



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## Escuela Politécnica Superior de Alcoy

Diseño de una maceta con el principio estructural de la  
tenseguridad.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

AUTOR/A: Seoane Salmerón, Claudia

Tutor/a: Juliá Sanchis, Ernesto

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

## RESUMEN

En este trabajo de final de grado se va a desarrollar un estudio de una estructura tensigrítica para el diseño de una maceta de interior. Esta maceta consta de la parte superior, en la cual se colocará la planta, y la parte inferior, que será la estructura que mantiene la maceta.

Se ha decidido fabricar la parte estructural con madera de pino, debido a que cumple con las características mecánicas que exige este tipo de estructura además de su fácil mecanizado y su precio económico. Por otra parte, se ha elegido un cable de acero inoxidable para sujetar y montar toda la estructura, aportando elegancia al diseño. Por último, se ha escogido realizar la maceta mediante PLA, el cual permite ser inyectado con facilidad, además de ser respetuoso con el medio ambiente.

El objetivo de este proyecto es realizar un diseño vanguardista de una maceta de interior teniendo en cuenta las exigencias que requieren las estructuras con tensegridad. Para ello se han realizado simulaciones numéricas que garantizan la estabilidad y la durabilidad de la estructura.

Además, para entender correctamente el proyecto, se ha enumerado paso por paso la fabricación y la forma de montaje, ofreciendo información y justificando las dimensiones y el diseño con simulaciones numéricas.

Palabras clave: tensegridad, maceta, reciclaje, plantas de interior.

## RESUM

En aquest treball de final de grau es desenvoluparà un estudi d'una estructura tensigrítica per al disseny d'un test d'interior. Aquest test consta de la part superior, en la qual es col·locarà la planta, i la part inferior, que és l'estructura que manté el test.

S'ha decidit fabricar la part estructural amb fusta de pi, ja que compleix amb les característiques mecàniques que exigeix aquest tipus d'estructura a més del seu fàcil mecanitzat i el seu preu econòmic. D'altra banda, s'ha triat un cable d'acer inoxidable per a subjectar i muntar tota l'estructura, aportant elegància al disseny. Finalment, s'ha decidit realitzar el test mitjançant PLA, el qual permet ser injectat amb facilitat, a més de ser respectuós amb el medi ambient.

L'objectiu d'aquest projecte és realitzar un disseny avantguardista d'un test d'interior tenint en compte les exigències que requereixen les estructures amb tensegritat. Per a això s'han realitzat simulacions numèriques que garanteixen l'estabilitat i la durabilitat de l'estructura.

A més, per a entendre correctament el projecte, s'ha enumerat pas per pas la fabricació i la forma de muntatge, oferint informació i justificant les dimensions i el disseny amb simulacions numèriques.

Paraules clau: tensegritat, test, reciclatge, plantes d'interior.

## SUMMARY

This final degree project is going to develop a study of a tensegritic structure for the design of an indoor pot. This pot consists of an upper part, in which the plant will be placed, and a lower part, which is the structure that holds the pot.

It has been decided to manufacture the structural part with pine wood, because it meets the mechanical properties required by this type of structure in addition to its ease of machining and its economic price. On the other hand, a stainless-steel cable has been chosen to hold and mount the entire structure, adding elegance to the design. Finally, PLA has been chosen to make the pot, due to its ease of injections and its respectfulness with the environment.

The objective of this project is to carry out a vanguardist design of an indoor pot, considering the demands required by tensegritic structures. Regarding these requirements, numerical simulations have been carried out to guarantee the stability and durability of the structure.

In addition, to correctly understand the project, the manufacturing and assembly methods have been listed step by step, offering information and justifying the dimensions and the design with numerical simulations.

Key words: tensegrity, pot, recycling, indoor plants.



# DISEÑO DE UNA MACETA CON EL PRINCIPIO ESTRUCTURAL DE LA TENSEGRIDAD

Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos  
Convocatoria Julio 2022

Universitat Politècnica de València. EPSA  
Claudia Seoane Salmerón

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a todos mis compañeros y amigos que me han acompañado durante estos cuatro años de carrera, sin ellos no habría llegado tan lejos. En especial a mi gran amigo Arturo Ordóñez, sin el cual este proyecto no habría salido adelante, gracias por tu paciencia, apoyo incondicional y amistad.

De igual manera, a mi compañero Adrián Micó, por plantar en mí la semilla de la curiosidad al hablarme del concepto de la tensegridad, que meses después ha derivado en el desarrollo de este trabajo. Agradecer también a mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de estos cuatro años de carrera y más aún en estos últimos meses.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor, Ernesto Juliá Sanchis, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración me han permitido el desarrollo de este trabajo.

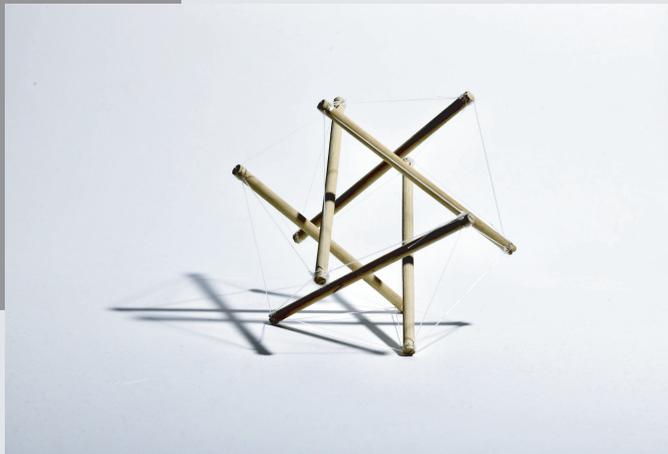
# DISEÑO DE UNA MACETA CON EL PRINCIPIO ESTRUCTURAL DE LA TENSEGRIDAD

## MATERIALES



PLA

MADERA DE PINO



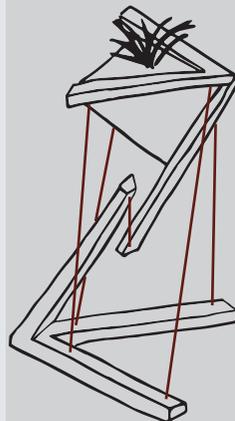
El objetivo de este proyecto es realizar un diseño vanguardista de una maceta de interior teniendo en cuenta las exigencias que requieren las estructuras con tensegridad.

TENSEGRIDAD

MACETA

RECICLAJE

PLANTAS DE INTERIOR



Claudia Seoane Salmerón

Universitat Politècnica de València. EPSA  
Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

## ÍNDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
1.1. Objeto y justificación. ....	1
1.2. Antecedentes. ....	1
1.2.1. Pliego de condiciones iniciales.....	2
1.3. Requisitos de diseño.....	3
1.3.1. Estudio de mercado. ....	3
1.3.2. Encuesta al usuario.....	6
1.3.3. Normativa.....	6
1.4. Briefing. ....	7
1.5. Ideación. ....	9
1.6. Justificación y descripción de las soluciones adoptadas (VTP). ....	15
1.7. Materiales y acabados superficiales. ....	17
1.7.1. Materiales.....	17
1.7.2. Acabados. ....	17
1.7.3. Propuesta de acabados.....	18
1.8. Viabilidad técnica y física. ....	19
1.8.1. Explosionado.....	19
1.8.2. Ensamblaje de componentes. ....	20
1.9. Análisis estructural.....	27
1.9.1. Resistencia estructural del producto.....	27
1.9.2. Conclusiones del análisis estructural.....	42
1.10. Conclusiones. ....	43
2. ANEXOS.....	45
2.1. Anexo 1. Encuesta al usuario. ....	45
2.2. Anexo 2. Normativa. ....	49
2.3. Anexo 3. Material madera de pino. ....	51
2.3.1. Pino longitudinal. ....	51
2.3.2. Pino transversal. ....	54
2.4. Anexo 4. Material PLA. ....	57
3. PLANOS .....	61
3.1. Planos de diseño.....	61
3.2. Planos de fabricación. ....	73

4.	PROTOTIPOS, MAQUETAS Y MODELOS .....	91
4.1.	Prototipos. ....	91
4.1.1.	Prototipo 1. ....	91
4.1.2.	Prototipo 2. ....	93
4.1.3.	Prototipo 3. ....	95
4.1.4.	Prototipo de maceta en prepreg. ....	97
4.2.	Maqueta. ....	99
5.	PLIEGO DE CONDICIONES .....	109
5.1.	Pliego de condiciones técnicas. ....	109
5.2.	PERT y GANT. ....	129
6.	MEDICIONES .....	133
7.	PRESUPUESTOS .....	147
7.1	Presupuesto de fabricación. ....	147
7.2	Presupuesto de montaje. ....	153
7.3	Viabilidad económica. ....	154
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	155
9.	ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS. ....	157
9.1	Figuras. ....	157
9.2	Tablas. ....	162

# 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1.1. Objeto y justificación.

El objetivo del trabajo es el diseño de una maceta integrada en un soporte basado en el principio estructural de la tensegridad. Se pretende conseguir un concepto estético y vanguardista adaptado a las necesidades del usuario.

La maceta se diseñará a partir de materiales de origen natural, reciclables y/o biodegradables. Para poder aplicar el sistema de la tensegridad se evaluarán distintas propuestas y disposiciones estructurales combinando los elementos rígidos con cables que darán estabilidad al producto. En el aspecto metodológico, el trabajo pretende alcanzar las siguientes fases:

- En la fase de "Iniciación" se definirán los requisitos y restricciones del diseño de acuerdo con el mercado, al usuario, a los procesos y a la normativa.
- En la fase de "Diseño del producto y del proceso" se obtendrán soluciones viables especificando las formas y las dimensiones, así como la selección de materiales y consideración de los métodos de producción para cada uno de los elementos componentes del diseño propuesto.

Asimismo, se fabricará un modelo funcional del producto a escala real para demostrar su viabilidad.

## 1.2. Antecedentes.

Se ha investigado y estudiado el concepto de la tensegridad y sus aplicaciones a lo largo del tiempo. El término tensegridad, proveniente del inglés tensegrity, es un término arquitectónico acuñado por **Buckminster Fuller** [1] como contracción de tensional integrity (integridad tensional).

Según el ingeniero y arquitecto **Valentín Gómez Jauregui** [2], la tensegridad es un principio estructural basado en el empleo de componentes aislados comprimidos que se encuentran dentro de una red tensada continua, de tal modo que los elementos comprimidos (generalmente barras) no se tocan entre sí y están unidos únicamente por medio de componentes traccionados (generalmente cables), que son los que delimitan espacialmente dicho sistema. La tensegridad nació en la escultura y la arquitectura. Ha continuado desarrollándose en otros campos de aplicación como las matemáticas y la mecánica.

Siguiendo con este ejemplo se plantea el reto de este proyecto: diseñar una maceta utilizando esta propiedad física, de tal forma que cree una estructura llamativa que complemente la decoración de cualquier espacio de la casa.

### 1.2.1. Pliego de condiciones iniciales.

A continuación, se van a redactar las necesidades que requiere este producto para su desarrollo:

#### *ESTÉTICA:*

- Atractivo para la venta.
- Innovador.

#### *DIMENSIÓN:*

- Tamaño de maceta sobremesa.

#### *MATERIALES*

- Altas propiedades mecánicas para la estructura.
- De origen natural, reciclables y/o biodegradables.

#### *PESO*

- Ligero.

#### *ACABADOS*

- Naturales.
- De calidad.

#### *PRECIO*

- Competitivo frente a las otras propuestas del mercado.

#### *TÉCNICAS*

- Uniones adecuadas
- Estable, seguro y resistente

#### *DURACIÓN*

- Duración máxima haciendo un uso adecuado del producto

#### *MANTENIMIENTO*

- Resistente a productos de limpieza
- Resistente a temperatura ambiente
- Resistente a rayos UV y humedad

#### *SEGURIDAD*

- No deben constar elementos peligrosos
- Cantos redondeados

### 1.3. Requisitos de diseño.

Se ha realizado una investigación y un estudio sobre los diferentes factores que podrían afectar al producto. En este caso la información se ha obtenido mediante un estudio de mercado y una encuesta cuantitativa al potencial usuario.

#### 1.3.1. Estudio de mercado.

Se han seleccionado seis opciones de maceta para la realización del estudio de mercado las cuales se adaptan mejor a la idea final del producto. La información recopilada en las fichas técnicas de cada producto como el material, el fabricante, el precio y los aspectos técnicos y estéticos, se utilizarán como inspiración para el diseño final de la maceta.

**NOMBRE:** Tensegrity Plant Propagation Stand

**FABRICANTE:** NXTGenCreations

**DIMENSIONES:** 254mm x 152.4mm x 203.2mm

**MATERIALES:**

- Soporte: PLA
- Maceta: Cristal

**ACABADOS:** Múltiples colores, acabado mate.

**PRECIO:** 45.68€



*Fig 1: Tensegrity Plant Propagation Stand.*

**NOMBRE:** Maceta de bonsái con aire de elevación.

**FABRICANTE:** Navila

**DIMENSIONES:**

- Soporte: 134mm x 134mm x 30mm
- Maceta: Ø59mm x 50mm

**MATERIALES:**

- Soporte: Madera de arce
- Maceta: ABS

**ACABADOS:** Blanco o chocolate.

**PRECIO:** 299.99€



*Fig 2: Maceta de bonsái con aire de elevación.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

**NOMBRE:** Reciclado rústico recuperado  
madera titulares de planta de aire. Florero,  
decoración pared, diseño geométrico,  
terrario.

**FABRICANTE:** TripleSevenHome

**DIMENSIONES:**

- Soporte: 177.8mm x 177.8mm x 76.2mm

**MATERIALES:**

- Madera recuperada
- Hilado

**ACABADOS:** Madera

**PRECIO:** 30.06€



*Fig 3: Reciclado rústico recuperado. Florero.*

**NOMBRE:** Porta plantas suspenso Macramaté

**FABRICANTE:** LaRedoute

**DIMENSIONES:**

- Soporte: Ø260mm x 155mm
- Maceta: Ø250mm x 150mm

**MATERIALES:**

- Papel trenzado
- Cristal

**ACABADOS:** Natural

**PRECIO:** 52.99€



*Fig 4: Porta plantas suspenso Macramaté.*

**NOMBRE:** Soporte de madera para plantas pequeñas, estante para alféizar de plantas suculentas, estante de mesa para plantas suculentas en la sala de estar y oficina

**FABRICANTE:** MUOARD

**DIMENSIONES:**

- Soporte: 210,82mm x 99,06mm x 10.16mm
- Altura máx. 160,02mm
- Altura min. 116,84mm
- Diámetros de plataformas 99.06mm

**MATERIALES:**

- Tablero multicapa natural

**ACABADOS:** Madera

**PRECIO:** 15.47€



Fig 5: Soporte de madera para plantas pequeñas.

**NOMBRE:** CWDream Tensegrity

**FABRICANTE:** MUOARD

**DIMENSIONES:**

- Soporte: 350mm x 343.9mm x 87,12mm

**MATERIALES:**

- Madera de álamo y eucalipto

**ACABADOS:** Madera barnizada

**PRECIO:** 67.70€



Fig 6: CWDream Tensegrity.

### 1.3.2. Encuesta al usuario.

Con la finalidad de definir el potencial usuario del producto y enfocar el diseño final del mismo se realizó una encuesta cuantitativa [**Anexo 1**]. Debido a que el proyecto va enfocado al diseño de una maceta de interior se han extraído las conclusiones relevantes para esa opción.

- El porcentaje de personas que tiene plantas de interior y exterior es muy similar.
- La gran mayoría tiene plantas pequeñas o medianas.
- Suelen tener las plantas en el salón, dormitorio o comedor.
- Suele estar colocada en una estantería, mesa o mueble bajo

Además, se incluyó una última pregunta donde se mostraban 3 posibles diseños para ver la opinión del usuario. Este valor, junto con el resto de información, se tendrá en cuenta más adelante en la fase de ideación como factor en el desarrollo de una tabla de Valor Técnico Ponderado, de ahora en adelante VTP, para determinar el diseño final.

### 1.3.3. Normativa.

Se han tenido que redondear todos los cantos externos de todas las piezas de la estructura y de la maceta debido a que, aunque no se ha encontrado normativa específica de macetas, se ha decidido aplicar los requisitos de seguridad para mobiliario. Se han adoptado los criterios de la norma UNE-EN 1729-2:2012+A1, Apartado 4 Requisitos de seguridad, [**Anexo 2**]; la cual especifica:

apartado c) Todos los demás bordes y esquinas con los que el usuario pueda entrar en contacto durante un uso normal deben ser suaves, redondeados o achaflanados, y exentos de rebabas.

#### 1.4. Briefing.

En esta fase se van a definir los factores a considerar para definir los elementos y la estética del proyecto. Estas decisiones están influenciadas por el estudio de mercado [**apartado 1.3.1.**] y los resultados obtenidos en la encuesta al usuario [**Anexo 1**].

- Enfocar el producto a un público amplio, de renta media o alta, y de edad entre los 18 y 25 años.
- Opción de personalizar el color del producto por el usuario.
- Acabados naturales, siguiendo la tendencia del estilo naturalista.
- Tener en cuenta la norma UNE-EN 1729-2:2012+A1.
- Cumplir con la función básica de una maceta.

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

### 1.5. Ideación.

Para el diseño final se ha realizado una fase de ideación con numerosas propuestas de diseño. Estas propuestas han sido valoradas según diferentes aspectos formales y/o visuales mediante la herramienta de VTP.

#### Maceta 1: Diseño piramidal.

El diseño propone una simetría de figuras piramidales complejas, unidas mediante tensores externos, donde la maceta se sujetaría en la parte superior mediante ajuste libre.

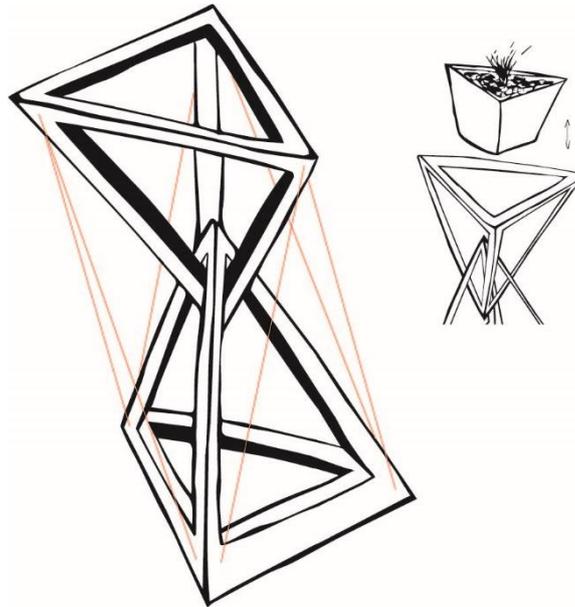


Fig. 7: Boceto 1. Diseño Piramidal.

Maceta 2: Diseño Tubular.

El diseño propone una estructura simétrica de tubos con distintos diámetros a lo largo de su longitud, curvados por el centro formando una U donde, en la parte superior de ésta se colocarían las plantas.

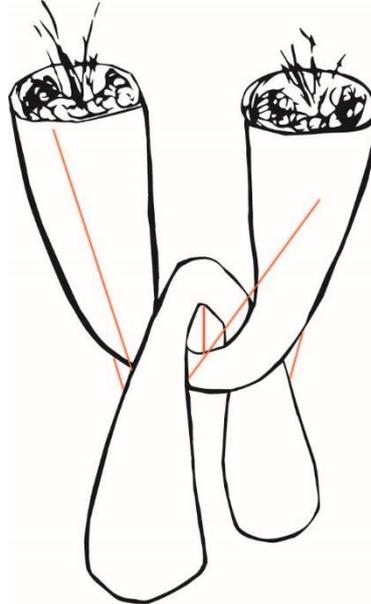


Fig. 8: Boceto 2. Diseño tubular.

Maceta 3: Diseño circular

La idea del boceto 3 es utilizar la forma circular tanto en la base como en la parte superior, ambas con una función. La parte superior es donde se alojaría la maceta y la parte inferior sirve de pie a la estructura proporcionando estabilidad. Además, incorpora dos uniones centrales en vez de una.

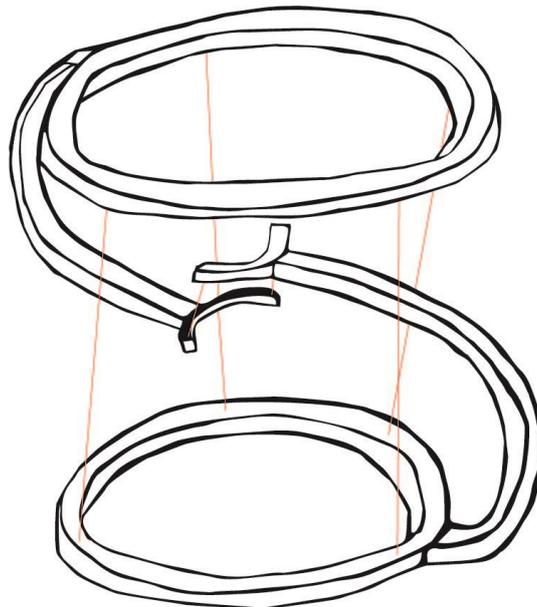


Fig. 9: Boceto 3. Diseño circular.

#### Maceta 4: Diseño triangular

Esta propuesta libera la zona central de elementos dejando entrever mejor la unión y dando una mayor ilusión visual de flotabilidad a la estructura. El pie en forma de V, simétrico a la parte superior, aporta estabilidad y elegancia. La maceta va encajada en la parte superior con posibilidad de quitarla para trasplantar y regar con facilidad.

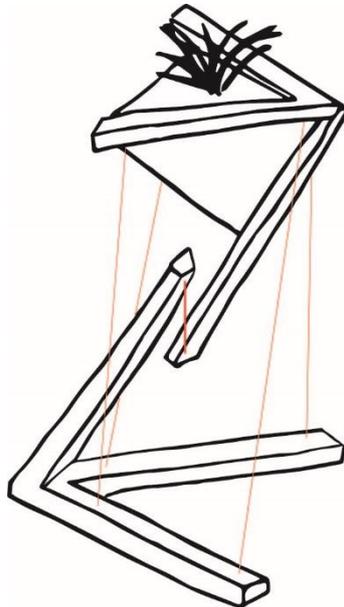


Fig. 10: Boceto 4. Diseño triangular.

#### Maceta 5: Diseño asimétrico

Este diseño está formado por dos tubos asimétricos doblados en forma de U que se entrecruzan en el centro dando sensación de flotabilidad. Las plantas se alojarían en la parte superior del tubo pequeño dando lugar a una pequeña jardinera.

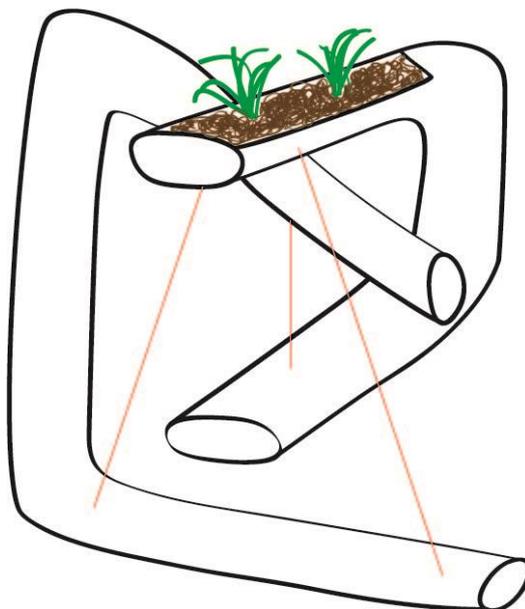


Fig. 11: Boceto 5. Diseño asimétrico.

### Maceta 6: Diseño en espiral.

Esta propuesta tiene inspiración en la forma de un muelle, con la diferencia de que en la parte central está cortada para cumplir con el principio de tensegridad. La maceta iría alojada en la parte superior.

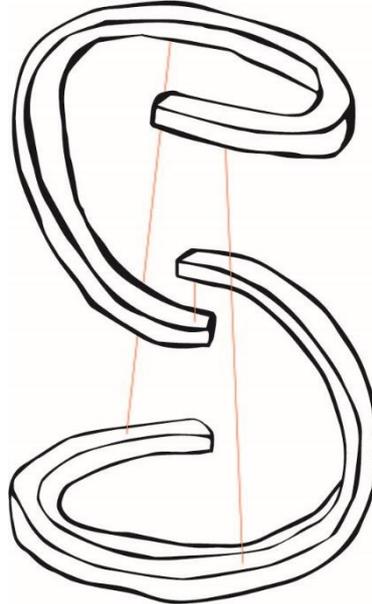


Fig. 12: Boceto 6. Diseño en espiral.

### Maceta 7: Diseño tetraédrico.

Este diseño propone una estructura abierta formada por dos elementos tetraédricos que se encajan entre sí. Es una propuesta modular y estrecha, lo cual es una ventaja a la hora de colocarla lugares con poco espacio.

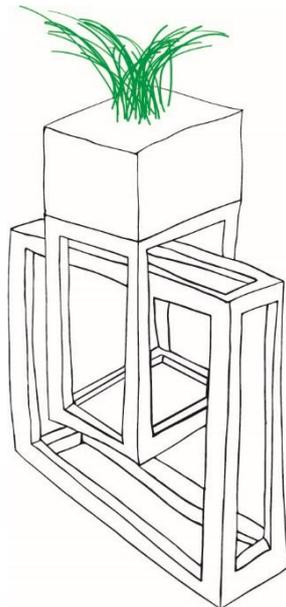
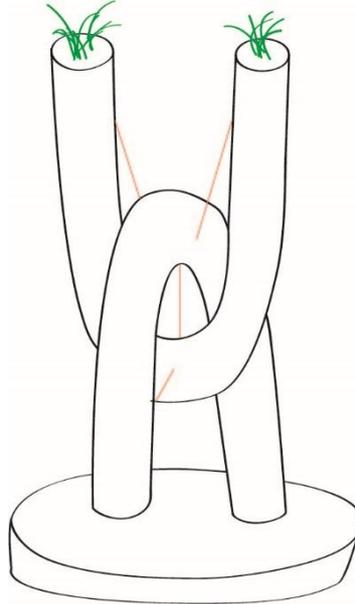


Fig. 13: Boceto 7. Diseño tetraédrico.

Maceta 8: Diseño cadena.

Esta propuesta tiene inspiración en los eslabones de una cadena entrelazados. Además, incorpora una base redonda para aportar estabilidad y evitar el vuelco. La planta iría en la parte superior de los tubos cortados.



*Fig. 14: Boceto 8. Diseño cadena.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

### 1.6. Justificación y descripción de las soluciones adoptadas (VTP).

Antes de definir el diseño final de la propuesta de maceta, teniendo en cuenta los bocetos expuestos en el apartado 1.5, se ha elaborado un VTP donde se valorarán diferentes aspectos. De esta tabla se obtendrá el diseño final para la propuesta de maceta.

**Tabla 1:** VTP

Necesidades	Importancia	Diseño piramidal	Diseño tubular	Diseño circular	Diseño triangular	Diseño asimétrico	Diseño en espiral	Diseño tetraédrico	Diseño cadena
Atractivo a la venta	9	7 63	8 72	6 54	9 81	8 72	7 63	7 63	8 72
Facilidad de fabricación	8	5 40	4 32	6 48	7 56	6 48	5 40	6 48	6 48
Facilidad de montaje	7	4 28	6 42	5 35	7 49	5 35	5 35	4 28	5 35
Formas simples	8	4 32	4 32	6 48	8 64	5 40	6 48	6 48	5 40
Funcional	8	7 56	5 40	5 40	7 56	4 32	4 32	4 32	5 40
Innovador	10	8 80	9 90	7 70	9 90	7 70	6 60	7 70	6 60
TOTAL	50	299	308	295	396	297	278	289	295
VTP		<b>0,60</b>	<b>0,62</b>	0,59	<b>0,79</b>	0,59	0,56	0,58	0,59

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la Tabla 1, y los valores de la encuesta al usuario **[Anexo 1]** se puede concluir que el diseño definitivo es el Diseño triangular.



*Fig. 15: Propuesta de diseño final.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 1.7. Materiales y acabados superficiales.

### 1.7.1. Materiales.

Se ha decidido fabricar la estructura principal de madera de pino [**Anexo 3**] ya que desde la fase de ideación se especificó el uso de un material de origen natural. La elección final de la madera de pino se debe a su acabado limpio, sus características mecánicas, su precio económico y su facilidad para mecanizar y trabajar. Se han realizado simulaciones numéricas para determinar si este material resistiría las tensiones exigidas por este tipo de estructuras y se ha determinado que las piezas tendrían que ser de espesores iguales o superiores a 18mm. Es por esto por lo que se ha elegido trabajar con tableros macizos de espesor 18mm para realizar todas las piezas. El precio de este material ronda los 35€ el m<sup>2</sup>, lo cual, dado las dimensiones de las piezas es asequible.

Por otra parte, se ha escogido el PLA, Polylactic Acid [**Anexo 4**], para la realización de la maceta. La elección de este material viene determinada por la búsqueda de un material que fuera respetuoso con el medioambiente y que, además, fuera fácilmente inyectable. El PLA cumple con ambas características: por un lado, es un bioplástico que se fabrica con recursos 100% renovables como el maíz, la remolacha y otros productos ricos en almidón; por otro lado, lleva años utilizándose en la industria y da muy buenos resultados a inyección, además de permitir aditivos y colorantes. Para finalizar la elección de este material, su precio es bastante económico, rondando el 1,50€/kg.

### 1.7.2. Acabados.

Tal y como se especifica en el apartado 1.4, para adecuar el diseño a la tendencia del estilo naturalista se ha decidido dejar la madera sin tratar tras el proceso de lijado. Además, gracias a que la maceta es de interior no será necesario barnizar ni tratar.

Para los acabados de la maceta se ofrecerá al usuario una gama de colores que vendrá limitada por la demanda del producto. La gama de colores será, siguiendo con la tendencia naturalista, colores tierra, blancos y algún que otro color vibrante como el rojo o el naranja. Gracias a que el acabado del proceso de inyección es bueno, no será necesario un tratamiento posterior.

### 1.7.3. Propuesta de acabados.

A continuación, se muestra una propuesta de colocación de la maceta en un interior. Se ha escogido un espacio con tendencia moderno en vez de naturalista para demostrar que la maceta encaja en varios tipos de escenario gracias a su diseño vanguardista y sus colores neutros.



*Fig. 16: Propuesta en interior.*

## 1.8. Viabilidad técnica y física.

### 1.8.1. Explosionado.

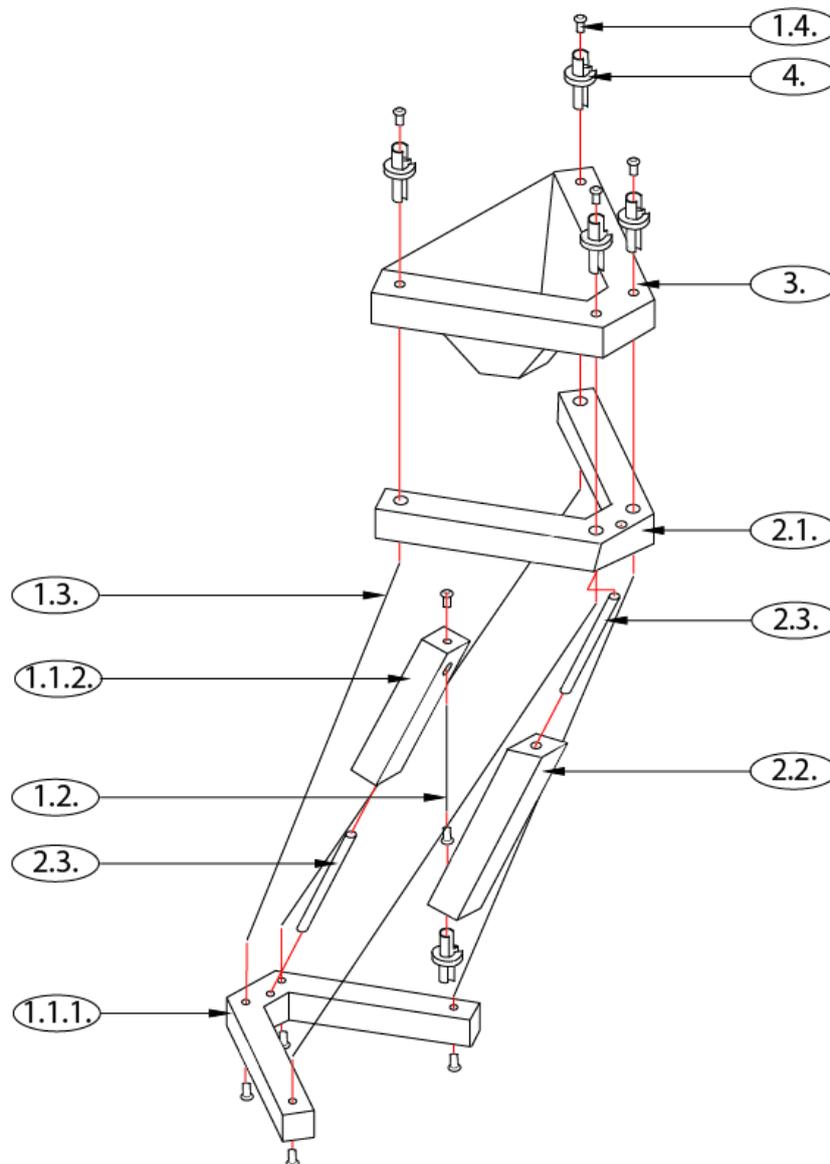


Fig. 17: Explosionado

Tabla 2: Tabla de elementos

MARCA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL
1.1.1.	“C” inferior	1	11551813	Madera de pino
1.1.2.	Diagonal inferior	1	11551813	Madera de pino
1.2.	Cable largo	4	89125639	Acero Inox.
1.3.	Cable corto	1	89125639	Acero Inox.
1.4.	Remache	10	RENO3208BL	Aluminio
2.1.	“C” Superior	1	11551813	Madera de pino
2.2.	Diagonal superior	1	11551813	Madera de pino
2.3.	Varilla	2	14122493	Madera de haya
3.	Maceta	1		PLA
4.	Tensor	5	0670.02.842 M6	Latón Galv.

## 1.8.2. Ensamblaje de componentes.

A continuación, se va a explicar cómo se ensamblarían las diferentes piezas que componen la estructura. Este montaje está dividido en dos partes, por un lado, está el montaje en la fábrica donde se realizará la mayor parte del trabajo. Por otro lado, existe una fase final de montaje por el usuario de las últimas piezas de unión que montaran finalmente la estructura.

### 1.8.2.1. Ensamblaje realizado por el fabricante.

#### ELEMENTOS SUBCONJUNTO 1.1.: PARTE INFERIOR

- 1.1.1. “C” inferior x1
- 1.1.2. Diagonal inferior x1
- 2.3. Varilla x1

#### HERRAMIENTAS Y ÚTILES NECESARIOS

- Cola blanca [15]

#### DURACIÓN

- 0,16h

#### OPERARIO

- Especialista

#### **SECUENCIA 1:**

Se coloca dentro del agujero inferior de la pieza 1.1.2. un poco de cola blanca. Suavemente, se desliza la pieza 2.3. hasta hacer tope dentro del agujero previamente nombrado. Asegurarse de que la cara externa de la pieza 2.3. y la cara inferior de la pieza 1.1.2. quedan paralelas. Seguidamente se coloca un poco más de cola en el agujero central de la pieza 1.1.1. y en la cara inferior de la pieza 1.1.2. Con cuidado, y asegurando que ambas piezas quedan perfectamente alineadas se procede a ejercer presión durante 10 minutos. Una vez pasado ese tiempo se deja secar completamente otros 10 minutos.



Fig. 18: Ensamblaje. Secuencia 1

### ELEMENTOS SUBCONJUNTO 2.: PARTE SUPERIOR

- 2.1. “C” superior x1
- 2.2. Diagonal superior x1
- 2.3. Varilla x1

### HERRAMIENTAS Y ÚTILES NECESARIOS

- Cola blanca [15]

### DURACIÓN

- 0,16h

### OPERARIO

- Especialista

### **SECUENCIA 2:**

Se coloca dentro del agujero inferior de la pieza 2.2. un poco de cola blanca. Suavemente, se desliza la pieza 2.3. hasta hacer tope dentro del agujero previamente nombrado. Asegurarse de que la cara externa de la pieza 2.3. y la cara inferior de la pieza 2.2. quedan paralelas. Seguidamente se coloca un poco más de cola en el agujero central de la pieza 2.1. y en la cara inferior de la pieza 2.2. Con cuidado, y asegurando que ambas piezas quedan perfectamente alineadas se procede a ejercer presión durante 10 minutos. Una vez pasado ese tiempo se deja secar completamente otros 10 minutos.



*Fig. 19: Ensamblaje. Secuencia 2*

### ELEMENTOS CABLES: PREPARAR LOS CABLES

- 1.2. Cable largo x4
- 1.3. Cable corto x1
- 1.4. Remaches x5

### HERRAMIENTAS Y ÚTILES NECESARIOS

- Alicates [12]

### DURACIÓN

- 0,08h

### OPERARIO

- Especialista

### **SECUENCIA 3:**

Se coloca un extremo de la pieza 1.2 en el interior de la pieza 1.4 de tal forma que la pieza 1.2 sobresalga por la parte del vástago de la pieza 1.4. Seguidamente y con ayuda de los alicates se ejerce presión justo debajo de la cabeza de la pieza 1.4. hasta fijar ambas piezas. Esta operación se repite con las cuatro piezas 1.2. y con la pieza 1.3.



*Fig. 20: Ensamblaje. Secuencia 3*

ELEMENTOS SUBCONJUNTO 1: UNION DE SUBCONJUNTO 1.1. CON LOS CABLES

- 1.1. Subconjunto 1.1. x1
- 1.2.' Cable largo remachado x4
- 1.3.' Cable corto remachado x1
- 1.4. Remaches x5

\*Los apostrofes colocados en las piezas 1.2 y 1.3 indican que son las que ya han sido montadas y pasan a denominarse así.

HERRAMIENTAS Y ÚTILES NECESARIOS

- Alicates [12]

DURACIÓN

- 0,3h

OPERARIO

- Especialista

**SECUENCIA 4:**

Se deslizan por la parte inferior de la pieza 1.1. las cuatro piezas 1.2.', cada una por un agujero. Seguidamente, se desliza por la parte superior de cada una de las piezas 1.2.' una pieza 1.4. hasta que la parte superior de esta queda al ras de cada uno de los extremos de las piezas 1.2.'. Con ayuda de los alicates se ejerce presión debajo de la cabeza de cada una de las piezas 1.4. hasta fijarlas con las piezas 1.2.'

A continuación, se desliza la pieza 1.3.' por el agujero superior de la pieza 1.1. Una vez colocado se desliza una pieza 1.4. por el extremo de la pieza 1.3.' hasta que el extremo de ésta quede al ras con la cara inferior redonda de la pieza 1.4. Con ayuda de los alicates se ejerce presión debajo de la cabeza de la pieza 1.4. hasta fijarla con la pieza 1.3.'.

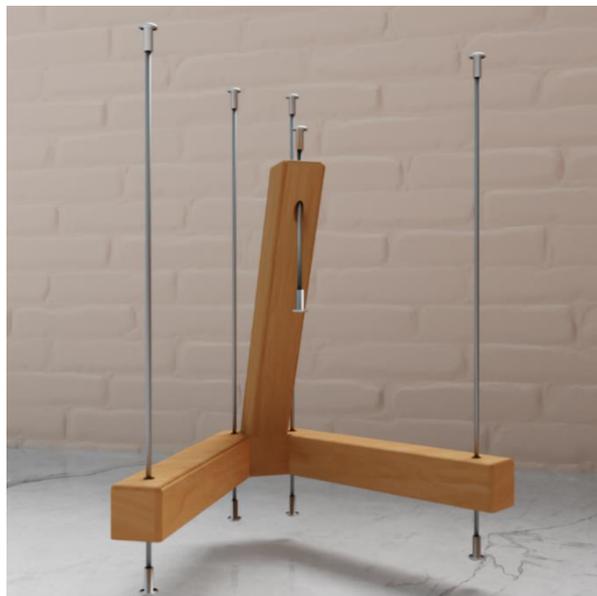


Fig. 21: Ensamblaje. Secuencia 4

### 1.8.2.2. Ensamblaje realizado por el consumidor.

El producto requiere de un ensamblaje realizado por parte del consumidor. El producto se entrega con la estructura desmontada a falta de colocar los tensores y la maceta en su sitio, para reducir el espacio del packaging y evitar costes extra en el envío. A continuación, se detallan las instrucciones que tendría que seguir el usuario para el montaje de la estructura.

El primer paso es deslizar el cable central por el agujero correspondiente de la parte superior. Se procede a colocar el tensor central, asegurando que la abertura del tornillo y de la tuerca coinciden para dejar pasar el cable, una vez dentro se gira la tuerca, haciendo así que el cable no pueda escapar, y se introduce el tornillo por el agujero de la parte superior.



*Fig. 22: Ensamblaje del usuario 1*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Una vez fijo el cable central se procede a deslizar el extremo superior de los cables largos remachados fijados en la parte inferior por los agujeros correspondientes de la parte superior, a la vez que se coloca la maceta en su sitio. Una vez colocados, se procede a poner un tensor por cada cable siguiendo la misma mecánica que con el tensor central. Por último, una vez están todos los tensores colocados, se procede a asegurar la estabilidad de la estructura tensando un poco los cables girando cada una de las tuercas de cada uno de los tensores hasta que la maceta esté totalmente recta y los cables estén tensos.



*Fig. 23: Ensamblaje del usuario 2*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 1.9. Análisis estructural.

Considerando las propiedades del material seleccionado para el diseño, se ha realizado una comprobación de la resistencia y estabilidad del producto. Todas las piezas de la estructura de la maceta están fabricadas de tableros macizos de madera de pino [Anexo 3]. Debido a que la madera es un material ortotrópico habrá que tener en cuenta sus características en las dos direcciones de aplicación de fuerza.

### 1.9.1. Resistencia estructural del producto.

Después de haber diseñado los elementos que conforman la estructura en el software SolidWorks, y de haber montado el ensamblaje de forma en la que simule las distancias a las que están las distintas piezas, se ha procedido a abrir el documento en el software de simulación Siemens NX. Tras comprobar que la estructura tiene la misma geometría que en el programa de CAD, se procede a crear un nuevo preprocesamiento/postprocesamiento, tal y como se muestra en la Figura 24, para empezar a simular.

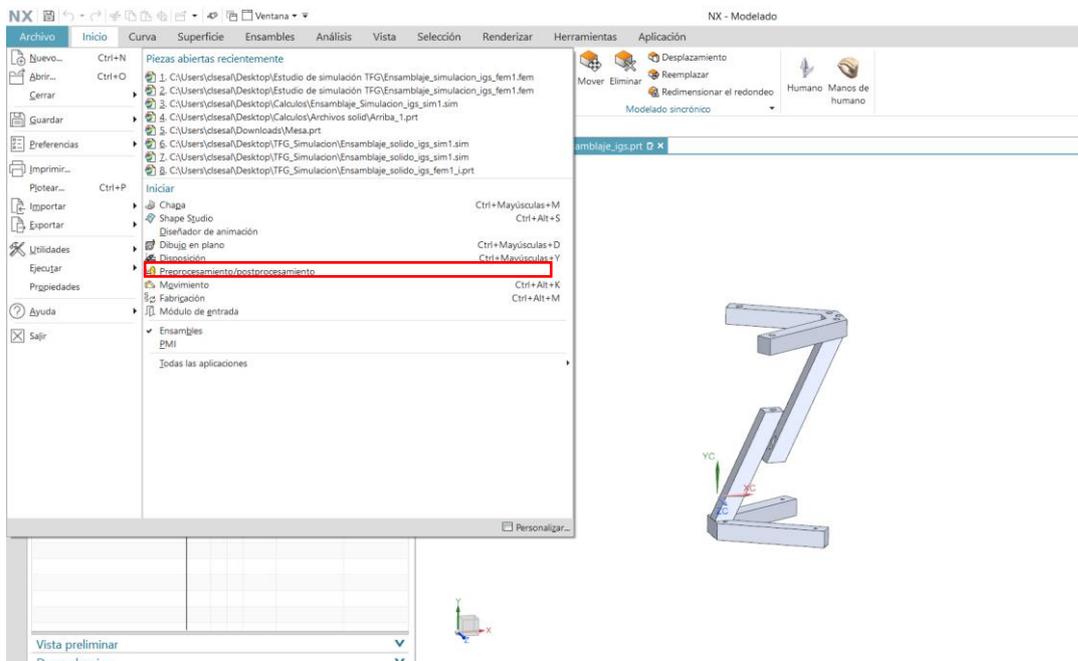


Fig. 24: Captura NX 1

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Después, se procede a crear un nuevo Método de los Elementos Finitos (FEM) y Simulación (SIM), tal y como se muestra en la Figura 25 donde se realizarán los cálculos.

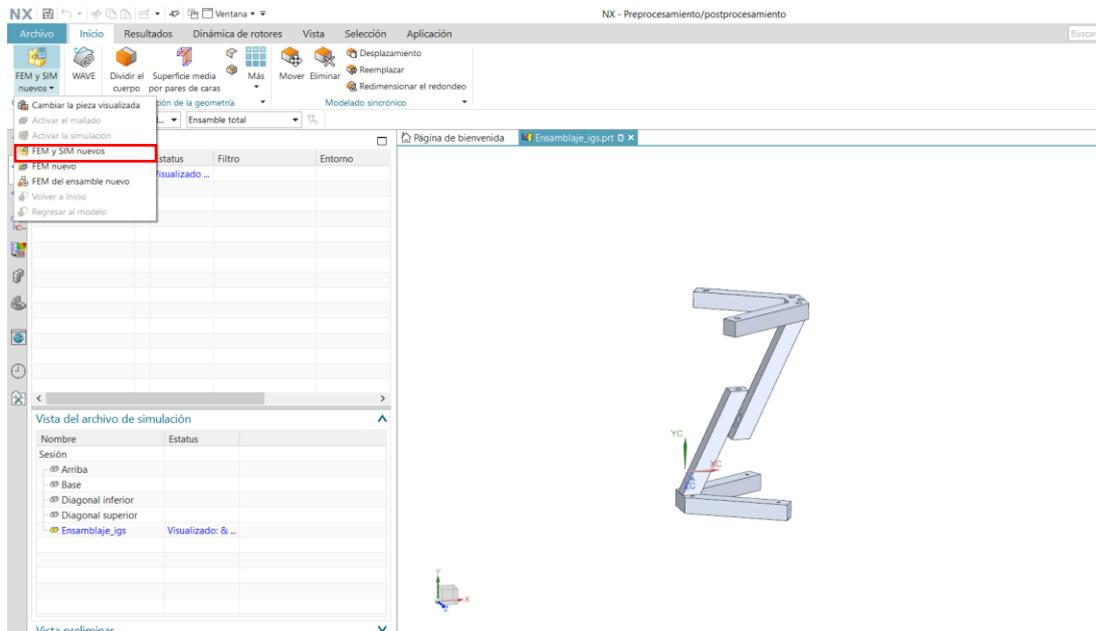


Fig. 25: Captura NX 2

Una vez idealizada la geometría se procede a mallar el diseño. Se ha escogido el tipo de mallado CETRA (4) con un tamaño de elemento automático para hacer una primera prueba de calidad de elemento, y así ver que Aspect ratio se obtiene para después poder escoger los parámetros más adecuados. Se puede observar en la Figura 26 que el Aspect ratio inicial de la simulación es de 7,66.

### Descripción general

	Número fallido	Aviso de número	Número verificado
Elementos	0	0	7117
Verificar	Número fallido	Aviso de número	El peor valor
Jacobian Sign	0	0	1.000000
Jacobian Zero	0	0	6.050230
Volume	0	0	1.008372
Axisymmetric	0	0	-N/C-
Consistent Y			
Axisymmetric +X	0	0	-N/C-
Aspect Ratio	0	0	7.662281
Skew Angle	0	0	-N/C-
Maximum Interior Angle	0	0	-N/C-
Minimum Interior Angle	0	0	-N/C-
Taper	0	0	-N/C-
Warp Factor	0	0	-N/C-
Face Warp	0	0	-N/C-
Coefficient			
Edge Point	0	0	N/C

Fig. 26: Captura NX 3

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Una vez cosidas las mallas y actualizadas se procede a bajar el valor del Aspect ratio, el cual tiene que ser de un valor como máximo de 5 para simulaciones 3D. Reduciendo el valor del tamaño de elemento de 8,2 mm a 3mm y los valores de variación del tamaño en base a la curvatura de la superficie, tal y como se muestra en la Figura 27, se han conseguido bajar el Aspect ratio de 7,66 a 4,99; Figura 28, lo cual entra dentro de los márgenes por lo que se ha decidido dejar con estos parámetros.

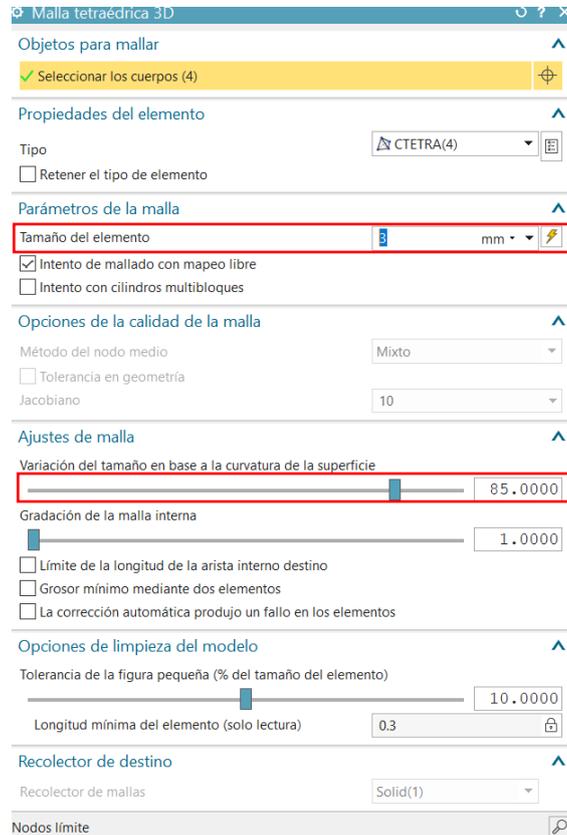


Fig. 27: Captura NX 4

Elementos	0	5805	323371
Verificar	Número fallido	Aviso de número	El peor valor
Jacobian Sign	0	0	1.000000
Jacobian Zero	0	5805	0.040070
Volume	0	147	0.006678
Axisymmetric	0	0	-N/C-
Consistent Y	0	0	-N/C-
Axisymmetric +X	0	0	-N/C-
Aspect Ratio	0	0	4.993457
Skew Angle	0	0	-N/C-
Maximum Interior Angle	0	0	-N/C-
Minimum Interior Angle	0	0	-N/C-
Taper	0	0	-N/C-
Warp Factor	0	0	-N/C-
Face Warp	0	0	-N/C-
Coefficient	0	0	-N/C-
Edge Point	0	0	-N/C-

Fig. 28: Captura NX 5

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Para la simulación de las uniones de cuerdas tensoras que mantienen el conjunto estable se utilizarán elementos de 1 dimensión, para lo cual hay que crear primero unas líneas que simularán ser las cuerdas, siguiendo el procedimiento que se muestra en la Figura 29. El resultado después de unir todos los elementos tiene que ser igual al que se muestra en la Figura 30.

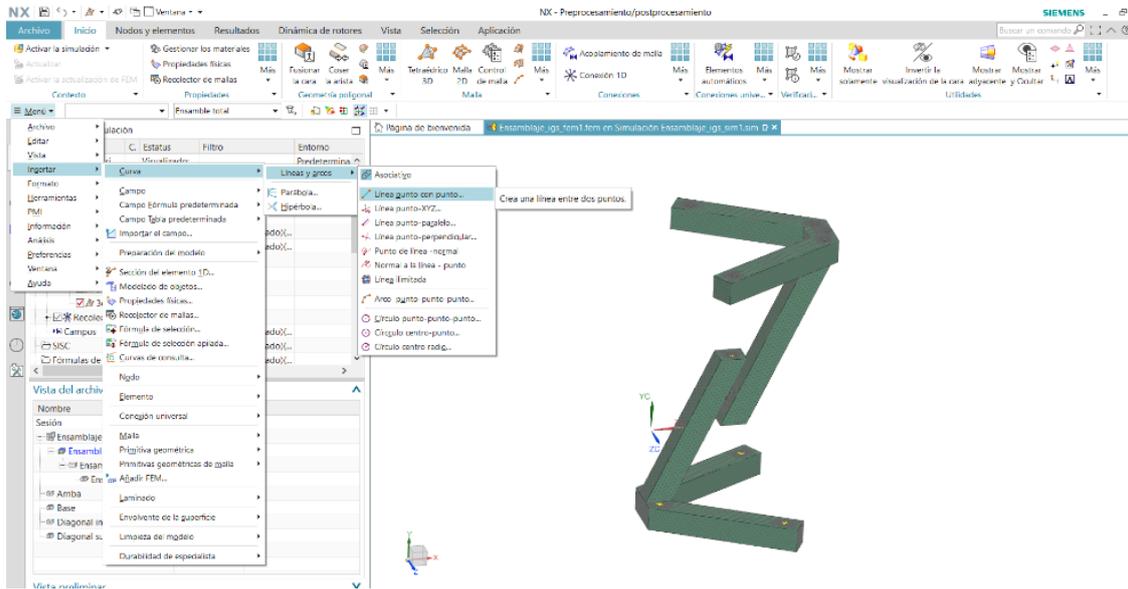


Fig. 29: Captura NX 6

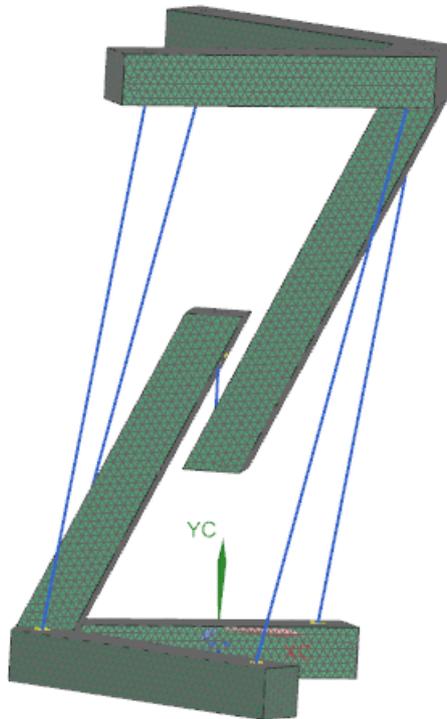


Fig. 30: Captura NX 7

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Lo siguiente es crear las mallas 1D con un diámetro de 1,5mm; que es el diámetro del cable que se usará en el producto final. Una vez estén todas las mallas echas se procede a crear las conexiones 1D que simularan la unión de los cables con la estructura, tal y como muestra la Figura 31.

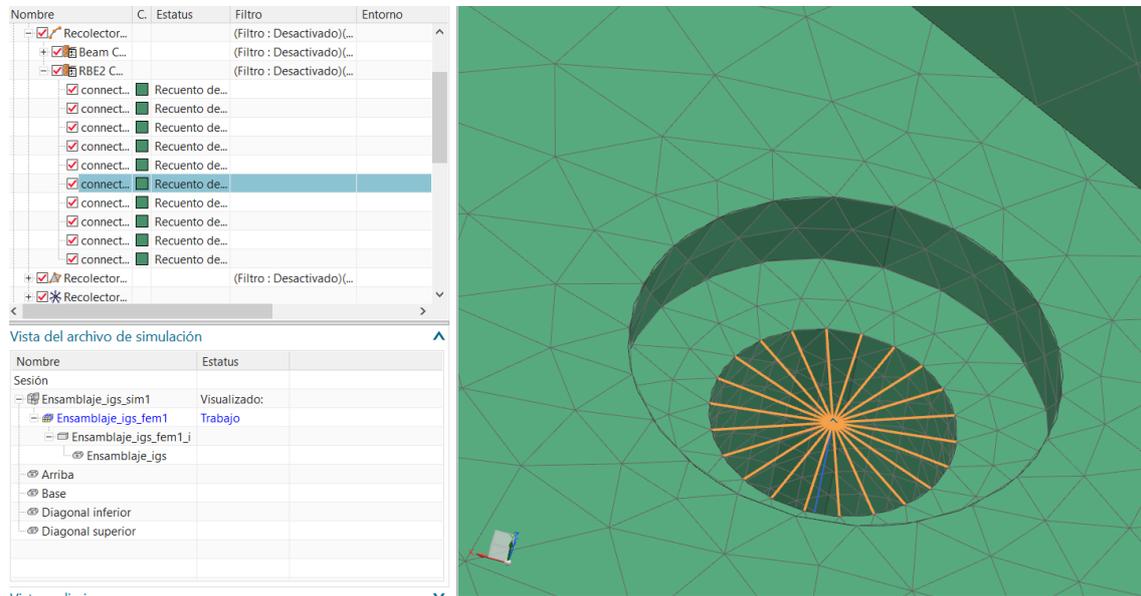


Fig. 31: Captura NX 8

Para los elementos 1D que simulan ser los cables se escoge el material de Acero que proporciona la librería de materiales de Siemens NX. Esta elección sirve para determinar cómo se comporta la estructura y las tensiones que soportan esos cables, lo cual servirá para escoger el cable comercial que finalmente se utilizará en el modelo.

Para los elementos 3D se procede a crear el material de madera de pino, ya que no está en la base de datos de Siemens NX. Los datos que se han utilizado se han obtenido de la base de datos de CES Edupack [**Anexo 3**].

### 1.9.1.1. Ensayo 1 de la estructura.

En este primer ensayo se va a simular como se comporta la estructura en reposo si se le coloca únicamente el peso de la maceta junto con la planta. Se ha estimado debido a su tamaño, capacidad en volumen y material que la maceta tendrá un peso máximo de 500 gramos, por lo que a la hora de simular se pondrá una carga en la cara superior de 5N.

#### Cargas y restricciones

Una vez definidos los materiales se procede a la pestaña de simulación para colocar las cargas y las restricciones del objeto. En primer lugar, se define una restricción fija en la cara de la base del ensamblaje, tal y como muestra la Figura 32.

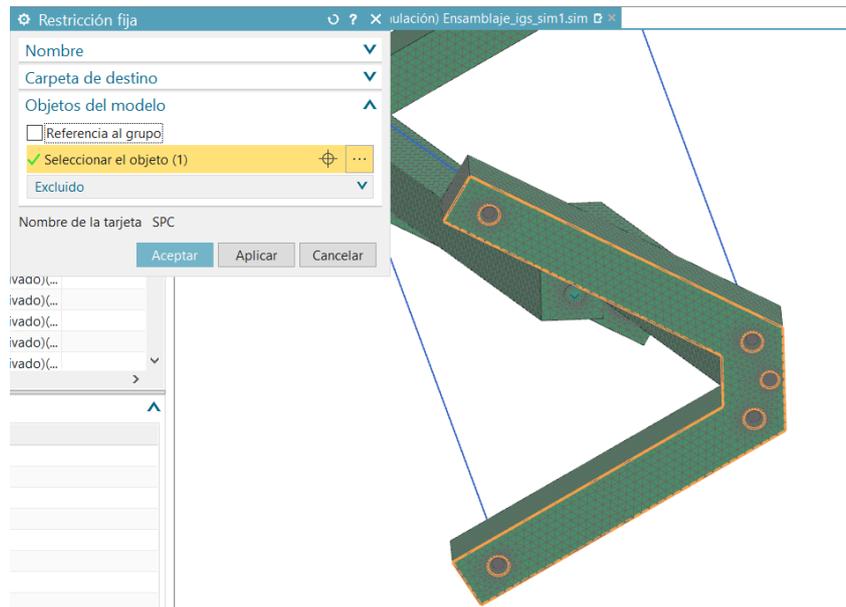


Fig. 32: Captura NX 9

Seguidamente, Figura 33, se procede a definir una carga en la cara superior del ensamblaje.

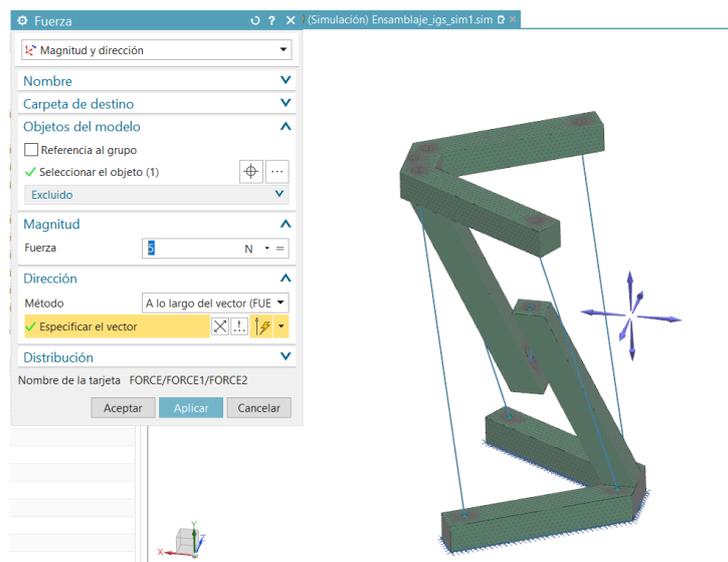


Fig. 33: Captura NX 10

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Por último, se indica al programa que se quieren obtener también los valores de la tensión de los elementos 1D, que servirán para saber cómo se comportan y ayudar en la elección del material del que van a estar hechos los cables del modelo final.

Una vez está todo definido se puede solucionar la simulación. En el apartado de Structural se pueden observar las diferentes soluciones que nos ofrece NX. En este trabajo se va a prestar especial atención a los valores de desplazamiento general, esfuerzo elemental de la estructura y a la tensión soportada por los elementos 1D.

### Desplazamiento.

Como se observa en la Figura 34, los resultados indican que bajo las condiciones de ensayo de una fuerza perpendicular de 5N el desplazamiento del conjunto es de un máximo de 0,028 mm; lo cual es prácticamente despreciable. Se puede concluir que la maceta sería totalmente estable y no volcaría.

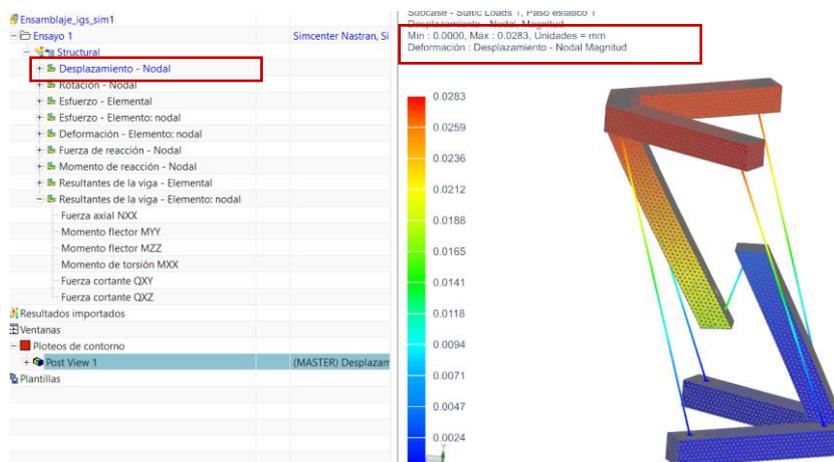


Fig. 34: Captura NX 11

### Esfuerzo. Tensión de Von-Mises

Teniendo en cuenta los datos que se observan en la Figura 35, los valores máximos de tensión son 6,014 MPa. Dada la elección de material inicial, madera de pino, el cual tiene un límite elástico de 52,4 MPa la estructura no sufriría deformaciones elásticas ni plásticas.

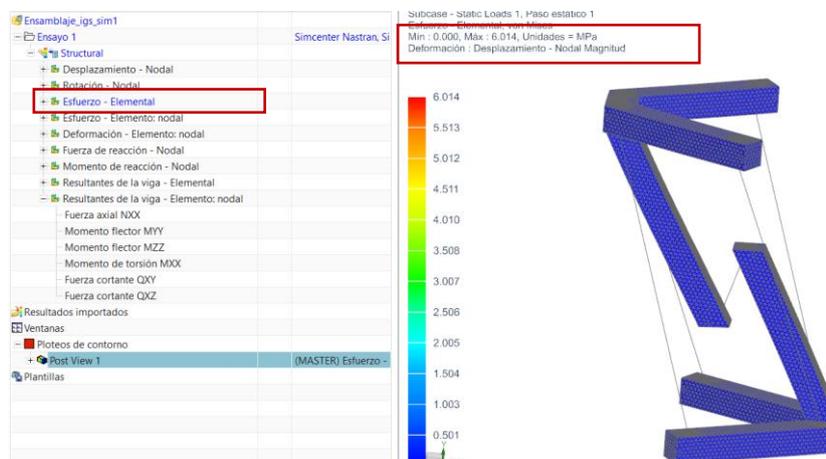


Fig. 35: Captura NX 12

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Elementos 1D

Dado los resultado que se muestran en la Figura 36, los valores de fuerza axial que soportan los cables simulados son variables. Por cómo trabaja la tensegridad y debido al diseño de la estructura se obtiene que la mayor tensión la soporta el cable central, llegando a valores máximos de 0,257N.

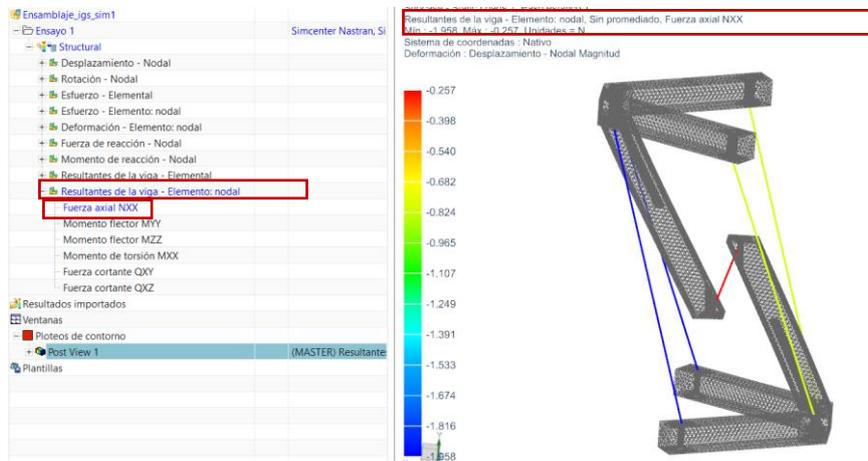


Fig. 36: Captura NX 13

Por otra parte, aprovechando la simulación, se muestra el momento de torsión, Figura 37, para demostrar el funcionamiento de la estructura y cómo se comportan los cables, los cuales debido a que la fuerza es totalmente perpendicular su valor es prácticamente despreciable.

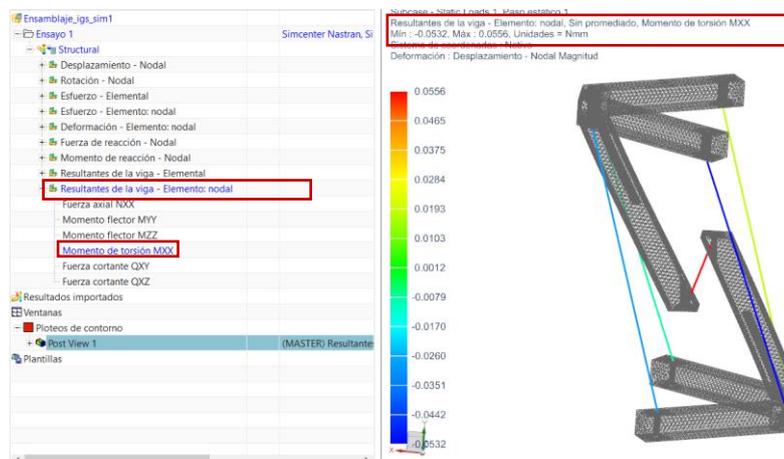


Fig. 37: Captura NX 14

### 1.9.1.2. Ensayo 2 de la estructura.

En este segundo ensayo se crea una nueva solución donde se agregará el valor de una carga lateral para simular que como se comportaría la maceta si recibiera un golpe lateral. Esta simulación no es del todo exacta, pero servirá para tener una idea aproximada de cómo se comportaría el modelo.

#### Cargas y restricciones

Las restricciones serán las mismas que en el ensayo anterior: una restricción fija en la cara inferior. Las cargas serán 5N en la cara superior perpendicular que simulara el peso de la maceta y 50N en una cara lateral exterior para simular que se le da un golpe a la maceta, tal y como muestra la Figura 38.

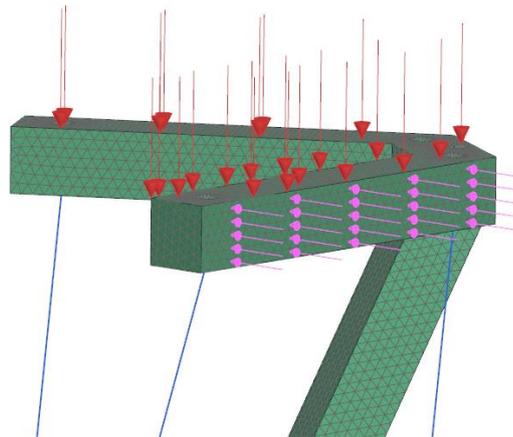


Fig. 38: Captura NX 15

#### Desplazamiento.

Como se puede observar en la Figura 39, los resultados indican que el conjunto sufre un desplazamiento lateral máximo de 7,126mm. Este desplazamiento es orientativo, ya que la simulación no representa fielmente cómo se comportaría la maceta. El resultado real de un golpe de estas magnitudes haría que la maceta se desplazara sobre la superficie donde esté apoyada, sufriendo un desplazamiento mucho menor de la parte superior y, por tanto, no volcaría.

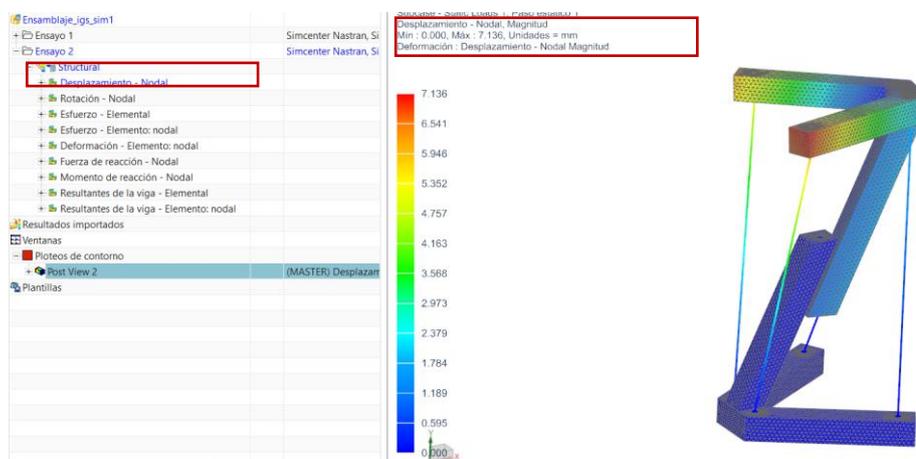


Fig. 39: Captura NX 16

Esfuerzo. Tensión de Von-Mises

Tal y como muestra la Figura 40, existe un punto del agujero central llega a un valor máximo de 430 MPa, mientras que el resto de la estructura se queda con valores de como máximo 35,35 MPa. Debido al mallado y al tipo de conexión se ha focalizado el esfuerzo máximo en un solo punto, lo cual deriva en una concentración de tensiones. Hay que tener en cuenta que la simulación no es una representación 100% fiel a la realidad, y, tal y como se demuestra con el prototipo físico, la estructura no se romperá ni deformará.

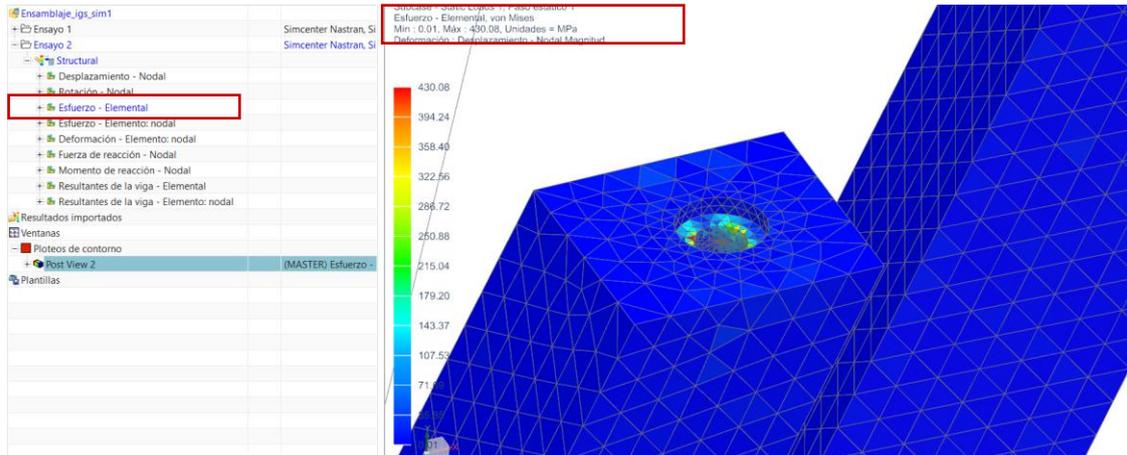


Fig. 40: Captura NX 17

Elementos 1D

Observando los resultados de la Figura 41, el elemento que soporta la mayor tensión es la cuerda lateral donde se aplica la carga, llegando a un valor máximo de 83,35 N en tensión y en el lado opuesto, con una fuerza opuesta de 46,52N. Dadas las características mecánicas del acero, los cables no sufrirán deformación elástica ni se partirán.

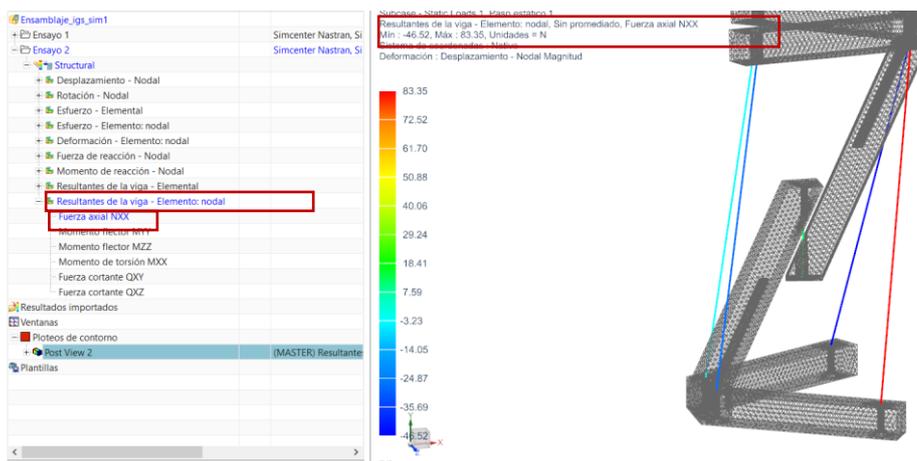


Fig. 41: Captura NX 18

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

El momento de torsión, el cual se muestra en la Figura 42, nos muestra el comportamiento de los cables y una vez más el funcionamiento de las estructuras tensegríticas. Se observa como los cables exteriores giran todos hacia el mismo sentido y con valores muy similares, mientras que el cable central gira en sentido contrario y cuatuplicando el valor. Esto demuestra que está compensando los esfuerzos y la razón por la que la estructura no falla.

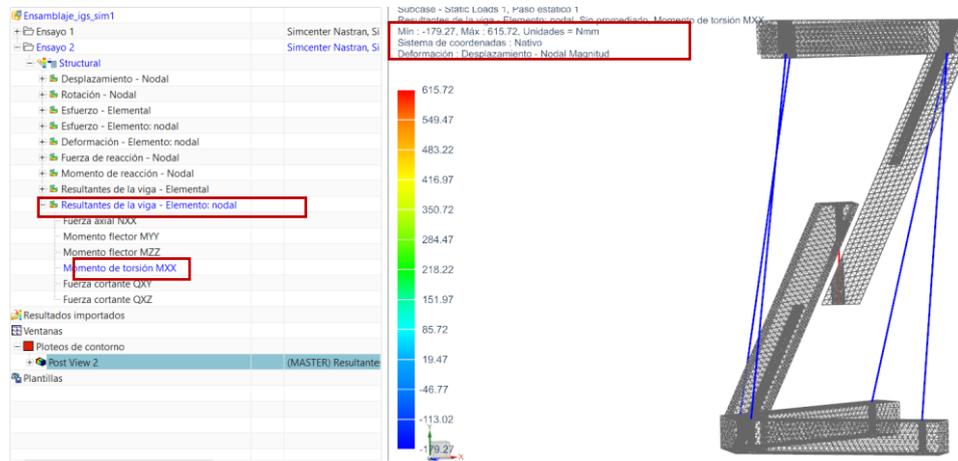


Fig. 42: Captura NX 19

### 1.9.1.3. Ensayo 3 de la estructura.

Por último, en este ensayo se crea una nueva solución donde se agregará el valor de una carga trasera para simular que como se comportaría la maceta si recibiera un golpe por la parte de atrás. Esta simulación no es del todo exacta, pero servirá para tener una idea aproximada de cómo se comportaría el modelo.

#### Cargas y restricciones

Las restricciones serán las mismas que en el ensayo anterior: una restricción fija en la cara inferior. Las cargas serán 5N en la cara superior perpendicular que simulara el peso de la maceta y 50N en una cara trasera exteriores para simular que se le da un golpe a la maceta, como muestra la Figura 43.

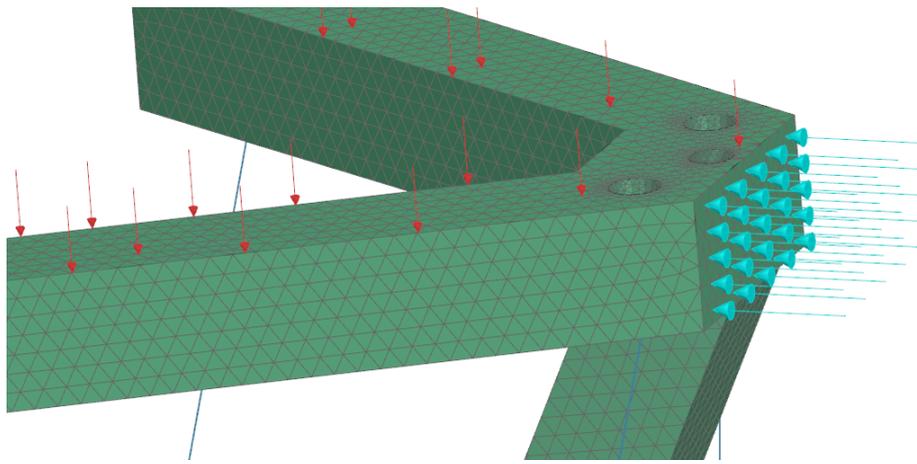


Fig. 43: Captura NX 20.

#### Desplazamiento.

Tal y como se observa en la Figura 44, la parte superior se desplaza hacia delante un máximo de 1,603 mm como máximo, lo cual, dadas las dimensiones de la estructura se puede despreciar. En la imagen se ve que se introduce dentro de la parte superior, esto es debido a que el programa muestra la simulación escalada para poder observarla mejor.

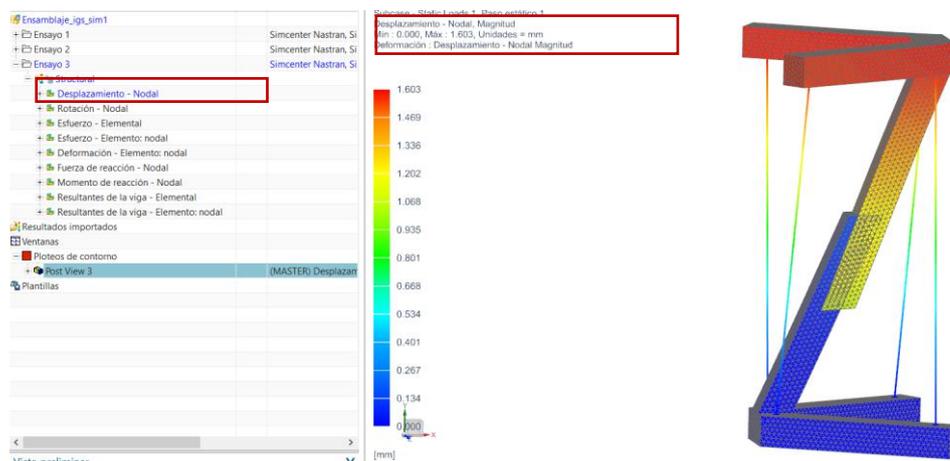


Fig. 44: Captura NX 21

Esfuerzo. Tensión de Von-Mises

Observando los valores de la Figura 45, existe un punto se llega a un valor máximo de 351 MPa, mientras que el resto de la estructura se queda con valores de como máximo 29,29 MPa. Esto demuestra que hay una concentración de tensiones. Esto es debido al mallado y al tipo de conexión se ha focalizado el esfuerzo máximo en un solo punto, pero teniendo en cuenta la forma de unión final y la demostración del prototipo físico, se puede concluir que la estructura no se romperá ni deformará.

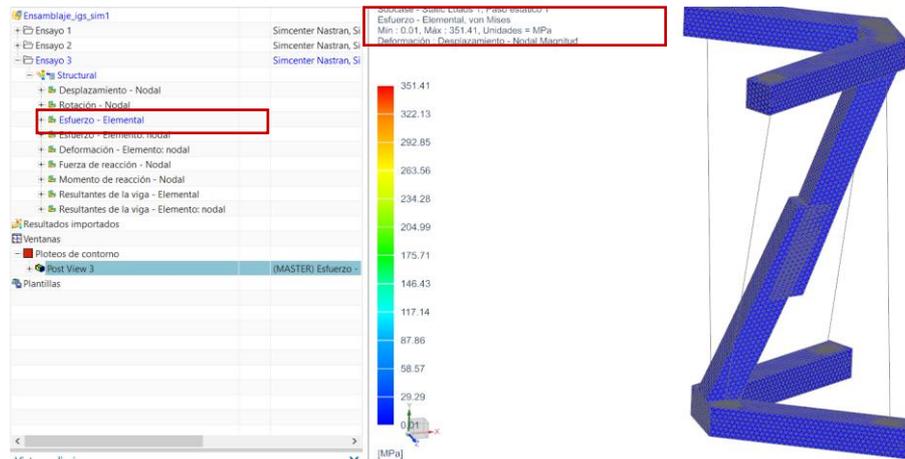


Fig. 45: Captura NX 22

Elementos 1D

Tal y como se observa en la Figura 46, el elemento que soporta la mayor son las cuerdas traseras donde se aplica la carga, llegando a un valor máximo de 39,54 N en tensión y en el lado opuesto, con una fuerza opuesta de 28,82 N. Dadas las características mecánicas del acero, los cables no sufrirán deformación elástica ni se partirán.

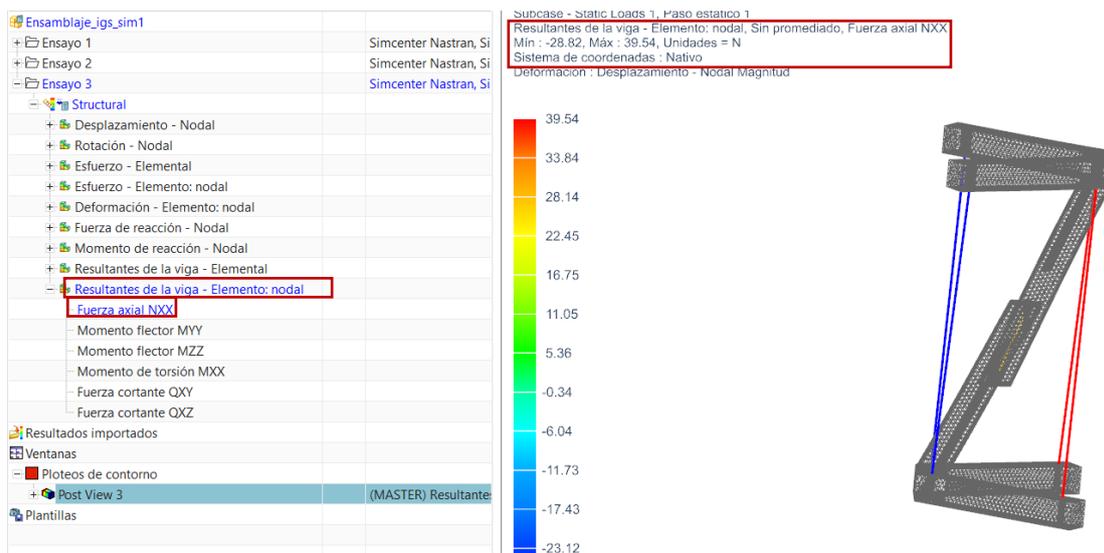


Fig. 46: Captura NX 23

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

El momento de torsión, el cual se muestra en la Figura 47, muestra el comportamiento interno de este tipo de estructuras cuando se someten a este tipo de esfuerzos. Una vez más, queda retratado que los elementos tensores (los cables) se encargan de repartirse las tensiones y compensar la torsión unos de otros para mantener la estructura estable.

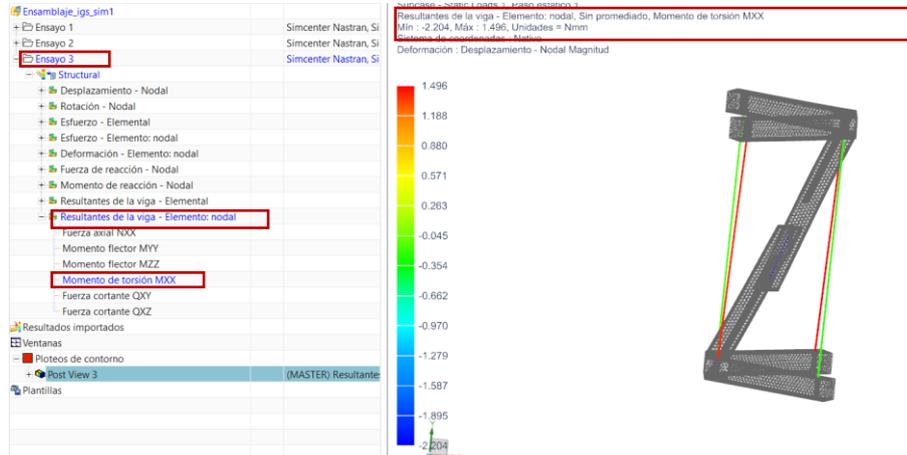


Fig. 47: Captura NX 24

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

### 1.9.2. Conclusiones del análisis estructural.

Una vez realizadas las simulaciones numéricas se puede concluir que la estructura es estable y la elección de materiales es correcta. Estos datos se ven reforzados mediante la realización de un prototipo físico, el cual soporta perfectamente los esfuerzos simulados en el apartado 1.9.1.

### 1.10. Conclusiones.

En cuanto al diseño y fabricación la propuesta de maceta utilizando el principio físico de la tensegridad se puede decir que es un proyecto viable. Además, cabe destacar su innovación en el sector de las macetas de interior.

Se han cumplido la gran mayoría de objetivos planteados al inicio de este trabajo por lo que se puede concluir como satisfactorio. El diseño escogido es sencillo a la vez que llamativo, fabricado con materiales de buena calidad y con buenos acabados. Se estima un coste competitivo que posicionará el producto muy bien en el mercado.

Respecto al diseño, se han utilizado los softwares de Auto-CAD y SolidWorks creando cada pieza que compone la estructura y siguiendo los criterios necesarios para su fabricación, además de cumplir con la normativa exigida. Se han creado los planos de cada pieza para conocer las medidas del producto. Por otra parte, se ha utilizado el software de Siemens NX para realizar diversas simulaciones que aportan claridad al comportamiento del producto.

Para finalizar, se proponen aspectos a mejorar del proyecto, tales como un rediseño de la estructura con la finalidad de reducir material para ahorrar coste si fuera posible, un estudio de otras maderas y/o grosores posibles para la estructura, así como una propuesta de realizar la maceta con un material compuesto de origen natural como puede ser la fibra de cáñamo.

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 2. ANEXOS

### 2.1. Anexo 1. Encuesta al usuario.

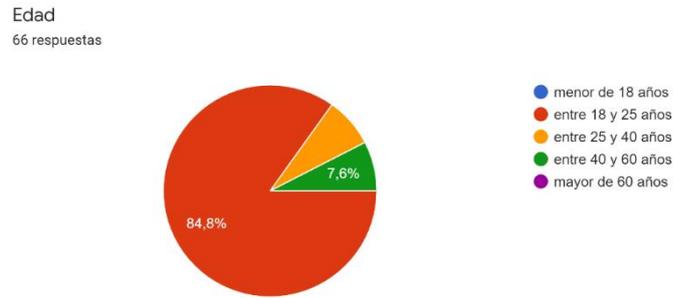


Fig. 48: Gráfico encuesta al usuario. Edad.



Fig. 49: Gráfico encuesta al usuario. Tensegridad.



Fig. 50: Gráfico encuesta al usuario. Plantas.

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

¿Dónde sueles tener las plantas?

57 respuestas

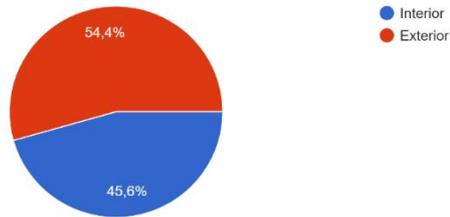


Fig. 51: Gráfico encuesta al usuario. Localización plantas.

¿De qué tamaño es la maceta que sueles usar?

57 respuestas

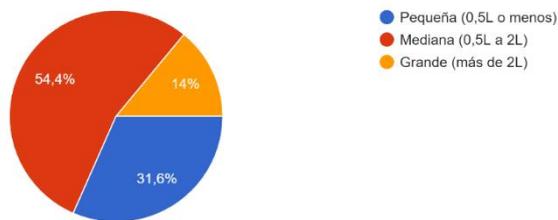


Fig. 52: Gráfico encuesta al usuario. Tamaño plantas.

¿En qué estancia de la casa sueles tener las plantas?

26 respuestas

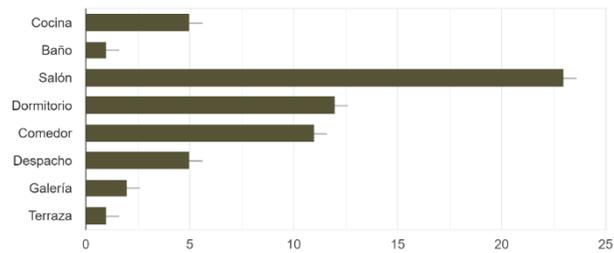


Fig. 53: Gráfico encuesta al usuario. Plantas en la casa.

¿A qué altura sueles colocar las plantas?

26 respuestas

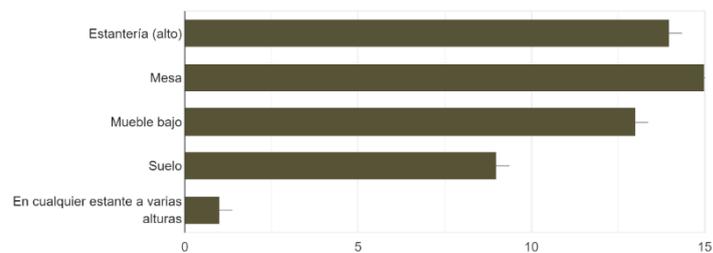


Fig. 54: Gráfico encuesta al usuario. Altura de las plantas.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

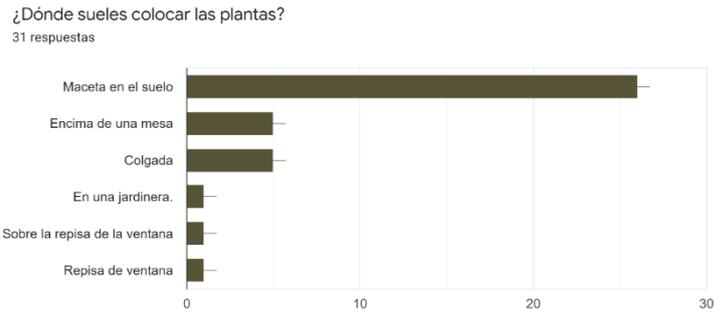


Fig. 55: Gráfico encuesta al usuario. Sitio de las plantas.

De las siguientes propuestas, ¿cuál te gusta más?  
57 respuestas

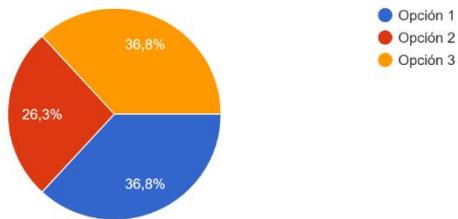


Fig. 56: Gráfico encuesta al usuario. Opinión sobre diseños.

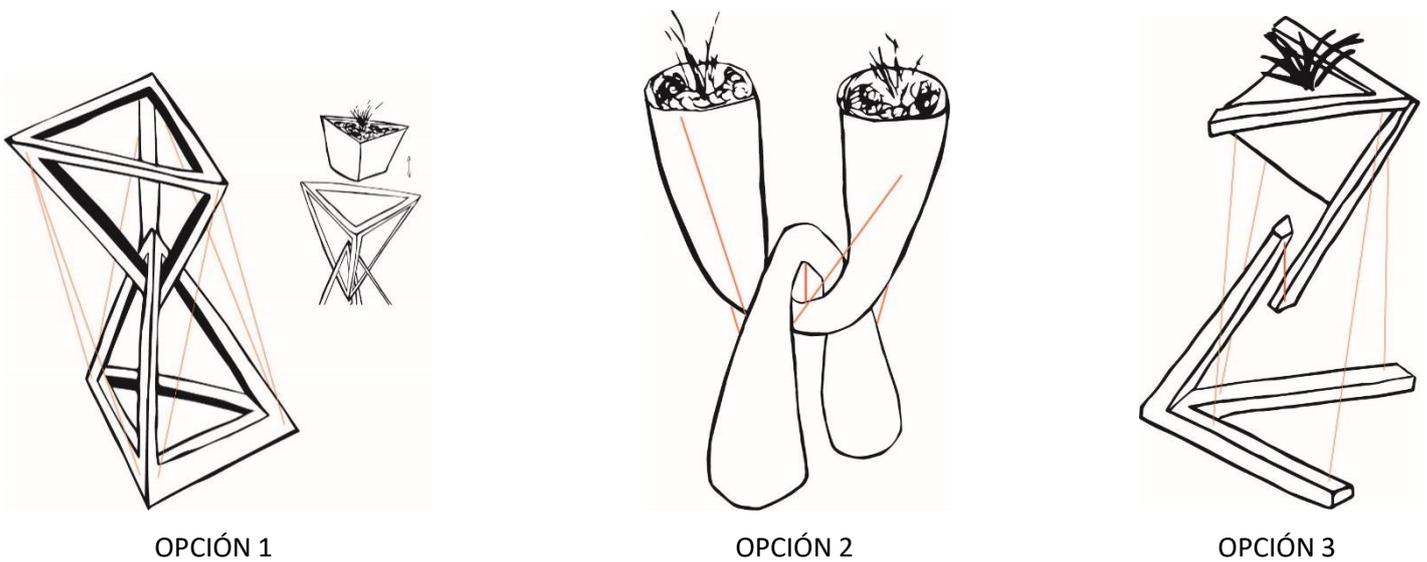


Fig. 57: Opciones de diseño de la Fig. 56.

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 2.3. Anexo 3. Material madera de pino.

### 2.3.1. Pino longitudinal.

Ansys		Pine (pinus clausa) (l)		Página 1 de 4	
<b>General information</b>					
<b>Designation</b>					
Pine (pinus clausa), longitudinal direction (L)					
<b>Typical uses</b>					
Lumber, fuel, pulpwood.					
<b>Composition overview</b>					
<b>Compositional summary</b>					
Cellulose/Hemicellulose/Lignin/12%H <sub>2</sub> O					
Material family	Natural (wood)				
Base material	Wood (softwood)				
Renewable content	100		%		
<b>Composition detail (polymers and natural materials)</b>					
Wood	100		%		
<b>Price</b>					
Price	* 0,57	- 1,14	EUR/kg		
Price per unit volume	* 274	- 673	EUR/m <sup>3</sup>		
<b>Physical properties</b>					
Density	480	- 590	kg/m <sup>3</sup>		
<b>Mechanical properties</b>					
Young's modulus	* 9,6	- 11,8	GPa		
Specific stiffness	* 17,3	- 23,1	MN.m/kg		
Yield strength (elastic limit)	* 42,8	- 52,4	MPa		
Tensile strength	* 67	- 81,8	MPa		
Specific strength	* 77,2	- 103	kN.m/kg		
Elongation	* 1,87	- 2,29	% strain		
Compressive strength	42,9	- 52,5	MPa		
Flexural modulus	8,7	- 10,7	GPa		
Flexural strength (modulus of rupture)	72	- 88	MPa		
Shear modulus	* 0,71	- 0,87	GPa		
Shear strength	* 7,6	- 9,3	MPa		
Bulk modulus	* 0,48	- 0,54	GPa		
Poisson's ratio	* 0,35	- 0,4			
Shape factor	5,1				
Hardness - Vickers	* 3,68	- 4,49	HV		
Hardness - Brinell	* 44,1	- 53,8	HB		
Hardness - Janka	* 3,68	- 4,49	kN		
Elastic stored energy (springs)	* 85	- 131	kJ/m <sup>3</sup>		
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 21,6	- 26,4	MPa		

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
 ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 60: Ficha técnica pino longitudinal 1.

Differential shrinkage (radial)	* 0,13	- 0,16	%
Differential shrinkage (tangential)	* 0,22	- 0,27	%
Radial shrinkage (green to oven-dry)	* 2,2	- 4,6	%
Tangential shrinkage (green to oven-dry)	* 5	- 7,8	%
Volumetric shrinkage (green to oven-dry)	* 9	- 12	%
Work to maximum strength	59,6	- 72,8	kJ/m <sup>3</sup>

#### Impact & fracture properties

Fracture toughness	* 3,9	- 4,7	MPa.m <sup>0.5</sup>
Toughness (G)	* 1,41	- 2,11	kJ/m <sup>2</sup>

#### Thermal properties

Glass temperature	77	- 102	°C
Maximum service temperature	120	- 140	°C
Minimum service temperature	* -73	- -23	°C
Thermal conductivity	* 0,23	- 0,29	W/m.°C
Specific heat capacity	1,66e3	- 1,71e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 2	- 11	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 403	- 2,23e3	°C
Thermal distortion resistance	* 0,0234	- 0,129	MW/m

#### Electrical properties

Electrical resistivity	* 6e13	- 2e14	µohm.cm
Electrical conductivity	* 8,62e-13	- 2,87e-12	%ACS
Dielectric constant (relative permittivity)	* 5,44	- 6,65	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0,061	- 0,075	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 0,4	- 0,6	MV/m

#### Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

#### Optical, aesthetic and acoustic properties

Transparency	Opaque	
Acoustic velocity	* 4,15e3 - 4,82e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0076 - 0,0094	

#### Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

#### Durability

Water (fresh)	Limited use
Water (salt)	Limited use
Weak acids	Limited use
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Acceptable

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 61: Ficha técnica pino longitudinal 2.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Ansys		Pine (pinus clausa) (l)		Página 3 de 4	
Strong alkalis		Unacceptable			
Organic solvents		Acceptable			
Oxidation at 500C		Unacceptable			
UV radiation (sunlight)		Good			
Flammability		Highly flammable			
<b>Primary production energy, CO2 and water</b>					
Embodied energy, primary production (virgin grade)		10,5	-	11,6	MJ/kg
Sources 2.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 3.4 MJ/kg (Ximenes, 2006); 5.7 MJ/kg (Ximenes, 2006); 5.88 MJ/kg (Hammond and Jones, 2008); 6.1 MJ/kg (Ximenes, 2006); 6.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 6.68 MJ/kg (Puetlmann, Wagner and Johnson, 2010); 6.7 MJ/kg (Ximenes, 2006); 7.1 MJ/kg (Ximenes, 2006); 7.37 MJ/kg (Athena Sustainable Materials Institute, 2009 (5)); 7.72 MJ/kg (Puetlmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Uppke, Oriol and Wagner, 2010); 8.17 MJ/kg (Bergman and Bowe, 2010); 8.6 MJ/kg (Ximenes, 2006); 9.05 MJ/kg (Puetlmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Uppke, Oriol and Wagner, 2010); 9.19 MJ/kg (Joseph and Tretslakova-McNally, 2010); 9.96 MJ/kg (Puetlmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Uppke, Oriol and Wagner, 2010); 13.3 MJ/kg (Ximenes, 2006); 13.4 MJ/kg (Lenzen and Theodor, 2002); 14 MJ/kg (Ximenes, 2006); 17.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 19.3 MJ/kg (Ximenes, 2006); 24 MJ/kg (Ecoinvent v2.2); 25.9 MJ/kg (Ximenes, 2006); 27.6 MJ/kg (Ecoinvent v2.2)					
Embodied energy, primary production (typical grade)		10,5	-	11,6	MJ/kg
CO2 footprint, primary production (virgin grade)		0,348	-	0,384	kg/kg
Sources 0.174 kg/kg (Joseph and Tretslakova-McNally, 2010); 0.199 kg/kg (Ecoinvent v2.2); 0.271 kg/kg (Athena Sustainable Materials Institute, 2009 (5)); 0.296 kg/kg (Puetlmann, Wagner and Johnson, 2010); 0.476 kg/kg (Ecoinvent v2.2); 0.564 kg/kg (Bergman and Bowe, 2010); 0.579 kg/kg (Hammond and Jones, 2008)					
CO2 footprint, primary production (typical grade)		0,348	-	0,384	kg/kg
Water usage		* 665	-	735	l/kg
<b>Processing energy, CO2 footprint &amp; water</b>					
Coarse machining energy (per unit wt removed)		* 1,32	-	1,46	MJ/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)		* 0,0992	-	0,11	kg/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)		* 8,95	-	9,89	MJ/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)		* 0,671	-	0,742	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)		* 17,4	-	19,3	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)		* 1,31	-	1,44	kg/kg
<b>Recycling and end of life</b>					
Recycle		✘			
Recycle fraction in current supply		8,55	-	9,45	%
Downcycle		✔			
Combust for energy recovery		✔			
Heat of combustion (net)		* 20,7	-	22,1	MJ/kg
Combustion CO2		* 1,76	-	1,85	kg/kg
Landfill		✔			
Biodegrade		✔			
<b>Notes</b>					
<b>Warning</b>					
All woods have properties which show variation; they depend principally on growth conditions and moisture content					
<b>Enlaces</b>					

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 62: Ficha técnica pino longitudinal 3.

Ansys		Pine (pinus clausa) (l)		Página 4 de 4	
ProcessUniverse					
Reference					
Shape					

Fig. 63: Ficha técnica pino longitudinal 4.

## 2.3.2. Pino transversal.

Ansys		Pine (pinus clausa) (t)		Página 1 de 4	
<b>General information</b>					
<b>Designation</b>					
Pine (pinus clausa), transverse direction (T)					
<b>Typical uses</b>					
Lumber, fuel, pulpwood.					
<b>Composition overview</b>					
<b>Compositional summary</b>					
Cellulose/Hemicellulose/Lignin/12%H <sub>2</sub> O					
Material family	Natural (wood)				
Base material	Wood (softwood)				
Renewable content	100			%	
<b>Composition detail (polymers and natural materials)</b>					
Wood	100			%	
<b>Price</b>					
Price	* 0,57	- 1,14		EUR/kg	
Price per unit volume	* 274	- 673		EUR/m <sup>3</sup>	
<b>Physical properties</b>					
Density	480	- 590		kg/m <sup>3</sup>	
<b>Mechanical properties</b>					
Young's modulus	* 0,93	- 1,04		GPa	
Specific stiffness	* 1,65	- 2,08		MN.m/kg	
Yield strength (elastic limit)	* 2,16	- 2,64		MPa	
Tensile strength	* 3,6	- 4,4		MPa	
Specific strength	* 3,9	- 5,17		kN.m/kg	
Elongation	* 1,14	- 1,4		% strain	
Compressive strength	5,19	- 6,34		MPa	
Flexural modulus	0,85	- 0,95		GPa	
Flexural strength (modulus of rupture)	* 3,6	- 4,4		MPa	
Shear modulus	* 0,096	- 0,132		GPa	
Shear strength	* 22,8	- 27,9		MPa	
Rolling shear strength	* 0,85	- 2,54		MPa	
Bulk modulus	* 0,48	- 0,54		GPa	
Poisson's ratio	* 0,02	- 0,04			
Shape factor	5,5				
Hardness - Vickers	* 2,9	- 3,54		HV	
Hardness - Brinell	* 22	- 26,9		HB	
Hardness - Janka	* 2,9	- 3,54		kN	
Elastic stored energy (springs)	* 2,38	- 3,53		kJ/m <sup>3</sup>	

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 64: Ficha técnica pino transversal 1.

Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 1,08	- 1,32	MPa
Differential shrinkage (radial)	* 0,13	- 0,16	%
Differential shrinkage (tangential)	* 0,22	- 0,27	%
Radial shrinkage (green to oven-dry)	* 2,2	- 4,6	%
Tangential shrinkage (green to oven-dry)	* 5	- 7,8	%
Volumetric shrinkage (green to oven-dry)	* 9	- 12	%
Work to maximum strength	* 6	- 7,3	kJ/m <sup>3</sup>
<b>Impact &amp; fracture properties</b>			
Fracture toughness	* 0,355	- 0,434	MPa.m <sup>0.5</sup>
Toughness (G)	* 0,129	- 0,191	kJ/m <sup>2</sup>
<b>Thermal properties</b>			
Glass temperature	77	- 102	°C
Maximum service temperature	120	- 140	°C
Minimum service temperature	* -73	- -23	°C
Thermal conductivity	* 0,081	- 0,099	W/m.°C
Specific heat capacity	1,66e3	- 1,71e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 27,1	- 37,1	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 63,3	- 92,5	°C
Thermal distortion resistance	* 0,00235	- 0,00339	MW/m
<b>Electrical properties</b>			
Electrical resistivity	* 2,1e14	- 7e14	µohm.cm
Electrical conductivity	* 2,46e-13	- 8,21e-13	%ACS
Dielectric constant (relative permittivity)	* 3,17	- 3,87	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	* 0,041	- 0,05	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 1	- 2	MV/m
<b>Magnetic properties</b>			
Magnetic type	Non-magnetic		
<b>Optical, aesthetic and acoustic properties</b>			
Transparency	Opaque		
Acoustic velocity	* 1,28e3	- 1,44e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,025	- 0,031	
<b>Critical materials risk</b>			
Contains >5wt% critical elements?	No		
<b>Durability</b>			
Water (fresh)	Limited use		
Water (salt)	Limited use		
Weak acids	Limited use		
Strong acids	Unacceptable		

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 65: Ficha técnica pino trasversal 2.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Ansys		Pine (pinus clausa) (t)			Página 3 de 4
Weak alkalis					Acceptable
Strong alkalis					Unacceptable
Organic solvents					Acceptable
Oxidation at 500C					Unacceptable
UV radiation (sunlight)					Good
Flammability					Highly flammable
<b>Primary production energy, CO2 and water</b>					
Embodied energy, primary production (virgin grade)	10,5	-	11,6	MJ/kg	
<small>Sources 2.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 3.4 MJ/kg (Ximenes, 2006); 5.7 MJ/kg (Ximenes, 2006); 5.88 MJ/kg (Hammond and Jones, 2006); 6.1 MJ/kg (Ximenes, 2006); 6.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 6.68 MJ/kg (Puetmann, Wagner and Johnson, 2010); 6.7 MJ/kg (Ximenes, 2006); 7.1 MJ/kg (Ximenes, 2006); 7.37 MJ/kg (Athena Sustainable Materials Institute, 2009 (5)); 7.72 MJ/kg (Puetmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Lippke, Oniel and Wagner, 2010); 8.17 MJ/kg (Bergman and Bowe, 2010); 8.6 MJ/kg (Ximenes, 2006); 9.05 MJ/kg (Puetmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Lippke, Oniel and Wagner, 2010); 9.19 MJ/kg (Joseph and Treiskakova-McNally, 2010); 9.96 MJ/kg (Puetmann, Bergman, Hubbard, Johnson, Lippke, Oniel and Wagner, 2010); 13.3 MJ/kg (Ximenes, 2006); 13.4 MJ/kg (Lerzen and Theloor, 2002); 14 MJ/kg (Ximenes, 2006); 17.5 MJ/kg (Ximenes, 2006); 19.3 MJ/kg (Ximenes, 2006); 24 MJ/kg (Ecolvent v2.2); 25.9 MJ/kg (Ximenes, 2006); 27.6 MJ/kg (Ecolvent v2.2)</small>					
Embodied energy, primary production (typical grade)	10,5	-	11,6	MJ/kg	
CO2 footprint, primary production (virgin grade)	0,348	-	0,384	kg/kg	
<small>Sources 0.174 kg/kg (Joseph and Treiskakova-McNally, 2010); 0.199 kg/kg (Ecolvent v2.2); 0.271 kg/kg (Athena Sustainable Materials Institute, 2009 (5)); 0.296 kg/kg (Puetmann, Wagner and Johnson, 2010); 0.476 kg/kg (Ecolvent v2.2); 0.564 kg/kg (Bergman and Bowe, 2010); 0.579 kg/kg (Hammond and Jones, 2006)</small>					
CO2 footprint, primary production (typical grade)	0,348	-	0,384	kg/kg	
Water usage	* 665	-	735	l/kg	
<b>Processing energy, CO2 footprint &amp; water</b>					
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 0,577	-	0,638	MJ/kg	
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0,0433	-	0,0479	kg/kg	
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 1,5	-	1,66	MJ/kg	
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0,112	-	0,124	kg/kg	
Grinding energy (per unit wt removed)	* 2,52	-	2,79	MJ/kg	
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,189	-	0,209	kg/kg	
<b>Recycling and end of life</b>					
Recycle					✘
Recycle fraction in current supply	8,55	-	9,45	%	
Downcycle					✓
Combust for energy recovery					✓
Heat of combustion (net)	* 20,7	-	22,1	MJ/kg	
Combustion CO2	* 1,76	-	1,85	kg/kg	
Landfill					✓
Biodegrade					✓
<b>Notes</b>					
<b>Warning</b>					
All woods have properties which show variation; they depend principally on growth conditions and moisture content.					

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
ANSYS, Inc. provides no warranty for this data.

Fig. 66: Ficha técnica pino trasversal 3.

Ansys		Pine (pinus clausa) (t)			Página 4 de 4
<b>Enlaces</b>					
ProcessUniverse					
Reference					
Shape					

Fig. 67: Ficha técnica pino trasversal 4.

## 2.4. Anexo 4. Material PLA.

		PLA (general purpose)		Página 1 de 4
<b>General information</b>				
<b>Designation</b>				
Polylactide / Polylactic acid (General purpose)				
<b>Tradenames</b>				
Bio-Flex, Bioplast, Cereplast Compostables, Compostable, Fozeas, Hycail, Ingeo, Jackdaw, Lactel, Latigea, Polyvel, Revode, Sustainable, Terez Naturegran, Terramac, Transmare				
<b>Typical uses</b>				
biodegradable packing and disposables, food packaging, plastic bags, plant pots, diapers, bottles, cold drink cups, sheet and film products, electronic cases, home textiles, clothing, medical implants, homeware, personal care products				
<b>Composition overview</b>				
<b>Compositional summary</b>				
(CH(CH <sub>3</sub> )CO <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> . The lactic acid is produced from sugar (dextrose) with plant starch origins e.g. corn, wheat, sugar beets and sugar cane.				
Material family	Plastic (thermoplastic, semi-crystalline)			
Base material	PLA (Polylactic acid / polylactide)			
Renewable content	100			%
Polymer code	PLA			
<b>Composition detail (polymers and natural materials)</b>				
Polymer	100			%
<b>Price</b>				
Price	* 2,41	- 3,18	EUR/kg	
Price per unit volume	* 3e3	- 4,03e3	EUR/m <sup>3</sup>	
<b>Physical properties</b>				
Density	1,24e3	- 1,27e3	kg/m <sup>3</sup>	
<b>Mechanical properties</b>				
Young's modulus	3,3	- 3,6	GPa	
Specific stiffness	2,63	- 2,87	MN.m/kg	
Yield strength (elastic limit)	55	- 72	MPa	
Tensile strength	47	- 70	MPa	
Specific strength	43,8	- 57,4	kN.m/kg	
Elongation	2,5	- 6	% strain	
Elongation at yield	2	- 3,5	% strain	
Compressive modulus	* 3,3	- 3,6	GPa	
Compressive strength	66	- 86,4	MPa	
Flexural modulus	3,1	- 3,6	GPa	
Flexural strength (modulus of rupture)	83	- 108	MPa	
Shear modulus	* 1,2	- 1,29	GPa	
Bulk modulus	* 5,7	- 6,3	GPa	
Poisson's ratio	* 0,38	- 0,4		
Shape factor	5,6			
Hardness - Vickers	17	- 22	HV	

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Fig. 68: Ficha técnica PLA 1.

Hardness - Rockwell M	* 50	-	54	
Hardness - Rockwell R	* 32	-	35	
Hardness - Shore D	79	-	83	
Elastic stored energy (springs)	445	-	742	kJ/m <sup>3</sup>
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	* 22,2	-	27,7	MPa

#### Impact & fracture properties

Fracture toughness	* 3,34	-	4,79	MPa.m <sup>0.5</sup>
Toughness (G)	3,32	-	6,49	kJ/m <sup>2</sup>
Impact strength, notched 23 °C	1,3	-	2,8	kJ/m <sup>2</sup>
Impact strength, unnotched 23 °C	16	-	25	kJ/m <sup>2</sup>

#### Thermal properties

Melting point	145	-	175	°C
Glass temperature	52	-	60	°C
Heat deflection temperature 0.45MPa	51	-	56	°C
Heat deflection temperature 1.8MPa	* 48,5	-	53,2	°C
Vicat softening point	* 51	-	56	°C
Maximum service temperature	* 45	-	55	°C
Minimum service temperature	-20	-	-12	°C
Thermal conductivity	0,13	-	0,16	W/m.°C
Specific heat capacity	1,18e3	-	1,21e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 126	-	145	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 116	-	158	°C
Thermal distortion resistance	* 9,43e-4	-	0,00121	MW/m

#### Electrical properties

Electrical resistivity	3,1e17	-	6e17	µohm.cm
Electrical conductivity	2,87e-16	-	5,56e-16	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	3,04	-	3,16	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,00909	-	0,011	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 16,4	-	17	MV/m

#### Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic			
---------------	--------------	--	--	--

#### Optical, aesthetic and acoustic properties

Refractive index	1,44	-	1,46	
Transparency	Transparent			
Acoustic velocity	1,62e3	-	1,7e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0747	-	0,0793	

#### Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No			
-----------------------------------	----	--	--	--

#### Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	* 0,24	-	0,26	%
Water absorption @ sat	0,95	-	1,1	%
Humidity absorption @ sat	* 0,29	-	0,32	%

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Fig. 69: Ficha técnica PLA 2.

Water vapor transmission	7,1	-	9,1	g.mm/m <sup>2</sup> .day
Permeability (O <sub>2</sub> )	11	-	53	cm <sup>3</sup> .mm/m <sup>2</sup> .day.atm

### Processing properties

Polymer injection molding	Acceptable			
Polymer extrusion	Acceptable			
Polymer thermoforming	Acceptable			
Linear mold shrinkage	0,3	-	0,4	%
Melt temperature	170	-	210	°C
Mold temperature	10	-	25	°C
Molding pressure range	55	-	100	MPa

### Durability

Water (fresh)	Acceptable			
Water (salt)	Acceptable			
Weak acids	Acceptable			
Strong acids	Unacceptable			
Weak alkalis	Acceptable			
Strong alkalis	Unacceptable			
Organic solvents	Limited use			
Oxidation at 500C	Unacceptable			
UV radiation (sunlight)	Good			
Flammability	Highly flammable			

### Primary production energy, CO<sub>2</sub> and water

Embodied energy, primary production	52,7	-	58,1	MJ/kg
-------------------------------------	------	---	------	-------

Sources

29.2 MJ/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 40.1 MJ/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 48.8 MJ/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 54.1 MJ/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 62.1 MJ/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 75.4 MJ/kg (Vnik et al. 2007); 78.2 MJ/kg (EcoInvent v2.2)

CO <sub>2</sub> footprint, primary production	2,7	-	2,98	kg/kg
---	-----	---	------	-------

Sources

1.2 kg/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 1.89 kg/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 3 kg/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 3.84 kg/kg (Vnik et al. 2007); 4 kg/kg (Institute for Prospective Technological Studies, 2005); 3.12 kg/kg (EcoInvent v2.2)

Water usage	* 19,8	-	21,8	l/kg
-------------	--------	---	------	------

### Processing energy, CO<sub>2</sub> footprint & water

Polymer extrusion energy	* 5,79	-	6,09	MJ/kg
Polymer extrusion CO <sub>2</sub>	* 0,434	-	0,456	kg/kg
Polymer extrusion water	* 4,75	-	7,13	l/kg
Polymer molding energy	* 14	-	14,7	MJ/kg
Polymer molding CO <sub>2</sub>	* 1,05	-	1,1	kg/kg
Polymer molding water	* 10,5	-	15,7	l/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	0,532	-	0,559	MJ/kg
Coarse machining CO <sub>2</sub> (per unit wt removed)	0,0399	-	0,042	kg/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	0,934	-	0,975	MJ/kg
Fine machining CO <sub>2</sub> (per unit wt removed)	0,0698	-	0,0734	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	1,38	-	1,45	MJ/kg
Grinding CO <sub>2</sub> (per unit wt removed)	0,103	-	0,109	kg/kg

Los valores marcados con \* son aproximaciones  
No warranty is given for the accuracy of this data

Fig. 70: Ficha técnica PLA 3.

**Recycling and end of life**

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 16,7	- 18,4	MJ/kg	
CO2 footprint, recycling	* 0,9	- 0,995	kg/kg	
Recycle fraction in current supply	0,1	- 1,1	%	
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 18,9	- 19,9	MJ/kg	
Combustion CO2	* 1,8	- 1,9	kg/kg	
Landfill	✓			
Biodegrade	✓			

**Notes**
**Other notes**

PLA is a renewable thermoplastic polyester manufactured from plants such as sugarcane, corn and tapioca. PLA can be amorphous or semi-crystalline. Various blends of D and L enantiomers are available, making available a broader range of properties. PLA products are considered environmentally friendly as their production uses approximately 50% less energy and produces 60% less CO2 than petroleum based products e.g. PET, PC, PS and nylon.

**Enlaces**

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

Fig. 71: Ficha técnica PLA 4.

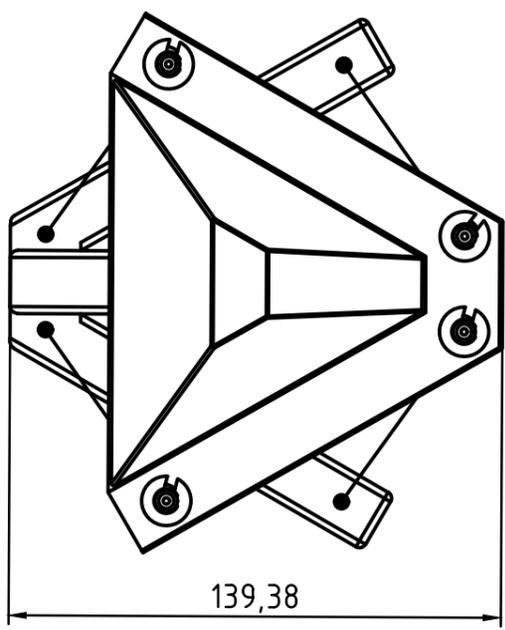
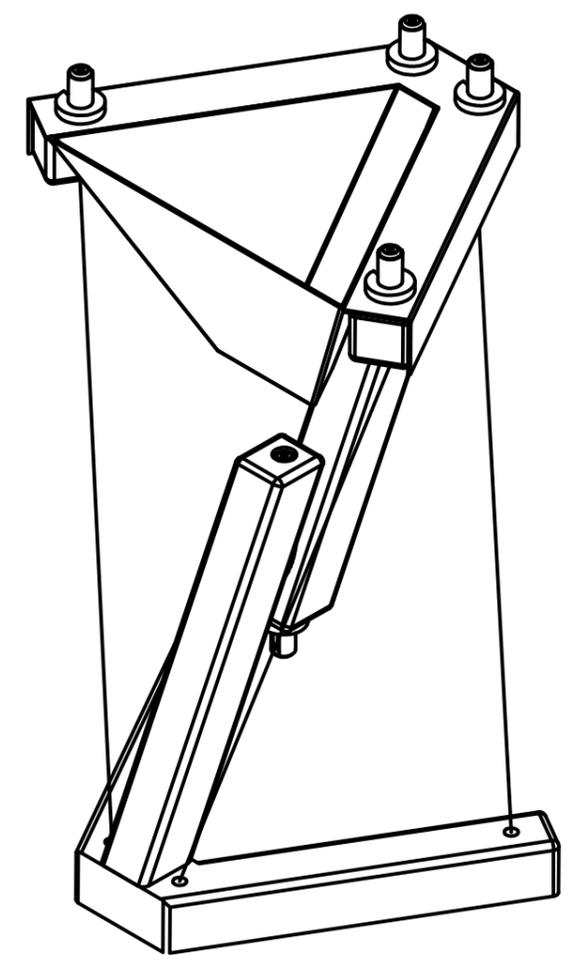
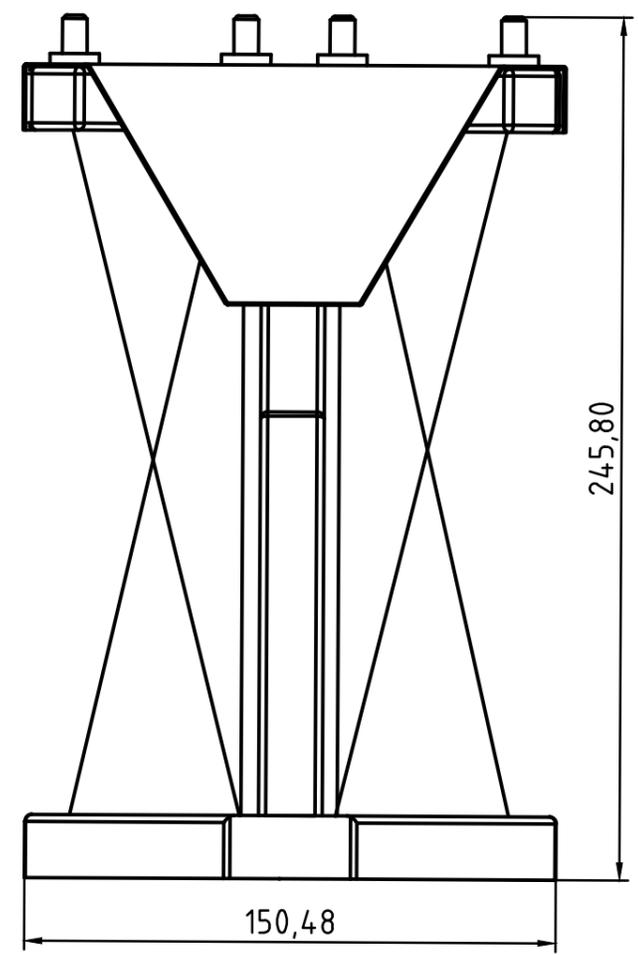
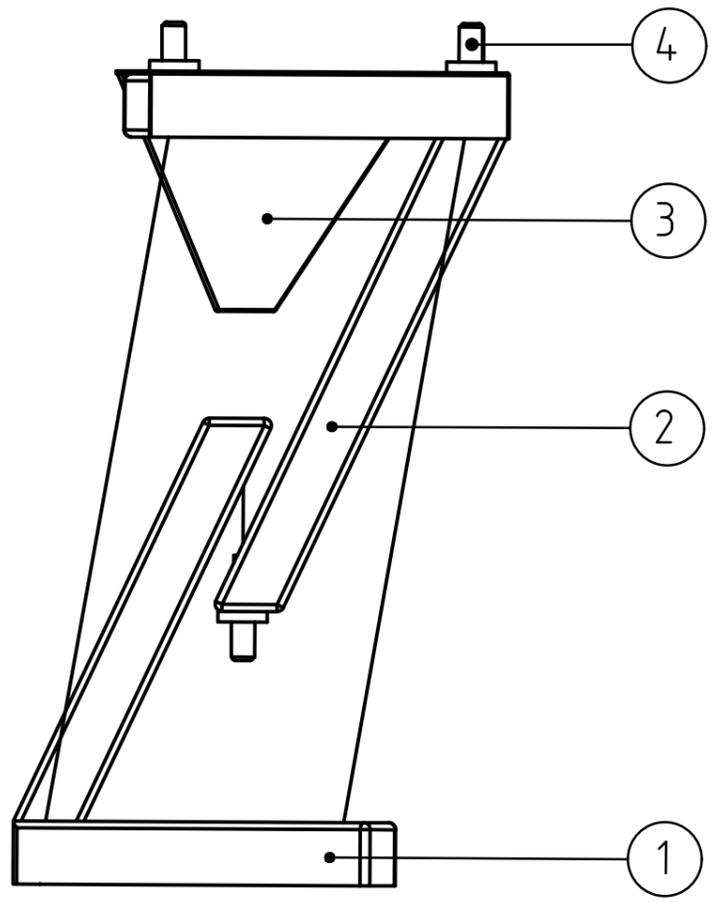
## 3. PLANOS

### 3.1. Planos de diseño.

A continuación, se exponen los planos de diseño de todas las piezas y subconjuntos que componen este proyecto.

1 2 3 4 5 6 7 8

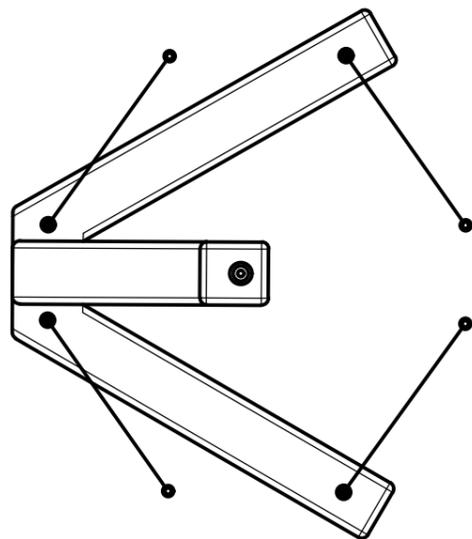
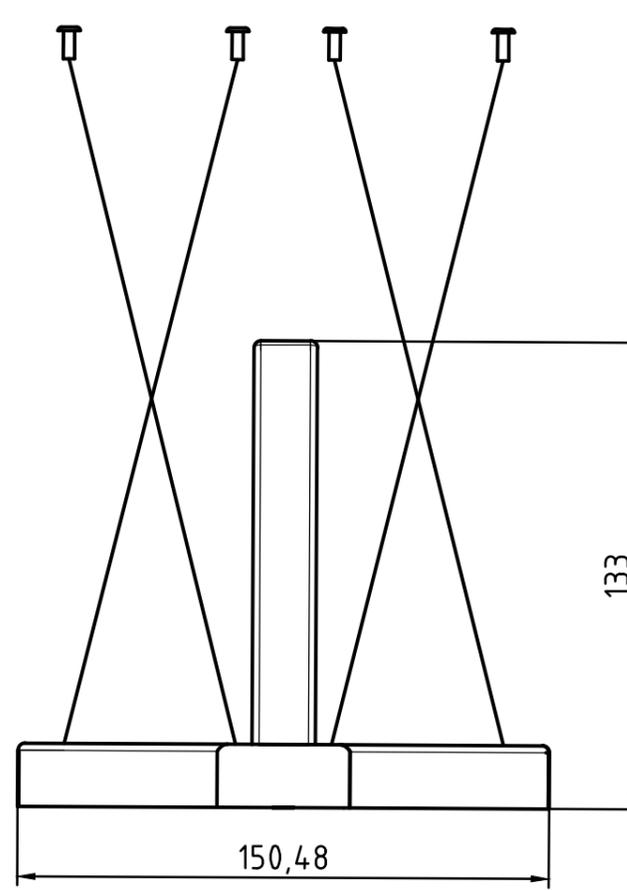
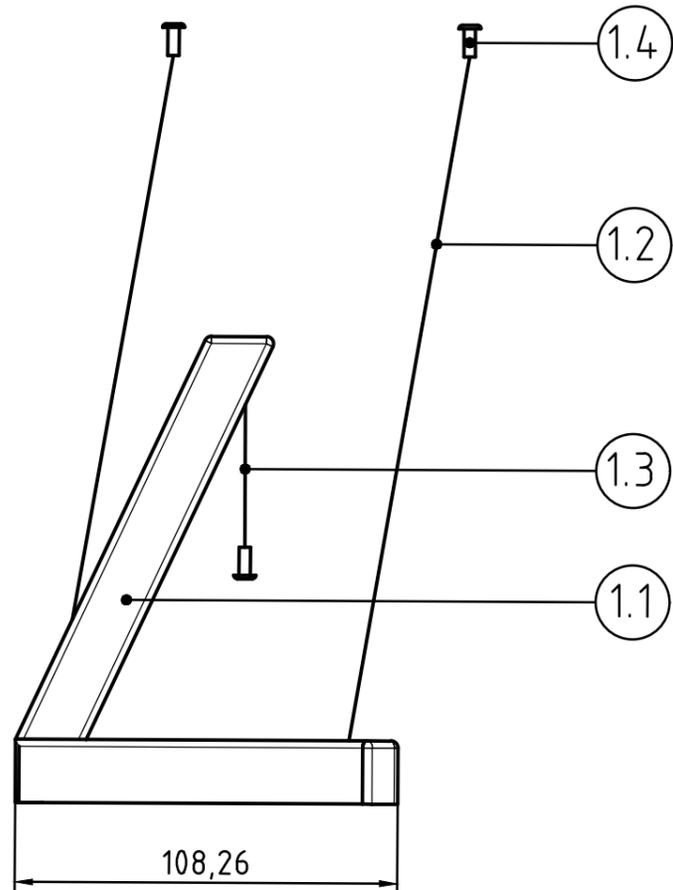
A  
B  
C  
D  
E  
F



4	Tensor	5	0670.02.842 M6	Latón Galv.
3	Maceta	1		PLA
2	Subconjunto 2	1		Varios
1	Subconjunto 1	1		Varios
MARCA	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL

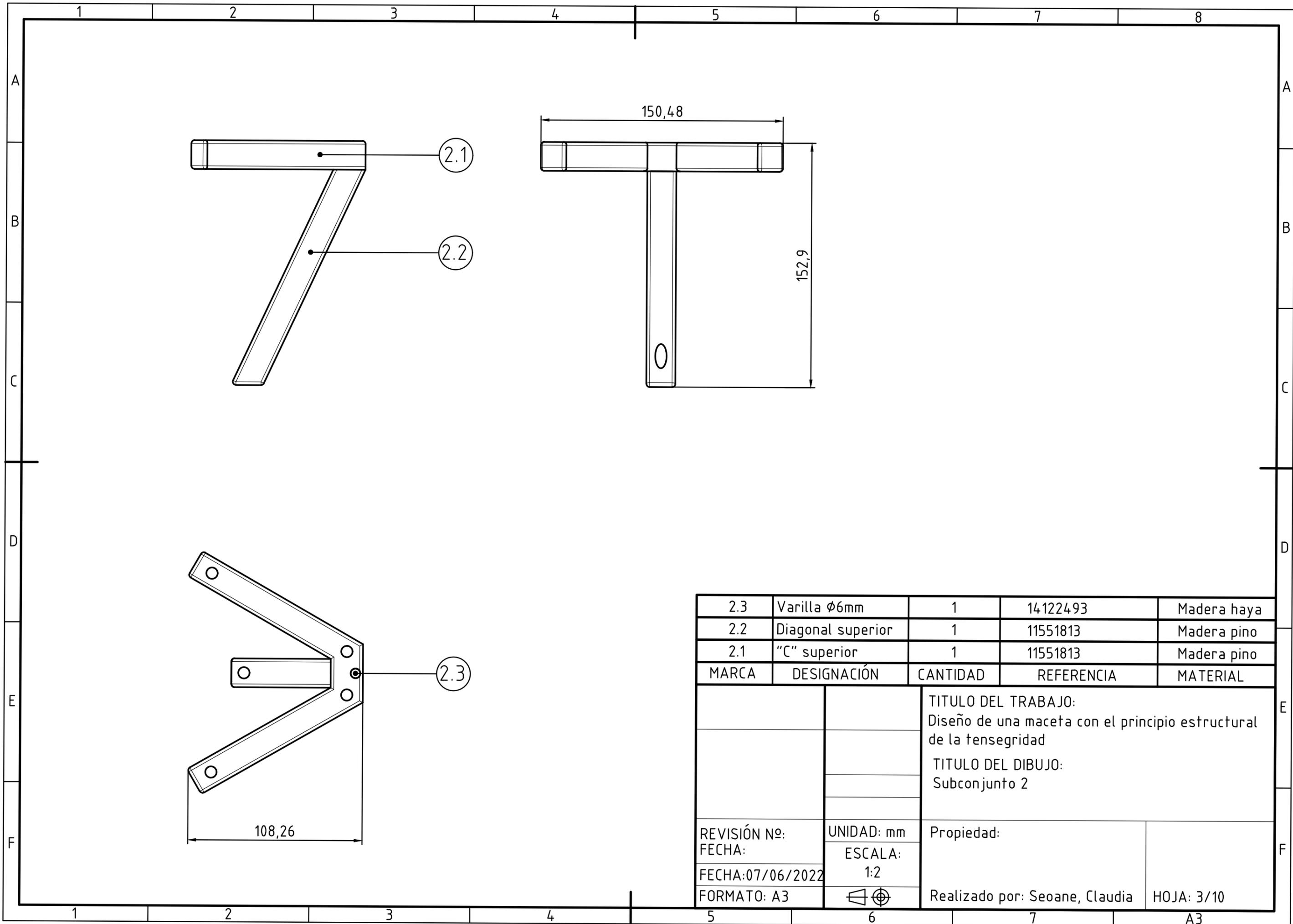
		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Conjunto	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA: 31/05/2022	1:2	Realizado por: Seoane, Claudia	
FORMATO: A3			
		HOJA: 1/10	

1 2 3 4 5 6 7 8 A3



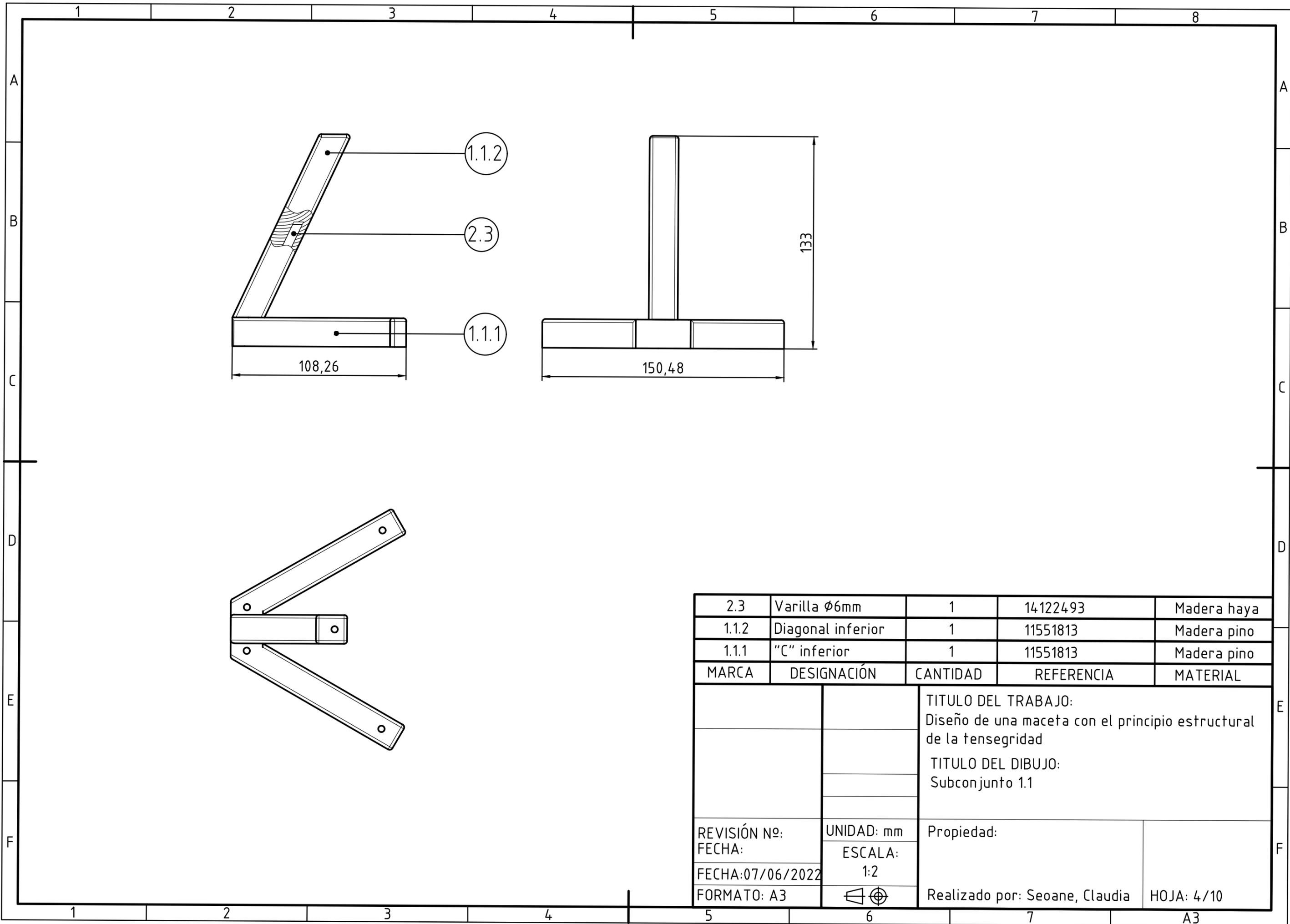
1.4	Remache	10	REN03208BL	Aluminio
1.3	Cable corto $\phi 1,5\text{mm}$	1	89125639	Acero Inox
1.2	Cable largo $\phi 1,5\text{mm}$	4	89125639	Acero Inox
1.1	Subconjunto 1.1	1		VARIOS
MARCA	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegidad		
		TITULO DEL DIBUJO: Subconjunto 1		
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:		
FECHA:	ESCALA:			
FECHA:07/06/2022	1:2			
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 2/10	

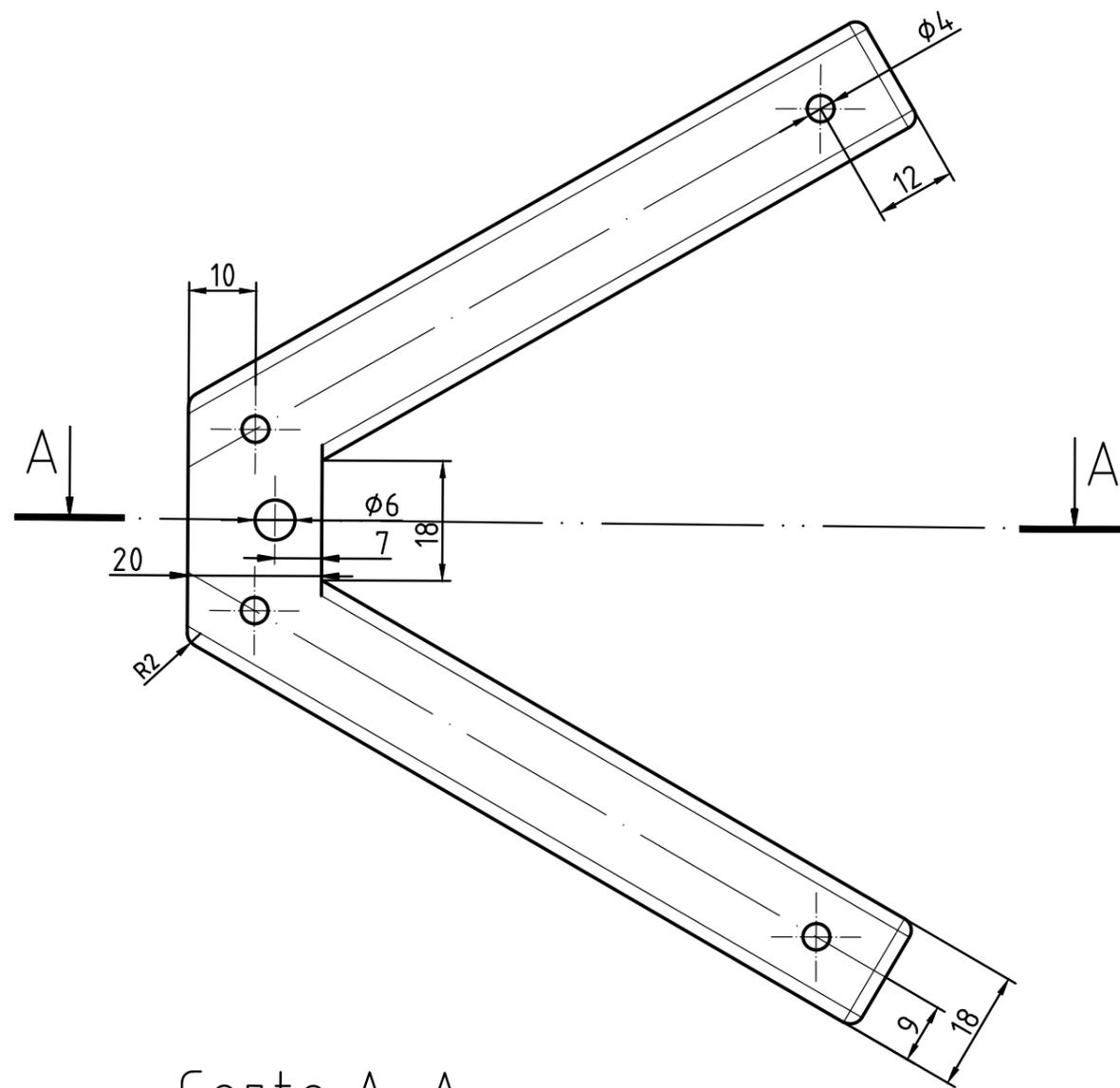


2.3	Varilla $\phi$ 6mm	1	14122493	Madera haya
2.2	Diagonal superior	1	11551813	Madera pino
2.1	"C" superior	1	11551813	Madera pino
MARCA	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL

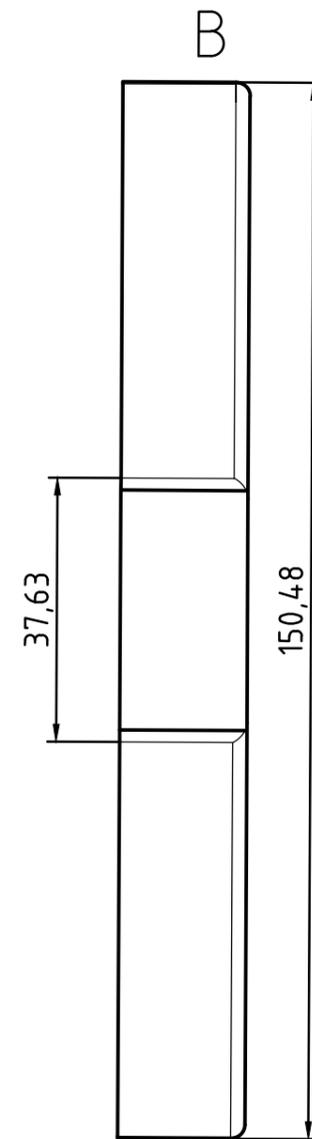
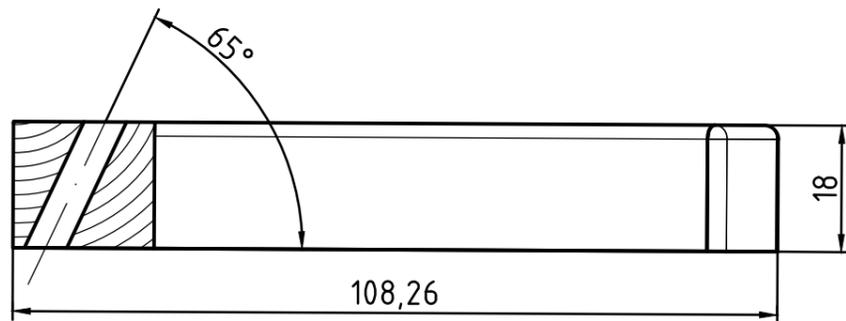
		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Subconjunto 2	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:07/06/2022	1:2	Realizado por: Seoane, Claudia	
FORMATO: A3			
		HOJA: 3/10	



MARCA	DESIGNACIÓN	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL
	2.3	1	14122493	Madera haya
	1.1.2	1	11551813	Madera pino
	1.1.1	1	11551813	Madera pino
REVISIÓN Nº:		UNIDAD: mm	TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad  TITULO DEL DIBUJO: Subconjunto 1.1  Propiedad:  Realizado por: Seoane, Claudia	
FECHA:		ESCALA:		
FECHA:07/06/2022		1:2		
FORMATO: A3				
			HOJA: 4/10	

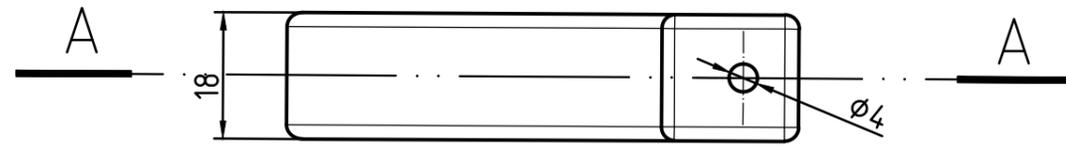


Corte A-A

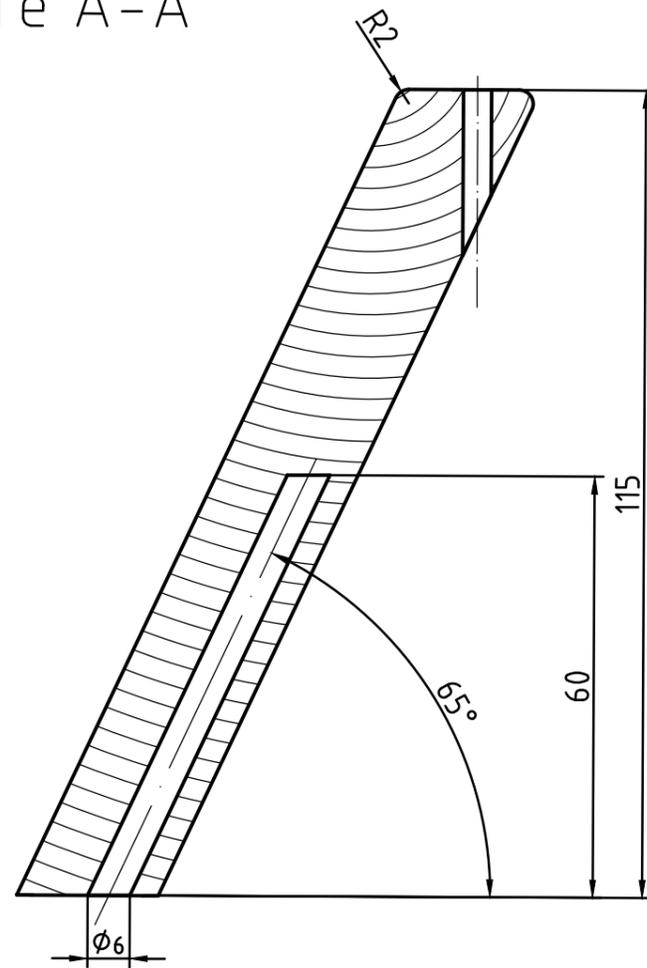


Observaciones:  
 Redondeo radio 2mm en aristas superiores y externas  
 Agujeros pasantes

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Pieza 1.1.1 "C" Inferior	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:08/06/2022	1:1	Realizado por: Seoane, Claudia	
FORMATO: A3			



Corte A-A



Observaciones:  
Redondeo radio 2mm en aristas superiores y externas

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Pieza 1.1.2 Diagonal Inferior	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:08/06/2022	1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 6/10

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

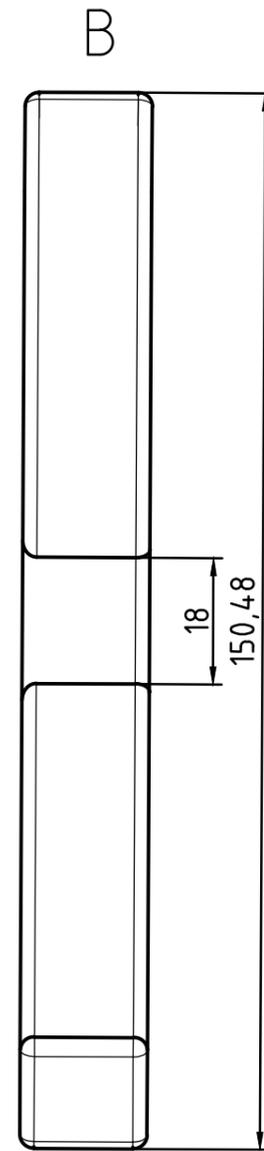
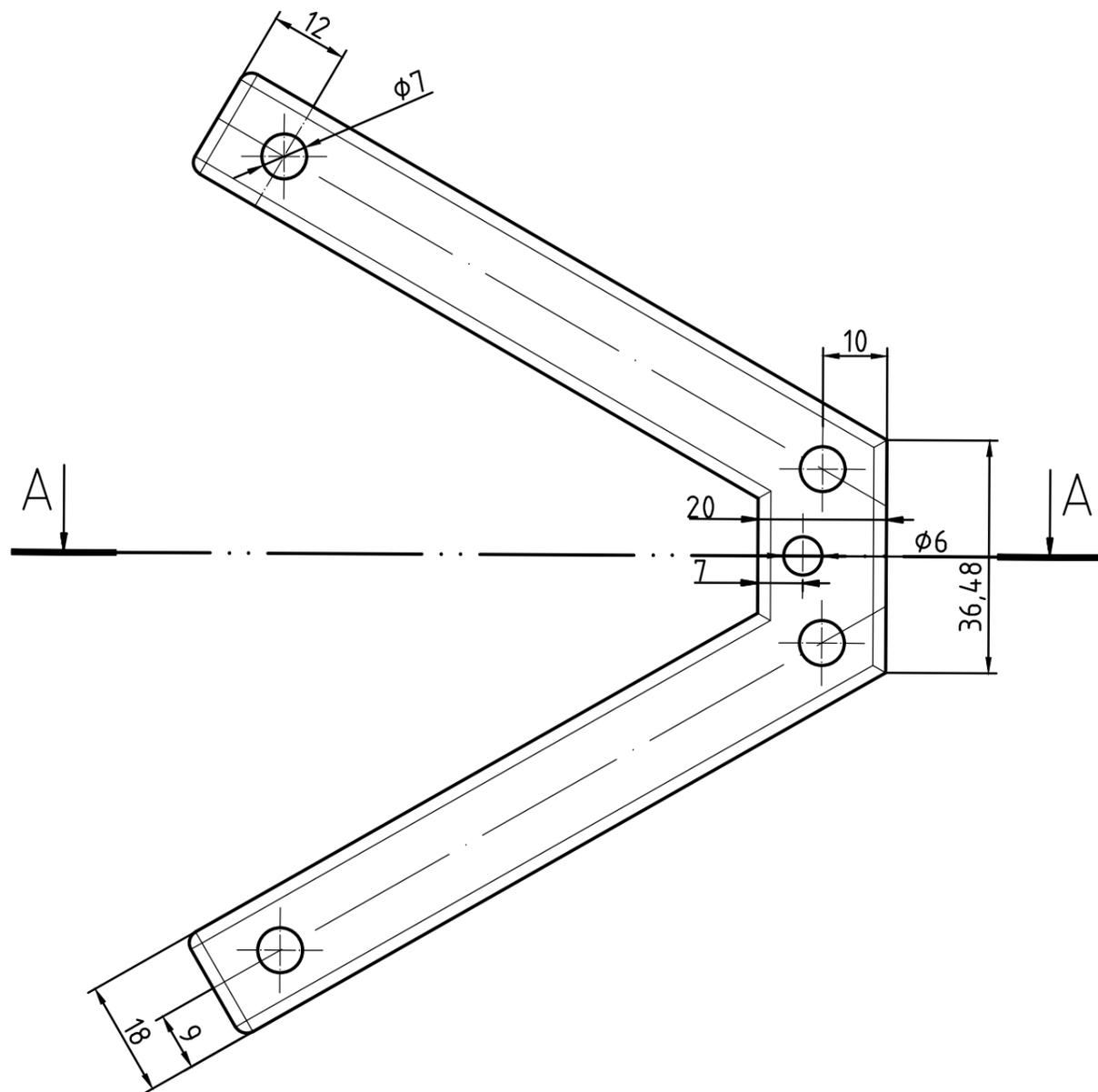
E

E

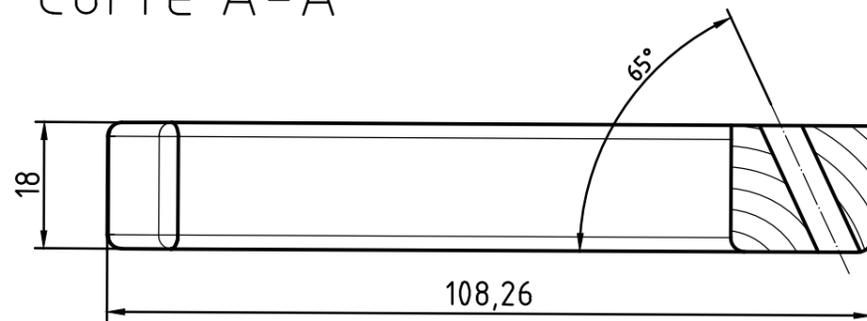
F

F

1 2 3 4 5 6 7 8 A3



Corte A-A



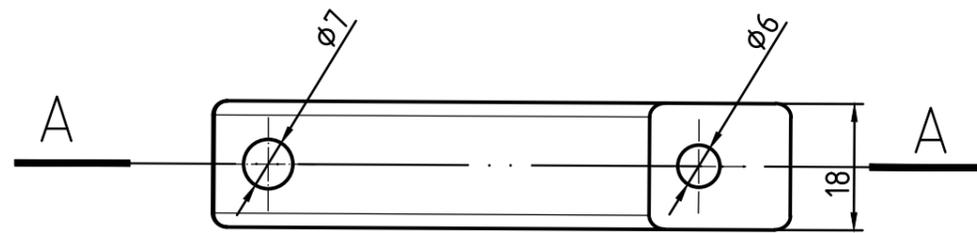
Observaciones:  
 Redondeo radio 2mm en aristas superiores y externas  
 Agujeros pasantes

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Pieza 2.1 "C" Superior	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:15/06/2022	1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 7/10

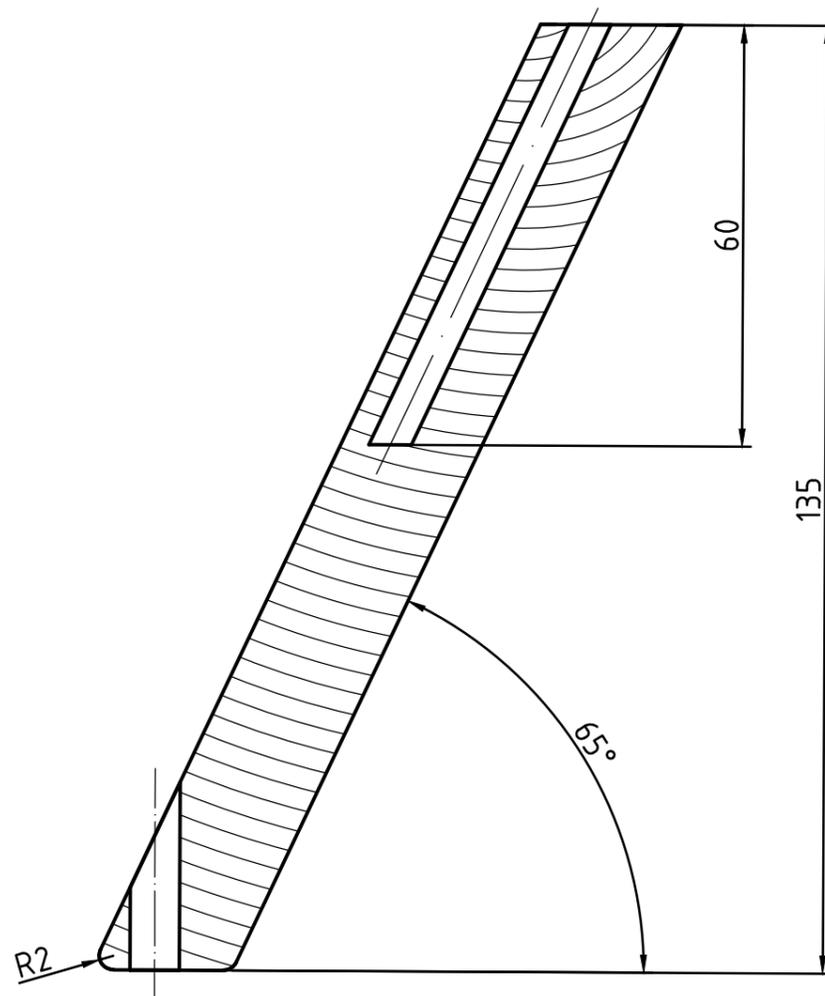
1 2 3 4 5 6 7 8

A  
B  
C  
D  
E  
F

1 2 3 4 5 6 7 8 A3



Corte A-A



Observaciones:  
Redondeo radio 2mm en aristas superiores y externas

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Pieza 2.2 Diagonal Superior	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:08/06/2022	1:1		
FORMATO: A3			
		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 8/10

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

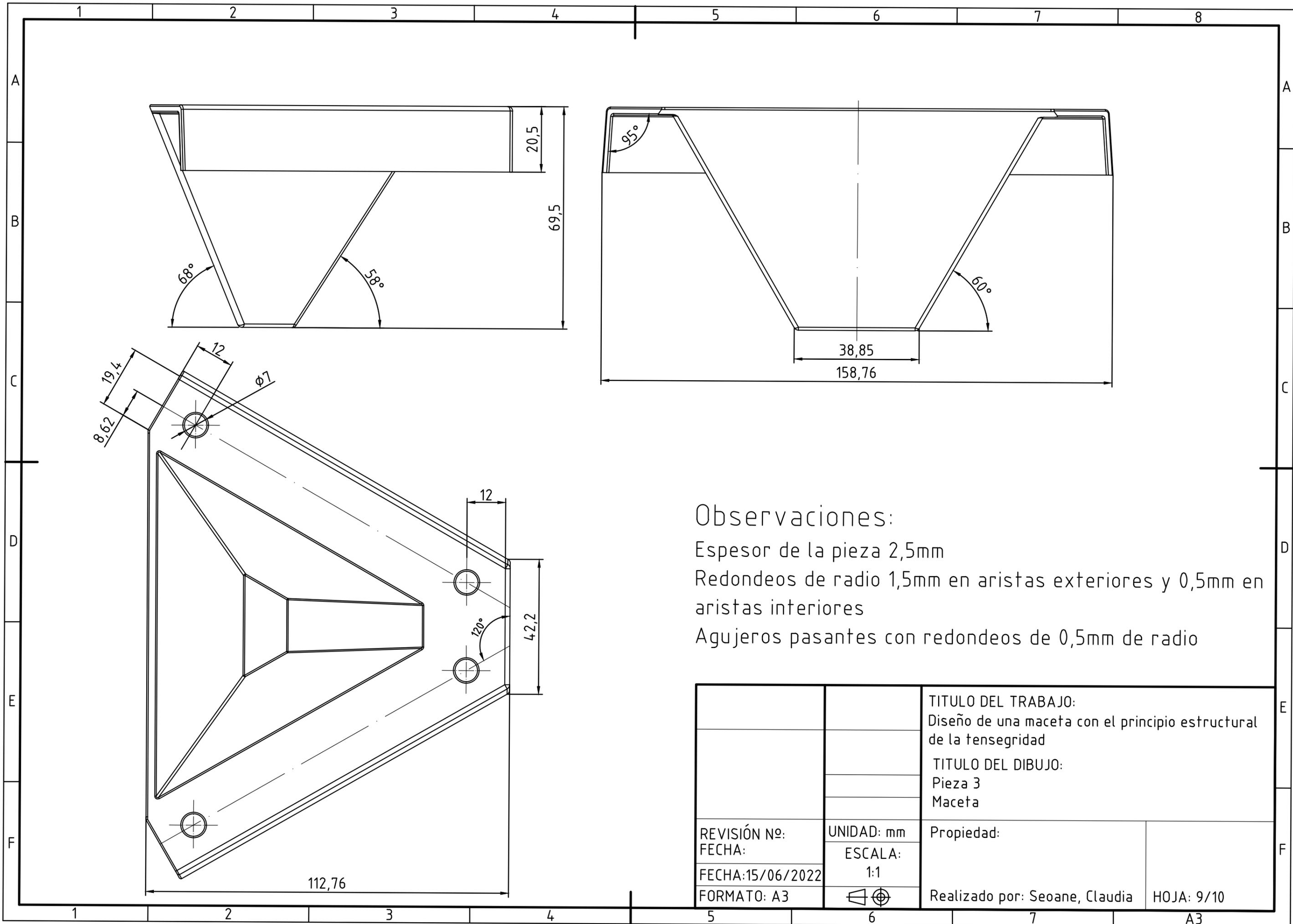
E

E

F

F

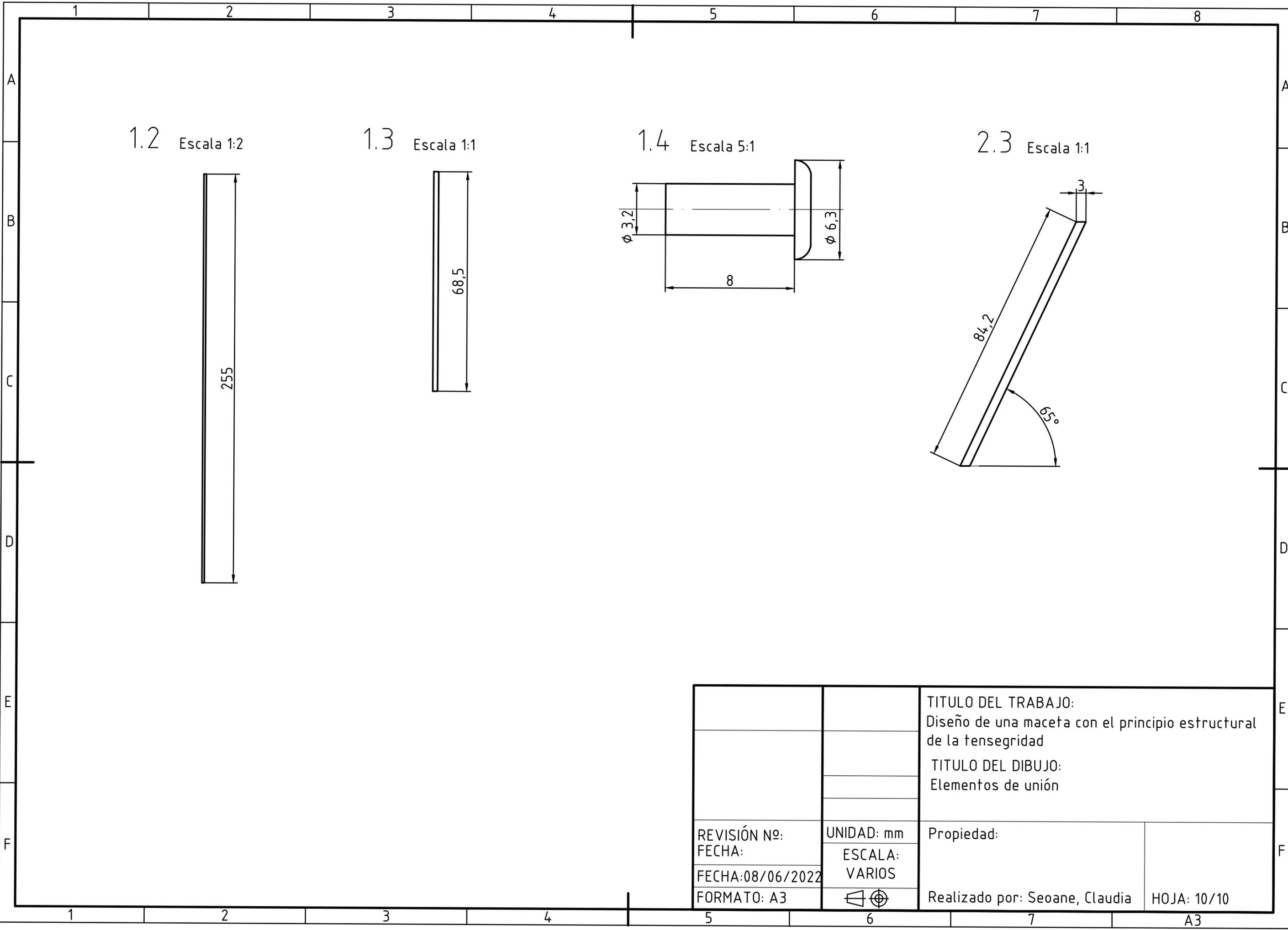
1 2 3 4 5 6 7 8 A3



Observaciones:

- Espesor de la pieza 2,5mm
- Redondeos de radio 1,5mm en aristas exteriores y 0,5mm en aristas interiores
- Agujeros pasantes con redondeos de 0,5mm de radio

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Pieza 3 Maceta	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:15/06/2022	1:1	Realizado por: Seoane, Claudia	
FORMATO: A3			
		HOJA: 9/10	



		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
		TITULO DEL DIBUJO: Elementos de unión	
REVISIÓN Nº:	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:	ESCALA:		
FECHA:08/06/2022	VARIOS		
FORMATO: A3	⊕	Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 10/10

1 2 3 4 5 6 7 8

A A

B B

C C

D D

E E

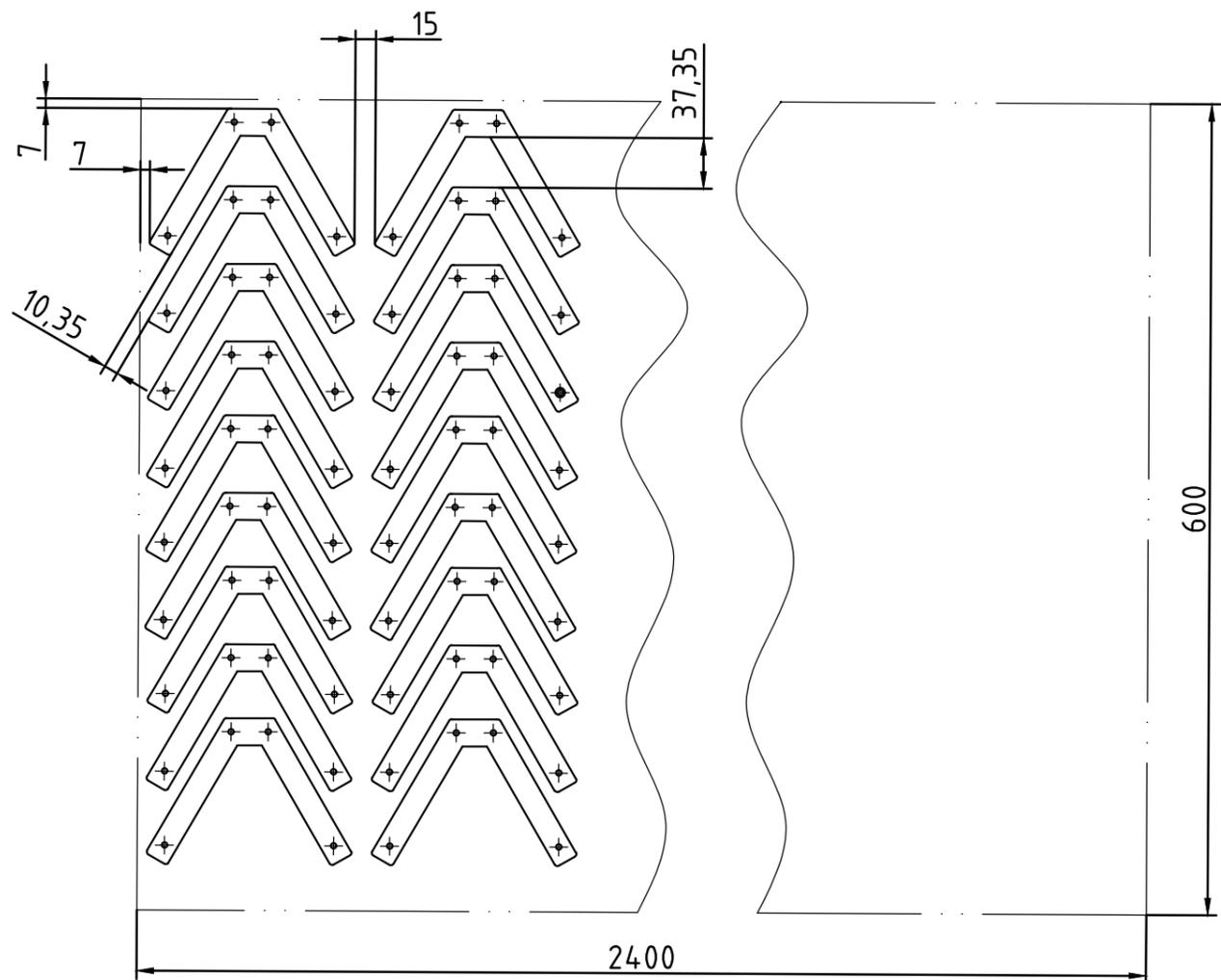
F F

1 2 3 4 5 6 7 A3

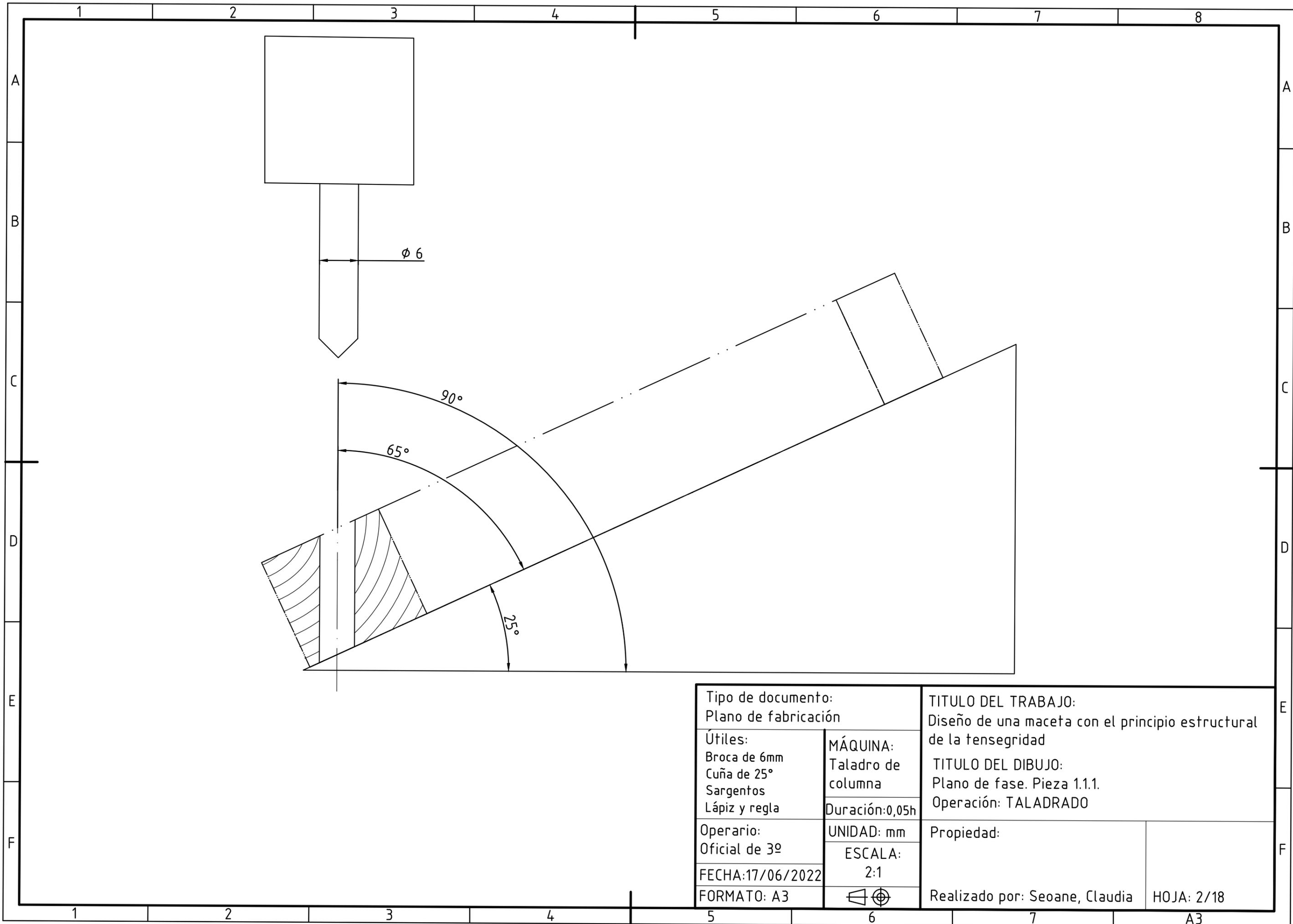
## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

### 3.2. Planos de fabricación.

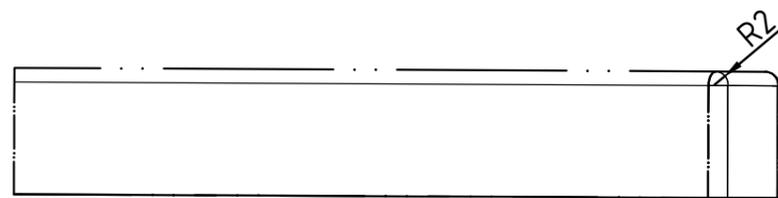
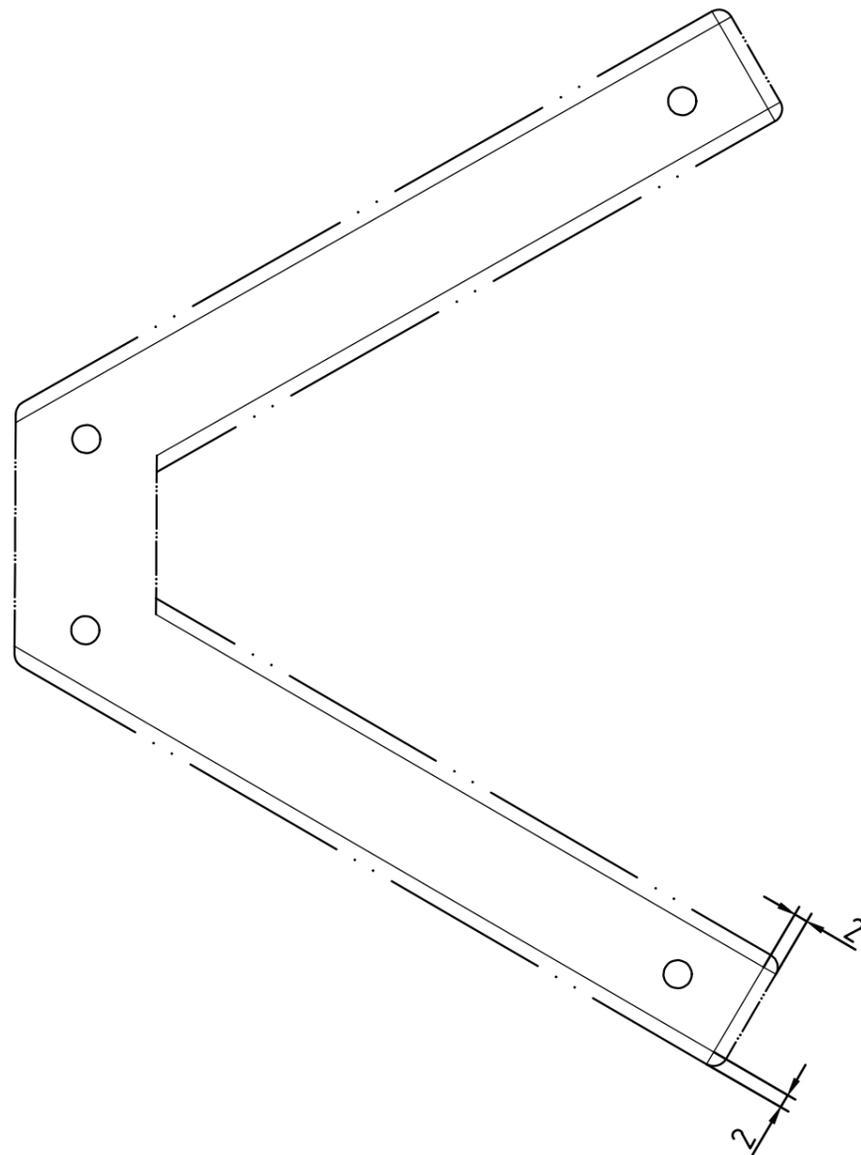
A continuación, se exponen los planos de fabricación de todas las piezas donde se detallan todas las fases y operaciones necesarias para su realización.



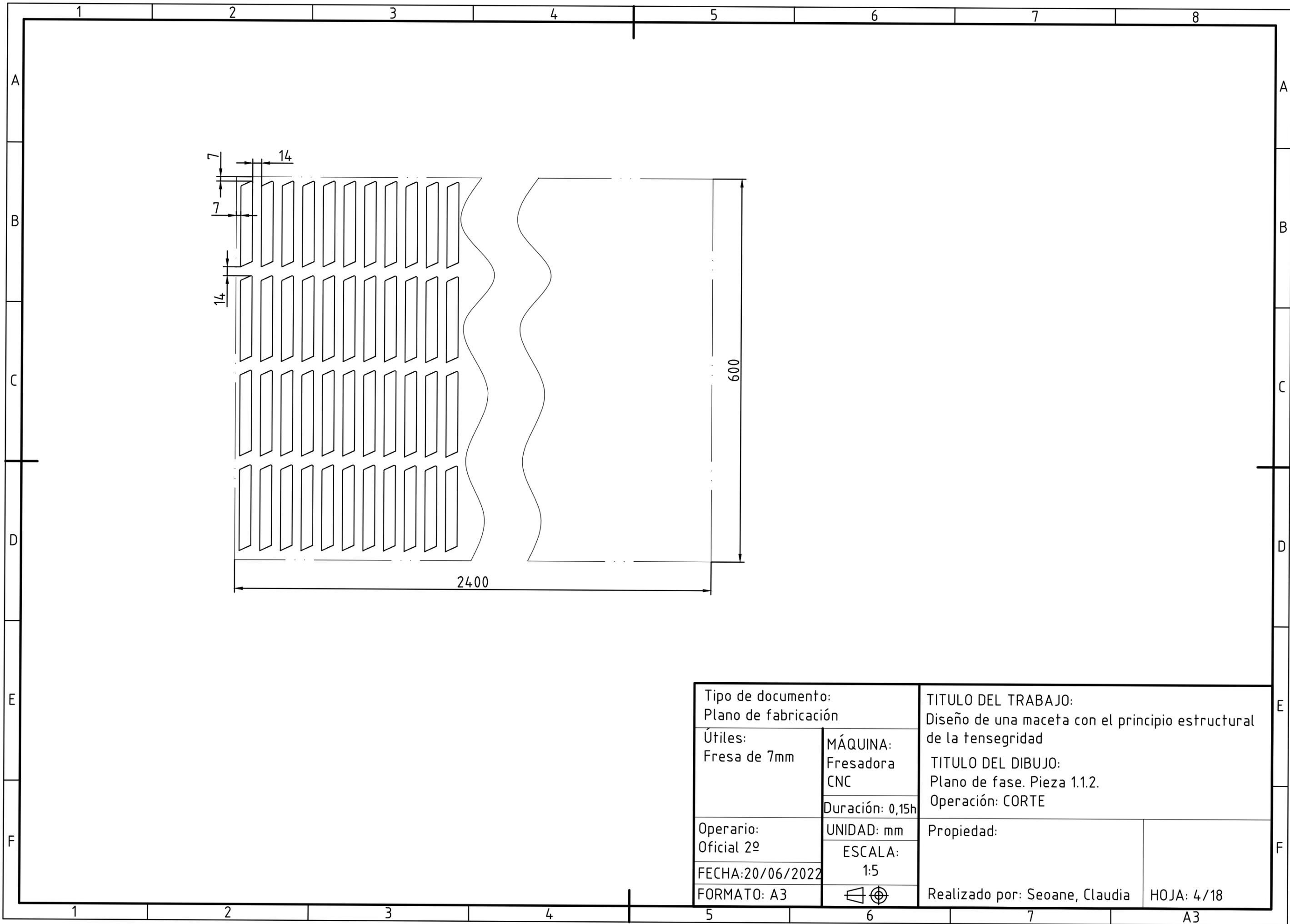
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Fresa de 7mm Broca de $\phi 4$ mm	MÁQUINA: Fresadora CNC	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.1.1.	
	Duración: 0,25h	Operación: CORTE	
Operario: Oficial 2º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:5		
FECHA: 17/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 1/18
FORMATO: A3			



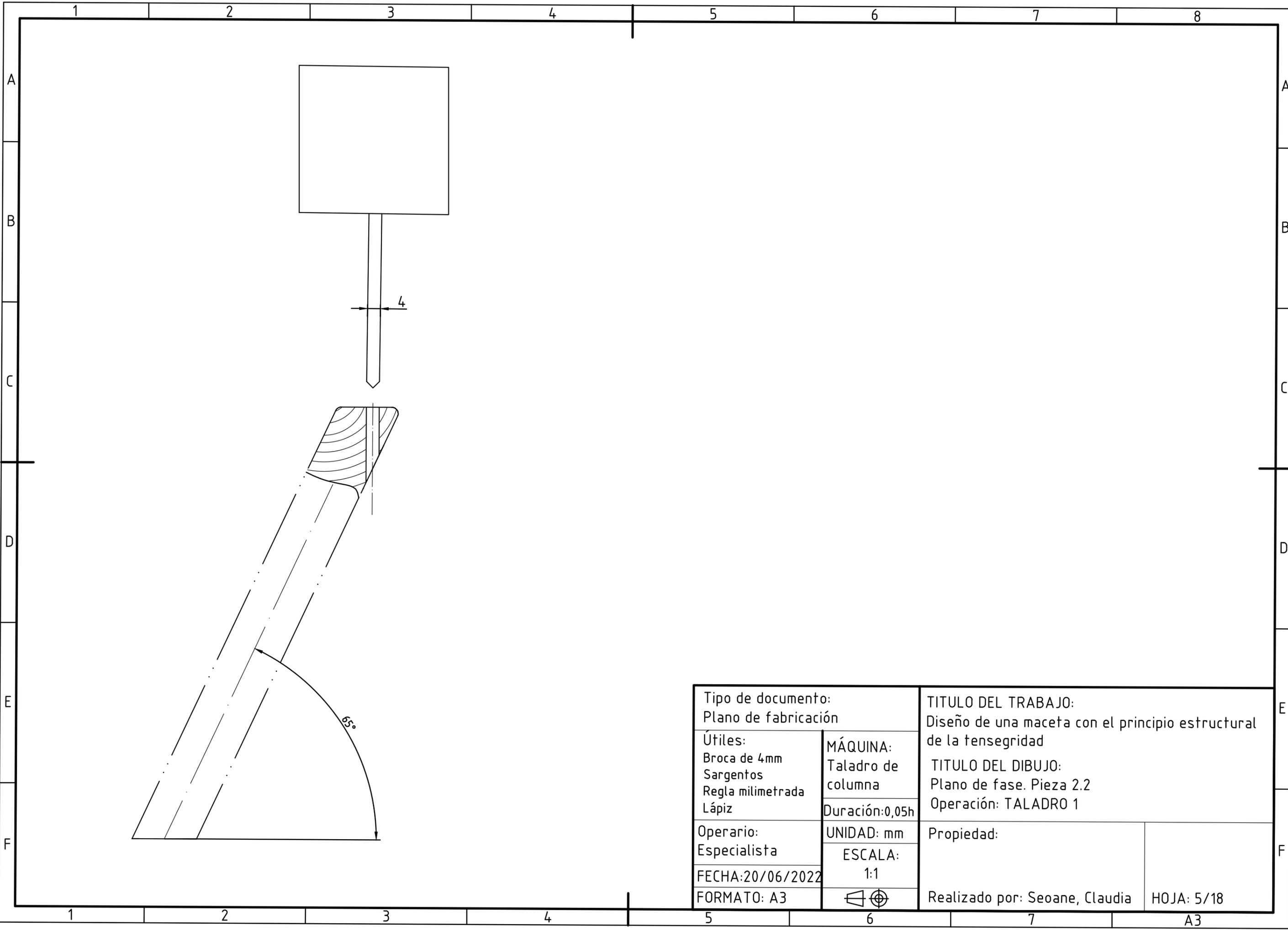
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 6mm Cuña de 25° Sargentos Lápiz y regla	MÁQUINA: Taladro de columna Duración:0,05h	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.1.1. Operación: TALADRADO	
Operario: Oficial de 3º	UNIDAD: mm ESCALA: 2:1	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022 FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 2/18



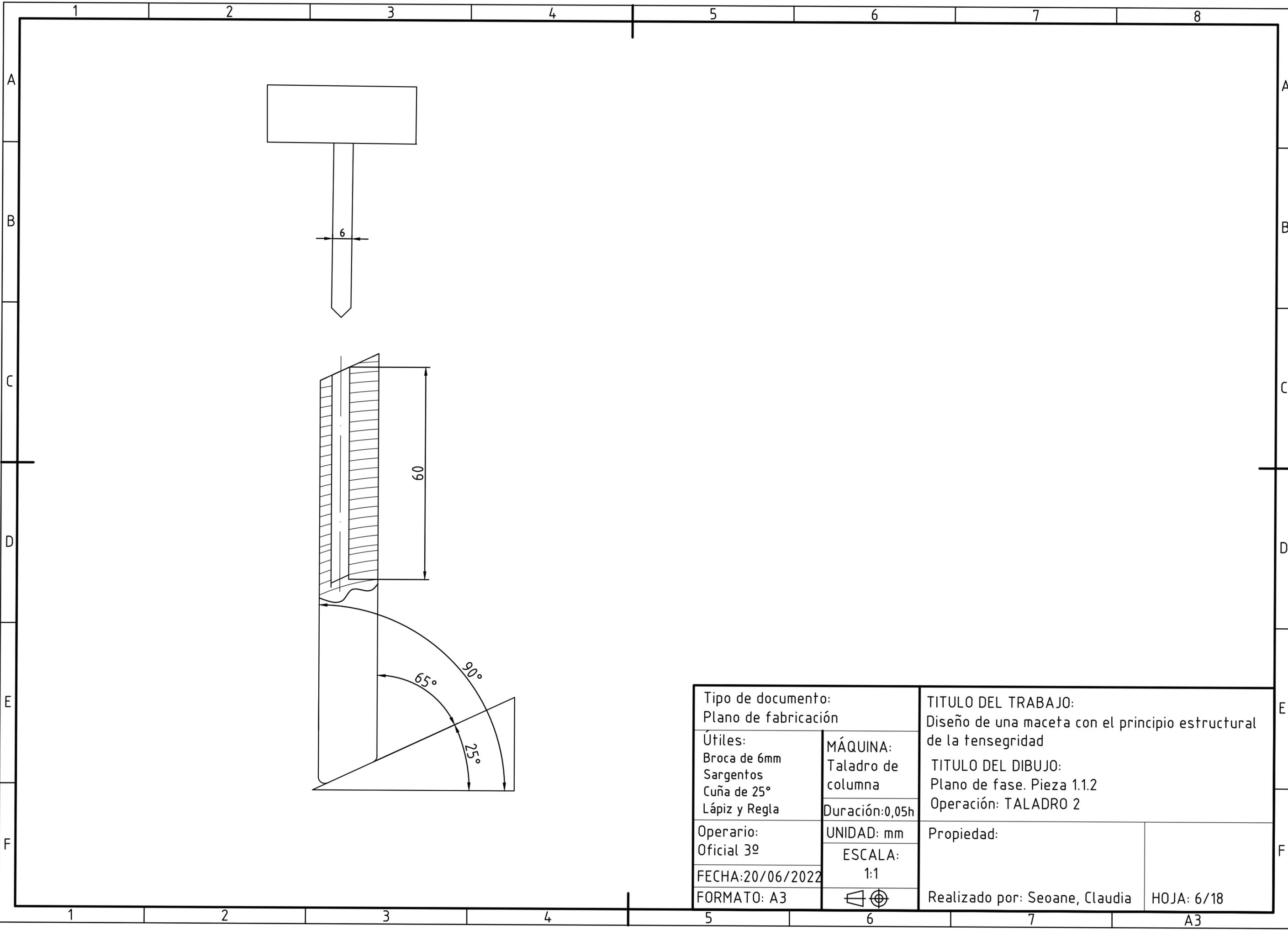
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Lijas Sargentos	HERRAMIENTA: Lijadora orbital	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.1.1.	
	Duración:0,16h	Operación: LIJAR	
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022	ESCALA: 1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 3/18



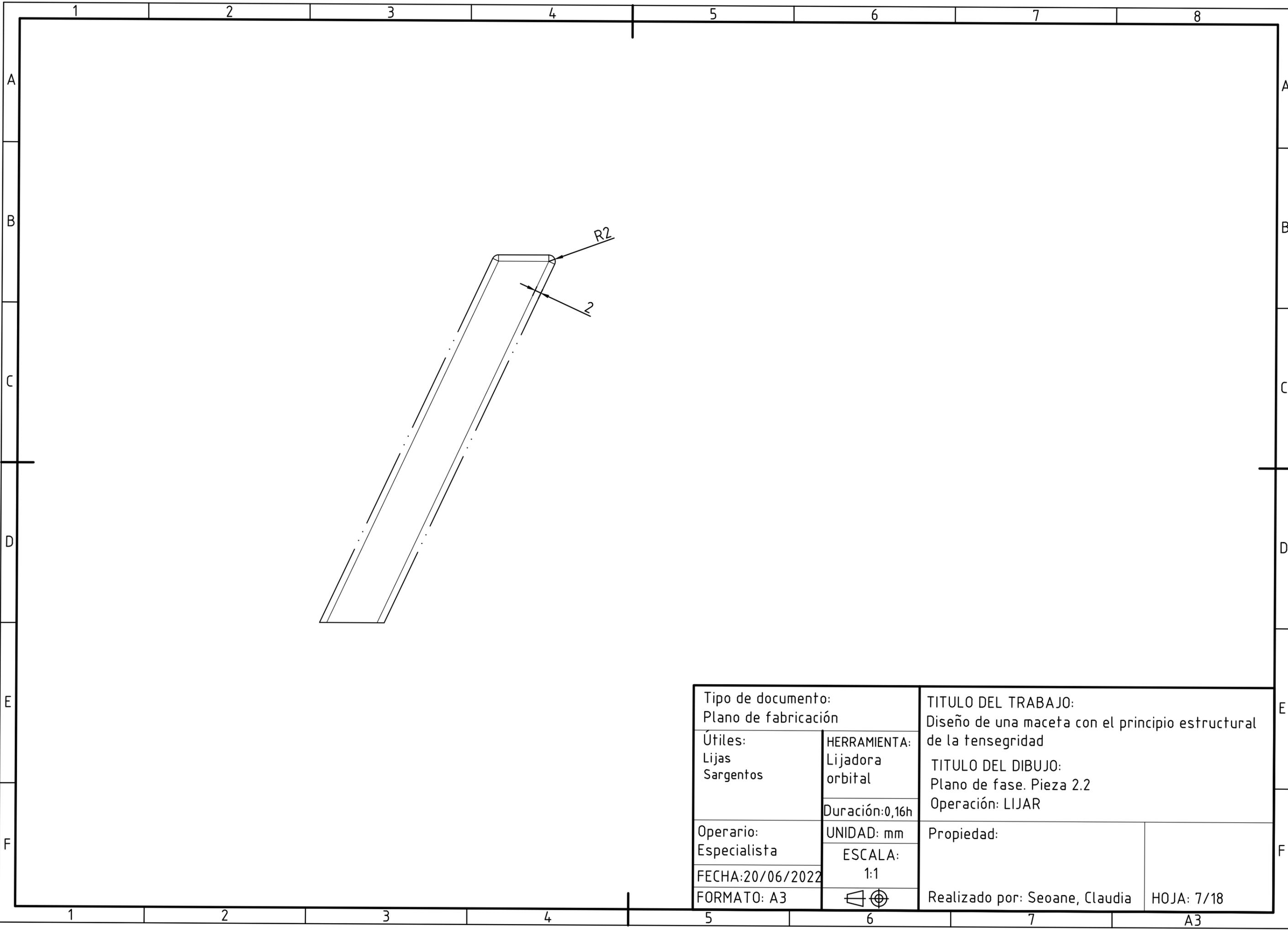
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Fresa de 7mm	MÁQUINA: Fresadora CNC	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.1.2.	
	Duración: 0,15h	Operación: CORTE	
Operario: Oficial 2º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:5		
FECHA: 20/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 4/18
FORMATO: A3		A3	



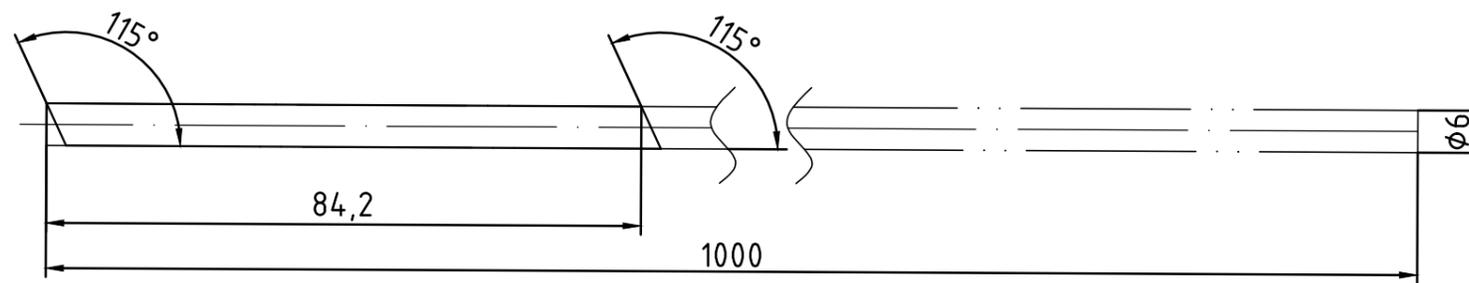
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 4mm Sargentos Regla milimetrada Lápiz	MÁQUINA: Taladro de columna	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2	
	Duración:0,05h	Operación: TALADRO 1	
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:1		
FECHA:20/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 5/18
FORMATO: A3			



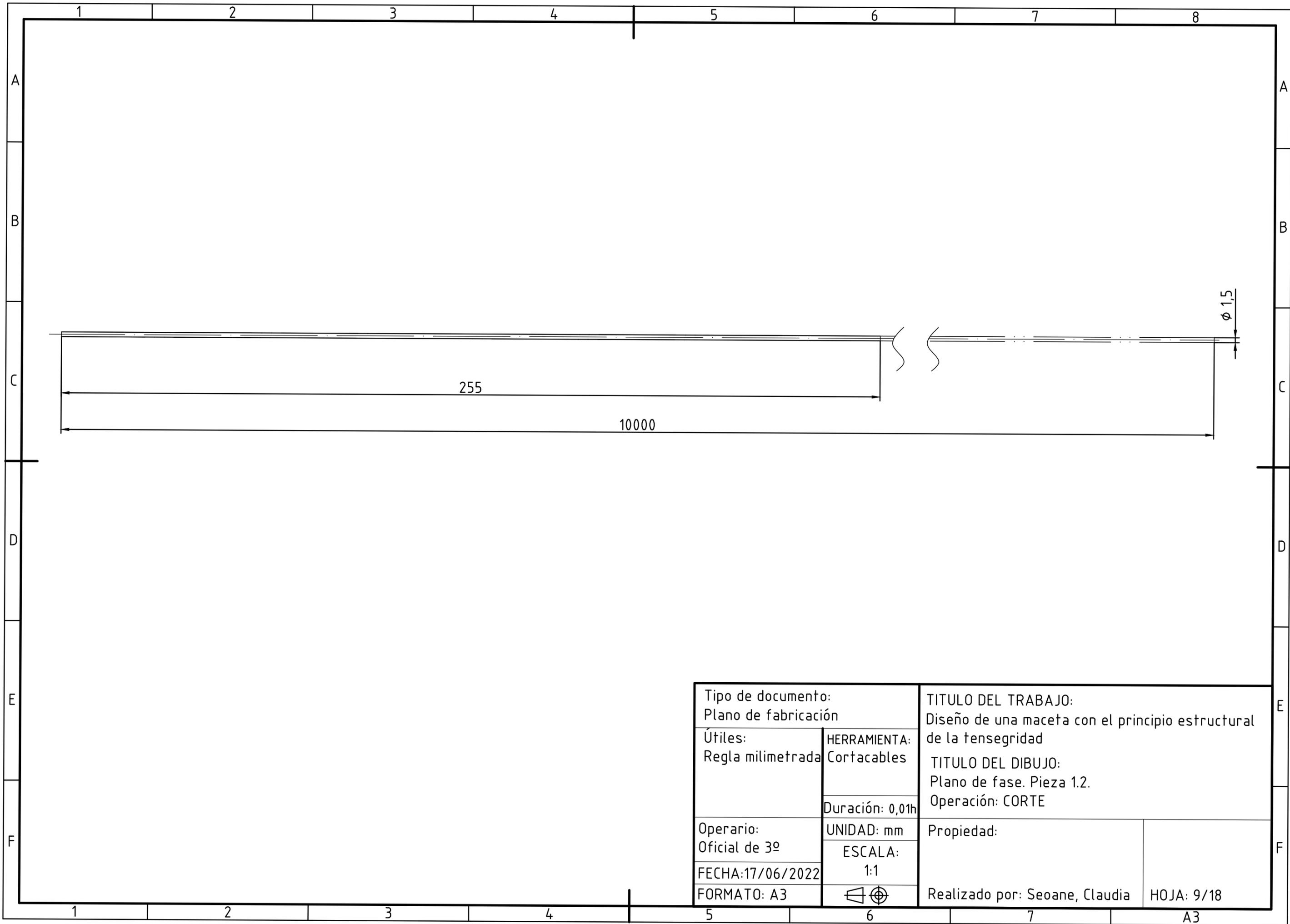
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 6mm Sargentos Cuña de 25° Lápiz y Regla	MÁQUINA: Taladro de columna	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.1.2	
	Duración:0,05h	Operación: TALADRO 2	
Operario: Oficial 3º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:20/06/2022	ESCALA: 1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 6/18

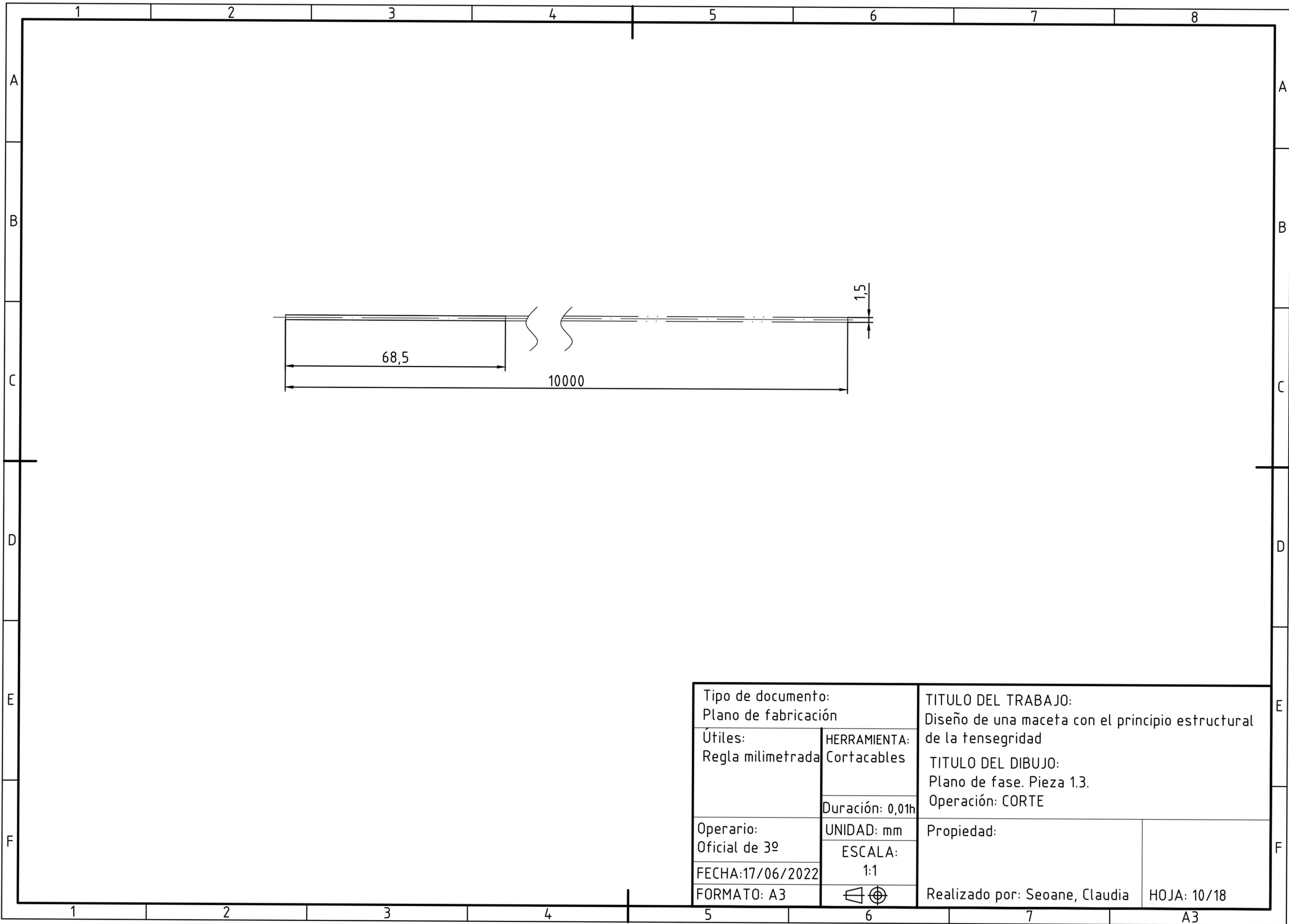


Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Lijas Sargentos	HERRAMIENTA: Lijadora orbital	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2 Operación: LIJAR	
	Duración:0,16h		
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:1		
FECHA:20/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 7/18
FORMATO: A3			

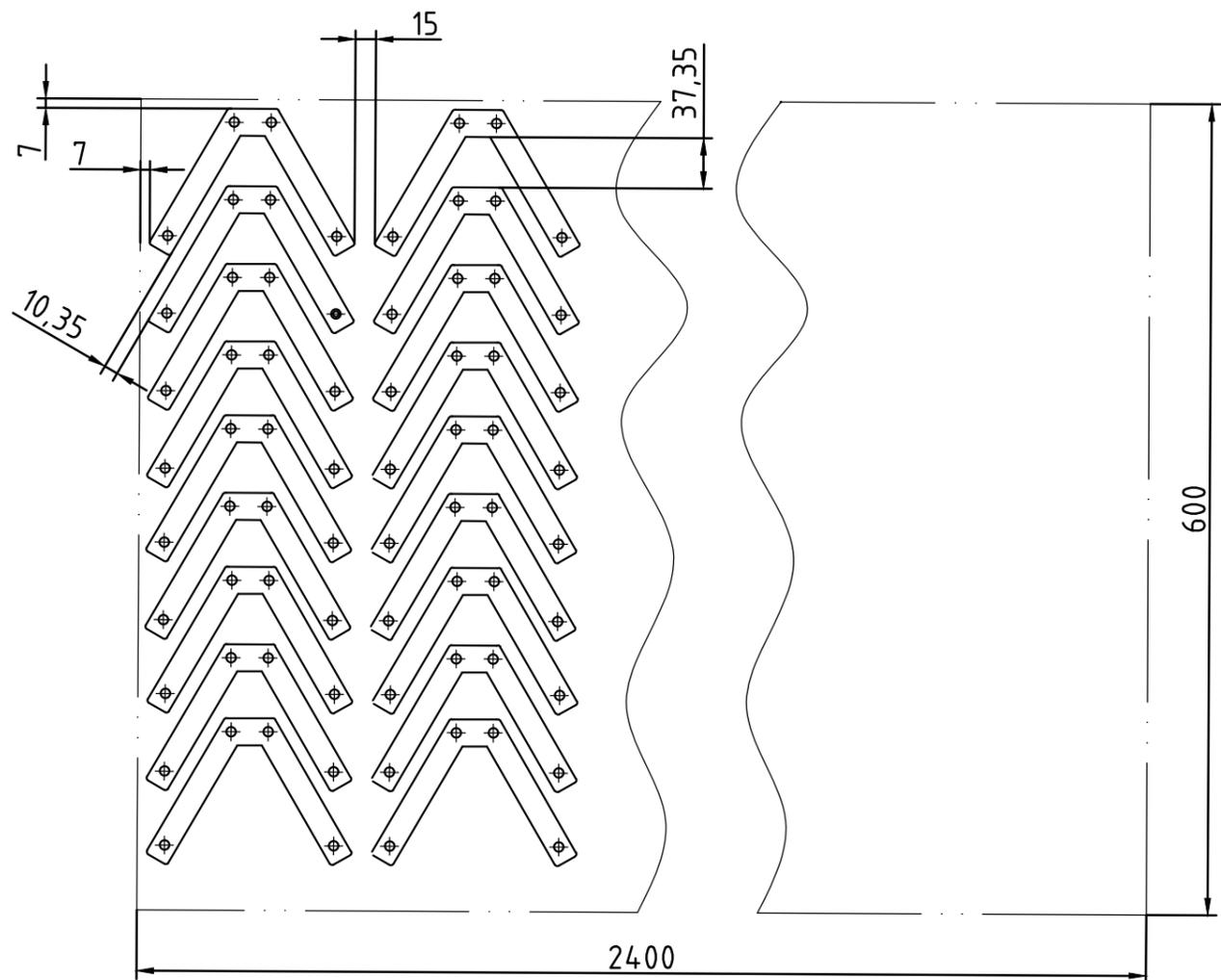


Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Pelo de sierra Lápiz Regla milimetrada	MÁQUINA: Sierra de cinta Duración: 0,01h	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.3. Operación: CORTE	
Operario: Oficial de 3º	UNIDAD: mm ESCALA: 1:1	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022	FORMATO: A3	Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 8/18





Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Regla milimetrada	HERRAMIENTA: Cortacables	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.3.	
	Duración: 0,01h	Operación: CORTE	
Operario: Oficial de 3º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:1		
FECHA:17/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 10/18
FORMATO: A3			



Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Fresa de 7mm Broca de 7mm	MÁQUINA: Fresadora CNC	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.1.	
	Duración: 0,25h	Operación: CORTE	
Operario: Oficial 2º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022	ESCALA: 1:5		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 11/18

1 2 3 4 5 6 7 8

A A

B B

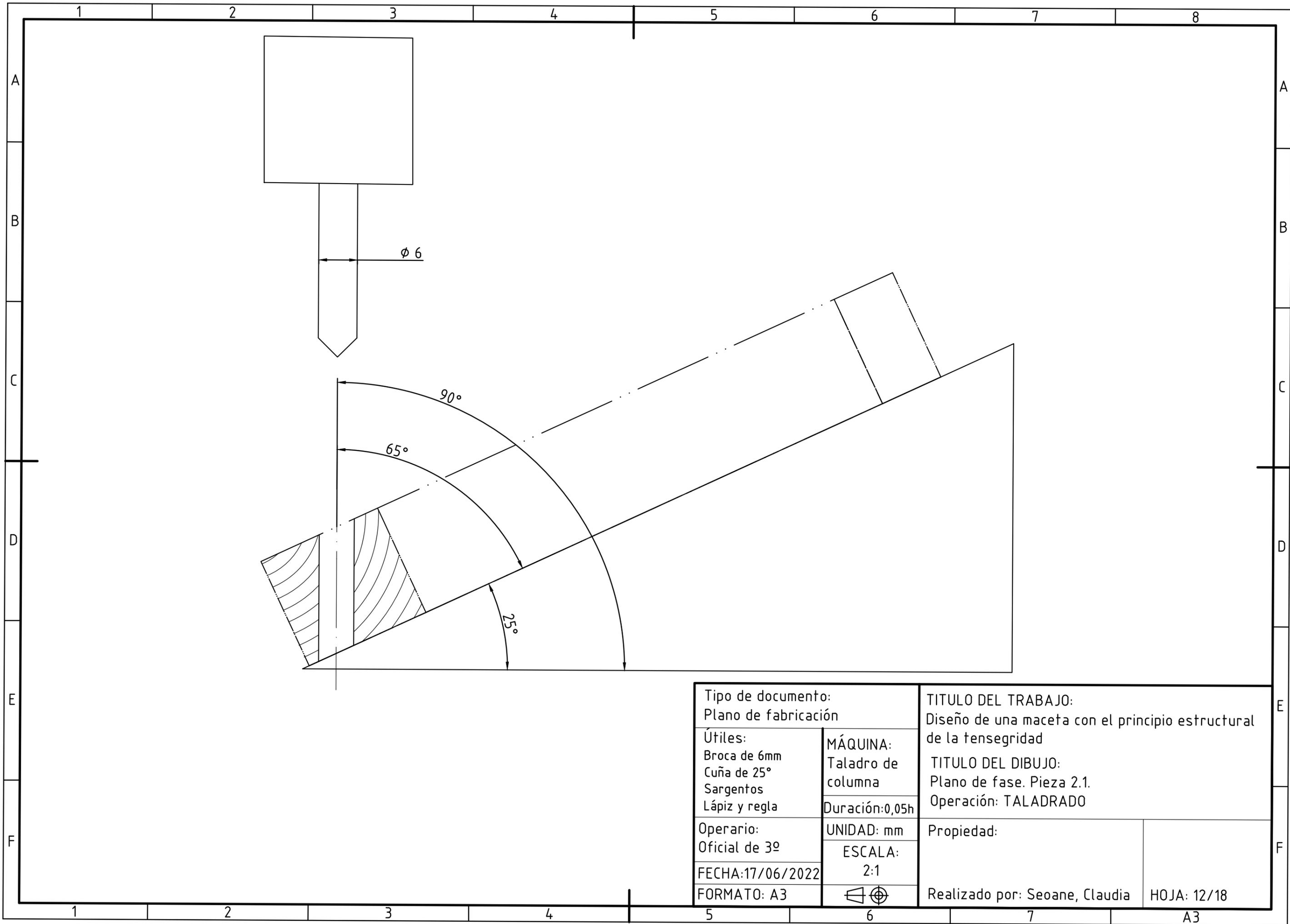
C C

D D

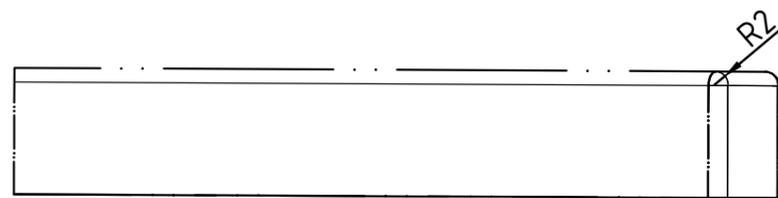
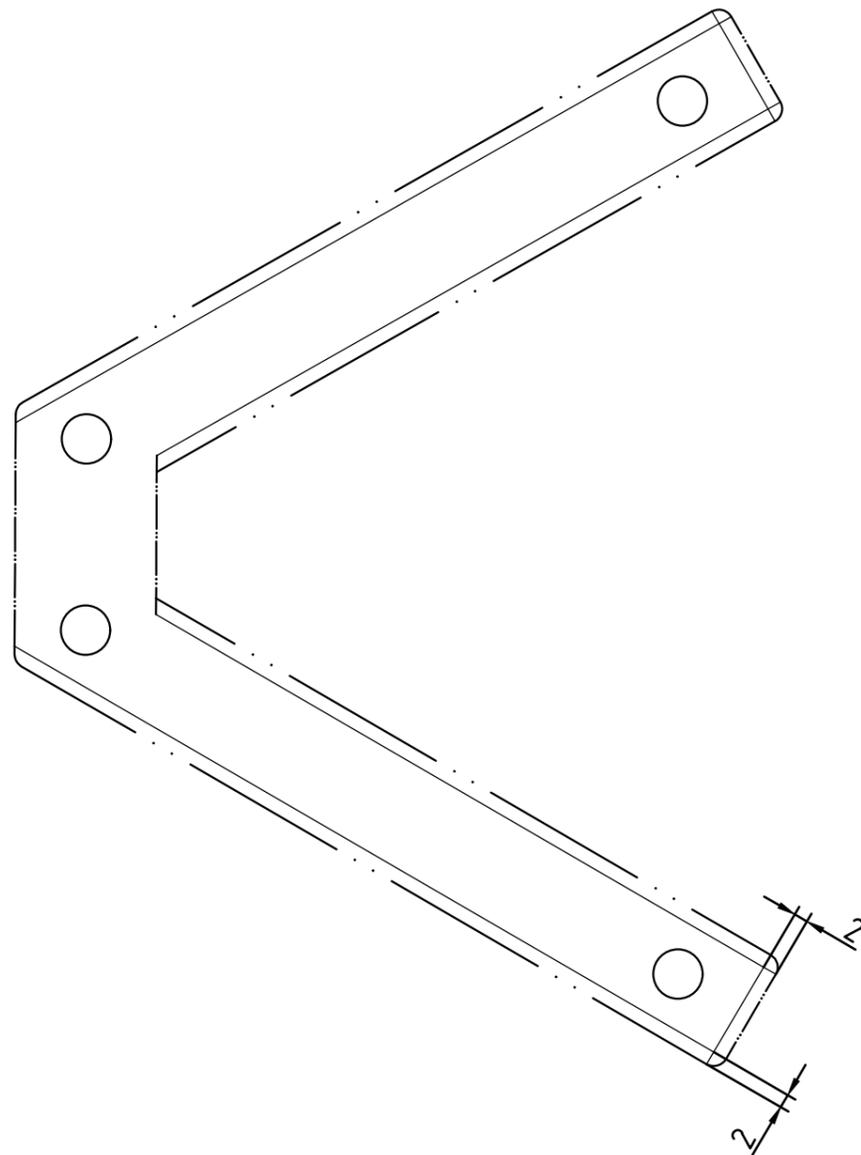
E E

F F

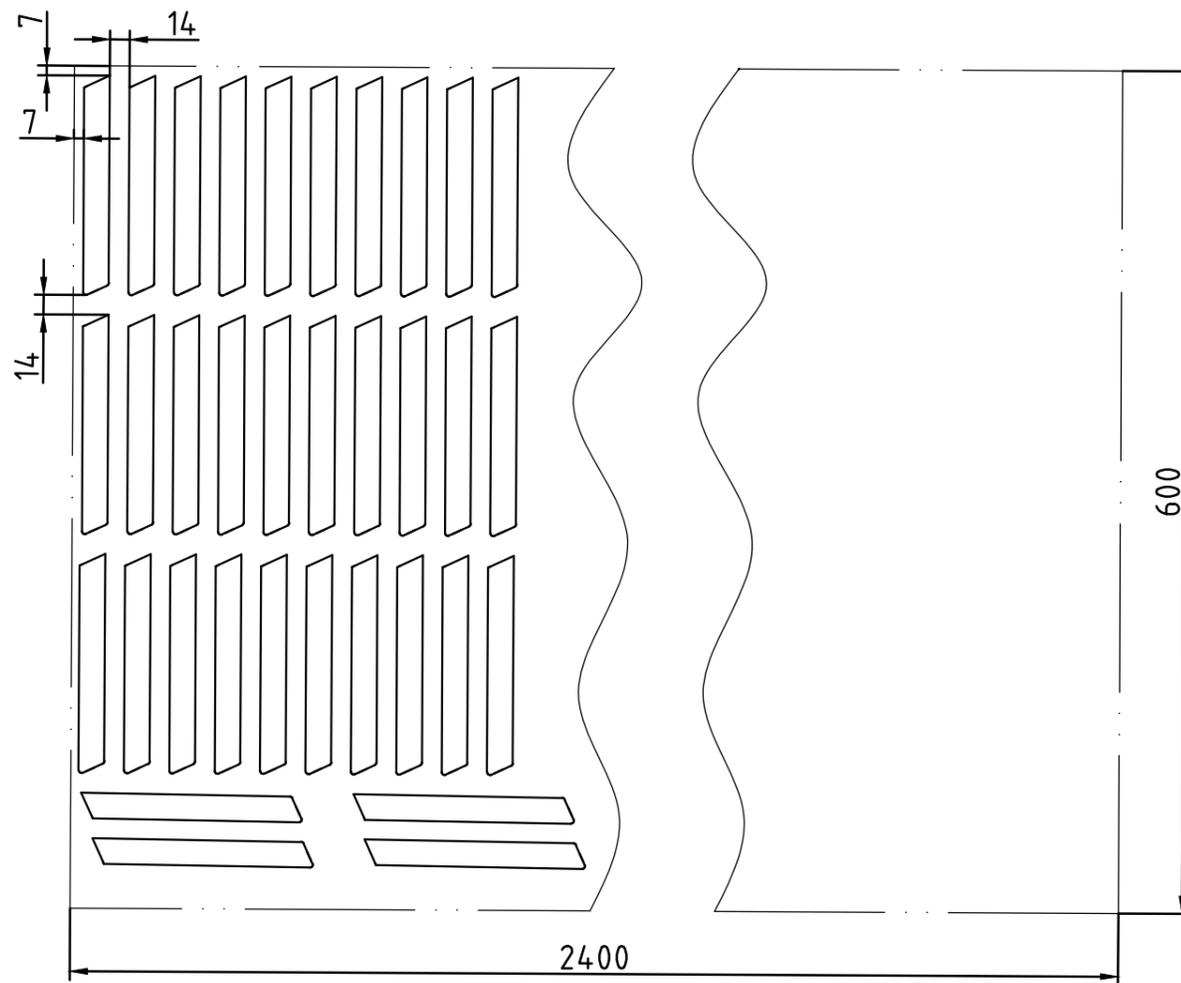
1 2 3 4 5 6 7 8 A3



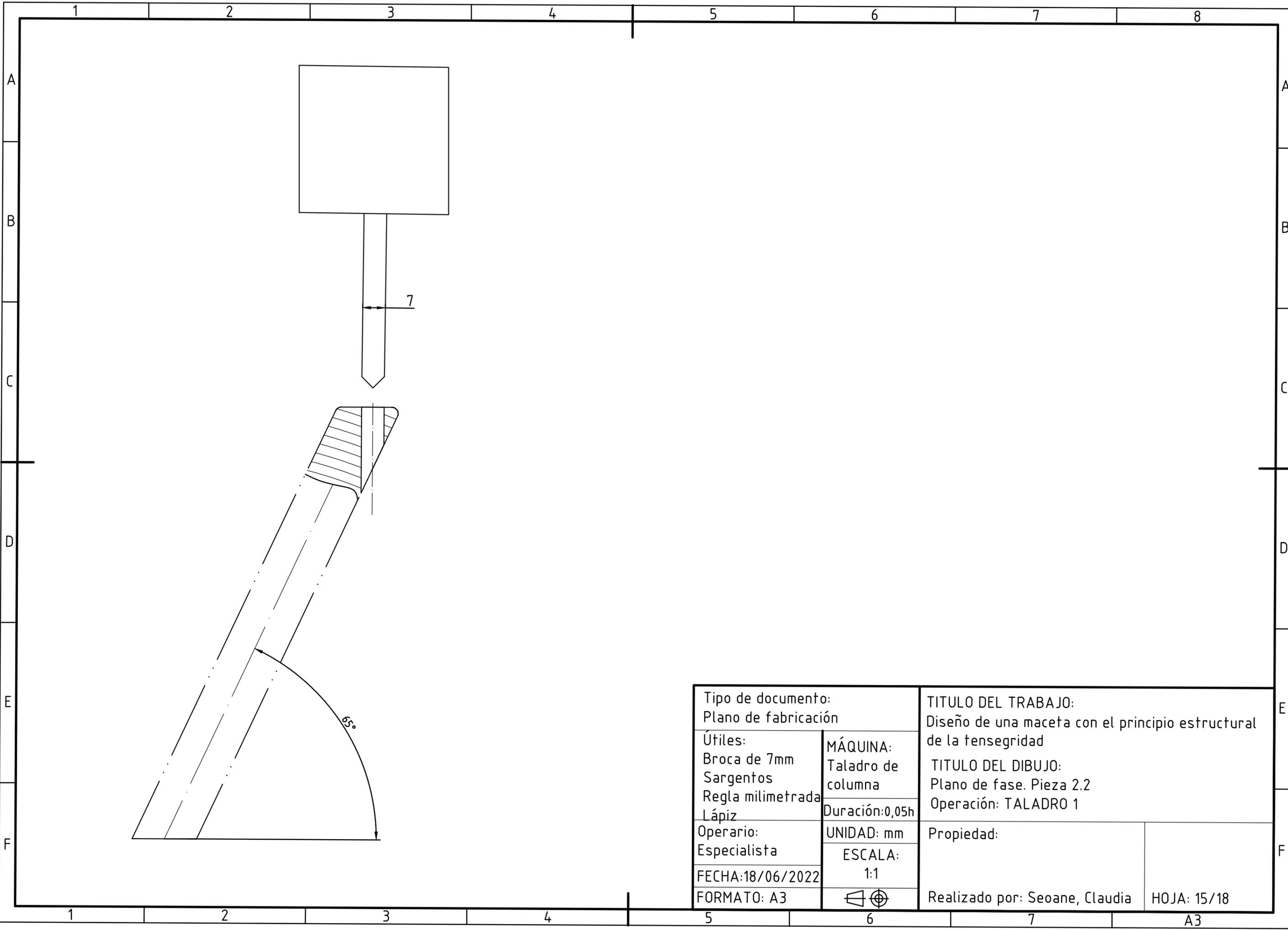
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 6mm Cuña de 25° Sargentos Lápiz y regla	MÁQUINA: Taladro de columna Duración:0,05h	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.1. Operación: TALADRADO	
Operario: Oficial de 3º	UNIDAD: mm ESCALA: 2:1	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022 FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 12/18



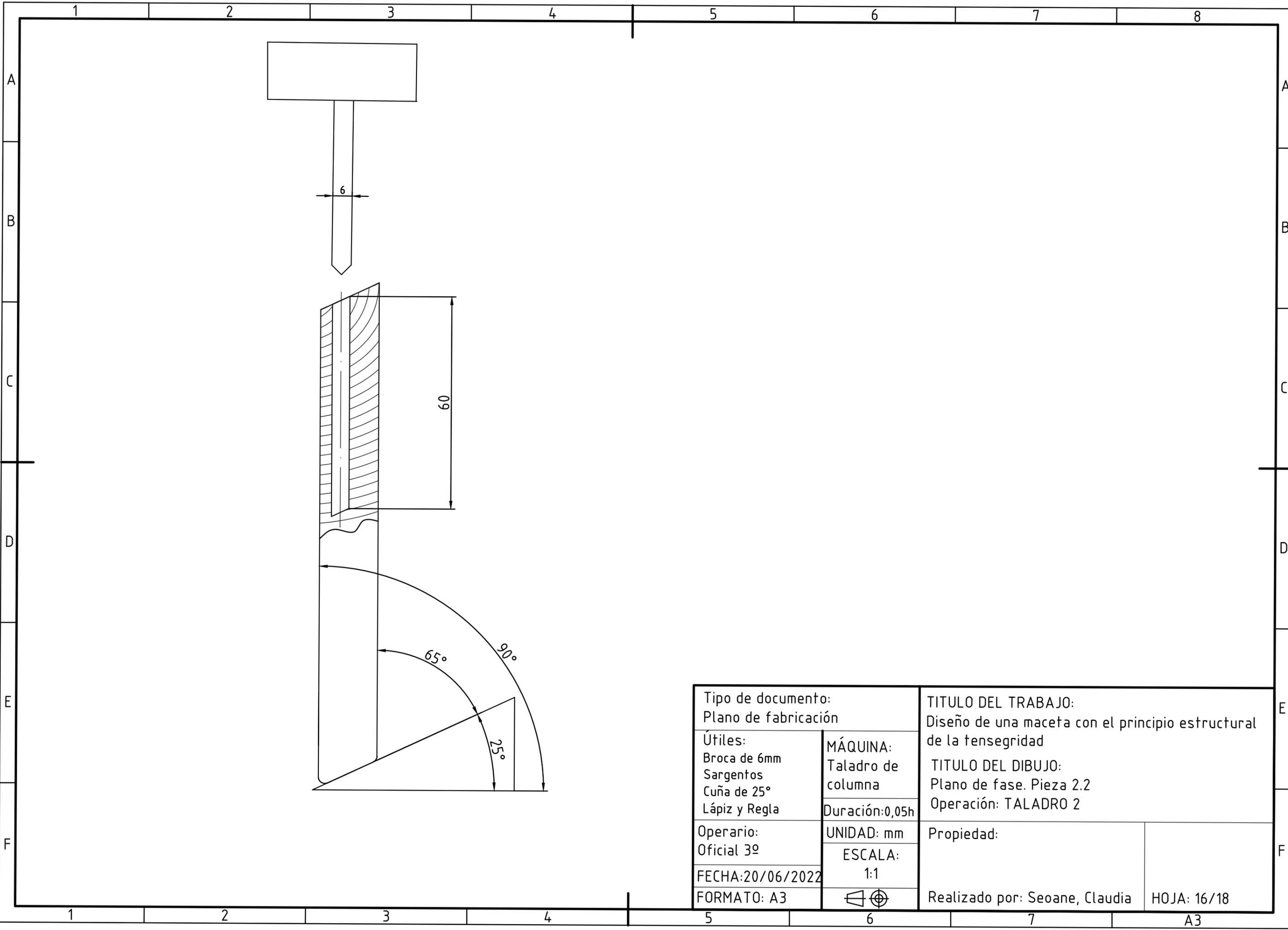
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Lijas Sargentos	HERRAMIENTA: Lijadora orbital	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.1.	
	Duración:0,16h	Operación: LIJAR	
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA:17/06/2022	ESCALA: 1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 13/18



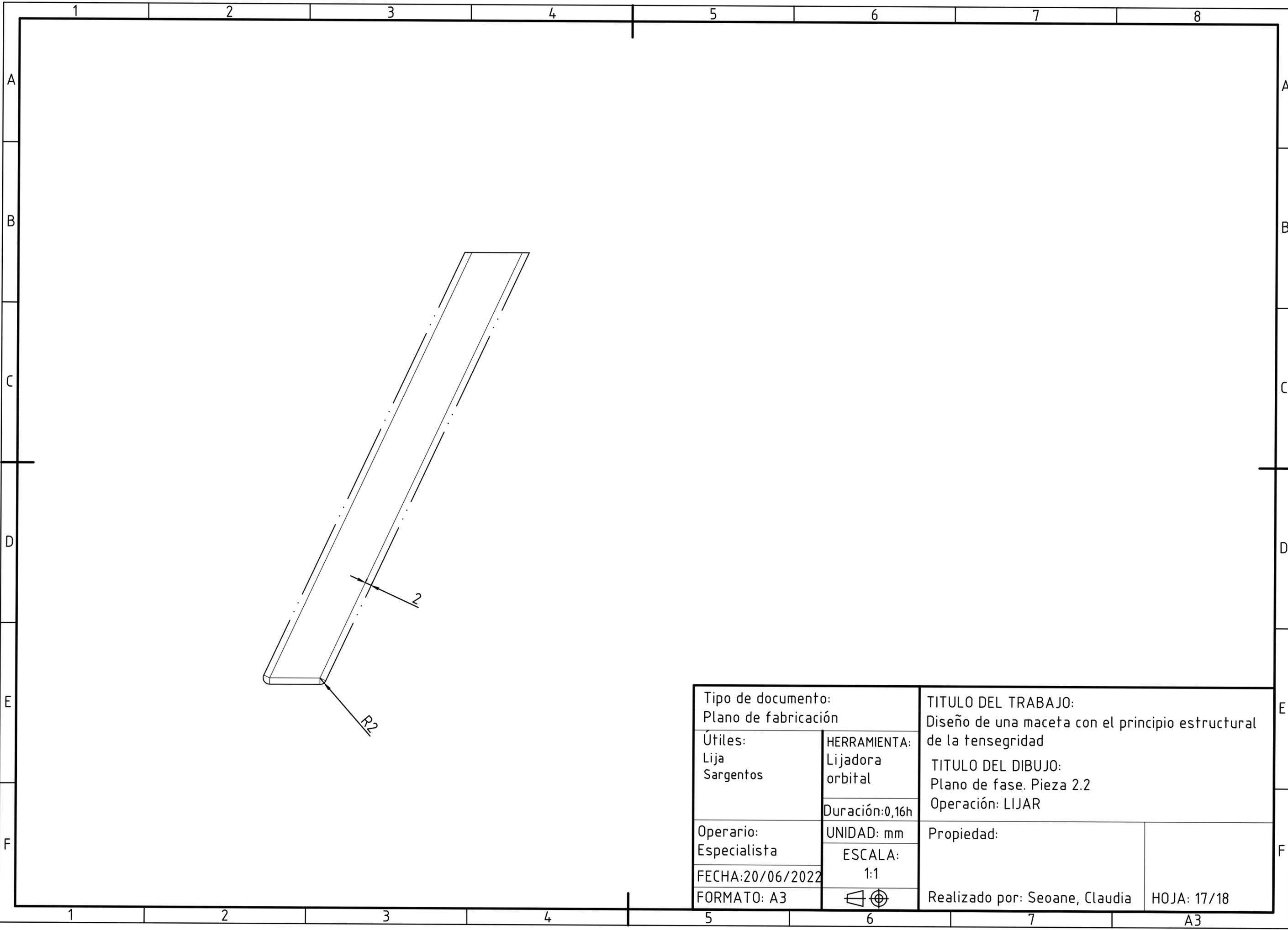
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Fresa de 7mm	MÁQUINA: Fresadora CNC	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2.	
	Duración: 0,15h	Operación: CORTE	
Operario: Oficial 2º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:5		
FECHA:18/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 14/18
FORMATO: A3			



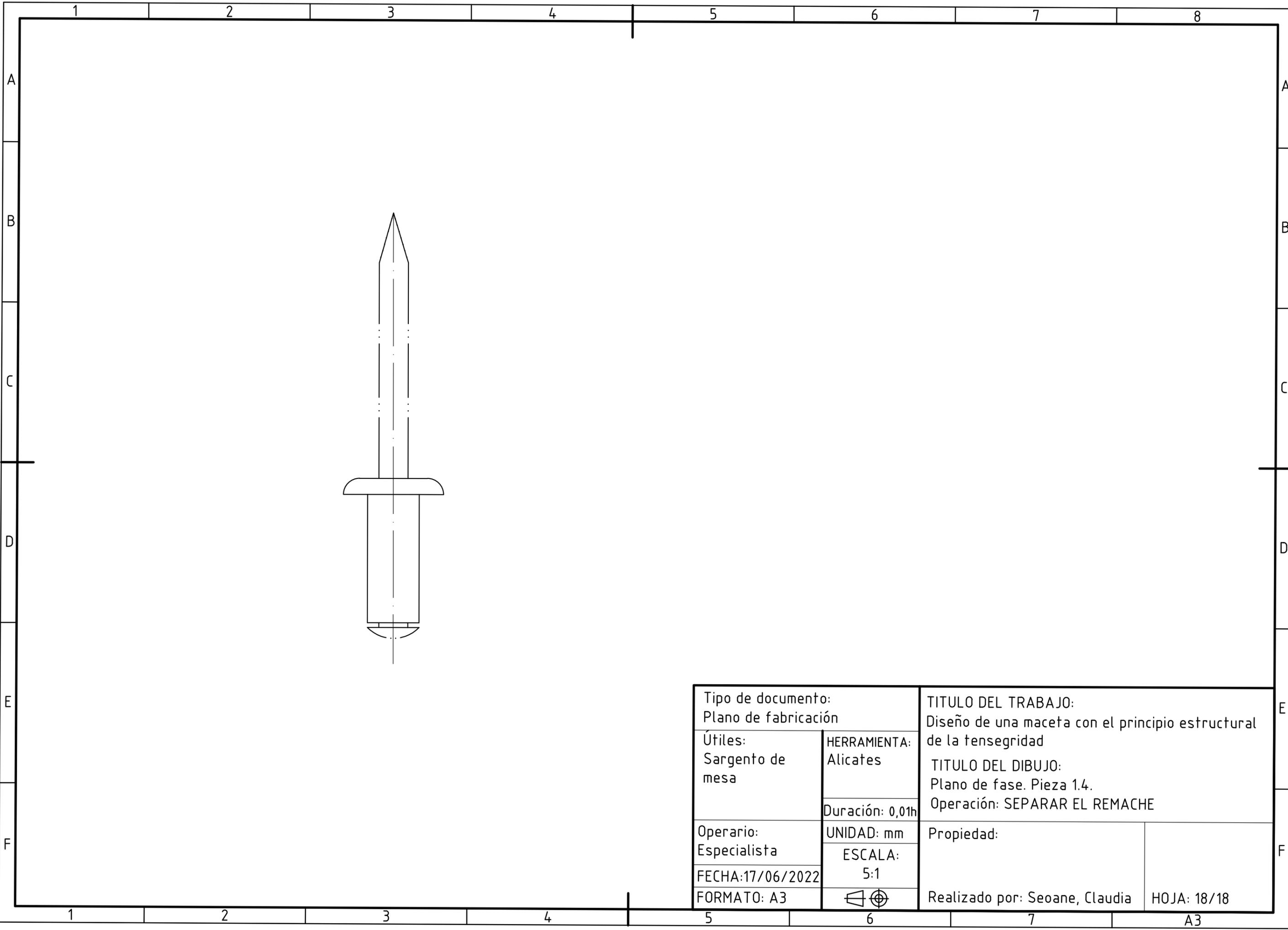
Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 7mm Sargentos Regla milimetrada Lápiz	MÁQUINA: Taladro de columna Duración:0,05h	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2 Operación: TALADRO 1	
Operario: Especialista	UNIDAD: mm ESCALA: 1:1	Propiedad:	
FECHA:18/06/2022	FORMATO: A3	Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 15/18



Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Broca de 6mm Sargentos Cuña de 25° Lápiz y Regla	MÁQUINA: Taladro de columna	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2	
	Duración: 0,05h	Operación: TALADRO 2	
Operario: Oficial 3º	UNIDAD: mm	Propiedad:	
FECHA: 20/06/2022	ESCALA: 1:1		
FORMATO: A3		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 16/18



Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Lija Sargentos	HERRAMIENTA: Lijadora orbital	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 2.2 Operación: LIJAR	
	Duración:0,16h		
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 1:1		
FECHA:20/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 17/18
FORMATO: A3			



Tipo de documento: Plano de fabricación		TITULO DEL TRABAJO: Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad	
Útiles: Sargento de mesa	HERRAMIENTA: Alicates	TITULO DEL DIBUJO: Plano de fase. Pieza 1.4.	
	Duración: 0,01h	Operación: SEPARAR EL REMACHE	
Operario: Especialista	UNIDAD: mm	Propiedad:	
	ESCALA: 5:1		
FECHA:17/06/2022		Realizado por: Seoane, Claudia	HOJA: 18/18
FORMATO: A3			

## 4. PROTOTIPOS, MAQUETAS Y MODELOS.

### 4.1. Prototipos.

#### 4.1.1. Prototipo 1.

Se ha diseñado un modelo en SolidWorks de la forma final de la estructura que se pretende utilizar. Para agilizar el proceso de impresión 3D se escaló el modelo a 1:2. La idea de este prototipo es utilizar nudos corredizos que permitan ajustar la tensión de la estructura a la vez que la longitud de los cables.

Tras montar las cuerdas se observa lo siguiente:

- Se tiene que realizar un avellanado en la parte inferior de la base para permitir que los nudos o el supuesto enganche final se aloje ahí permitiendo que la base tenga un contacto total con la mesa.
- Se tiene que realizar un rediseño incluyendo redondeos en las partes críticas de la pieza para permitir una mayor adhesión de las capas de impresión, ya que en primera instancia el prototipo partió.
- Se tiene que rediseñar la localización de los agujeros en las barras horizontales, puesto que después de montar el prototipo se observa que es estable a esfuerzos laterales, pero vuelca hacia adelante y hacia atrás. Se ha concluido que la forma más óptima es distanciar los agujeros lo máximo posible haciendo que la base que forman sea más amplia; ya que en un principio se observa que la forma que hacen las cuatro cuerdas verticales laterales es un rectángulo cuyos lados cortos son muy pequeños en comparación a sus lados largos, lo que como ya se ha explicado hace que la figura vuelque en las direcciones perpendiculares a los lados largos; al ampliar la distancia de los agujeros se pretende unificar más la medida de los lados del rectángulo, asemejándose más a un trapecio, lo cual permita repartir mejor las tensiones y evite que la estructura vuelque.



Fig. 72: Prototipo 1. Imagen 1.



Fig. 73: Prototipo 1. Imagen 2.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad



Fig. 74: Prototipo 1. Imagen 3.



Fig. 75: Prototipo 1. Imagen 4.



Fig. 76: Prototipo 1. Imagen 5.



Fig. 77: Prototipo 1. Imagen 6.

#### 4.1.2. Prototipo 2.

En esta ocasión, se decidió imprimir a escala 1:1 tal cual se diseñó en CAD. Las condiciones de impresión son con un relleno de 20% y la orientación de impresión es vertical, tal cual está montada en la vida real.

Para montar las cuerdas se ha optado por cambiar los nudos corredizos por nudos normales y se han anclado a unos palillos para girar las cuerdas y así tensarlas gradualmente según sea necesario.

Mejoras:

- Es más fácil tensar las cuerdas en relación con las demás
- Es más sencillo nivelar la parte superior

Inconvenientes:

- La longitud de los palillos es demasiada e impide girar con facilidad
- Al pegar el nudo a la pieza para dejar fija la longitud el pegamento se traspasa a los palillos y son difíciles de quitar

El modelo aguanta bien por sí solo, se ha decidido pintar para probar un acabado diferente. Para ello se ha lijado la superficie de la pieza con una lija de 120 de gramaje para eliminar imperfecciones de la impresión 3D.

La pintura escogida es un esmalte sintético para madera y metal. Tras dos capas de pintura el resultado es aceptable, aunque debido a las condiciones del pincel utilizado y a la postura de secado de la pieza se observan gotas en algunas superficies.

Tras montar el modelo se ha procedido a la maquetación en cartón de la maceta, la cual va a tener un reborde superior donde encajará con la pieza. Esto permitirá que sea desmontable, ayudando al usuario a la tarea de trasplantar y regar la planta.

El prototipado de la maceta se lleva a cabo realizando un desplegable en cartón, el cual se ha calculado para que quede un espacio entre la parte superior de la pieza de la base de la estructura y la base de la maceta, ofreciendo una ilusión visual de que flota.

Para el cálculo se ha utilizado trigonometría básica y para el montaje se ha utilizado cinta de carroceros y cola.

Tras montar la maceta junto con la estructura se procede a poner peso.

El modelo falla y rompe por la parte de unión entre la base y el elemento inclinado.

Conclusiones:

- La estructura falla por exceso de peso.
- La estructura falla por el sitio más débil, el cual es el que soporta la mayor tensión.
- Debido al tipo de relleno y a la cantidad la estructura es frágil.
- Debido a la orientación para imprimir es normal que falle ya que la fuerza se está haciendo en la dirección de la orientación de las capas y es normal que se despeguen

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Solución:

- Cambiar el diseño para eliminar la zona débil.
- Cambiar el porcentaje y la forma del relleno.
- Cambiar la orientación al imprimir.



Fig. 78: Prototipo 2. Imagen 1.



Fig. 79: Prototipo 2. Imagen 2.



Fig. 80: Prototipo 2. Imagen 3.



Fig. 81: Prototipo 2. Imagen 4.

### 4.1.3. Prototipo 3.

Este prototipo ha sufrido un cambio de diseño con respecto al inicial:

- En vez de ser todo una pieza maciza se ha dividido entre la base y el tirante; eso se ha hecho para evitar la zona débil donde rompieron los demás elementos.
- Se ha aumentado el ancho de esa zona de 15mm a 20mm para tener una mayor superficie de apoyo y que se repartan más las cargas.
- La forma de unión entre la base y el tirante se ha realizado mediante un elemento cilíndrico externo el cual atraviesa ambas partes
- Se han diseñado unos cuadrados de plástico los cuales simularán como una tuerca para ayudar a tensar las cuerdas de forma más sencilla.
- En la parte superior se han diseñado unas rendijas conectadas a unas cajetillas para alojar los cuadrados y que quede toda la cara a nivel.

Se han variado los parámetros de impresión aumentando el infill de un 20% a un 50% y se ha variado la forma del relleno de cubica a hexagonal.

Al estar las partes separadas ha permitido colocar las piezas para imprimir de tal manera que la dirección de la capa sea perpendicular a la dirección de la fuerza, para evitar que se despeguen.

Al rediseñar el tamaño de la base, se ha tenido que modificar también el prototipo a cartón de la maceta.

Se ha cambiado la cuerda por un cordón de cáñamo.

Ventajas de este diseño:

- Más sencillo de montar y tensar
- Es desmontable (ya que anteriormente había que pegar los nudos y aquí se sostienen con la propia tensión)

Se ha procedido a pruebas de peso, esta vez más graduales. Pesando una maceta existente con un cactus, de un tamaño similar al que se está simulando con la de cartón, se obtiene que la estructura tiene que aguantar como mínimo 270 gramos.

Cada vez que se aumenta el peso hay que rectificar la tensión de los cables ya que o se tuerce o falla. Se opta por una solución provisional que ayuda a tensar colocando en la parte inferior del nudo central un elemento de cartón que funcione de manera similar a los cuadraditos superiores, permitiéndonos girar la cuerda central para tensar todo el elemento a la vez.

Se concluye el ensayo cuando se llega a un peso de 317 gramos y la estructura no falla, aunque si mantiene un pequeño balanceo lateral.

Conclusiones:

- El diseño aguanta con este rediseño
- Habría que diseñar de forma no provisional la forma de tensar la cuerda central
- Puede ser que el balanceo se vea propiciado por los elementos salientes de la carga

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad



Fig. 82: Prototipo 3. Imagen 1.



Fig. 83: Prototipo 3. Imagen 2.



Fig. 84: Prototipo 3. Imagen 3.



Fig. 85: Prototipo 3. Imagen 4.



Fig. 86: Prototipo 3. Imagen 5.

#### 4.1.4. Prototipo de maceta en prepreg.

Dado los recursos que la universidad pone a disposición del estudiante, se propuso hacer un prototipo de la maceta en prepreg, un material compuesto de fibra de carbono y resina. Para llevar a cabo este prototipo se realizó un molde con impresión 3D en PLA para así poder acoplar fácilmente las láminas de prepreg y conseguir la forma deseada.

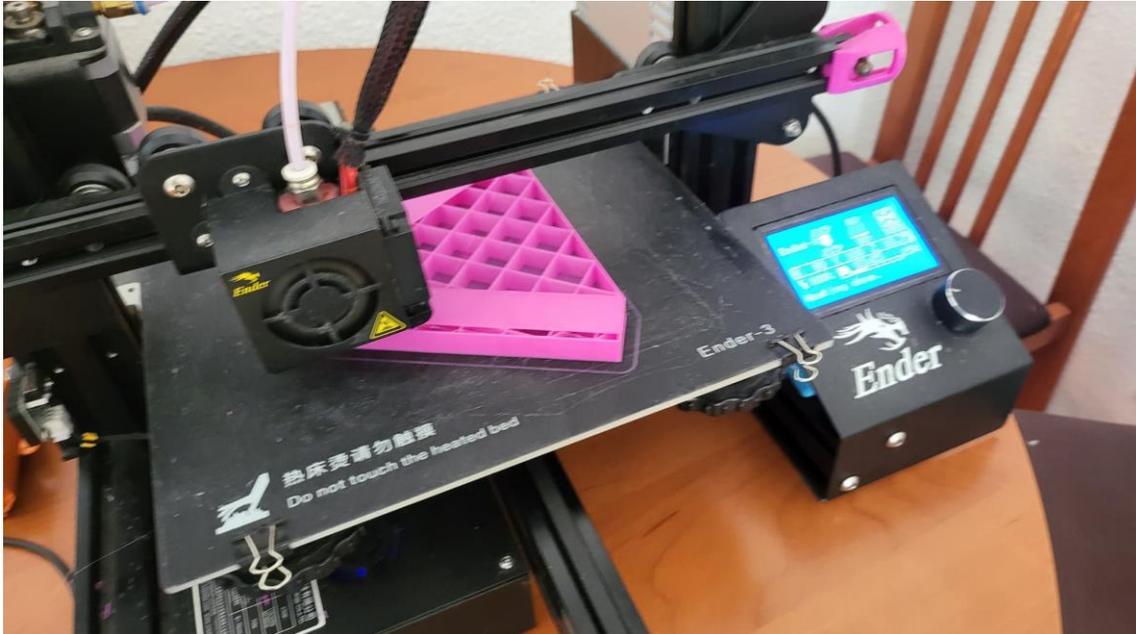


Fig. 87: Prototipo maceta. Imagen 1.



Fig. 88: Prototipo maceta. Imagen 2.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad



*Fig. 89: Prototipo maceta. Imagen 3.*



*Fig. 90: Prototipo maceta. Imagen 4.*



*Fig. 91: Prototipo maceta. Imagen 5.*



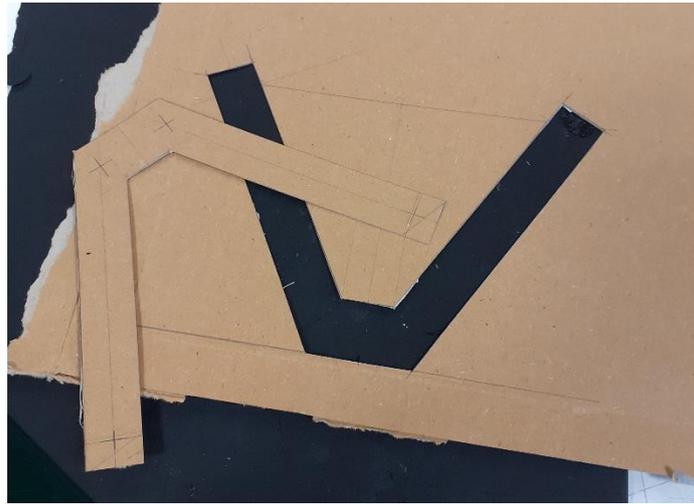
*Fig. 92: Prototipo maceta. Imagen 6.*

Desgraciadamente, el resultado no fue el esperado y hubo complicaciones en el proceso de curado. Es por esto por lo que se ha decidido no incluir esta maceta en la maqueta final.

## 4.2. Maqueta.

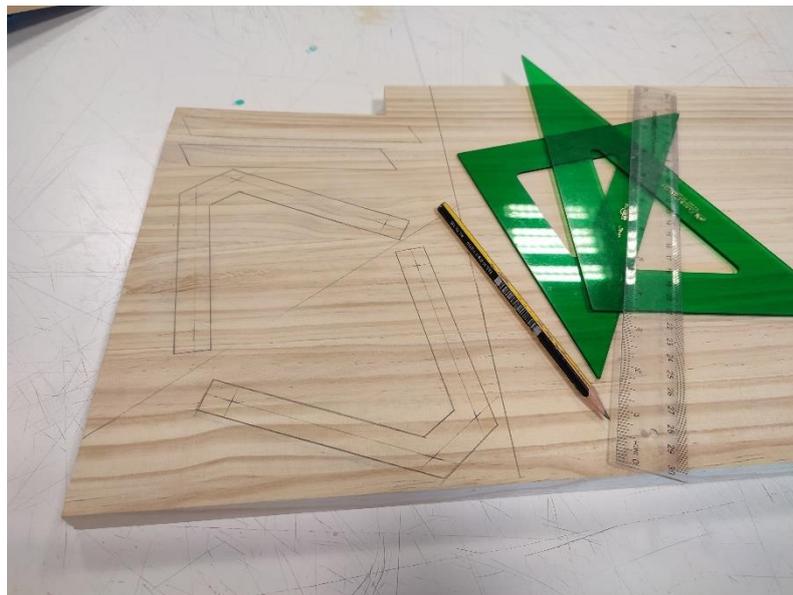
Se ha realizado una maqueta final del producto donde se han puesto a prueba varios de los materiales y acabados finales que tendrá la maceta final. Esta maqueta se ha realizado en el taller del Campus de Alcoy.

Debido a que el taller no consta de una Fresadora de CNC para madera, las piezas se han cortado con una sierra de cinta. Para ello, en primer lugar, se realizaron unas plantillas de las cuatro piezas, Figura 93.



*Fig. 93: Fabricación de la maqueta. Imagen 1.*

Seguidamente, con ayuda de un lápiz se trasladaron al tablero de madera del que se fabricaron, Figura 94. Debido a las dimensiones del tablero, se tuvo que cortar un trozo con una caladora para poder cortar las piezas en la sierra de cinta. Para ello, se sujetó el tablero con ayuda de dos sargentos a una mesa, Figura 95.



*Fig. 94: Fabricación de la maqueta. Imagen 2.*

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad



*Fig. 95: Fabricación de la maqueta. Imagen 3.*

A continuación, se procedió a cortar las diferentes piezas, Figura 96 y Figura 97. Además, se aprovechó también para cortar las varillas.



*Fig. 96: Fabricación de la maqueta. Imagen 4.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad



*Fig. 97: Fabricación de la maqueta. Imagen 5.*

Una vez las piezas se cortaron, con ayuda de una lija, Figura 98, se perfeccionaron las caras externas, ya que debido a la poca experiencia de taller las dimensiones de las piezas tras el corte eran inexactas.



*Fig. 98: Fabricación de la maqueta. Imagen 6.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Tras lijar todas las piezas se procedió a realizar los diferentes taladros necesarios. Tal y como se muestra en la Figura 99 y en la Figura 100, fue necesario sujetar las piezas con sargentos para asegurar un taladrado correcto.



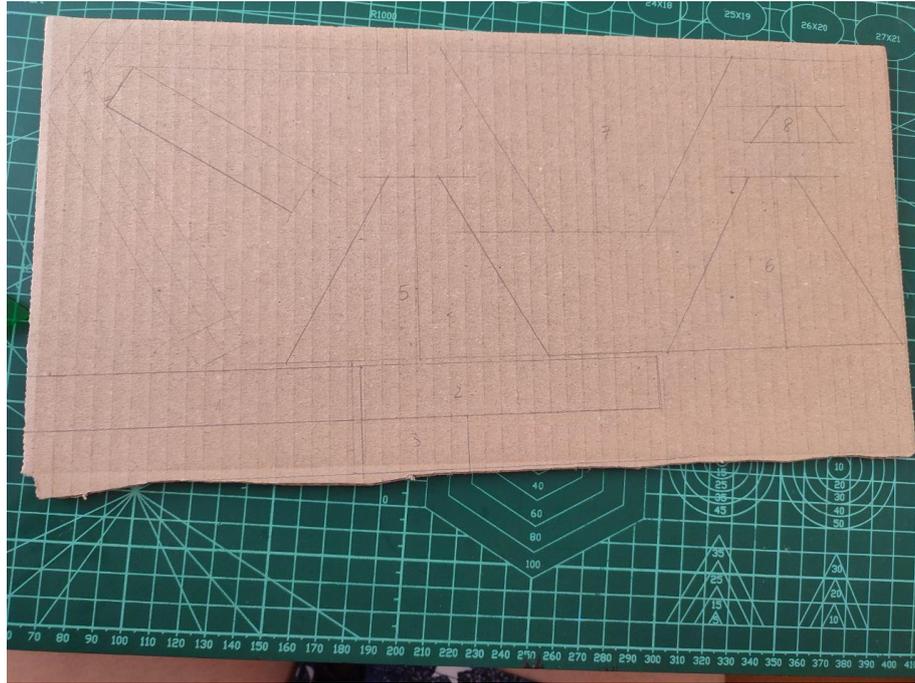
*Fig. 99: Fabricación de la maqueta. Imagen 7.*



*Fig. 100: Fabricación de la maqueta. Imagen 8.*

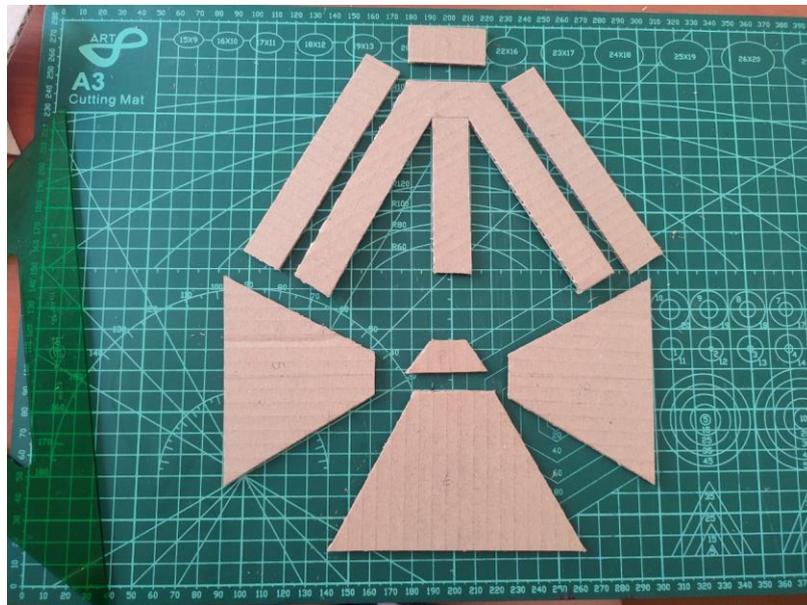
## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Para la realización de la maceta se escogió el cartón. Lo primero fue dibujar todas las piezas necesarias en una lámina de cartón y recortarlas tal y como muestra la Figura 101.



*Fig. 101: Fabricación de la maceta. Imagen 1.*

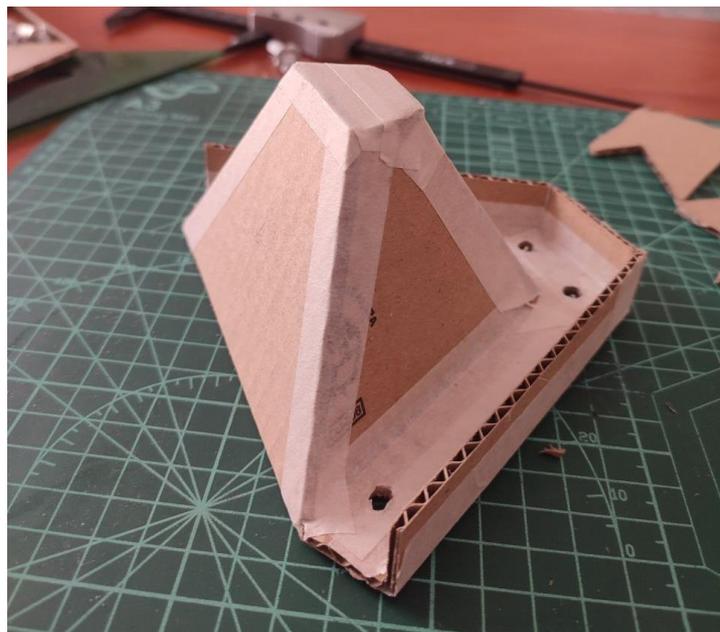
Seguidamente se recortaron las diferentes piezas, tal y como muestra la Figura 102. Con ayuda de cinta carrocero se fueron montando una a una tal y como muestran la Figura 103 y la Figura 104.



*Fig. 102: Fabricación de la maceta. Imagen 2.*



*Fig. 103: Fabricación de la maceta. Imagen 3.*



*Fig. 104: Fabricación de la maceta. Imagen 4.*

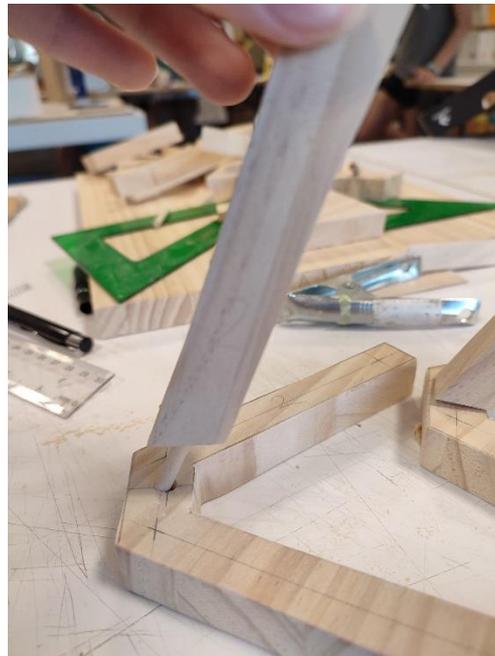
## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Una vez estuvieron todas las piezas terminadas se procedió con el montaje. En primer lugar, se cortaron los 5 cables necesarios y se separaron los 10 remaches, tal y como se muestra en la Figura 105.



*Fig. 105: Montaje de la maqueta. Imagen 1.*

El segundo paso fue montar los dos subconjuntos, Figura 106. Con ayuda de cola blanca se unieron las piezas, ejerciendo presión hasta que secaron completamente.



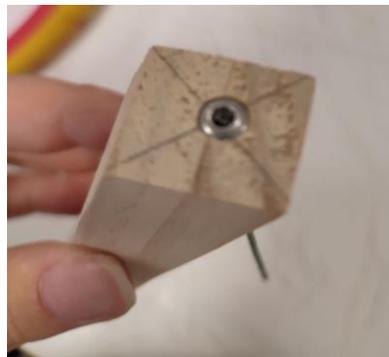
*Fig. 106: Montaje de la maqueta. Imagen 2.*

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Una vez seco, se procedió a preparar los cables. Con ayuda de unos alicates se fijaron a la parte superior de los cables un remache, Figura 107. Seguidamente, se colocó cada cable donde correspondía, Figura 108, para fijar con otro remache el extremo libre de cada uno.

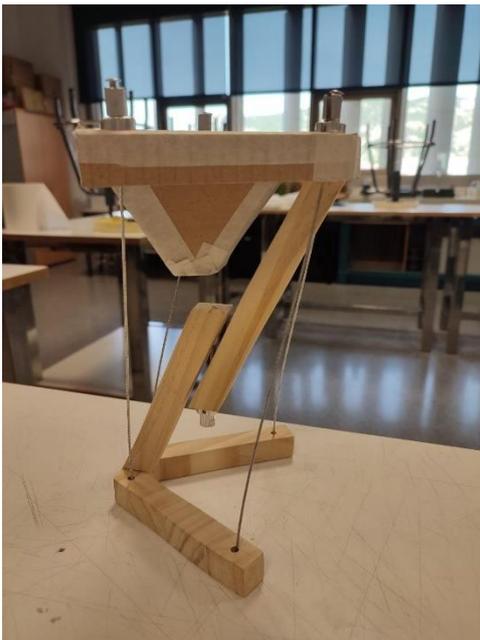


*Fig. 107: Montaje de la maqueta. Imagen 3.*

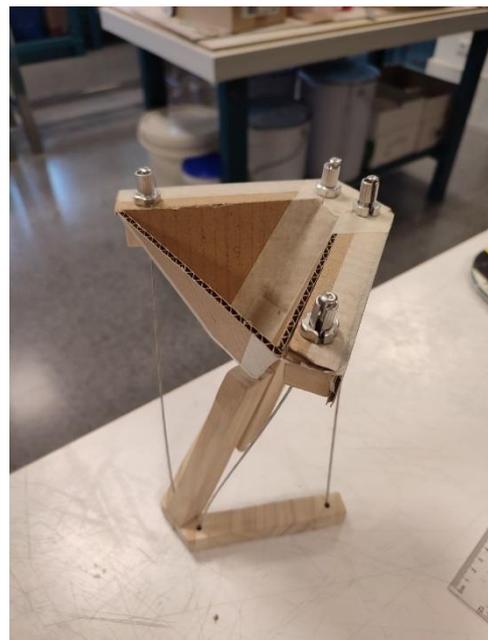


*Fig. 108: Montaje de la maqueta. Imagen 4.*

Por último, se procede a colocar los tensores para fijar la altura de la maceta y tensionar la estructura. El resultado se muestra en la Figura 109 y Figura 110.



*Fig. 109: Montaje de la maqueta. Imagen 5.*



*Fig. 110: Montaje de la maqueta. Imagen 6.*

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Para darle un acabado mejor a la maceta, se pinta el cartón con pintura acrílica blanca, Figura 111. El resultado se muestra en la Figura 112.



*Fig. 111: Maceta pintada.*



*Fig. 112: Resultado de la maqueta.*

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 5. PLIEGO DE CONDICIONES

### 5.1. Pliego de condiciones técnicas.

A continuación, se va a detallar el pliego de condiciones técnicas que se necesitan para el desarrollo de cada una de las piezas de la mesa de oficina.

#### **PIEZA 1.1.1. “C” INFERIOR**

Material de partida: tablero de madera de pino de 600mm x 2400mm x 18mm

#### **OPERACIONES:**

##### *OPERACIÓN 1: CORTAR LA PIEZA*

- Trabajo de corte:
  - Maquinaria: Fresadora CNC
  - M. de Obra: Oficial de 2º
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de 4mm
    - Fresa de diámetro 7mm
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Colocar el tablero en el área de corte de la fresadora.
  2. Calibrar la máquina.
  3. Lanzar el programa de corte
  4. Retirar material sobrante
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de las fresas.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- Pruebas:

No precisa

*OPERACIÓN 2: TALADRAR LA PIEZA*

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna
  - M. de Obra: Oficial 3º
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 6mm.
    - Cuña de 25º.
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz
    - Regla milimetrada
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
  2. Colocar la pieza apoyada en la cuña.
  3. Colocar la broca en el taladro de columna.
  4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
  5. Sujetar mediante sargentos la pieza y la cuña a la mesa del taladro.
  6. Taladrar agujero pasante.
  7. Retirar sargentos.
  8. Retirar cuña.
  9. Retirar broca del taladro.
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la cuña y a la mesa.
- Pruebas:

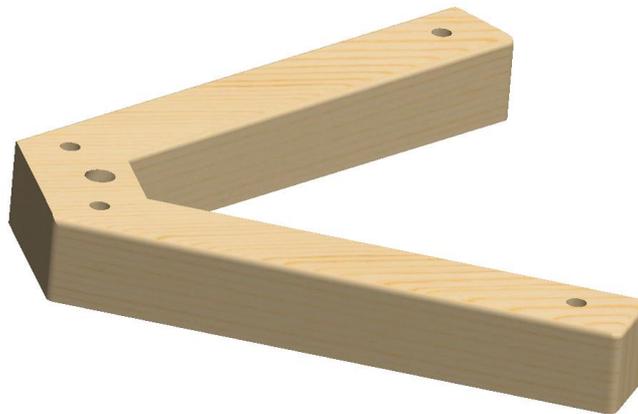
No precisa

*OPERACIÓN 3: LIJAR*

- Trabajo de lijado:
  - Maquinaria: No precisa.
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Lijas.
    - Sargentos.
  - Herramientas:
    - Lijadora manual.
- Forma de realización:
  1. Sujetar la pieza a una superficie plana.
  2. Lijar toda la superficie de la pieza.
  3. Redondear cantos
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la lija.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la mesa.
- Pruebas:

No precisa



*Fig. 113: Pieza 1.1.1. "C" inferior.*

### **PIEZA 1.1.2. DIAGONAL INFERIOR**

Material de partida: tablero de madera de pino de 600mm x 2400mm x 18mm.

#### **OPERACIONES:**

##### *OPERACIÓN 1: CORTAR LA PIEZA*

- Trabajo de corte:
  - Maquinaria: Fresadora CNC
  - M. de Obra: Oficial de 2º
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Fresa de diámetro 7mm
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Colocar el tablero en el área de corte de la fresadora.
  2. Calibrar la máquina.
  3. Lanzar el programa de corte
  4. Recoger las piezas
  5. Retirar material sobrante
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de las fresas.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- Pruebas:

No precisa

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

### OPERACIÓN 2: TALADRO 1 DE LA PIEZA

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna.
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 4mm.
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz.
    - Regla milimetrada.
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
  2. Colocar la base de la pieza apoyada en la mesa de trabajo.
  3. Colocar la broca de 4mm en el taladro de columna.
  4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
  5. Sujetar mediante sargentos la pieza a la mesa del taladro.
  6. Retirar broca
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza y a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.

*OPERACIÓN 3: TALADRO 2 DE LA PIEZA*

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna.
  - M. de Obra: Oficial 3°.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 6mm.
    - Cuña de 25°.
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz.
    - Regla milimetrada.
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  - Parte inferior:
    1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
    2. Colocar la pieza apoyada en la cuña y sargentar.
    3. Colocar la broca de 6mm en el taladro de columna.
    4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
    5. Sujetar mediante sargentos la pieza y la cuña a la mesa del taladro.
    6. Taladrar hasta la profundidad de 60mm.
    7. Retirar cuña.
    8. Retirar la broca del taladro.
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la cuña y a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.

*OPERACIÓN 4: LIJAR*

- Trabajo de lijado:
  - Maquinaria: No precisa.
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Lijas.
    - Sargentos.
  - Herramientas:
    - Lijadora manual.
- Forma de realización:
  1. Sujetar la pieza a una superficie plana.
  2. Lijar toda la superficie de la pieza.
  3. Redondear bordes
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la lija.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.



*Fig. 114: Pieza 1.1.2. Diagonal inferior.*

### **PIEZA 2.3 ESPIGA**

Material de partida: varilla de haya de 6mm de diámetro y 1000mm de largo.

#### **OPERACIONES:**

##### *OPERACIÓN 1: CORTAR LA PIEZA*

- **Trabajo de corte:**
  - Maquinaria: Sierra de cinta
  - M. de Obra: Oficial de 3º
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - Pelo de sierra
    - Lápiz
    - Regla milimetrada
  - Herramientas: No precisa
- **Forma de realización:**
  1. Medir y marcar con ayuda del lápiz 84,2mm de largo en la varilla.
  2. Colocar la varilla en la mesa de corte de la sierra.
  3. Cortar.
  4. Recoger la pieza.
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado del pelo de sierra.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- **Pruebas:**

No precisa



Fig. 115: Pieza 2.3. Espiga.

## **PIEZA 1.2 CABLE LARGO**

Material de partida: cable de acero inoxidable de 1,5mm de diámetro y 10000mm de largo.

### OPERACIONES:

#### *OPERACIÓN 1: CORTAR EL CABLE*

- Trabajo de corte:
  - Maquinaria: No precisa
  - M. de Obra: Oficial de 3º
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Regla milimetrada
  - Herramientas:
    - Cortacables
- Forma de realización:
  1. Medir y marcar con ayuda del cortacables 255mm de largo en el cable.
  2. Cortar.
  3. Recoger la pieza.
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Comprobar el buen estado del cortacables.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- Pruebas:

No precisa.



Fig. 116: Pieza 1.2. Cable largo.

### **PIEZA 1.3 CABLE CORTO**

Material de partida: cable de acero inoxidable de 1,5mm de diámetro y 10000mm de largo.

#### **OPERACIONES:**

##### *OPERACIÓN 1: CORTAR EL CABLE*

- **Trabajo de corte:**
  - Maquinaria: No precisa
  - M. de Obra: Oficial de 3º
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - Regla milimetrada
  - Herramientas:
    - Cortacables
- **Forma de realización:**
  1. Medir y marcar con ayuda del cortacables 68,5mm de largo en el cable.
  2. Cortar.
  3. Recoger la pieza.
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Comprobar el buen estado del cortacables.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- **Pruebas:**

No precisa.



*Fig. 117: Pieza 1.3. Cable corto.*

## **PIEZA 2.1. “C” SUPERIOR**

Material de partida: tablero de madera de pino de 600mm x 2400mm x 18mm

### **OPERACIONES:**

#### *OPERACIÓN 1: CORTAR LA PIEZA*

- **Trabajo de corte:**
  - Maquinaria: Fresadora CNC
  - M. de Obra: Oficial de 2º
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - Fresa de diámetro 7mm
    - Broca 7mm
  - Herramientas: No precisa
- **Forma de realización:**
  1. Colocar el tablero en el área de corte de la fresadora.
  2. Calibrar la máquina.
  3. Lanzar el programa de corte
  4. Retirar material sobrante
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de las fresas.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- **Pruebas:**

No precisa.

### OPERACIÓN 2: TALADRAR LA PIEZA

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna
  - M. de Obra: Oficial de 3°.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 6mm.
    - Cuña de 25°.
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz
    - Regla milimetrada
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
  2. Colocar la pieza apoyada en la cuña.
  3. Colocar la broca en el taladro de columna.
  4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
  5. Sujetar mediante sargentos la pieza y la cuña a la mesa del taladro.
  6. Taladrar agujero pasante.
  7. Retirar sargentos.
  8. Retirar cuña.
  9. Retirar broca del taladro.
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la cuña y a la mesa.
- Pruebas:

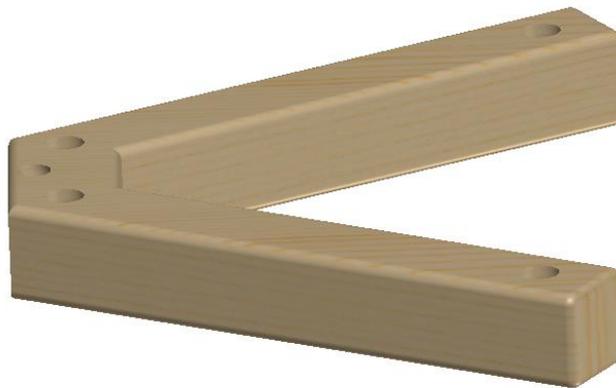
No precisa.

*OPERACIÓN 3: LIJAR*

- Trabajo de lijado:
  - Maquinaria: No precisa
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Lijas.
    - Sargentos.
  - Herramientas:
    - Lijadora manual.
- Forma de realización:
  1. Sujetar la pieza a una superficie plana.
  2. Lijar toda la superficie de la pieza.
  3. Redondear cantos
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la lija.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.



*Fig. 118: Pieza 2.1. "C" superior.*

## **PIEZA 2.2. DIAGONAL SUPERIOR**

Material de partida: tablero de madera de pino de 600mm x 2400mm x 18mm

### **OPERACIONES:**

#### *OPERACIÓN 1: CORTAR LA PIEZA*

- **Trabajo de corte:**
  - Maquinaria: Fresadora CNC
  - M. de Obra: Oficial de 2º
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - Fresa de diámetro 7mm
  - Herramientas: No precisa
- **Forma de realización:**
  1. Colocar el tablero en el área de corte de la fresadora.
  2. Calibrar la máquina.
  3. Lanzar el programa de corte
  4. Recoger las piezas
  5. Retirar material sobrante
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de las fresas.
  - Comprobar medida resultantes después del corte.
- **Pruebas:**

No precisa.

*OPERACIÓN 2: TALADRO 1 DE LA PIEZA*

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 7mm
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz.
    - Regla milimetrada.
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
  2. Colocar la base de la pieza apoyada en la mesa de trabajo.
  3. Colocar la broca de 7mm en el taladro de columna.
  4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
  5. Sujetar mediante sargentos la pieza a la mesa del taladro.
  6. Taladrar agujero pasante.
  7. Retirar sargentos
  8. Retirar broca
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.

*OPERACIÓN 3: TALADRO 2 DE LA PIEZA*

- Trabajo de taladrado:
  - Maquinaria: Taladro de columna
  - M. de Obra: Oficial de 3º
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Broca de diámetro 6mm.
    - Cuña 25°.
    - Sargentos de sujeción.
    - Lápiz.
    - Regla milimetrada.
  - Herramientas: No precisa
- Forma de realización:
  1. Marcar el punto donde se quiere realizar el taladro con ayuda del lápiz y la regla.
  2. Colocar la base de la pieza apoyada en la cuña y sargentar.
  3. Colocar la broca de 6mm en el taladro de columna.
  4. Alinear la marca de lápiz con la broca.
  5. Sujetar mediante sargentos la pieza junto con la cuña a la mesa del taladro.
  6. Taladrar hasta profundidad de 60mm.
  7. Retirar sargentos
  8. Retirar broca
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la broca.
  - Comprobar la correcta alineación de la broca en el soporte.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la cuña y a la mesa.
- Pruebas:

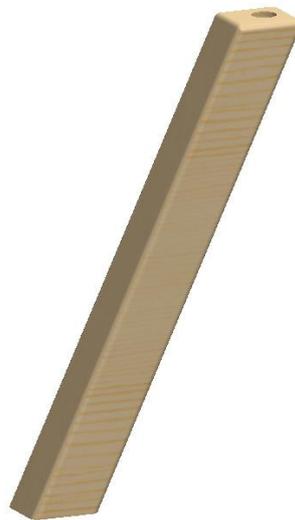
No precisa.

*OPERACIÓN 4: LIJAR*

- Trabajo de lijado:
  - Maquinaria: No precisa.
  - M. de Obra: Especialista.
- Medios auxiliares:
  - Útiles:
    - Lijas.
    - Sargentos.
  - Herramientas:
    - Lijadora manual.
- Forma de realización:
  1. Sujetar la pieza a una superficie plana.
  2. Lijar toda la superficie de la pieza.
  3. Redondear cantos.
- Seguridad:

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- Controles:
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de la lija.
  - Comprobar la sujeción de la pieza a la mesa.
- Pruebas:

No precisa.



*Fig. 119: Pieza 2.2. Diagonal superior.*

### **PIEZA 3. MACETA**

Material de partida: granza de PLA

#### **OPERACIONES:**

##### ***OPERACIÓN 1: INYECTAR LA PIEZA***

- **Trabajo de inyección:**
  - Maquinaria: Inyectora de polímero.
  - M. de Obra: Oficial de 1º
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - Molde macho de la pieza.
    - Molde hembra de la pieza.
  - Herramientas: No precisa
- **Forma de realización:**
  1. Encender la inyectora.
  2. Calibrar la máquina.
  3. Lanzar el programa de inyección.
  4. Recoger las piezas
  5. Apagar la máquina.
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Antes de poner en marcha la máquina comprobar el buen estado de esta.
  - Comprobar el buen estado de los moldes.
  - Comprobar medidas y resultado de las piezas inyectadas.
- **Pruebas:**
  - Realizar ensayos de tensión y estanqueidad cada 1000 unidades.

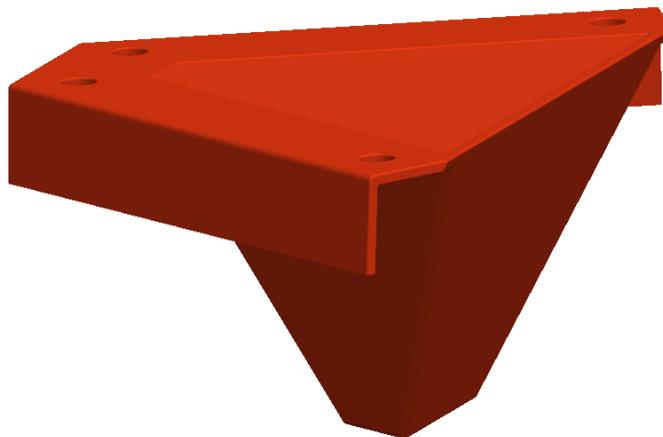


Fig. 120: Pieza 3. Maceta.

### **PIEZA 1.4. REMACHE**

Material de partida: Remache RENO3208BL de aluminio.

#### **OPERACIONES:**

##### *OPERACIÓN 1: SEPARAR EL REMACHE DEL VÁSTAGO*

- **Trabajo:**
  - Maquinaria: No precisa.
  - M. de Obra: Especialista.
- **Medios auxiliares:**
  - Útiles:
    - No precisa
  - Herramientas:
    - Alicates.
- **Forma de realización:**
  1. Sujetar con los alicates la parte superior del remache y golpear con un golpe seco una superficie plana.
  2. Conservar el remache, desechar el vástago.
- **Seguridad:**

Utilizar guantes, gafas y calzado de seguridad. Así como ropa adecuada y protectores para los oídos.
- **Controles:**
  - Comprobar el buen estado de los alicates.
- **Pruebas:**
  - No precisa.



*Fig. 121: Pieza 1.4 Remache.*

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 5.2. PERT y GANT.

Se ha realizado un grafo PERT y un grafo GANT para poder concretar el tiempo total y los operarios necesarios para la realización del producto. En primer lugar, como se muestra en la Figura 122, se ha especificado en el esquema de desmontaje cuanto se tarda en realizar cada parte.

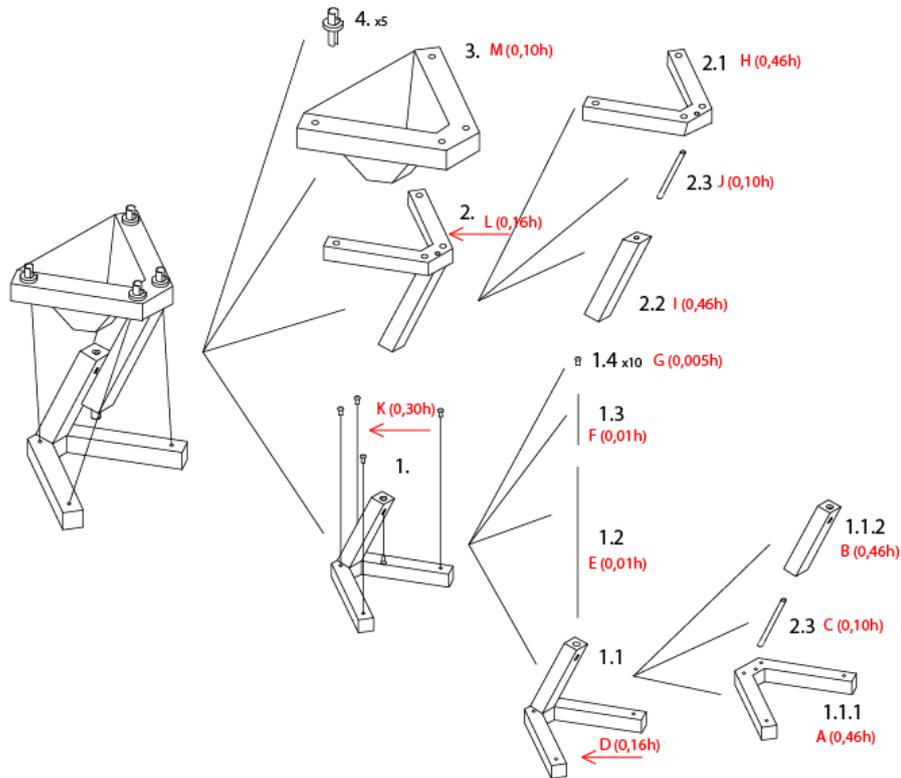


Fig. 122: Esquema de tiempos de fabricación.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

En segundo lugar, se ha realizado el grafo PERT inicial, Figura 123, donde se indican las actividades, los sucesos y los operarios necesarios para realizar las actividades. Seguidamente, se ha optimizado este grafo, Figura 124, para reducir el tiempo y los operarios necesarios.

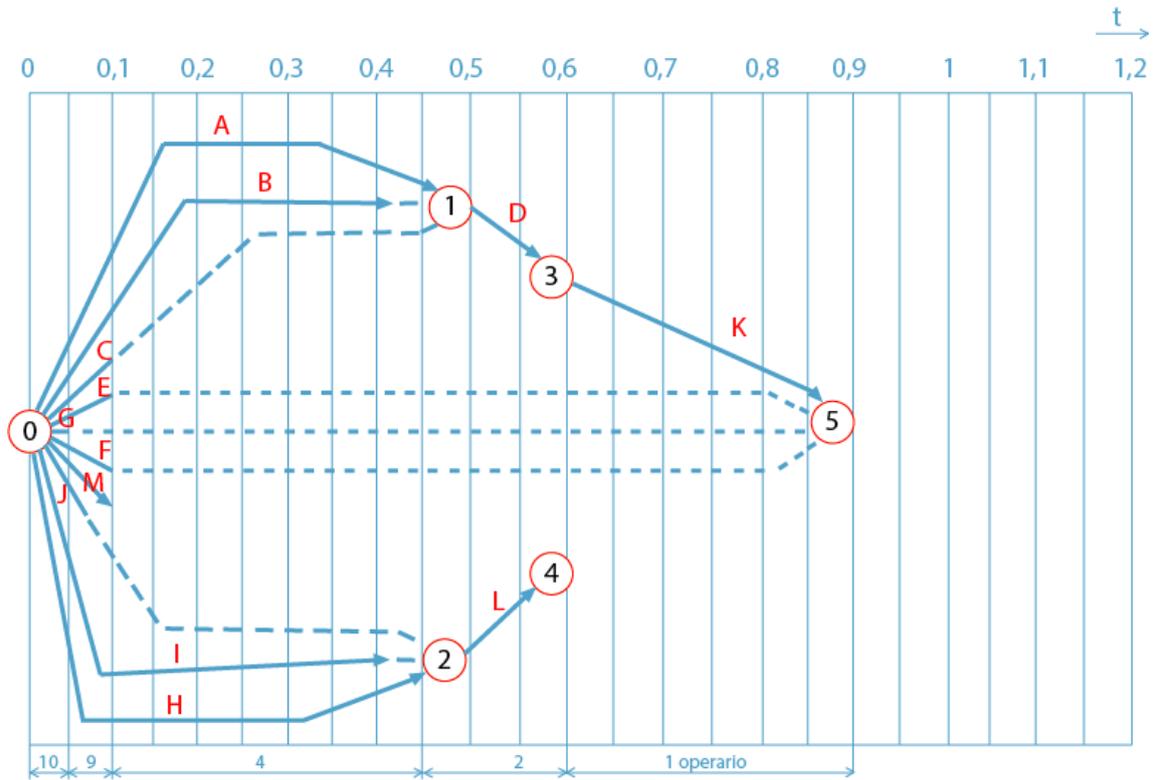


Fig. 123: Grafo PERT inicial.

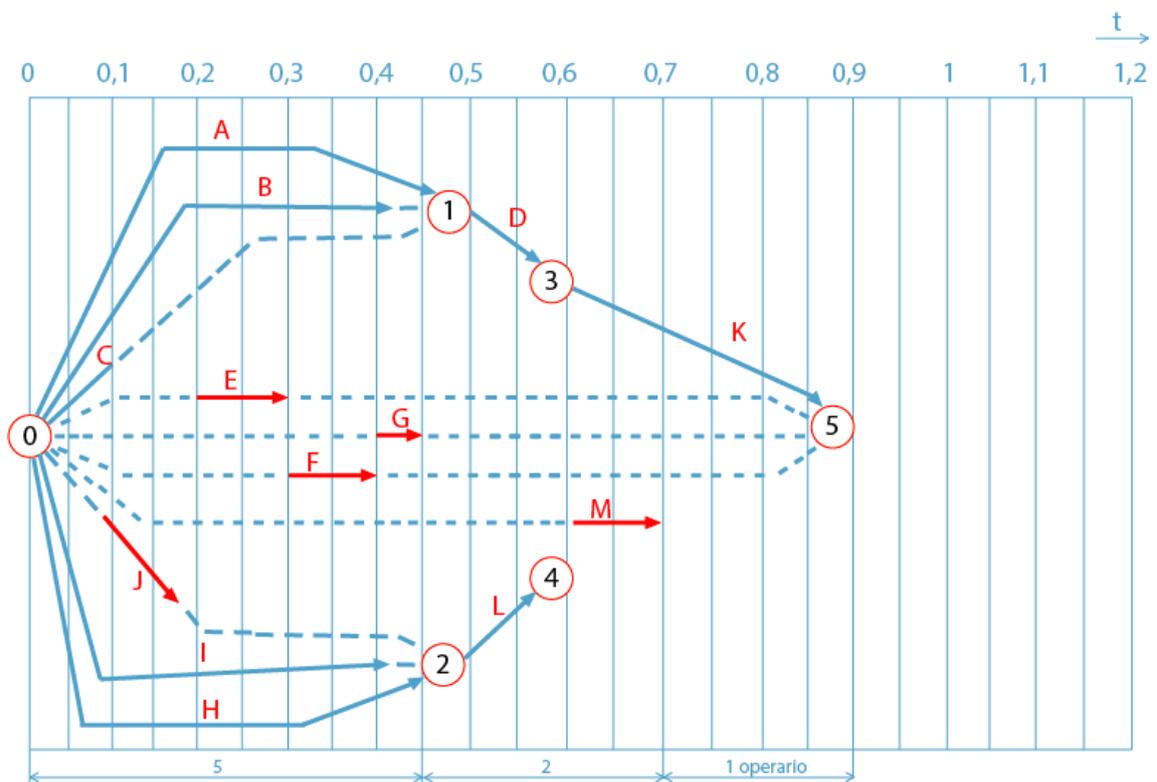


Fig. 124: Grafo PERT optimizado.

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

Por último, utilizando la información obtenida en el PERT, se ha realizado un grafo GANT inicial, Figura 125. Seguidamente, se ha realizado un segundo grafo GANT, Figura 126, donde se muestran los operarios que harían falta y las actividades que realizaría cada uno.

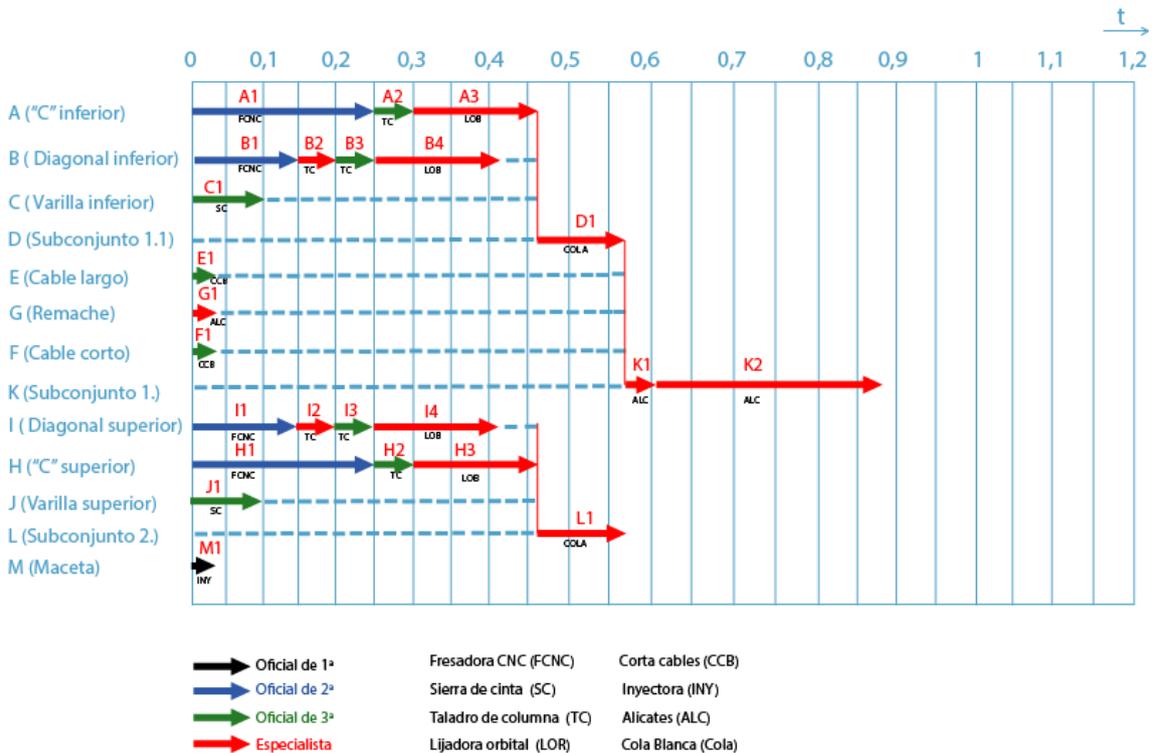


Fig. 125: Grafo GANT inicial.

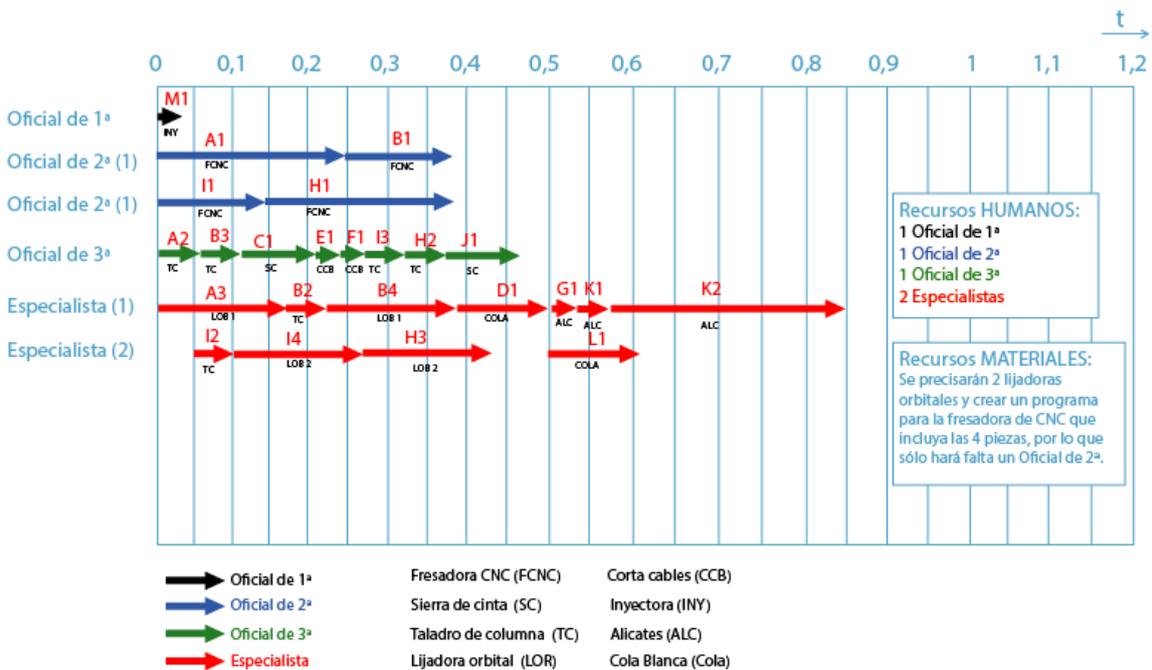


Fig. 126: Grafo GANT operarios.

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

## 6. MEDICIONES

Para poder realizar correctamente el apartado de mediciones y presupuesto del mueble se debe tener en cuenta las operaciones a realizar en cada elemento. Es decir, costes de maquinaria, utillaje, material y mano de obra.

Operaciones a tener en cuenta:

- |             |            |
|-------------|------------|
| - Fresado   | - Encolado |
| - Inyección | - Prensado |
| - Taladrado | - Tensado  |
| - Lijado    |            |

Los costes de la materia prima, la maquinaria, herramientas y útiles utilizados son información proporcionada por las empresas, y son los siguientes:

### MATERIA PRIMA

- Tablero macizo de pino de 600mm x 2400mm x 18mm = 49,99€/und.
- Cable de acero inoxidable de Ø 1,5mm y 10m de longitud = 5,72€/und.
- Varilla de haya Ø 6mm y 1m de longitud = 1,29€/und.
- Granza de PLA = 1,43€/kg.
- Colorantes/aditivos (dosificación al 2%) = 0,0001€/und.

### MAQUINARIA

- Fresadora de CNC = 47294€ -> Amortizable en 10 años = 1,94€
- Taladro de columna = 139,99€ -> Amortizable en 5 años = 0,012€
- Sierra de cinta = 491,00€ -> Amortizable en 5 años = 0,002€
- Inyectora = 30€/hora -> 0,3€/und.

### HERRAMIENTAS

- Lijadora orbital = 37,99€ -> Amortizable en 5 años = 0,008€
- Cortacables = 15,99€ -> Amortizable en 1 año = 0,13€
- Alicates = 4,61€ -> Amortizable en 1 año = 0,0001€

### ÚTILES

- Fresa 7mm = 40,81€ -> Vida útil 100h = 0,408€/h
- Broca de 4mm = 3,40€ -> Vida útil 100h = 0,034€/h
- Broca de 6mm = 4,27€ -> Vida útil 100h = 0,043€/h
- Broca de 7mm = 2,78€ -> Vida útil 100h = 0,028€/h
- Pelo de sierra = 20,20€ -> Vida útil 100h = 0,202€/h
- Moldes de inyección = 12000€ -> Amortizable en 5 años = 0,02€
- Lápiz = 0,31€ -> Vida útil 500h -> 0,0006€/h
- Regla milimetrada = 13,98€ -> Vida útil 500h -> 0,027€/h
- Recambios de lijas = 16,98€ (0,283€/Ud.) -> Vida útil 1h -> 0,283€/h
- Cola blanca = 7,47€ -> Vida útil 3 meses -> 0,003€/h
- Sargentos = 18,05€ -> Vida útil 5 años -> 0,0015€/h

### **ELEMENTOS COMERCIALES**

- Remache RENO3208BL/NE = 0,078 €/und.
- Tensor de cable Ø 6mm x 1.00mm = 3,60€/und.

### **MANO DE OBRA**

- Oficial 1ª -> 25€/h
- Oficial 2ª -> 20€/h
- Oficial 3ª -> 15€/h
- Especialista -> 10€/h
- Aprendiz -> 5€/h

## MATERIA PRIMA

### TABLERO MACIZO DE PINO



ENTORNO SALUDABLE

Tablero macizo de pino de  
60x240x1,8 cm

★★★★★ 20 opiniones

49,99 €

Ref: 11551813

Fig. 127: Tablero de pino macizo.

Cada tablero dará para hacer 32 lotes de las cuatro piezas necesarias para realizar la estructura. El coste de cada lote de cuatro piezas es de 1,56€. Se puede encontrar este tablero en la tienda online de Leroy Merlin [3]

### CABLE DE ACERO INOXIDABLE



NOVEDAD

Cable de acero inoxidable a4 de  
1.5mm de  $\varnothing$  y 10 m de longitud

5,72 €

Ref: 89125639

STANDERS

Fig. 128: Cable de acero inoxidable.

Cada bobina de cable dará para hacer 9 lotes de los cinco cables necesarios para realizar la estructura. El coste de cada lote de cada cinco cables es de 0,635€. Se puede encontrar este cable de acero en la tienda online de Leroy Merlin [4]

### VARILLA DE HAYA



ENTORNO SALUDABLE

Varilla de haya lisa de 6mm de diámetro y 1m de largo

★★★★★ 14 opiniones

1,29 €

Ref: 14122493



Fig. 129: Varilla de haya.

Cada varilla dará para hacer 5 lotes de las dos varillas necesarias para realizar la estructura. El coste de cada lote de dos varillas es de 0,258€. Se puede encontrar esta varilla en la tienda online de Leroy Merlin [5]

### GRANZA DE PLA



Fábrica a granel Precio material biodegradable ácido poliláctico/Palets PLA

Precio FOB de Referencia ⓘ

Conseguir Precio Último >

US\$ 1,00-2,00 / Kg | 1 Kg (Pedido Mínimo)

Fig. 130: Granza de PLA.

Cada kilo de granza dará para hacer 12 macetas. El coste de cada maceta es de 0,12€. Se puede encontrar este material en la tienda online de Made in China [6]

# MAQUINAS, UTILES Y HERRAMIENTAS PARA LA FABRICACIÓN

## MAQUINAS

### FRESADORA DE CNC



Fig. 131: Fresadora de CNC.

#### *Características:*

Esta fresadora cuenta con 3 ejes y está orientada a el mecanizado y corte de madera. La orientación del husillo es universal. Entre otras características el fabricante destaca su alta eficiencia y precisión de corte y grabado. Las medidas de la mesa de trabajo son de 1300mm x 2500mm y llega hasta alturas de 200mm. La velocidad de rotación máxima es de 24000 rpm. La potencia máxima es de 9 kW y tiene un peso de 2000 kg.

Esta máquina se puede obtener en la tienda online de Direct Industry [7].

## TALADRO DE COLUMNA



GREENCUT TDC600C - Taladro de columna 600W con 5 velocidades de giro variable, recorrido de perforación variable hasta 50mm  
 Visita la Store de Greencut  
 ★★★★★ 64 valoraciones  
 139<sup>99</sup> €

Fig. 132: Taladro de columna.

### *Características:*

Este taladro cuenta con una tensión nominal de 240v y con una potencia de 600W. Tiene la opción de regular 5 velocidades (550/ 950/ 1450/ 1950/ 1950/ 2500rpm). El tamaño del portabrocas varia entre 1,5mm y 13mm de diámetro y con una sujeción tipo jt33. Llega a profundidades de perforación de hasta 50 mm. Tiene una altura de 580mm y un peso de 14 kg.

Esta máquina se puede obtener en la tienda online de Amazon [8].

## SIERRA DE CINTA



Sierra cinta madera FEMI F28-191 con inducción

491,00 €

Ref. 82861299

Fig. 133: Sierra de cinta.

### *Características:*

Sierra de cinta vertical Femi FM28-191 de 750 W cuenta con un motor de inducción está indicada para realizar cortes en madera. Permite una altura de corte de 170 mm. Tiene 6 dientes por pulgada, disyuntor térmico, guía de corte, salida de aspiración y mesa inclinable de 4 pies. Incluye llaves, destornillador y tirador.

Esta máquina se puede obtener en la tienda online de Leroy Merlin [9].

## HERRAMIENTAS

### LIJADORA ORBITAL

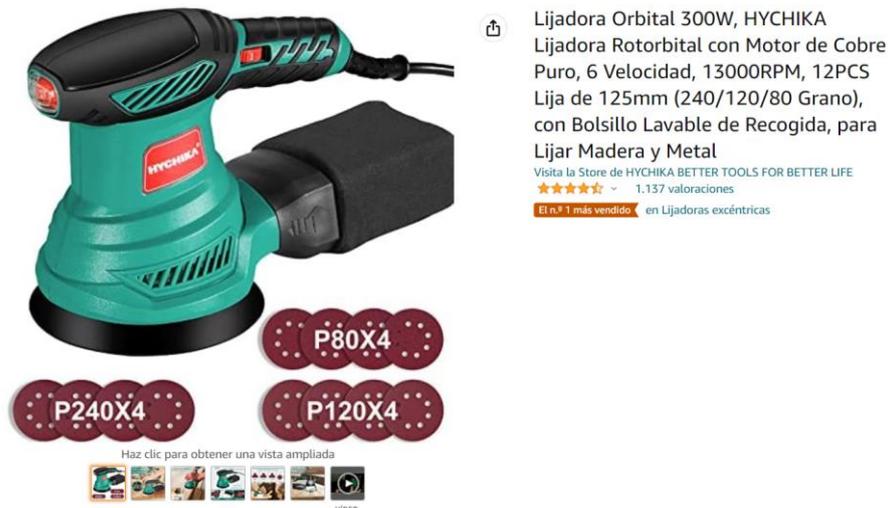


Fig. 134: Lijadora orbital.

#### Características:

Velocidades ajustables entre 6000 y 13000RPM y con una potencia de 300W. Viene con 12 lijas de malla de 80, 120, 240 granos, que pueden ser usadas pulir materiales como madera y metal. Diámetro de lijadora es 125mm.

Base de lijado giratoria de 360 ° asegura que la superficie de lijado queda lisa sin trazas. Permite un cambio rápido de las lijas para mejorar en gran medida la eficiencia del trabajo. Cuenta con 8 orificios de recolección de polvo, combinado con un sistema de recolección de polvo y una caja de recolección. La eficiencia es mayor, lo que permite trabajar en un ambiente más limpio y cómodo. Es muy fácil de instalar y quitar. Se puede limpiar con agua. Además, cuenta con un anillo de goma en la boca de la bolsa de la aspiradora, que hace que esté bien conectada, y las astillas no se dispersan fácilmente. Está cubierta con goma, y tiene varias formas de agarre.

Esta herramienta se puede obtener en la tienda online de Amazon [10].

## CORTACABLES



 Meccion Cortador de Alambre 20cm CR-V Cortador de Cable Para Cable de Bicicleta, Cable de Acero, Cuerda de Alambre, Resorte, Etc. Ddiámetro de Corte 5mm  
 Marca: Meccion  
 ★★★★★ 358 valoraciones

Fig. 135: Cortacables.

### *Características:*

Este cortador de cable está diseñado para cortar alambre de acero que hasta 5mm, excelente herramienta para cortar cuerda de alambre de acero inoxidable. Hecho de acero CR-V forjado con tratamiento térmico para mayor dureza y durabilidad. Este cortador de cable puede hacer cortes muy precisos, muy limpios sin deshilachar o romper los extremos. Tiene un agarre antideslizante para un corte eficiente, además de contar con un sistema de bloqueo de seguridad para fácil almacenamiento.

Esta herramienta se puede obtener en la tienda online de Amazon [11].

## ALICATES



 Alyco 170518 Alicates universales, Naranja, 180 mm  
 Visita la Store de Alyco  
 ★★★★★ 210 valoraciones  
 Amazon's Choice de "alicates"

Fig. 136: Alicates.

### *Características:*

Alicate universal, fabricado en acero al Cromo Vanadio: máxima durabilidad y resistencia al desgaste. Funciones de sujeción de materiales delicados, agarre de elementos redondos y corte de materiales duros y semiduros en una sola herramienta. Mango bimaternal ergonómico para facilitar el agarre y el confort y reducir el esfuerzo necesario. Cuerpo y filos de corte tratados térmicamente para lograr una durabilidad y dureza óptimas.

Esta herramienta se puede obtener en la tienda online de Amazon [12].

ÚTILES

FRESA DE 7MM

Fresa de corte helicoidal positivo



191



D mm	I mm	L mm	S mm		CÓDIGO Rotación derecha
3	12	50	3	10	191.030.11
3	12	60	6	10	191.630.11
3	12	60	8	10	191.830.11
3,18	12,7	50,8	6,35	10	191.001.11
3,5	12	60	6	10	191.635.11
3,97	12,7	50,8	6,35	10	191.003.11
4	15	50	4	10	191.040.11
4	15	60	6	10	191.640.11
4	15	60	8	10	191.840.11
4,76	19,05	50,8	6,35	10	191.005.11
5	17	50	5	10	191.050.11
5	17	60	6	10	191.650.11
5	17	60	8	10	191.850.11
6	27	70	6	10	191.060.11
6	27	70	8	10	191.860.11
6,35	19,05	50,8	6,35	10	191.007.11
6,35	25,4	63,5	6,35	10	191.008.11
7	32	80	8	10	191.870.11
7,94	25,4	76,2	12,7	10	191.501.11
8	22	70	8	10	191.080.11
8	32	80	8	10	191.081.11
8	42	90	8	10	191.082.11
9	32	83	12	10	191.890.11

Fig. 137: Catálogo fresas de corte helicoidal.

BROCAS DE 4MM, 6MM Y 7MM

Broca helicoidal



517



D mm	I mm	L mm	S mm		CÓDIGO Rotación derecha	CÓDIGO Rotación derecha
3	33	61	3	1	517.030.31	517.030.51
4	43	75	4	1	517.040.31	517.040.51
5	52	86	5	1	517.050.31	517.050.51
6	57	93	6	1	517.060.31	517.060.51
7	69	109	7	1	517.070.31	517.070.51
8	75	117	8	1	517.080.31	517.080.51
9	80	120	9	1	517.090.31	517.090.51
10	80	120	10	1	517.100.31	517.100.51
11	89	142	8	1	517.110.31	517.110.51
12	96	151	8	1	517.120.31	517.120.51
13	96	151	8	1	517.130.31	517.130.51
14	96	151	10	1	517.140.31	517.140.51
15	100	160	10	1	517.150.31	517.150.51
16	100	160	10	1	517.160.31	517.160.51
18	130	180	10	1	517.180.31	
20	135	200	10	1	517.200.31	



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**  
- Fabricadas en acero especial de alta resistencia SP  
- Punta de centrado  
- 2 cortes SP [Z2]  
- 2 canales helicoidales

**EMPLEO:** para taladros en madera natural.



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:**  
- Fabricadas en acero especial de alta resistencia HSS  
- Elevada resistencia de los cortes al desgaste  
- Punta de centrado  
- 2 cortes HSS [Z2]  
- 4 canales helicoidales

**EMPLEO:** para taladros en madera natural, madera maciza y sus derivados.  
**¡Cortes más duraderos!**

Fig. 138: Catálogo brocas helicoidales.

### PELO DE SIERRA



Fig. 139: Pelo de sierra.

#### *Características:*

Las dimensiones de este útil son: 1400mm de longitud, 8mm de ancho y 0,65mm de grosor. Este útil se puede obtener en la tienda online de Amazon [13].

### RECAMBIOS DE LIJA

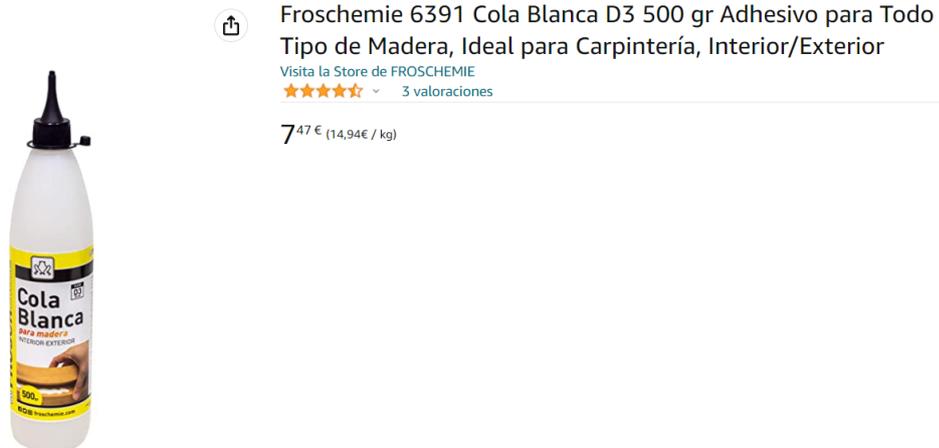


Fig. 140: Recambios de lija.

#### *Características:*

Discos de Lija Velcro 125 mm Papel abrasivo autoadhesivos. Discos de lija para amoladora orbital de calidad profesional Ø 125 mm - 8 agujeros de todos tipo de marca. Contiene 60 discos - 10 discos por cada tipos de grano: P40, P60, P80, P120, P180, P240. Este útil se puede obtener en la tienda online de Amazon [14].

## COLA BLANCA



*Fig. 141: Cola blanca.*

### *Características:*

Adhesivo con gran poder de adhesión y excelente resistencia a la humedad y envejecimiento. Es ideal para trabajos de carpintería y ebanistería tanto interior como exterior. Es atóxica y no inflamable, así como compatible con todo tipo de barnices. Dispone de una alta resistencia (75kg/cm<sup>2</sup>). Al aplicarse, son necesarios 20 minutos bajo de presión. Se garantiza un secado total en 24 horas con una película totalmente transparente. Se puede lijar y taladrar.

Cumple con la norma de esfuerzo D3, según norma DIN EN 204, y han sido preregistrados según la norma Reach de productos químicos. Este útil se puede obtener en la tienda online de Amazon [15].

## SARGENTOS



Amazon Basics - Juego de 6 abrazaderas de barra: 2 unidades de 10,16 cm y 4 unidades de 15,24 cm

Visita la Store de Amazon Basics

★★★★☆ 1.588 valoraciones

Fig. 142: Sargentos.

### *Características:*

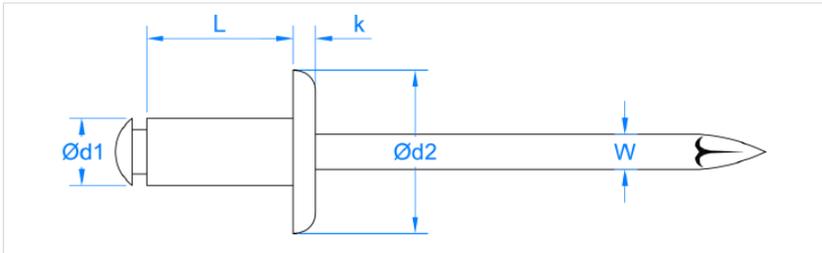
Juego de 6 abrazaderas de barra: 2 unidades de 10,16 cm y 4 unidades de 15,24 cm. La abrazadera de 10,16 cm proporciona 9,98 kg de fuerza de sujeción; la de 15,24 cm proporciona 45,36 kg de fuerza de sujeción. Fabricadas de nylon duradero con barras de acero endurecido para resistir la flexión. Las almohadillas que no se marcan proporcionan un agarre firme y protegen las superficies de los daños; con una barra para una liberación instantánea

Este útil se puede obtener en la tienda online de Amazon [16].

## ELEMENTOS COMERCIALES

### REMACHES

FICHA TECNICA

**2.2. RE-BL/RE-NE** Remache blanco / Remache negro



Propiedades

AL

A

Z  
ZINC

Cuerpo de aluminio      Vástago de acero cincado

Dimensiones							
CODIGO	Ø broca [mm]	Espesor a fijar [mm]	Ø d1 [mm]	L [mm]	Ø d2 [mm]	K [mm]	W [mm]
RENO3208BL / NE	3,3	3,5 - 5,0	3,2	08	6,3	1,0	1,8
RENO3210BL / NE		5,0 - 7,0		10			
RENO3212BL / NE		7,0 - 9,0		12			
RENO4008BL / NE	4,1	3,0 - 5,0	4,0	08	8,0	1,3	2,2
RENO4010BL / NE		5,0 - 6,5		10			
RENO4012BL / NE		6,5 - 8,5		12			
RENO4014BL / NE		8,5 - 10,5		14			
RENO4810BL / NE	5,0	4,0 - 6,0	4,8	10	9,5	1,4	2,6
RENO4812BL / NE		6,0 - 8,0		12			
RENO4814BL / NE		8,0 - 10,0		14			
RENO4816BL / NE		10,0 - 12,0		16			

Fig. \_: Catalogo de remaches.

### TENSORES



3,60 €

Referencia: UN2673

−

1

+

Fig. 143: Tensor.

#### Características:

Este tensor de aluminio de la marca Domino tiene un diámetro de rosca de 6mm con un paso de 1. La longitud total de la rosca es de 16mm. La longitud total del tensor es de 26mm. El diámetro interior de la cabeza es de 7mm. El diámetro exterior de la tuerca es de 14mm. Este tensor se puede obtener en la tienda online de 50 Factory [17].

Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

# 7. PRESUPUESTOS

## 7.1 Presupuesto de fabricación.

A continuación, se muestra en la Tabla 3 el coste que supone la fabricación de las diferentes piezas del proyecto.

**Tabla 3.** Presupuesto de fabricación

UNIDAD DE OBRA	MEDICIÓN		DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (€/Ud.)	IMPOTE	TOTAL
	CANT.	UD.				
1.1.1	1	Ud.	“C” inferior			
	0,09	m <sup>2</sup>	<u>Material</u> Tablero macizo de pino de 600mm x 2400mm x 18mm	49,990	0,390	
			<u>Operación: CORTE</u>			
	0,25	h	• Maquinaria: - Fresadora CNC	47294,000	0,485	
	0,25	h	• Mano de obra: - Oficial de 2°	20,000	5,000	
	0,25	h	• Herramientas y útiles:			
	0,25	h	- Fresa de 7mm	40,81	0,102	
	0,25	h	- Broca de 4mm	3,400	0,008	
			<u>Operación: TALADRAR</u>			
	0,05	h	• Maquinaria: - Taladro de columna	139,990	0,003	
	0,05	h	• Mano de obra: - Oficial de 3°	15,000	0,750	
	0,05	h	• Herramientas y útiles:	4,270	0,002	
	0,05	h	- Broca de 6mm	18,05	0,0001	
			- Cuña de 25°			
			- Sargentos			
			<u>Operación: LIJAR</u>			
	0,16	h	• Maquinaria: - Lijadora orbital	37,990	0,002	
	0,16	h	• Mano de obra: - Especialista	10,000	1,600	
			• Herramientas y útiles:			
	0,16	h	- Lijas	16,980	0,045	
	0,16	h	- Sargentos	18,05	0,0002	
						<b>8,3873</b>

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

1.1.2	1	Ud.	Diagonal inferior			
	0,09	m <sup>2</sup>	<u>Material</u> Tablero macizo de pino de 600mm x 2400mm x 18mm	49,990	0,390	
	0,15	h	<u>Operación: CORTE</u> • Maquinaria: - Fresadora CNC	47294,000	0,485	
	0,15	h	• Mano de obra: - Oficial de 2°	20,000	3,000	
	0,15	h	• Herramientas y útiles: - Fresa de 7mm	40,810	0,061	
	0,05	h	<u>Operación: TALADRO 1</u> • Maquinaria: - Taladro de columna	139,990	0,003	
	0,05	h	• Mano de obra: - Especialista	10,000	0,500	
	0,05	h	• Herramientas y útiles: - Broca de 4mm	3,400	0,002	
	0,05	h	- Sargentos	18,050	0,0001	
	0,05	h	- Lápiz y reglas	14,290	0,001	
	0,05	h	<u>Operación: TALADRO 2</u> • Maquinaria: - Taladro de columna	139,990	0,003	
	0,05	h	• Mano de obra: - Oficial de 3°	15,000	0,750	
	0,05	h	• Herramientas y útiles: - Broca de 6mm	4,270	0,002	
	0,05	h	- Sargentos	18,050	0,0001	
			- Cuña de 25°			
	0,16	h	<u>Operación: LIJAR</u> • Maquinaria: - Lijadora orbital	37,990	0,002	
	0,16	h	• Mano de obra: - Especialista	10,000	1,600	
	0,16	h	• Herramientas y útiles: - Lijas	16,980	0,045	
	0,16	h	- Sargentos	18,050	0,0002	
						<b>6,844</b>



## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

2.1	1	Ud.	“C” Superior			
	0,09	m <sup>2</sup>	<u>Material</u> Tablero macizo de pino de 600mm x 2400mm x 18mm <u>Operación: CORTE</u>	49,990	0,390	
	0,25	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fresadora CNC</li> </ul> </li> </ul>	47294,000	0,485	
	0,25	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficial de 2°</li> </ul> </li> </ul>	20,000	5,000	
	0,25	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas y útiles:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fresa de 7mm</li> </ul> </li> </ul>	40,81	0,102	
	0,25	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Broca de 7mm</li> </ul>	2,780	0,007	
			<u>Operación: TALADRAR</u>			
	0,05	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taladro de columna</li> </ul> </li> </ul>	139,990	0,003	
	0,05	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oficial de 3°</li> </ul> </li> </ul>	15,000	0,750	
	0,05	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas y útiles:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Broca de 6mm</li> </ul> </li> </ul>	4,270	0,002	
	0,05	0,05	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuña de 25°</li> <li>- Sargentos</li> </ul>	18,050	0,0001	
			<u>Operación: LIJAR</u>			
	0,16	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lijadora orbital</li> </ul> </li> </ul>	37,990	0,002	
	0,16	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mano de obra:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Especialista</li> </ul> </li> </ul>	10,000	1,600	
	0,16	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas y útiles:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lijas</li> </ul> </li> </ul>	16,980	0,045	
	0,16	h	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sargentos</li> </ul>	18,050	0,0002	
						<b>8,386</b>

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

2.2	1	Ud.	Diagonal superior			
	0,09	m <sup>2</sup>	<u>Material</u> Tablero macizo de pino de 600mm x 2400mm x 18mm	49,990	0,390	
			<u>Operación: CORTE</u>			
	0,15	h	• Maquinaria: - Fresadora CNC	47294,000	0,485	
	0,15	h	• Mano de obra: - Oficial de 2°	20,000	3,000	
	0,15	h	• Herramientas y útiles: - Fresa de 7mm	40,810	0,061	
			<u>Operación: TALADRO 1</u>			
	0,05	h	• Maquinaria: - Taladro de columna	139,990	0,003	
	0,05	h	• Mano de obra: - Especialista	10,000	0,500	
	0,05	h	• Herramientas y útiles: - Broca de 7mm	2,780	0,001	
	0,05	h	- Sargentos	18,050	0,0001	
	0,05	h	- Lápiz y reglas	14,290	0,001	
			<u>Operación: TALADRO 2</u>			
	0,05	h	• Maquinaria: - Taladro de columna	139,990	0,003	
	0,05	h	• Mano de obra: - Oficial de 3°	15,00	0,750	
	0,05	h	• Herramientas y útiles: - Broca de 6mm	4,270	0,002	
	0,05	h	- Sargentos	18,050	0,0001	
			- Cuña de 25°			
			<u>Operación: LIJAR</u>			
	0,16	h	• Maquinaria: - Lijadora orbital	37,990	0,002	
	0,16	h	• Mano de obra: - Especialista	10,000	1,600	
	0,16	h	• Herramientas y útiles: - Lijas	16,980	0,045	
	0,16	h	- Sargentos	18,050	0,0002	
						<b>6,843</b>

## Diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad

3.	1	Ud.	Maceta			
	0,80	kg	<u>Material</u> Granza de PLA	1,430	0,559	
	0,01	h	<u>Operación: INYECCIÓN</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria: - Inyectora</li> <li>• Mano de obra: - Oficial de 1º</li> <li>• Herramientas y útiles: - No precisa</li> </ul>	30,000	0,300	
	0,01	h		25,000	0,250	<b>1,109</b>
1.4	10	Ud.	Remache			
			<u>Material</u> Remache RENO3208BL de aluminio.	0,078	0,780	
	0,005	h	<u>Operación: SEPARAR EL VÁSTAGO</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinaria: - No precisa</li> <li>• Mano de obra: - Especialista</li> <li>• Herramientas y útiles: - Alicates</li> </ul>	10,000	0,050	
	0,005	h		4,610	0,001	<b>0,831</b>

Tras los cálculos expuestos en la Tabla 3, se puede concluir que el coste de fabricación de todos los elementos necesarios de este proyecto es de 34,30€

## 7.2 Presupuesto de montaje

En la Tabla 4 se expone el coste que tiene montar las piezas de este proyecto.

**Tabla 4:** Presupuesto de montaje

UNIDAD DE OBRA	MEDICIÓN		DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO (€/Ud.)	IMPOTE	TOTAL
	CANT.	UD.				
			<u>SECUENCIA 1</u> Maquinaria: - No precisa Útiles y herramientas: - Cola blanca Operario - Especialista	7,470	0,0004	
	0,16	h				
	0,16	h		10,000	1,600	
						<b>1,6004</b>
			<u>SECUENCIA 2</u> Maquinaria: - No precisa Útiles y herramientas: - Cola blanca Operario Especialista	7,470	0,0004	
	0,16	h				
	0,16	h		10,000	1,600	
						<b>1,6004</b>
			<u>SECUENCIA 3</u> Maquinaria: - No precisa Útiles y herramientas: - Alicates Operario Especialista	4,610	0,0001	
	0,08	h				
	0,08	h		10,000	0,800	
						<b>0,8001</b>
			<u>SECUENCIA 4</u> Maquinaria: - No precisa Útiles y herramientas: - Alicates Operario Especialista	4,610	0,0001	
	0,30	h				
	0,30	h		10,000	3,000	
						<b>3,0001</b>

Según los cálculos expuestos en la Tabla 4 se puede concluir que el coste de montaje asciende hasta los 7,001€.

### 7.3 Viabilidad económica.

Tras los cálculos expuestos en la Tabla 3 y la Tabla 4, se obtiene que el precio final de la propuesta de diseño de una maceta con el principio estructural de la tensegridad es de 41,30€.

Para calcular la viabilidad económica de la mesa se parte del coste de fabricación y montaje de 41,30€. Se quiere obtener un beneficio de venta del 20% del coste de fabricación, siendo un total de 8,26€. Además, se aplica el porcentaje de IVA de un 21% del coste de fabricación y montaje, siendo 8,67€, tal y como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Viabilidad económica.

COSTE FINAL		41,30€
BENEFICIO	20%	8,26€
IVA	21%	8,67€
PRECIO ESTIMADO		58,23€

Por lo tanto, el precio estimado de venta sería la suma de estas tres cifras, 58,23€. Dicho precio se redondeará a 59,99€, siguiendo las directrices de estrategia de marketing de precio, precio impar. El beneficio total sería de 11,998€ por cada maceta vendida.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Tensegridad. (2021, 21 de octubre). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Fecha de consulta: 21:18, mayo 18, 2022 desde <https://es.wikipedia.org/wiki/Tensegridad>.
- [2] GÓMEZ JÁUREGUI, V., Tensegridad. Estructuras Tensegríticas en Ciencia y Arte, Universidad de Cantabria, Santander, 2007, 200 pp. ISBN 978-84-8102-437-1.
- [3] Tablero macizo de pino. (s.f) *Leroy Merlin*. Fecha de consulta: 11:25, junio 22, 2022 desde <https://www.leroymerlin.es/fp/11551813/tablero-macizo-de-pino-de-60x240x1-8-cm>.
- [4] Cable de acero. (s.f) *Leroy Merlin*. Fecha de consulta: 11:28, junio 22, 2022 desde <https://www.leroymerlin.es/fp/89125639/cable-de-acero-inoxidable-a4-de-1-5mm-de-y-10-m-de-longitud>.
- [5] Varilla de haya. (s.f) *Leroy Merlin*. Fecha de consulta: 11:30, junio 22, 2022 desde <https://www.leroymerlin.es/fp/14122493/varilla-de-haya-lisa-de-6mm-de-diametro-y-1m-de-largo>.
- [6] Granza de PLA. (s.f) *Made in China*. Fecha de consulta: 11:34, junio 22, 2022 desde [https://es.made-in-china.com/co\\_hongjun888/product\\_Factory-Bulk-Price-Biodegradable-Material-Polylactic-Acid-PLA-Pallets\\_uoiruysghg.html](https://es.made-in-china.com/co_hongjun888/product_Factory-Bulk-Price-Biodegradable-Material-Polylactic-Acid-PLA-Pallets_uoiruysghg.html).
- [7] Fresadora de CNC. (s.f) *Direct Industry*. Fecha de consulta: 11:54, junio 22, 2022 desde <https://www.directindustry.es/prod/nanjing-unitec-technology-co-ltd/product-244363-2470613.html>.
- [8] Taladro de columna. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 12:28, junio 22, 2022 desde [https://www.amazon.es/Greencut-8435574309204-Potencia-velocidades-perforaci%C3%B3n/dp/B07XHCL4N8/ref=sr\\_1\\_3?\\_\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1EKPV9EQPBBWC&keywords=taladro+de+columna&qid=1655803424&s=tools&prefix=taladro+de+columna%2Cdiy%2C124&sr=1-3](https://www.amazon.es/Greencut-8435574309204-Potencia-velocidades-perforaci%C3%B3n/dp/B07XHCL4N8/ref=sr_1_3?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1EKPV9EQPBBWC&keywords=taladro+de+columna&qid=1655803424&s=tools&prefix=taladro+de+columna%2Cdiy%2C124&sr=1-3).
- [9] Sierra de cinta. (s.f) *Leroy Merlin*. Fecha de consulta: 12:53, junio 22, 2022 desde <https://www.leroymerlin.es/fp/82861299/sierra-cinta-madera-femi-f28-191-con-induccion>.
- [10] Lijadora orbital. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 12:15, junio 22, 2022 desde <https://www.amazon.es/Lijadora-HYCHIKA-Velocidad-Ajustable-El%C3%A9ctrica/dp/B08DHP1D2X?>.
- [11] Cortacables. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 17:38, junio 22, 2022 desde [https://www.amazon.es/Meccion-Cortador-Alambre-Bicicleta-Ddi%C3%A1metro/dp/B07GNFYRJ3/ref=sr\\_1\\_2\\_sspa?\\_\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1EMYNXYT343HX&](https://www.amazon.es/Meccion-Cortador-Alambre-Bicicleta-Ddi%C3%A1metro/dp/B07GNFYRJ3/ref=sr_1_2_sspa?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=1EMYNXYT343HX&).
- [12] Alicates. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 13:41, junio 23, 2022 desde [https://www.amazon.es/Alyco-170518-universal-Resistance-bimaterial/dp/B00J5O52E6/ref=sr\\_1\\_5?keywords=alicates&qid=1655918823&sr=8-5&th=1](https://www.amazon.es/Alyco-170518-universal-Resistance-bimaterial/dp/B00J5O52E6/ref=sr_1_5?keywords=alicates&qid=1655918823&sr=8-5&th=1).
- [13] Pelo de sierra. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 13:32, junio 22, 2022 desde [https://www.amazon.es/49081505-Accesorio-para-sierra-cinta/dp/B08LGYGQPK/ref=sr\\_1\\_3?\\_\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=O7B3CPASLX5U](https://www.amazon.es/49081505-Accesorio-para-sierra-cinta/dp/B08LGYGQPK/ref=sr_1_3?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85C5%BD%C3%95%C3%91&crd=O7B3CPASLX5U).

[14] Recambios de lija. (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 13:40, junio 22, 2022 desde [https://www.amazon.es/Discos-Velcro-Papel-abrasivo-autoadhesivos/dp/B07GC5T84Z/ref=sr\\_1\\_4?\\_\\_mk\\_es\\_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=202M25GQ7IB4J&](https://www.amazon.es/Discos-Velcro-Papel-abrasivo-autoadhesivos/dp/B07GC5T84Z/ref=sr_1_4?__mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=202M25GQ7IB4J&).

[15] Cola blanca (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 13:55, junio 23, 2022 desde [https://www.amazon.es/dp/B08BCLFKF7/ref=twister\\_B09LVPSM7J?\\_encoding=UTF8&th=1](https://www.amazon.es/dp/B08BCLFKF7/ref=twister_B09LVPSM7J?_encoding=UTF8&th=1).

[16] Sargentos (s.f) *Amazon*. Fecha de consulta: 14:13, junio 23, 2022 desde [https://www.amazon.es/AmazonBasics-Juego-abrazaderas-barras-unidades/dp/B07ZTVY1PM?ref\\_=Oct\\_d\\_obs\\_d\\_3049772031&pd\\_rd\\_w=PVLug&content-id=amzn1.sym.0cde40b7-98fa-4b31-a03b-17a732646b9b&pf\\_rd\\_p=0cde40b7-98fa-4b31-a03b-17a732646b9b&pf\\_rd\\_r=17MWVYFDVAVS59S2QGWAP&pd\\_rd\\_wg=nu1BI&pd\\_rd\\_r=fa00b734-9e57-466a-980f-d3c63e58ec1f&pd\\_rd\\_i=B07ZTVY1PM](https://www.amazon.es/AmazonBasics-Juego-abrazaderas-barras-unidades/dp/B07ZTVY1PM?ref_=Oct_d_obs_d_3049772031&pd_rd_w=PVLug&content-id=amzn1.sym.0cde40b7-98fa-4b31-a03b-17a732646b9b&pf_rd_p=0cde40b7-98fa-4b31-a03b-17a732646b9b&pf_rd_r=17MWVYFDVAVS59S2QGWAP&pd_rd_wg=nu1BI&pd_rd_r=fa00b734-9e57-466a-980f-d3c63e58ec1f&pd_rd_i=B07ZTVY1PM).

[17] Tensor. (s.f) *50 Factory*. Fecha de consulta: 13:56, junio 22, 2022 desde <https://es.50factory.com/-partes-nuevas/o55323x6mm-tensor-de-cable-domino.html>.

# 9. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.

## 9.1 Figuras.

Fig. 1: Tensegrity Plant Propagation Stand

Fig. 2: Maceta de bonsái con aire de elevación

Fig. 3: Reciclado rústico recuperado. Florero.

Fig. 4: Porta plantas suspenso Macramaté

Fig. 5: Soporte de madera para plantas pequeñas

Fig. 6: CWDream Tensegrity

Fig. 7: Boceto 1. Diseño piramidal

Fig. 8: Boceto 2. Diseño tubular

Fig. 9: Boceto 3. Diseño circular

Fig. 10: Boceto 4. Diseño triangular

Fig. 11: Boceto 5. Diseño asimétrico

Fig. 12: Boceto 6. Diseño en espiral

Fig. 13: Boceto 7. Diseño tetraédrico

Fig. 14: Boceto 8. Diseño cadena

Fig. 15: Propuesta de diseño final

Fig. 16: Propuesta en interior.

Fig. 17: Explosionado

Fig. 18: Ensamblaje. Secuencia 1

Fig. 19: Ensamblaje. Secuencia 2

Fig. 20: Ensamblaje. Secuencia 3

Fig. 21: Ensamblaje. Secuencia 4

Fig. 22: Ensamblaje del usuario 1

Fig. 23: Ensamblaje del usuario 2

Fig. 24: Captura NX 1

Fig. 25: Captura NX 2

Fig. 26: Captura NX 3

Fig. 27: Captura NX 4

Fig. 28: Captura NX 5

Fig. 30: Captura NX 7

Fig. 31: Captura NX 8

Fig. 32: Captura NX 9

Fig. 33: Captura NX 10

Fig. 34: Captura NX 11

Fig. 35: Captura NX 12

Fig. 36: Captura NX 13

Fig. 37: Captura NX 14

Fig. 38: Captura NX 15

Fig. 39: Captura NX 16

Fig. 40: Captura NX 17

Fig. 41: Captura NX 18

Fig. 42: Captura NX 19

Fig. 43: Captura NX 20

Fig. 44: Captura NX 21

Fig. 45: Captura NX 22

Fig. 46: Captura NX 23

Fig. 47: Captura NX 24

Fig. 48: Gráfico encuesta al usuario. Edad.

Fig. 49: Gráfico encuesta al usuario. Tensegridad.

Fig. 50: Gráfico encuesta al usuario. Plantas.

Fig. 51: Gráfico encuesta al usuario. Localización plantas.

Fig. 52: Gráfico encuesta al usuario. Tamaño plantas.

Fig. 53: Gráfico encuesta al usuario. Plantas en la casa.

Fig. 54: Gráfico encuesta al usuario. Altura de las plantas.

Fig. 55: Gráfico encuesta al usuario. Sitio de las plantas.

Fig. 56: Gráfico encuesta al usuario. Opinión sobre diseños.

Fig. 57: Opciones de diseño de la Fig. 56.

Fig. 58: Norma UNE-EN 1729-2:2012+A1.

Fig. 59: Apartado 4 de la Norma UNE-EN 1729-2:2012+A1.

Fig. 60: Ficha técnica pino longitudinal 1.

Fig. 61: Ficha técnica pino longitudinal 2.

- Fig. 62: Ficha técnica pino longitudinal 3.
- Fig. 63: Ficha técnica pino longitudinal 4.
- Fig. 64: Ficha técnica pino trasversal 1.
- Fig. 65: Ficha técnica pino trasversal 2.
- Fig. 66: Ficha técnica pino trasversal 3.
- Fig. 67: Ficha técnica pino trasversal 4.
- Fig. 68: Ficha técnica PLA 1.
- Fig. 69: Ficha técnica PLA 2.
- Fig. 70: Ficha técnica PLA 3.
- Fig. 71: Ficha técnica PLA 4.
- Fig. 72: Prototipo 1. Imagen 1.
- Fig. 73: Prototipo 1. Imagen 2.
- Fig. 74: Prototipo 1. Imagen 3.
- Fig. 75: Prototipo 1. Imagen 4.
- Fig. 76: Prototipo 1. Imagen 5.
- Fig. 77: Prototipo 1. Imagen 6.
- Fig. 78: Prototipo 2. Imagen 1.
- Fig. 79: Prototipo 2. Imagen 2.
- Fig. 80: Prototipo 2. Imagen 3.
- Fig. 81: Prototipo 2. Imagen 4.
- Fig. 82: Prototipo 3. Imagen 1.
- Fig. 83: Prototipo 3. Imagen 2.
- Fig. 84: Prototipo 3. Imagen 3.
- Fig. 85: Prototipo 3. Imagen 4.
- Fig. 86: Prototipo 3. Imagen 5.
- Fig. 87: Prototipo maceta. Imagen 1.
- Fig. 88: Prototipo maceta. Imagen 2.
- Fig. 89: Prototipo maceta. Imagen 3.
- Fig. 90: Prototipo maceta. Imagen 4.
- Fig. 91: Prototipo maceta. Imagen 5.
- Fig. 92: Prototipo maceta. Imagen 6.
- Fig. 93: Fabricación de la maqueta. Imagen 1.

- Fig. 94: Fabricación de la maqueta. Imagen 2.  
Fig. 95: Fabricación de la maqueta. Imagen 3.  
Fig. 96: Fabricación de la maqueta. Imagen 4.  
Fig. 97: Fabricación de la maqueta. Imagen 5.  
Fig. 98: Fabricación de la maqueta. Imagen 6.  
Fig. 99: Fabricación de la maqueta. Imagen 7.  
Fig. 100: Fabricación de la maqueta. Imagen 8.  
Fig. 101: Fabricación de la maceta. Imagen 1.  
Fig. 102: Fabricación de la maceta. Imagen 2.  
Fig. 103: Fabricación de la maceta. Imagen 3.  
Fig. 104: Fabricación de la maceta. Imagen 4.  
Fig. 105: Montaje de la maqueta. Imagen 1.  
Fig. 106: Montaje de la maqueta. Imagen 2.  
Fig. 107: Montaje de la maqueta. Imagen 3.  
Fig. 108: Montaje de la maqueta. Imagen 4.  
Fig. 109: Montaje de la maqueta. Imagen 5.  
Fig. 110: Montaje de la maqueta. Imagen 6.  
Fig. 111: Maceta pintada.  
Fig. 112: Resultado de la maqueta.  
Fig. 113: Pieza 1.1.1. “C” inferior.  
Fig. 114: Pieza 1.1.2. Diagonal inferior.  
Fig. 115: Pieza 2.3. Espiga.  
Fig. 116: Pieza 1.2. Cable largo.  
Fig. 117: Pieza 1.3. Cable corto.  
Fig. 118: Pieza 2.1. “C” superior.  
Fig. 119: Pieza 2.2. Diagonal superior.  
Fig. 120: Pieza 3. Maceta.  
Fig. 121: Pieza 1.4. Remache  
Fig. 122: Esquema de tiempos de fabricación.  
Fig. 123: Grafo PERT inicial.  
Fig. 124: Grafo PERT optimizado.  
Fig. 125: Grafo GANT inicial.

- Fig. 126: Grafo GANT operarios.
- Fig. 127: Tablero de pino macizo.
- Fig. 128: Cable de acero inoxidable.
- Fig. 129: Varilla de haya.
- Fig. 130: Granza de PLA.
- Fig. 131: Fresadora de CNC.
- Fig. 132: Taladro de columna.
- Fig. 133: Sierra de cinta.
- Fig. 134: Lijadora orbital.
- Fig. 135: Cortacables.
- Fig. 136: Alicates
- Fig. 137: Catalogo fresas de corte helicoidal.
- Fig. 138: Catálogo brocas helicoidales.
- Fig. 139: Pelo de sierra.
- Fig. 140: Recambios de lija
- Fig. 141: Cola blanca.
- Fig. 142: Sargentos
- Fig. 143: Catálogo de remaches
- Fig. 144: Tensor.

## 9.2 Tablas.

Tabla 1: VTP

Tabla 2: Tabla de elementos.

Tabla 3: Presupuesto de fabricación.

Tabla 4: Presupuesto de montaje.

Tabla 5: Viabilidad económica.