Una Herramienta Para Una Agricultura Eficiente: Un Futuro de Alta Tecnología,»
Idesia (Arica), vol. 37, n.º 1, págs. 75-84, mar. de 2019, issn: 0718-3429.
doi: 10.4067/S0718-34292019005000402.
- [22] J. Doherty, *Robotics in the Field*,
<https://www.hawkesburygazette.com.au/story/4769378/robotics-in-the-field/>,
jul. de 2017.

- [23] *Introducing Digital Farmhand*, <https://www.digitalfarmhand.org/news>.
- [24] L. Emmi, M. Gonzalez-de-Soto, G. Pajares y P. Gonzalez-de-Santos, «New Trends in Robotics for Agriculture: Integration and Assessment of a Real Fleet of Robots,»
The Scientific World Journal, vol. 2014, e404059, mar. de 2014, issn: 2356-6140. doi: 10.1155/2014/404059.
- [25] *FarmBot | Open-Source CNC Farming*, <https://farm.bot/>.
- [26] TEDx Talks,
Open-Source Automated Precision Farming | Rory Aronson | TEDxUCLA.
- [27] *Un Pacto Verde Europeo*, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es,
Text.
- [28] *Objetivos de Desarrollo Sostenible | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>.
- [29] *Objetivo 2: Hambre Cero | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-2-zero-hunger.html>.
- [30] *Objetivo 3: Salud y Bienestar | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-3-good-health-and-well-being.html>.
- [31] I. Grugulis y S. Vincent, «Whose Skill Is It Anyway?: ‘Soft’ Skills and Polarization,»
Work, Employment and Society, vol. 23, n.º 4, págs. 597-615, dic. de 2009, issn: 0950-0170. doi: 10.1177/0950017009344862.
- [32] *Objetivo 4: Educación de Calidad | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-4-quality-education.html>.
- [33] *Objetivo 9: Industria, Innovación e Infraestructura | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-9-industry-innovation-and-infrastructure.html>.
- [34] *Objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-11-sustainable-cities-and-communities.html>.
- [35] *Objetivo 12: Producción y Consumo Responsable | PNUD*,
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-12-responsible-consumption-and-production.html>.

- [36] *Objetivo 17: Alianza para lograr los objetivos* | PNUD, <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-17-partnerships-for-the-goals.html>.
- [37] PORTAL TERMINOLÓGICO DE LA FAO | *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, <https://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=2>.
- [38] *Base de Datos AGRIS*, <http://www.sidalc.net/AGRISSA.htm>.
- [39] S. R. P. Inc., *SCIRP Scientific Research An Academic Publisher*.
- [40] C. Analytics, *Web of Science*, Clarivate Analytics.
- [41] *Scopus Preview - Scopus - Welcome to Scopus*, <https://www.scopus.com/home.uri>.
- [42] *INE Productos y Servicios / Publicaciones / Catálogo de Publicaciones*, <https://www.ine.es/>.
- [43] *Ieex - Publicaciones - Portal Ciudadano*, <https://ciudadano.gobex.es/web/ieex/ieex>.
- [44] IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- [45] *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*, <https://www.miteco.gob.es/es/>.
- [46] *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, <https://www.mapa.gob.es/es/>.
- [47] *Agencia Europea de Medio Ambiente – Agencia Europea de Medio Ambiente*, <https://www.eea.europa.eu/es>, Carpeta.
- [48] *World Bank Open Data | Data*, <https://datos.bancomundial.org/>.
- [49] *European Bank for Reconstruction and Development (EBRD)*, <http://www.ebrd.com/home>.
- [50] *Comisión Europea, Web Oficial*, https://ec.europa.eu/info/index_es.
- [51] *OECD Data*, <https://data.oecd.org/>.
- [52] *Human Development Data Center | Human Development Reports*, <http://hdr.undp.org/en/data>.
- [53] *UNEP Environmental Data Explorer - The Environmental Database (Search | Map | Graph | Download)*, <http://geodata.grid.unep.ch/>.
- [54] *Google Académico*, <https://scholar.google.es/>.
- [55] G. Boothroyd, «Computer-Aided Design,» *Product design for manufacture and assembly*, vol. 26, n.º 7, págs. 505-520, 1994, issn: 0010-4485. doi: 10.1016/0010-4485(94)90082-5..

- [56] M. F. Ashby y D. Cebon, «Materials Selection in Mechanical Design,» *Le Journal de Physique IV*, vol. 03, n.º C7, págs. C7-1-C7-9, nov. de 1993, issn: 1155-4339. doi: 10.1051/jp4:1993701.
- [57] B. I. R. Rodríguez, «El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental,» pág. 7, 2003.
- [58] B. Munari y C. Artal Rodríguez, *¿Cómo Nacen Los Objetos?: Apuntes Para Una Metodología Projectual*. Barcelona: Gustavo Gili, 2015, isbn: 978-84-252-1154-6.
- [59] J. García Sanz-Calcedo, A. González González y Ó. López Pérez, *CUADERNO DE EXPLICACIÓN Y EJERCICIOS DE LA METODOLOGÍA DEL CAMINO CRÍTICO CPM PARA LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS*, First. Aula Magna Proyecto clave McGraw Hill, 2020, isbn: 978-84-18392-64-1.
- [60] A. F. Osborn, *Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking*, 1a. Nueva York: Charles Schribner's Sons, 1953.
- [61] J. D. Novak, «How Do We Learn Our Lesson?» *Science Teacher*, vol. 60, n.º 3, págs. 50-55, 1993, issn: 0036-8555.
- [62] A. Osterwalder e Y. Pigneur, *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. John Wiley & Sons, jul. de 2010, isbn: 978-0-470-87641-1.
- [63] A. Daou, C. Mallat, G. Chammas, N. Cerantola, S. Kayed y N. A. Saliba, «The Ecocanvas as a Business Model Canvas for a Circular Economy,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 258, pág. 120 938, jun. de 2020, issn: 0959-6526. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120938.
- [64] — —, «The Ecocanvas as a Business Model Canvas for a Circular Economy,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 258, pág. 120 938, jun. de 2020, issn: 0959-6526. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120938.
- [65] Overleaf, <https://www.overleaf.com/>.
- [66] Plantilla TFE - ETSIT Universidad de Málaga (1), <https://www.overleaf.com/project/60a55935d7a35979ef73f3fc>.
- [67] I. Navarro García, «La agricultura holandesa como modelo a seguir en el desarrollo agrario,» oct. de 2017.
- [68] Wageningen University & Research, <https://www.wur.nl/en.htm>, 2012-12-18T12:01:00CET.

- [69] J. H. J. Spiertz y M. J. Kropff, «Adaptation of knowledge systems to changes in agriculture and society: The case of the Netherlands,» *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 58, n.º 1, págs. 1-10, jun. de 2011, issn: 1573-5214. doi: 10.1016/j.njas.2011.03.002.
- [70] *Wageningen University, Research & Results*, <https://www.wur.nl/en/Research-Results.htm>, 2012-02-24T09:49:00CET.
- [71] F. Viviano, *How the Netherlands Feeds the World*, <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/holland-agriculture-sustainable-farming>.
- [72] I. Díaz-Landaluce, *Holanda, 'nuevo granero del mundo' gracias a la tecnología*, feb. de 2019.
- [73] *Tertill*, <https://tertil.com/blogs/tertilblog/five-simple-steps-to-get-the-most-out-of-your-tertil>.
- [74] *Kickstarter*, <https://www.kickstarter.com/>.
- [75] *Sybil | The Smart Garden Robot Powered by Machine Learning by Sterling – Kickstarter*, <https://www.kickstarter.com/projects/starlingsystems/sybil-the-smart-garden-robot-powered-by-machine-learning>.
- [76] Y. Fernández, *Qué Es Arduino, Cómo Funciona y Qué Puedes Hacer Con Uno*, <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>, Revista Digital, 378.
- [77] R. K. Kodali, V. Jain y S. Karagwal, «IoT Based Smart Greenhouse,» en *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, dic. de 2016, págs. 1-6. doi: 10.1109/R10-HTC.2016.7906846.
- [78] *Agerris*, <https://agerris.com/>.
- [79] *Swagbot*.
- [80] *The Digital Farmhand*.
- [81] V. Puri, A. Nayyar y L. Raja, «Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture,» *Journal of Statistics and Management Systems*, nov. de 2017, issn: 0972-0510.
- [82] *FarmBot Express XL v1.0*, <https://farm.bot/products/farmbot-express-xl-v1-0>.
- [83] «Control Numérico,» *Wikipedia, la enciclopedia libre*, mayo de 2021.

- [84] *FarmBot Forum*, <https://forum.farmbot.org/>.
- [85] *Tipos de impresoras 3D FDM: Delta, Cartesiana, Polar y Brazo robótico*, <https://www.3dnatives.com/es/tipos-impresoras-3d-fdm-190620172/>, oct. de 2020.
- [86] *Tools*, <https://genesis.farm.bot/v1.5/FarmBot-Genesis-V1.5/tools.html>.
- [87] *Sensor capacitivo*.
- [88] J. C. Cano, *Inicio - Fablab Xtrene - Un lugar en el que fabricar tu proyecto*, <https://www.xtrene.com/>.
- [89] *El Desafío Social*, <https://www.fundacioncajaextremadura.com/area-social/desafio/>.
- [90] *Ayuntamiento de Almendralejo - Anillo Verde*, https://www.almendralejo.es/contenido.php?id_area=1&id_bloque=37.
- [91] F. Goteo, *Goteo.org :: Crowdfunding the commons*, <https://www.goteo.org/>.
- [92] *Red Circular FAB – Centro de Referencia de Innovación y emprendimiento en Transformación Digital*.
- [93] *Finca La Cocosa*, <https://desarrolloruralysostenibilidad.dip-badajoz.es/lacocosa/>.
- [94] G. Boothroyd, «Product Design for Manufacture and Assembly,» *Computer-Aided Design*, vol. 26, n.º 7, págs. 505-520, jul. de 1994, issn: 0010-4485. doi: 10.1016/0010-4485(94)90082-5.
- [95] *Nuevo centro de corte láser en Badajoz | IT Corte Extremadura, s.l.* Sep. de 2017.
- [96] *Rationalstock.es: la ferretería industrial online*, <https://www.rationalstock.es/>.
- [97] J. O. Adam, *Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2016, isbn: 978-84-369-5745-7.
- [98] B. Fos Guarinos, «Diseño de técnicas de inteligencia artificial aplicadas a imágenes médicas de rayos X para la detección de estructuras anatómicas de los pulmones y sus alteraciones,» Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València, sep. de 2016.
- [99] B. Martínez Celda, «Clasificación automática de imágenes de cielo mediante inteligencia artificial,» 2021.
- [100] D. Heras, «Clasificador de imágenes de frutas basado en inteligencia artificial,» *Killkana Técnica*, vol. 1, n.º 2, pág. 21, nov. de 2017, issn: 2588-0888, 2528-8024. doi: 10.26871/killkana_tecnica.v1i2.79.

- [101] *Medir la humedad del suelo con Arduino e higrómetro FC-28.*
- [102] «Ficha Técnica: Sensor de Humedad de Suelo FC-28,» inf. téc.
- [103] *Tienda de Componentes Electronicos en México | CDMX Electrónica,*
<https://uelectronics.com/>.
- [104] *AZ-Delivery: su experto en microelectrónica,* <https://www.az-delivery.de/es>.
- [105] *0.17€ | Manguera OD de 4mm, 6mm, 8mm, 10mm, 12mm, Lengüeta x M8, M10, M12, M14, M16, M18, Rosca Macho Métrica, Conector de Latón, Adaptador empalmador | Accesorios de Tuberías | - AliExpress,*
<https://bit.ly/3IUvxNw>.
- [106] *2.28€ 17 % de DESCUENTO | Tuerca de Cobre Moldeada Por Inyección de Punto al Por Mayor, Tuerca de Cobre Moleteado de Cobre, Tuerca de Cobre M4 M5 M6 M8 20 Uds | Tuercas | - AliExpress,* <https://bit.ly/3ueV4gp>.
- [107] *0.34€ | Adaptador de Tubería de Latón Con Rosca Métrica Hembra a Macho, Conector Acoplador Para Combustible, Gas y Agua, M8, M10, M12, M14, M16, M18, M20 | Accesorios de Tuberías | - AliExpress,*
<https://bit.ly/3AKJJGj>.
- [108] *0.64€ 11 % de DESCUENTO | Módulo Capacitivo de Sensor de Humedad Del Suelo, Resistente a La Corrosión, Cable de Amplio Voltaje, Sensor de Humedad Del Suelo Capacitivo Analógico V1.2 | Sensores | - AliExpress,*
<https://bit.ly/3oda6jc>.
- [109] *cogarden, Our Community. Our Food.* <https://cogarden.net/home-1>.
- [110] *Landing page.*
- [111] *Hilo de filamento PLA para impresora 3D en España | Uso alimentario,*
<https://eolasprints.com/es/>.
- [112] *Rat Rig Online Store,* <https://www.ratrig.com/>.
- [113] *10pcs Poleas Impresora, 3D POM, Rueda de V de Plástico, Polea, Modelos Para Impresora 3D : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia,*
<https://amzn.to/3rheM9i>.
- [114] *PChero 5 Metros 6 Mm de Ancho GT2 Correa de Distribución + 2 Piezas 2GT Correa de Distribución de Aluminio Para Engranajes : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia,* <https://amzn.to/3od64Y6>.
- [115] *Baoblaze 12 Piezas Diente de Montaje de Fijación Engranaje de Aleación de Aluminio Para Impresora 3D 2GT : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia,* <https://amzn.to/3KXYTfN>.

- [116] GT2 Polea 20 Dientes Diámetro 4mm Ancho de La Correa 6mm Para Impresora 3d(Pack of 10,Llave Incluida) : Amazon.Es: Coche y Moto, <https://amzn.to/3GdMBfR>.
- [117] JZK 6 x Acoplamientos Flexibles Eje Aluminio 5mm a 8mm Para Acoplador de Motor de Pasos Para Impresora Nema 17 Reprap 3D : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia, <https://amzn.to/32MmIpL>.
- [118] ANWUYANG 1set Impresora 3D CNC T8 Tornillo De Plomo 8mm De Longitud 100-800mm + Tuerca De Cobre De Latón + Kp08 Soporte De Rodamiento + Acoplamiento Flexible 8x8 : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia, <https://amzn.to/3IPyLC6>.
- [119] Caja de Plástico ABS BOXEXPERT Caja de Control de La Flota IP65 Gris/Transparente (ABS, 350x250x150mm Con Puerta Transparente) : Amazon.Es: Bricolaje y Herramientas, <https://amzn.to/3IOZfUn>.
- [120] Fuente de Alimentación IP67, DC24V/150W/6.3A - LEDBOX, <https://www.ledbox.es/fuentes-de-alimentacion/fuente-de-alimentacion-ip67-dc24v-150w-6-3a>.
- [121] Raspberry Pi Zero W - KUBII, <https://www.kubii.es/les-cartes-raspberry-pi/1851-raspberry-pi-zero-w-kubii-3272496006997.html?src=raspberrypi>.
- [122] Carte microSD 8GB Classe 10 Transcend - KUBII, <https://www.kubii.es/tarjeta-sd-y-almacenamiento/2159-carte-microsd-8gb-classe-10-transcend-kubii-3272496010529.html>.
- [123] TankerStreet 2 Piezas 16mm Momentáneo Pulsador de Botón Metálico Interruptores Acero Inoxidable Impermeable Plana Top ON/OFF Pulsador Plata : Amazon.Es: Bricolaje y Herramientas, <https://amzn.to/3gfeYQl>.
- [124] 5PCS Nema 17 Motor Paso a Paso, TopDirect Stepper Motor 1.7A 0.4Nm (56.2oz.in) Con 5pcs 4-Pin Cable Para Impresora 3D CNC : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia, <https://amzn.to/3ge2Z5n>.
- [125] 10m RGB LED Línea de Control 4x 0,34mm² LiYY Extensión 4 Wire Cable de Alimentación Blanco : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia, <https://amzn.to/3GgKjwk>.
- [126] Cadena de Arrastre de Cable - SODIAL(R)18mm x 37mm Negro Flexible Cadena de Arrastre de Cable Semicerrada 1M 39.4": Amazon.Es: Bricolaje y Herramientas, <https://amzn.to/3of1Lv7>.
- [127] Fesjoy DC 24V Bomba Dosificadora Bomba Peristáltica Mini Agua Bomba Líquida Cabezal de Tubo Peristáltico Función de Autoaspiración Para El Laboratorio de Acuarios Aditivos Químicos Dosificadores, : Amazon.Es: Bricolaje y Herramientas, <https://amzn.to/3IOZwXp>.

- [128] *Stellwingsf 6 LED 7mm Lente Endoscopio Impermeable Inspección Boroscopio Cámara Tubo Para Android : Amazon.Es: Industria, Empresas y Ciencia*, <https://amzn.to/344nTBC>.
- [129] *Conector de Cable Exterior Para Caja de Conexiones a Prueba de Agua - Paquete de 1 Chestele Conector IP68 Acoplador de Manguito Externo Ø 5mm-12mm (Negro, PA66) : Amazon.Es: Bricolaje y Herramientas*, <https://amzn.to/3HkAsHw>.
- [130] 1.42€ | *Conector de Manguera de Latón, Rosca Macho Métrica, 6mm, 8mm, 10mm, a M8, M10, M12, M14, M16, 5 unidades | Accesorios de Tuberías | - AliExpress*, <https://bit.ly/3ge6Q2l>.
- [131] 2.6€ 5 % de DESCUENTO | *Tuerca de Cobre Moldeada Por Inyección de Punto al Por Mayor, Tuerca de Cobre Moleteado de Cobre, Tuerca de Cobre M4 M5 M6 M8 20 Uds | Tuercas | - AliExpress*, <https://bit.ly/3ueV4gp>.
- [132] 0.73€ | *M5 M6 M10 Métrica de 1/8 z 1/4", Conector Hembra BSP a Macho, Reductor de Buje de Latón, Acoplador de Montaje de tubería | Accesorios de Tuberías | - AliExpress*, <https://bit.ly/3ge24BW>.
- [133] ONDUPACK S.A.U. <https://www.ondupack.com/es>.
- [134] P. G. Pompa y M. G. Pérez,
Oficina técnica: proyectos, dirección y control de obras.
Universidad de Extremadura, 1994, isbn: 978-84-7723-184-4.

FIN