

# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**Autor:** Manuel González Aranda      **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017





Doy las gracias a los profesores que han guiado mi formación durante el grado.  
A mis compañeros que me han acompañado durante estos cuatro años; y por último, a mis familiares por los ánimos y confianza depositada en mí.







# Índice general

<b>1. Memoria</b>	<b>13</b>
1.1. Objeto	13
1.2. Alcance	13
1.3. Antecedentes	14
1.4. Normas y referencias	19
1.5. Definiciones y abreviaturas	22
1.6. Requisitos de diseño	23
1.7. Análisis de soluciones	24
1.8. Resultados finales	26
<b>2. Anexos</b>	<b>51</b>
2.1. Búsqueda de información	51
2.2. Estudio de mercado	59
2.3. Estudio ergonómico	68
2.4. Diseño conceptual	73
2.5. Diseño de detalle	102
2.6. Bibliografía y webgrafía	109
<b>3. Planos</b>	<b>117</b>
3.1. Escritorio	117
3.2. Silla	137
<b>4. PLiego de condiciones</b>	<b>161</b>
4.1. Condiciones generales	161
4.2. Descripción de materiales y elementos comerciales	161

---





4.3. Calidades mínimas	171
4.4. Condiciones de utilización del producto	174
4.5. Normativa	174
<b>5. Estado de mediciones</b>	<b>181</b>
5.1. Listado de piezas y dimensiones	181
5.2. Peso del producto	182
<b>6. Presupuesto</b>	<b>189</b>
6.1. Coste directo	189
6.2. Coste indirecto	194
6.3. Coste total	194
6.4. Precio de venta al público P.V.P.	194
6.5. Análisis del precio de venta	195
6.6. Conclusiones	196

---



# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

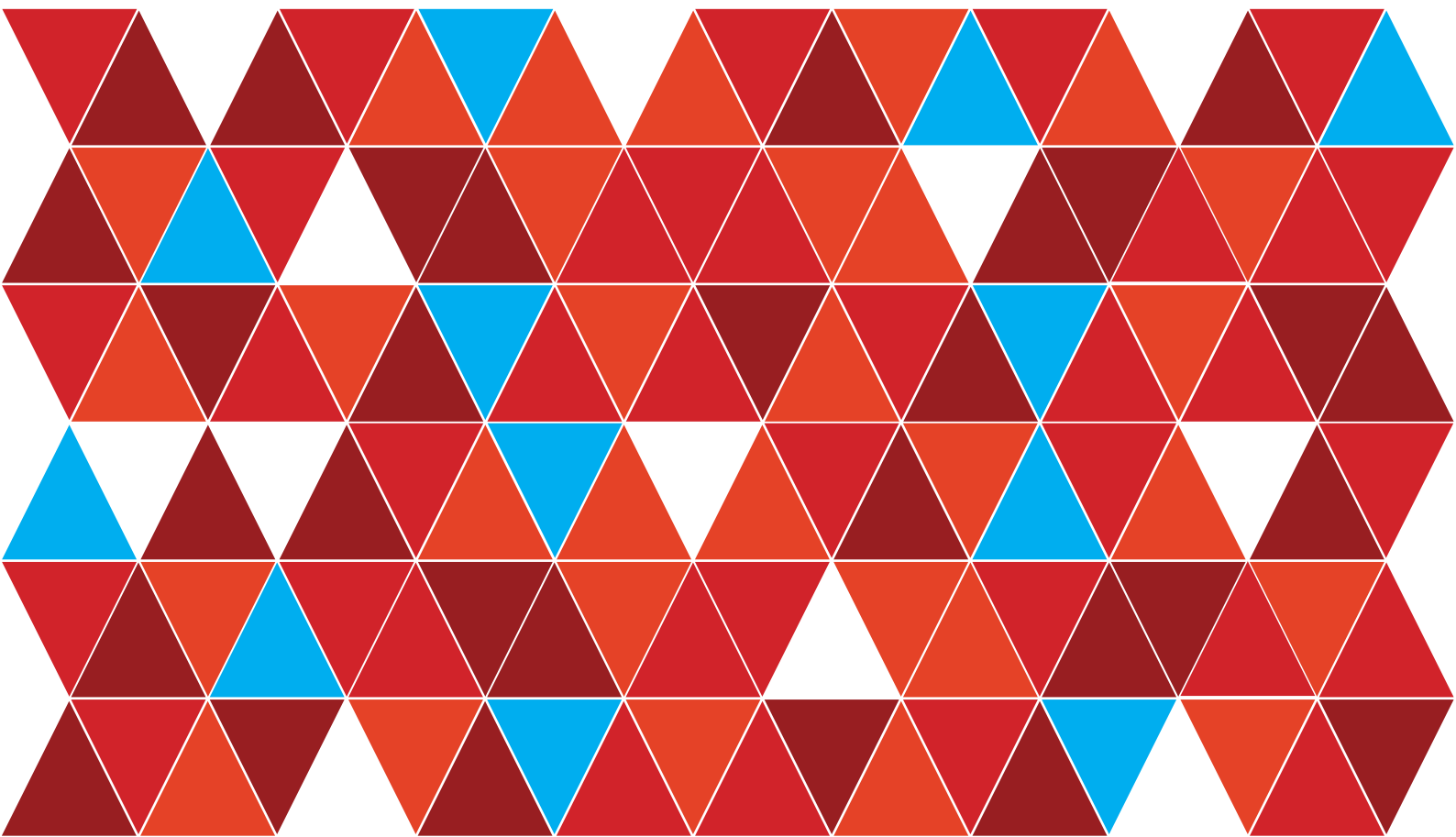
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**autor:** Manuel González Aranda    **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# Memoria







<b>1.1. Objeto</b>	<b>13</b>
<b>1.2. Alcance</b>	<b>13</b>
<b>1.3. Antecedentes</b>	<b>14</b>
1.3.1. Breve historia	14
1.3.2. Materiales	15
1.3.3. Estudio de mercado	17
<b>1.4. Normas y referencias</b>	<b>19</b>
1.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	19
1.4.2. Programas utilizados	21
1.4.3. Aseguramiento de la calidad	22
<b>1.5. Definiciones y abreviaturas</b>	<b>22</b>
<b>1.6. Requisitos de diseño</b>	<b>23</b>
<b>1.7. Análisis de soluciones</b>	<b>24</b>
<b>1.8. Resultados finales</b>	<b>26</b>
1.8.1. Descripción general del conjunto	27
1.8.2. Dimensiones	31
1.8.3. Proceso de fabricación	33
1.8.4. Embalaje	39
1.8.5. Montaje	40
1.8.6. Estudio económico	40
1.8.7. Renderizado	41







## 1.1. Objeto y justificación

El proyecto que se presenta a continuación, es el resultado de todas las aptitudes y conocimientos que se han adquirido durante el Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto en la Universidad de Jaume I de Castellón. Tal y como el propio nombre indica, el objeto principal de este trabajo de fin de grado es elaborar un proyecto de diseño y desarrollo de un producto, tratando de satisfacer las demandas que los tiempos actuales reclaman. Por esta razón, se ha llevado a cabo el diseño de un conjunto de mesa y silla escolar que permita la utilización y adaptación de la tecnología, de una forma cómoda y accesible al mayor número de usuarios posibles.

La idea de este proyecto surge por la necesidad de adaptar las nuevas aportaciones tecnológicas al ámbito escolar. Actualmente, la tecnología llena todos los espacios de la sociedad, permitiéndonos facilitar nuestra rutina y tener un mayor acceso a la información. Es por este motivo, que en las escuelas ya se ha integrado Internet y se ha tratado de solventar la dura carga de los libros en las mochilas con el uso de una tablet. Son muchas las escuelas que cuentan con el uso de tablets o dispositivos similares y con aulas actualizadas digitalmente. Pero si nos preguntamos sobre si se está adaptando el mobiliario, la respuesta parece obvia, ya que muchos de los dispositivos todavía requieren de cableado, necesitan de una fuente de alimentación y ninguna de las mesas actuales disponen de estas adaptaciones. Por otro lado y en línea con los diferentes problemas que parece que presenta el mobiliario escolar, se encuentra la persistencia de escritorios y sillas inadaptados a la estatura y comodidad de los usuarios, que en este caso son niños y se ven obligados a habitar largos periodos de tiempo en mismo sitio de trabajo, perjudicando su postura.

Así pues y pensando en ambas cuestiones, el objetivo es realizar un conjunto de mesa y silla escolar que se adapte al mayor rango de usuarios posible y que incluya accesorios para poder adaptar los nuevos dispositivos electrónicos, facilitando el trabajo del alumno y proporcionándole un espacio más ordenado y acorde con las nuevas tecnologías. Además de dar una solución ergonómica y atractiva para lograr que sea un producto competitivo en el mercado.

## 1.2. Alcance

En este apartado se va a tratar de definir los alcances o límites que presenta el proyecto para detallar con exactitud las secciones que se contemplan en él. Como se ha indicado con anterioridad, el presente proyecto consiste en el desarrollo del diseño formal y funcional del conjunto de mesa y silla escolar, por lo que el alcance final es la especificación completa del proceso de fabricación de ambos muebles. Partiendo de sus características, cabe señalar que no se indaga en la parte eléctrica ni tampoco en la marca y la publicidad de los productos. No obstante, se detallan los componentes electrónicos necesarios así como sus proveedores.

Por consiguiente, el proyecto abarca los siguientes aspectos de diseño:

- Estudio de mercado
- Diseño Conceptual
- Estudio ergonómico

- 
- Diseño de detalle
  - Proceso de fabricación
  - Diseño embalaje
  - Estudio económico
  - Renderizado

### **1.3. Antecedentes**

Para conocer los motivos que sostienen este proyecto y comprender las decisiones tomadas en el diseño de este conjunto de silla y mesa escolar, es necesario indicar y detallar cuáles han sido las investigaciones y diseños que se han realizado en torno a este concepto a lo largo de las últimas décadas. Esta búsqueda de información ha sido de gran utilidad para el proyecto final porque ha permitido realizar valoraciones sobre ventajas y desventajas de ciertas características, y estimar convenientes e inconvenientes de cualidades del producto para adecuarlo a nuestros tiempos con la mayor precisión posible.

Por ello, en primer lugar, se va a realizar un barrido histórico sobre los antecedentes del producto hasta la actualidad y posteriormente, un preciso resumen sobre los estudios realizados de materiales y productos de la competencia, es decir, del mercado.

#### **1.3.1. Breve historia**

El proceso de transformación del mobiliario escolar se inicia en España a finales del siglo XIX cuando comienzan a sustituirse los toscos bancos y mesas por pupitres y asientos bipersonales. En aquel momento, el objetivo era mejorar la postura corporal del usuario a través de inclinaciones y abatibles, pero sus dimensiones fijas impedían que fuera totalmente adaptable a él.

Tras un periodo de poca renovación, no fue hasta la mitad del siglo XX cuando en España empezaron a producirse las grandes innovaciones, las cuales ya habían comenzado tiempo atrás por toda Europa. Se llevaron a cabo modelos que trataban de mejorar las distintas posturas del usuario y disponían de ajustables para la altura del asiento, respaldo y mesa de trabajo.

Con el nacimiento del Movimiento Moderno, tendencia que sepultó radicalmente la estética tradicional, surgió una tendencia hacia lo simple y lo sencillo, sin ornamentaciones excesivas y con la mirada enfocada a lo funcional y lo esencial. El único fin era convertir estos productos en productos de poca complejidad, para poder abaratar sus costes y lograr una fabricación en serie. No obstante, la falta de medios lo limitaba a una fabricación artesanal.

Este objetivo no se vio cumplido hasta la II Guerra Mundial cuando la Revolución Industrial permitió la fabricación en serie. Ambos muebles empezaron a fabricarse de manera independiente y todas las complejidades como, las inclinaciones o los abatibles, se vieron eliminadas.

De la misma forma que la estética, la ergonomía también comenzó a tomar importancia a partir de este periodo. Los diseñadores se interesaron por conseguir la mejor adaptación de la silla al usuario y las discrepancias de los médicos sobre qué postura era la considerada como correcta y saludable.





Los nuevos conocimientos y tendencias no llegaron a España hasta la década de los setenta cuando se produjo un importante cambio en la concepción educativa del alumno. Esto supuso que el alumno tuviera libertad para desplazarse por el aula y no tuviera que estar inmóvil en su sitio de trabajo. Por este motivo, los siguientes modelos de mobiliario escolar se centraron en proporcionar desplazamiento y dinamismo al usuario.

Actualmente, se continúa manteniendo este tipo de mobiliario escolar a pesar de que la situación educativa del siglo XXI, en relación con las tecnologías, ha cambiado considerablemente. En la gran mayoría de las escuelas se mantienen mobiliarios que no solventan los problemas que acarrea un mal posicionamiento de la espalda y durante un largo periodo de tiempo, así como que no se adapten a la estatura y desarrollo de los usuarios. Tampoco se ha adaptado al espacio de trabajo el uso diario de dispositivos tecnológicos. Por lo que es cuestión de hallar un diseño que integre y resuelva estas cuestiones.

### 1.3.2. Materiales

Para ampliar los conocimientos acerca de los materiales utilizados en la fabricación de mobiliario y concretamente de mobiliario escolar, se ha realizado una completa búsqueda de información. Tras el contraste, análisis y clasificación de la información, se ha realizado una síntesis dividiéndola en dos secciones de materiales diferentes: maderas y metales.

En cuanto a las maderas que se utilizan en la fabricación de mobiliario, es posible afirmar que en la actualidad se emplean maderas artificiales, fabricadas a partir de desechos de madera natural. Estas maderas son utilizadas como madera base, que tras un proceso de laminación o chapado son cubiertas para mejorar su acabado. Los principales tableros de madera utilizados como base son:



Imagen M1

- **Aglomerado.** Se trata de una madera muy económica y fácil de trabajar. Su superficie es rugosa, no tiene buen acabado superficial y se rompe con facilidad. Para mejorar su resistencia y apariencia se suelen chapar con láminas de madera natural o de plástico.



Imagen M2

- **Contrachapado.** Se trata de una madera cuyas características mecánicas y superficiales son mejores que las del aglomerado. Posee una resistencia uniforme, son maderas flexibles, poco deformables y fáciles de trabajar.



Imagen M3

- **DM.** Se trata de una madera con una densidad que facilita su manipulación, posee una superficie muy lisa y regular y además, es un material muy económico.

Cada uno de estos tableros son cubiertos con diferentes materiales o distintas técnicas para mejorar su aspecto y acabado superficial. Los diferentes tipos de materiales utilizados para chapar o laminar son:



Imagen M4

- **Chapa natural.** Proporciona la apariencia de la madera natural a un coste muy inferior. Tras su aplicación son barnizadas y tratadas para mejorar su durabilidad.



Imagen M5

- **Melaminas o laminados de baja presión (LPL).** Consiguen una apariencia parecida a la madera natural a un bajo coste. Son de fácil limpieza pero no muy resistentes.

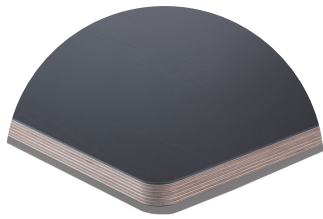


Imagen M6

- **Estratificados o laminados de alta presión (HPL).** Es un material de gran resistencia a la humedad, a la fricción y al rayado. De un aspecto actual y con un precio asequible.



Imagen M7

- **Termoestructurados.** Consiguen un acabado más rugoso y una apariencia más natural. Principalmente son empleados en la fabricación de muebles de salón.



Imagen M8

- **Polilaminado.** Su peculiaridad es que se adaptan a las formas de las piezas que cubren.

En cuanto a los metales, son utilizados principalmente en la elaboración de la estructura que soporta las diferentes partes que componen el mueble. Su elección depende de las características y finalidad del producto. Los dos más utilizados en la elaboración de mobiliario son el aluminio y el acero.





Imagen M9

- **Aluminio.** Destaca por la baja densidad que posee y su gran resistencia a la corrosión. Es un material maleable y dúctil, lo que permite mecanizarlo con facilidad. No es un material costoso, pero presenta una menor resistencia mecánica que los aceros.



Imagen M10

- **Acero.** Posee una gran elasticidad, soldabilidad, y ductilidad. Presenta una excelente resistencia mecánica, pero se oxida con facilidad y su densidad es mayor que la del aluminio.

### 1.3.3 Estudio de mercado

Para conocer mejor el ámbito de desarrollo del producto se ha realizado un detallado estudio de mercado. Se han buscado los productos, de empresas tanto nacionales como internacionales, que constituyen actualmente el mercado del mobiliario escolar. Mediante la realización de este estudio se han conocido las medidas con las que se trabaja, los materiales utilizados para la fabricación y los precios asignados por cada uno de los fabricantes. Los productos más destacados del estudio de mercado, realizado en el apartado “2.2. Estudio de mercado” del libro Anexos, pueden verse a continuación:



Imagen M11

Pupitre FG® diseñado y fabricado por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L

Edad	Ancho mm	Profundidad mm	Altura tablero mm	Peso kg	Materiales	Precio €
3-6 años	700	500	600	12	DM laminado y tubo de acero	108,95
8-10 años	700	500	650	12	DM laminado y tubo de acero	117,95
10-12 años	700	500	700	12	DM laminado y tubo de acero	123,95
+ de 13 años	700	500	780	13	DM laminado y tubo de acero	127,95



Imagen M12

Pupitre escolar homologado diseñado y fabricado por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L

Edad	Ancho mm	Profundidad mm	Altura tablero mm	Peso kg	Materiales	Precio €
3-6 años	600	500	580	12	DM laminado y tubo de acero	92,95
8-10 años	600	500	640	12	DM laminado y tubo de acero	96,95
10-12 años	600	500	700	12	DM laminado y tubo de acero	104,95
+ de 13 años	700	500	760	13	DM laminado y tubo de acero	112,95



Imagen M13

Silla FG® diseñada y fabricada por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L

Edad	Altura asiento mm	Ancho total mm	Profundidad total mm	Altura total mm	Peso kg	Materiales	Precio €
6-8 años	370	370	460	680	4,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	66,95
8-10 años	400	370	470	680	4,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	72,95
10-12 años	430	410	530	750	5,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	78,95
+ de 13 años	460	410	530	790	5,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	81,95



Imagen M14

Silla escolar homologada diseñada y fabricada por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L

Edad	Altura asiento mm	Ancho total mm	Profundidad total mm	Altura total mm	Peso kg	Materiales	Precio €
6-8 años	370	370	460	680	4,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	62,95
8-10 años	400	370	470	680	4,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	68,95
10-12 años	430	410	530	750	5,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	74,95
+ de 13 años	460	410	530	790	5,5	Contrachapado laminado y tubo de acero	79,95

## 1.4. Normas y referencias

### 1.4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

A continuación se nombran las normas utilizadas en la elaboración o desarrollo de este proyecto. Se han dividido según su ámbito de aplicación y se han extraído de AENOR .

Las normas aplicadas en lo referente a la elaboración del proyecto y el aseguramiento de la calidad son:

- UNE 157001:2002. Norma Española de “Criterios generales para la elaboración de Proyectos”.
- UNE-EN ISO9001. Modelos de la Calidad para el aseguramiento de la calidad, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio postventa.
- UNE-EN ISO9004-1. Gestión de la Calidad y elementos del sistema de la calidad. Parte 1: directrices.

Las normas UNE aplicadas en la realización de los planos son:

- UNE 1032:1982. Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 1037:1983. Indicaciones de los estados superficiales en los dibujos.
- UNE 1120:1996. Dibujos técnicos. Tolerancias de cotas lineales y angulares.
- UNE 1121-2:1995. Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Principio de máximo material.



---

- UNE 1121-2/1M: 1996. Dibujos técnicos. Tolerancias geométricas. Principio de máximo material. Modificación 1: Requisito de mínimo material.

- UNE 1039:1994. Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.

- UNE 1149:1990. Dibujos técnicos. Principio de tolerancias fundamentales.

- UNE 1027:1995. Dibujos técnicos. Plegado de planos.

- UNE 1135:1989. Dibujos técnicos. Lista de elementos.

- UNE-EN ISO 5457:2000. Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.

- UNE 1166-1:1996. Documentación técnica de productos. Vocabulario. Parte 1: Términos relativos a los dibujos técnicos: Generalidades y tipos de dibujo.

- UNE-EN ISO 3098-0:1998. Documentación técnica de productos. Escritura. Requisitos generales. (ISO 3098-0:1997).

- UNE-EN ISO 3098-5:1998. Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 5: Escritura en diseño asistido por ordenador (DAO), del alfabeto latino, las cifras y los signos. (ISO 3098-5:1997).

- UNE-EN 61346-1:1998. Sistemas industriales, instalaciones y equipos y productos industriales. Principios de estructuración y designaciones de referencia. Parte 2: Clasificación de objetos y códigos para las clases. Ratificada por AENOR en octubre de 2005.

Las normas aplicadas en referencia a los productos desarrollados son:

- UNE 11014:1989. Mesas. Métodos de ensayo para determinar la resistencia estructural.

- UNE 11015:1989. Mesas. Métodos de ensayo para determinar la estabilidad.

- UNE 11022-1:1992. Mesas para uso doméstico y público. Características funcionales y especificaciones. Parte 1: Materiales y acabado superficial.

- UNE 11022-2:1992. Mesas para uso doméstico y público. Especificaciones y características funcionales. Parte 2: Resistencia estructural y estabilidad.

- UNE-EN 789:2006. Estructura de madera. Métodos de ensayo. Determinación de las propiedades mecánicas de los tableros derivados de la madera.

- UNE 48027:1980. Pinturas y barnices. Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los agentes químicos de uso doméstico.

- UNE 11019-6: 1990. Métodos de ensayo en los acabados de muebles de madera. Resistencia superficial al daño mecánico.







Las normas aplicadas en lo referente a los componentes eléctricos pertenecientes al producto:

- UNE-EN 50086-2-2/A11:1999. Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-2: Requisitos particulares para sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50086-2-3/A11:1999. Sistemas de tubos para la conducción de cables. Parte 2-3: Requisitos particulares para sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50085-1:2006. Sistemas de canales para cables y sistemas de conductos cerrados de sección no circular para instalaciones eléctricas. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE 21.027-4. Cable de tensión asignada con conductor de cobre y con aislamiento y cubierta.
- UNE 21.031-5. Cable de tensión asignada con conductor de cobre clase y con aislamiento y cubierta.
- UNE 20315-1-2:2009. Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos. Parte 1-2: Requisitos dimensionales del Sistema Español.
- UNE 20315-1-2:1994. Bases de toma de corriente y clavijas para usos domésticos y análogos.
- UNE-EN 55014 EN 55014-2. Compatibilidad electromagnética. Requisitos para 2. Compatibilidad electromagnética. Requisitos para aparatos electrodomésticos, herramientas eléctricas y aparatos análogos. Parte 2: Inmunidad. Norma de familia de productos.
- UNE-EN 60335. Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad.

#### 1.4.2. Programas utilizados

Durante el transcurso de elaboración del proyecto se han utilizado diversos programas informáticos:



Microsoft Word 2013  
Procesamiento de texto



Adobe InDesign CS6  
Maquetación de los documentos



Adobe Photoshop CS6  
Retoque fotográfico



Autocad autodesk  
realización de planos en 2D



Solidworks  
modelado y renderizado en 3D

### 1.4.3. Aseguramiento de la calidad

Para asegurar la calidad del proyecto durante la realización del mismo, se han utilizado los siguientes procesos:

- Realización de copia de seguridad de todos los documentos en un medio físico seguro.
- Contraste de información extraída de internet entre diferentes fuentes de información.
- Uso del correo de Google y google Drive para mantener un contacto continuo con el profesor.
- Seguimiento de la norma UNE 157001. Elaboración de proyectos.
- Revisión por parte de terceros de los documentos presentados en el proyecto.
- Mismo uso de aplicaciones informáticas en todos los equipos de trabajo.

### 1.5. Definiciones y abreviaturas

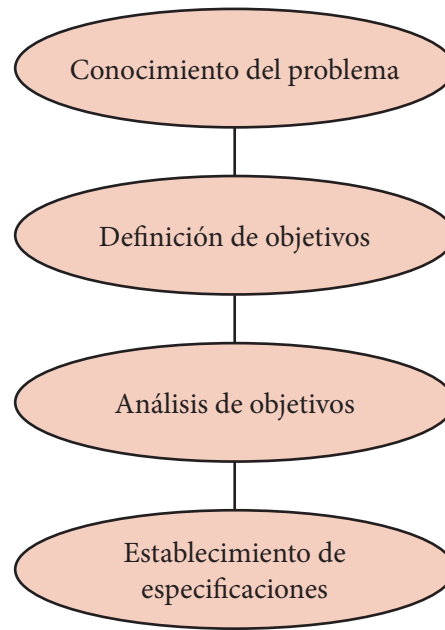
Abreviatura	Definición
P.V.P	precio de venta al público
I.V.A	impuesto al valor agregado
VAN	valor actualizado de todos los flujos de caja del período considerado del proyecto
TR	tasa de retorno
DM	densidad media
MDF	medium density fibreboard
HDF	high density fibreboard
UNE	normativa española
ISO	normativa internacional
EN	normativa europea
ud.	unidad
uds.	unidades
pza.	pieza
pzas.	piezas





## 1.6. Requisitos de diseño

El primer paso en el desarrollo de un proyecto de diseño es, por una parte, conocer el problema que se va a solventar mediante la fabricación del producto y, por otra, establecer los objetivos que se deben cumplir, así como las especificaciones y restricciones. Para la correcta definición de cada uno de estos aspectos se han seguido las diferentes fases de la siguiente metodología conceptual:



El problema que debe solventar el diseño del producto a desarrollar es la falta de evolución del mobiliario escolar y la inconcordancia con la evolución del sistema educativo e implantación de nuevos dispositivos electrónicos. A través de este proyecto se va a pretender ofrecer, en primer lugar, un producto que acople la nueva tecnología para el uso en las aulas, concretamente las tablets y, en segundo lugar, un producto que se adapte a la altura de los alumnos de toda primaria con una estética actual, sencilla y perfectamente complaciente al entorno escolar.

Una vez analizado el problema, se ha realizado un estudio conceptual siguiendo el orden de las fases secuenciadas del proceso. En este estudio se han tenido en cuenta tanto las circunstancias que rodean al diseño como el público objetivo. El pleno desarrollo del mismo puede observarse en el apartado “2.4.1. Definición del problema” del libro de Anexos. En este apartado se establecen los objetivos, restricciones y especificaciones a tener en cuenta en las siguientes etapas de diseño para lograr que el resultado final sea adecuado y resuelva el problema. Dichas especificaciones son las siguientes:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible
3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles

5. Que se utilice el menor número de materiales diferentes

9. Que sea lo más duradero posible

10. Que sea lo más resistente posible

11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

### 1.7. Análisis de soluciones

Una vez establecidos los requisitos de diseño, se han realizado los primeros bocetos y conceptos a partir de los cuales se han generado unas propuestas de diseño. Estas propuestas satisfacen en mayor o menor medida cada una de las especificaciones.

#### Propuesta 1.



Imagen M15

En esta propuesta se destaca un sistema de elevación sencillo, similar al de una muleta, y la ligereza y el dinamismo de sus formas. En la superficie de trabajo del escritorio se ubica una ranura para disponer la tablet en posición vertical y ofrecer al usuario un mayor espacio de trabajo. En esta misma superficie también se dispone de un pasacables donde poder realizar las conexiones pertinentes. En la silla destaca la regulación del respaldo y las ligeras curvas del asiento y del respaldo.



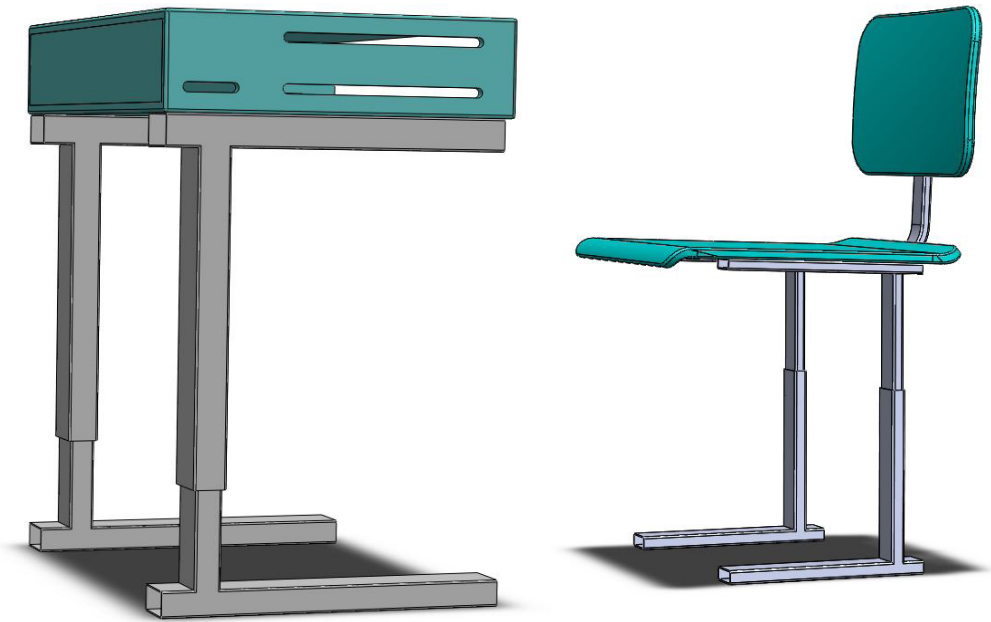
**Propuesta 2.**

Imagen M16

En esta propuesta se destaca la estructura hecha de perfiles cuadrados y un sistema de elevación en el escritorio basado en una cadena y dos piños que se puede manejar mediante una rueda incrustada en la superficie de trabajo. A parte de la rueda en esta superficie, también se ubica una ranura para la colocación de dispositivos electrónicos.

**Propuesta 3.**

Imagen M17

En la tercera propuesta destacan las patas de la estructura en forma de “L” creadas con tubo de sección rectangular. El sistema de elevación se dispone en el escritorio y se acciona mediante una rueda incrustada en la superficie que gira unos engranajes que generan el desplazamiento vertical de la estructura. En la silla destaca la pieza principal que une asiento y respaldo en una sola pieza.

#### Propuesta 4.

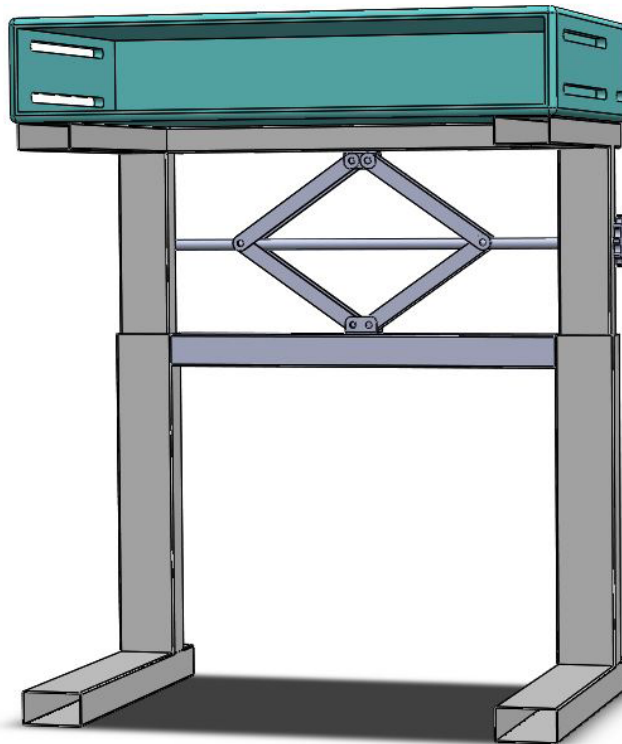


Imagen M18

Lo que destaca de esta propuesta es el sistema de elevación similar a un gato mecánico que eleva la superficie al girar una rueda situada en el lateral. Al igual que el resto de las propuestas, esta presenta una ranura en su superficie y un pasacables dónde realizar las conexiones.

#### 1.8. Resultados finales

Para evaluar en qué medida cada una de las propuestas cumple las especificaciones pertinentes se han realizado dos métodos de evaluación. El primero por el que se ha evaluado es el método cualitativo, o método Datum, y el segundo es el denominado método cuantitativo, o de objetivos ponderados.

El método Datum permite ordenar las propuestas según el grado de mayor o menor cumplimiento de las especificaciones partiendo de una escala ordinal. Los resultados obtenidos indican que la propuesta 2 es peor que la 3, tomada como DATUM, pues ha obtenido un resultado negativo. Los resultados también indican que las propuestas 1 y 4 son mejores que la tomada como referencia, puesto que han sacado una puntuación positiva. De ambas propuestas la número 1 es la que mejor puntuación ha obtenido, por lo que según el método cualitativo la primera propuesta es la que mejor cumple las especificaciones.

El método cuantitativo permite cuantificar las diferentes propuestas obteniendo una nota de cada una de ellas. Los resultados de esta segunda evaluación indican que la propuesta que menos cumple con las especificaciones establecidas es la propuesta 3 y la que más cumple la propuesta 1.

Comparando los resultados de ambos métodos se puede confirmar que la propuesta 1 es la que mejor cumple con las especificaciones y por consiguiente la que mejor va a satisfacer las necesidades para las que se ha diseñado.





### 1.8.1. Descripción general del conjunto

A partir de la propuesta elegida como la que mejor cumple las especificaciones y resuelve el problema, se ha realizado una mejora y un diseño de detalle. En este apartado se va a explicar el resultado de este proyecto, es decir, los productos resultantes tras la aplicación de todas las metodologías y conocimientos adquiridos.

En primer lugar, en lo que concierne al escritorio, se diferencian claramente dos partes: la estructura y el cajón. La estructura está fabricada con tubo de acero doblado de dos diámetros distintos, mientras que el cajón está fabricado con DM laminado de alta presión.



Imagen M19

La estructura está constituida por una parte principal y otra secundaria. La parte principal está fabricada con el tubo de mayor diámetro y la forman 4 piezas, dos de ellas iguales a las otras dos. El primer par de piezas forman las patas de la estructura, dos piezas ligeramente arqueadas. Las otras dos piezas que completan la parte principal son los traveseros. Éstos se sueldan a las dos piezas anteriores y unen las patas formando una estructura estable. En la parte inferior de cada una de las patas y, orientados hacia el interior del mueble, se disponen 5 agujeros separados entre sí a una distancia determinada.

Del extremo inferior de cada una de las patas aparece la parte secundaria. Se trata de 4 piezas, iguales dos a dos, fabricadas en tubo de acero doblado con el mismo radio que las patas principales pero de menor diámetro. Estas piezas se introducen en las patas y se fijan a la altura deseada mediante un sistema muy sencillo. Este sistema consiste en encajar un botón clip de resorte en uno de los agujeros de la pata y establecer así una mayor o menor altura. Este elemento está alojado en un agujero que presenta cada una de las extensiones en la parte superior a escasos centímetros del extremo y orientado hacia la parte interna del mueble. En el extremo opuesto, el que se encuentra en contacto con el suelo, se ha acoplado una contera de plástico para mejorar el acabado, evitar rayaduras del suelo y disminuir el ruido al desplazar el mobiliario.





Imagen M20



Imagen M21

Para mejorar la estabilidad y reducir las holguras del sistema de desplazamiento entre la parte principal y secundaria de la estructura, se han acoplado un casquillo y un tope-guía de nylon. El tope guía se coloca en el extremo de la extensión con lo que queda dentro de los tubos de mayor diámetro y presiona ligeramente sus paredes internas. El casquillo está situado en el extremo de cada una de las patas y presiona las paredes externas de las extensiones.

El cajón o cuerpo principal se dispone sobre la estructura. Éste se sujeta a través de unos tornillos que cruzan los tubos de la estructura por medio de unos agujeros realizados en ella y se atornillan a la superficie inferior del cajón.



Imagen M22

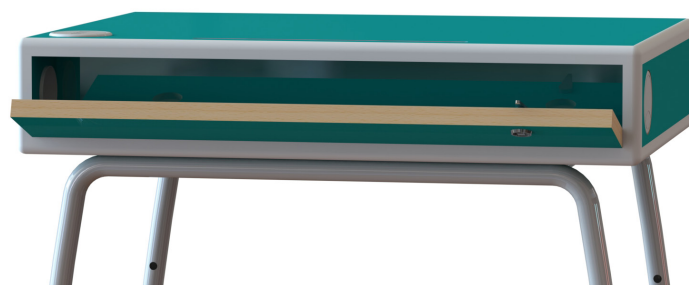


Imagen M23

En el cajón se ha reservado un espacio para el cableado y las conexiones pertinentes. Para acceder a este cajón de conexiones, se han instalado dos bisagras en la superficie trasera del cajón convirtiéndola en una puerta de acceso al mismo. Esta puerta tiene una cerradura cuadrada para que los alumnos no puedan acceder al cajón de conexiones. En las superficies laterales se han instalado dos accesos más al interior de este cajón. Consisten en dos pasacables de seguridad que permiten la extracción o inserción de los cables necesarios. En su interior se encuentran un enchufe de corriente eléctrica y un cable de alimentación, los cuales pueden comunicarse o bien con otros pupitres o bien con un enchufe de aula sin necesidad de tener los cables expuestos en el área de trabajo. En la superficie de trabajo del usuario, se dispone de un hub usb que posee cuatro puertos distintos. Estos permiten la carga y la transferencia entre los diferentes dispositivos electrónicos. También se encuentra, además del hub usb, una ranura de colocación de dispositivos electrónicos. En ella el alumno puede colocar la tablet de manera vertical y de este modo ahorrar espacio y aumentar la comodidad.







Imagen M24

En lo que concierne a la silla, se diferencian al igual que en el escritorio dos partes: la estructura y el asiento y respaldo. La estructura también está fabricada con tubo de acero doblado de dos diámetros distintos, mientras que el asiento y el respaldo están fabricados con contrachapado laminado de alta presión.



Imagen M25

La estructura de la silla es similar a la del escritorio. El sistema de elevación es el mismo, al igual que las conteras y los elementos de nailon que reducen la holgura. Las diferencias con la estructura del escritorio son: las dimensiones, el refuerzo que une las cuatro patas para aumentar la solidez de la estructura y los traveseros. Los traveseros se doblan y extienden verticalmente para sujetar el respaldo. En el extremo de cada uno de los tubos de la estructura se ha colocado un tapón de plástico para mejorar el acabado del producto y aumentar la seguridad.



Imagen M26



Imagen M27

El respaldo presenta una encorvadura convexa en sus secciones verticales y una cóncava en la secciones horizontales para que el usuario pueda colocar de forma más ergonómica la espalda. Se sostienen a los tubos de la estructura mediante unos elementos de fijación que rodean el tubo y se atornillan al respaldo. Estos elementos de fijación presentan una rosca en el centro de la zona curvada para atornillar un tornillo con pomo y fijar el respaldo contra la estructura a la altura elegida.

El asiento está sujeto a la estructura a través de unos tornillos desde el interior quedando éstos totalmente ocultos. Se caracteriza por presentar todas las esquinas redondeadas al igual que el pupitre para aportar seguridad y comodidad. Además, está ligeramente inclinado y posee el borde delantero curvado para evitar que moleste y cause dolor en la zona trasera de las rodillas y muslos.



Imagen M28



Imagen M29





En conjunto, ambos productos están diseñados para adaptarse perfectamente al lugar donde van a ser utilizados, las aulas. Las líneas curvas y los cantos redondeados reflejan dinamismo y tranquilidad. Los colores elegidos son el blanco para la estructura, elementos comerciales y cantos de las piezas de madera, y azul claro para el laminado estratificado o de alta presión. Ambos colores transmiten equilibrio y serenidad además de limpieza y elegancia. En general, se obtienen dos productos de líneas sencillas y modernas que inspiran al usuario para desarrollar sus actividades escolares e invitan al uso continuado de los mismos.



Imagen M30

### 1.8.2. Dimensiones

Tras la realización del estudio ergonómico en el apartado “2.3. Estudio ergonómico” del libro Anexos, se ha confirmado la viabilidad formal de satisfacer las alturas de todos los usuarios de la enseñanza obligatoria. Además, se ha considerado dada la diferencia de altura, que 5 posiciones diferentes es cantidad suficiente para la correcta adaptación de cada uno de los usuarios. Tras el redondeo realizado, siempre tratando de satisfacer al máximo número de usuarios, las medidas tanto de la mesa como de la silla han quedado de la siguiente forma:

Escritorio (mm)			
Posición	Altura escritorio	Espacio libre bajo escritorio	Altura cajón
1	790	635	130
2	740	585	130
3	690	535	130
4	640	485	130
5	590	435	130

Escritorio (mm)	
Posición	Altura silla
1	480
2	440
3	400
4	360
5	320

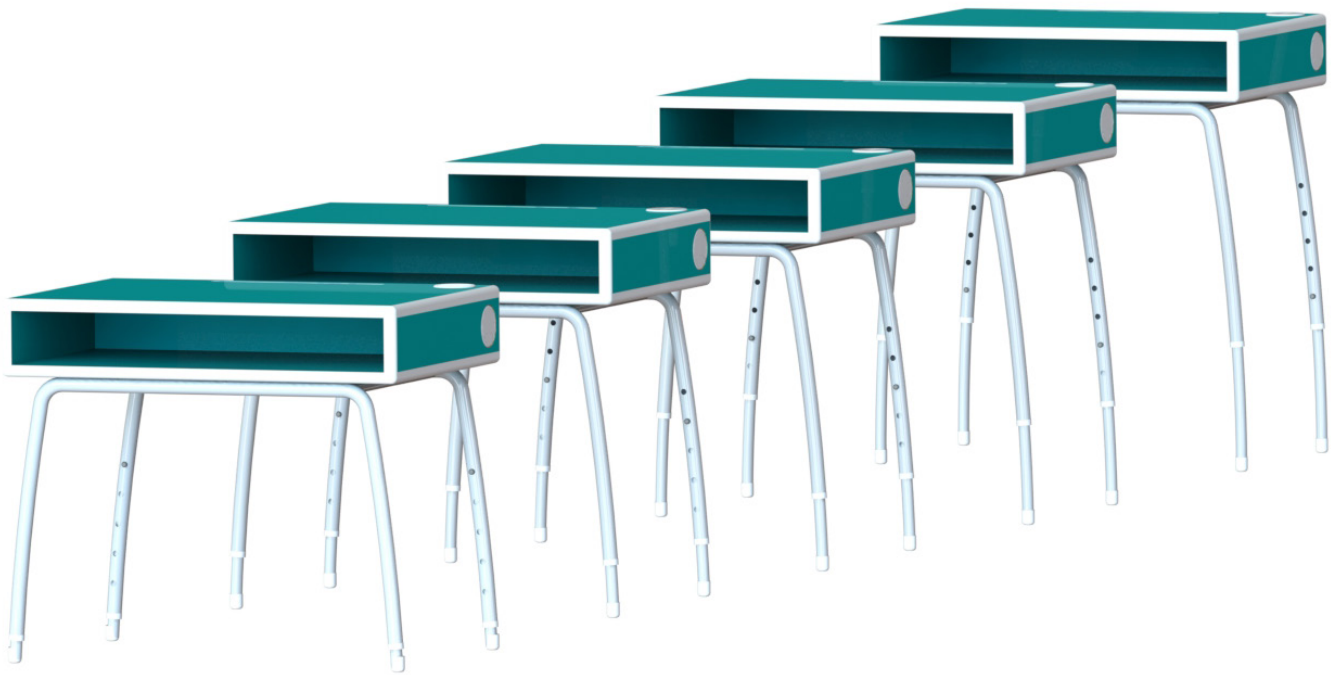


Imagen M31



Imagen M32





### 1.8.3. Proceso de fabricación

#### 1.8.3.1. Cajón

La fabricación del cajón o cuerpo principal del escritorio comienza por la división de los tableros de DM laminado de 2.240 x 1.000 mm. Esta operación se realiza en una mesa de sierra circular mediante una sierra de disco que separa las distintas piezas según las indicaciones y medidas de los planos. De cada tablero se obtienen más de las piezas necesarias para la fabricación de dos cajones; concretamente: dos superficies superiores, dos inferiores, cuatro superficies laterales, diez fondos y diez tapas del cajón de conexiones. Las medidas del tablero inicial resultan las más eficientes, puesto que el desecho de material es el mínimo y ofrece muchas combinaciones.

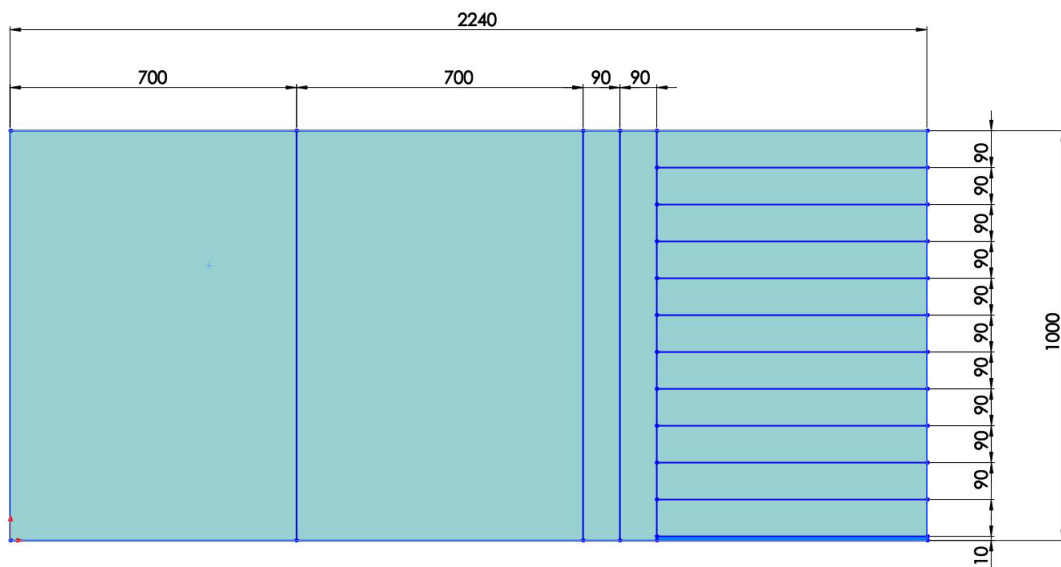


Imagen M33

Una vez cortadas las piezas, se mecanizan las zonas requeridas en cada una de ellas. A continuación, se observan imágenes de cada uno de los componentes que forman el cajón. En ellas se puede apreciar cada operación realizada, pues las superficies resultantes han sido diferenciadas mediante colores.

En primer lugar, se posiciona la pieza correspondiente a la superficie superior por su cara delantera y se le realiza una operación de taladrado en cada una de las superficies de color morado. A continuación, se hace un pequeño ranurado con una fresa, correspondiente a la superficie de color amarilla. Tras poner la pieza por su cara trasera, se realiza el ranurado de la superficie coloreada en rojo. Posteriormente, se efectúa un trepanado que da lugar a la superficie azul. Para terminar, se efectúa un perfilado con una fresa tal y como se observa en las superficies verdes.

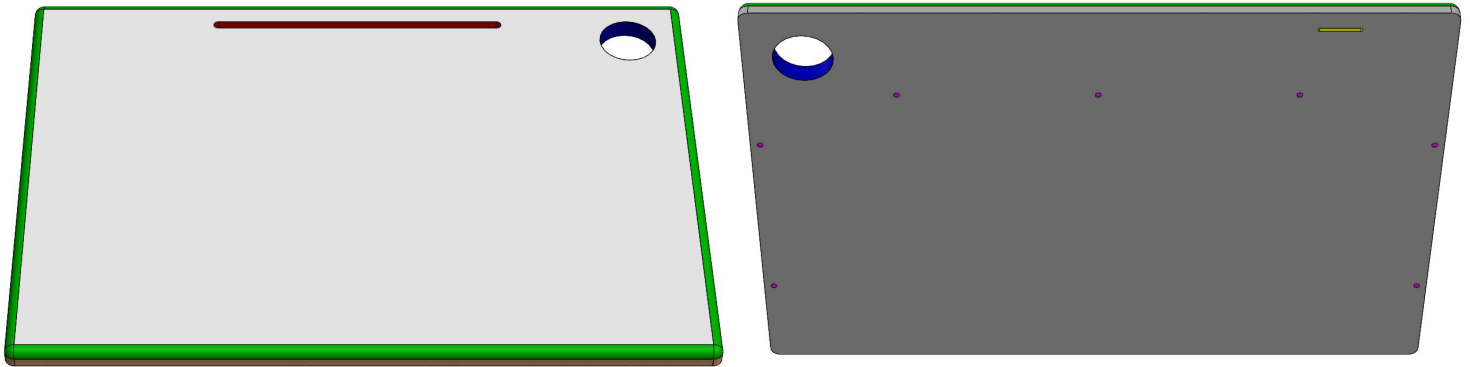


Imagen M34

La siguiente pieza a mecanizar es la superficie inferior. Ésta se posiciona por su cara delantera y se le realiza una operación de taladrado en cada una de las superficies de color morado. Posteriormente, tras voltear la pieza, se efectúa un perfilado mediante una fresa que da lugar a las superficies verdes.

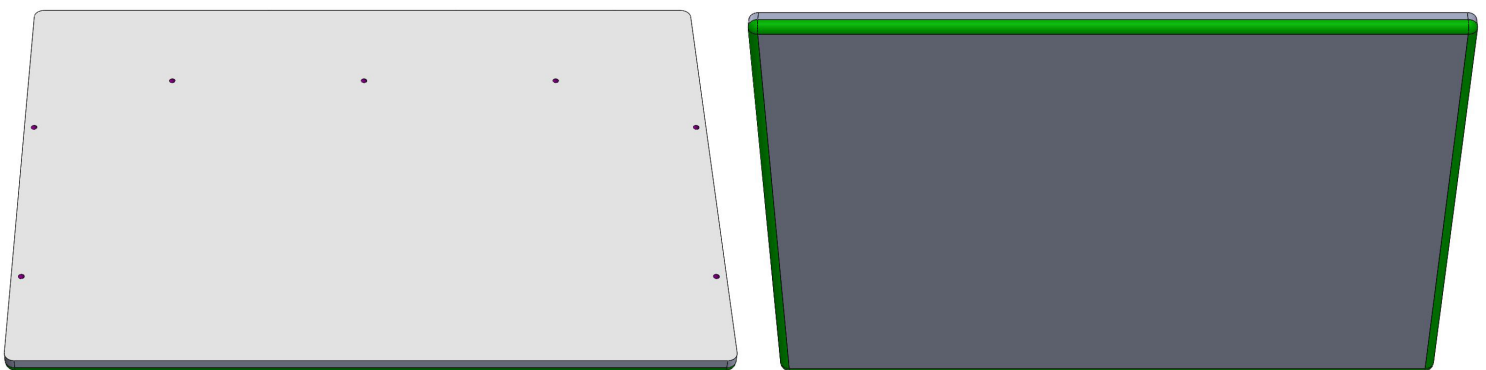


Imagen M35

Las piezas laterales que conforman el cajón son componentes iguales. En ellas se realiza; en primer lugar, los taladros correspondientes a las superficies moradas. En segundo lugar, se efectúa un trepanado en una de las caras; correspondiente a la superficie amarilla. A continuación, se hace un fresado combinado para rebajar la superficie de color rojo. Para terminar, se efectúa un perfilado con una fresa, tal y como se observa en las superficies verdes.

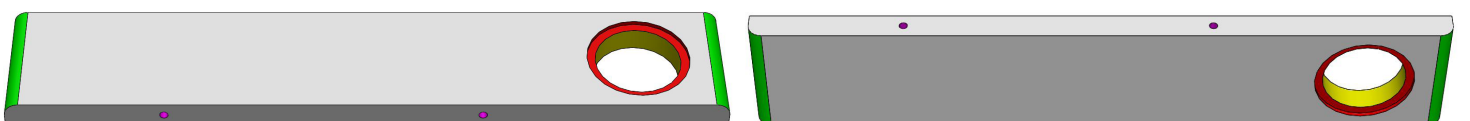


Imagen M36





En la pieza que corresponde al fondo del cajón, solo se realizan las operaciones de taladrado correspondientes con las zonas indicadas de color morado.



Imagen M37

Para finalizar con los componentes del cajón se mecaniza la tapa de apertura del cajón de conexiones. En esta pieza se realiza en primer lugar, un taladrado que da lugar al agujero pasante coloreado en morado. En segundo y último lugar, se realizan dos fresados frontales para obtener las superficies de color rojo.



Imagen M38

Una vez fabricadas cada una de las piezas que conforman el cajón, se unen según los planos. Para una correcta unión se alojan los tubillones en los agujeros pertinentes y se aplica cola blanca. Tras ejercer la presión adecuada y transcurrido el tiempo necesario de secado, se pintan las superficies de los cantos que quedan sin laminar. En primer lugar, se aplica una capa de imprimación, después una capa de pintura de color blanco y para finalizar una capa de acabado.



Imagen M39

Para dar finalizado el proceso de fabricación del cajón, se colocan todos los elementos comerciales descritos en el apartado “4.2.2. Elementos comerciales”.

### 1.8.3.2. Estructura

En lo que se refiere a la estructura de ambos productos, su fabricación comienza por la división de los tubos de acero. Esta operación se realiza mediante una tronzadora de cinta que separa las distintas piezas según las indicaciones y medidas de los planos.

En primer lugar para la realización de las dos patas que componen la estructura del escritorio, se realizan los doblados de tubo pertinentes a las superficies coloreadas en amarillo y verde. Esta operación de doblado se realiza con la ayuda de una dobladora de tubos y perfiles. A continuación, se debe comprobar la altura obtenida y en el caso de que fuera necesario se corta el material sobrante de ambos extremos. Por último, se efectúa con la ayuda de un taladro los agujeros representados en rojo.



Imagen M40

Las operaciones realizadas para las patas de la mesa son las mismas que las realizadas con las patas de la silla. El único aspecto que varía en el proceso es la altura obtenida en las piezas; tal y como se puede ver en los planos.

Para la obtención del refuerzo de la mesa y tras tronzar el tubo a las medidas pertinentes, se realizan los cortes para obtener las superficies en rojo de los extremos. Para realizar esta operación se utiliza un taladro de banco con una sierra de corona para acero.



Imagen M41

Para obtener la pieza de refuerzo de la silla, únicamente hay que realizar dos dobles en el tubo con la ayuda de la dobladora y cortar el material sobrante de los extremos del tubo.





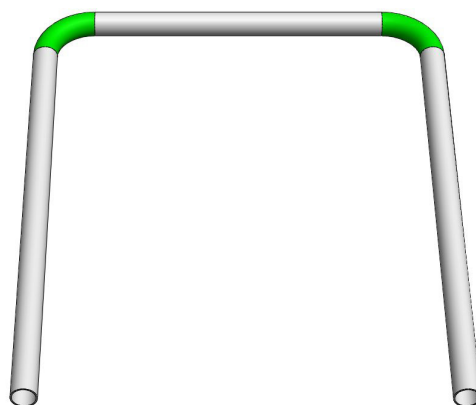


Imagen M42

Las extensiones de pata de ambos productos tienen un proceso de fabricación muy sencillo. En primer lugar, se debe doblar el tubo con una dobladora y obtener la superficie amarilla. A continuación, se realiza una comprobación de la altura de la pieza. Por último, se realiza el taladro con la ayuda de un taladro de banco.



Imagen M43

Para la fabricación de las piezas que unen las patas con el respaldo se utiliza; en primer lugar, la dobladora para obtener la geometría de las superficies amarillas. En segundo lugar, se realiza el corte a 90° en el extremo del tubo con un taladro de banco y una sierra corona para acero. En último lugar, se revisan las medidas de la pieza y si es pertinente se ajustan recortando los extremos.



Imagen M44

Para finalizar ambas estructuras, se sueldan los componentes de cada una de ellas según los planos. A continuación, se limpia la estructura y se aplica una capa de imprimación antes de aplicar dos capas de pintura.



Imagen M45

### 1.8.3.3. Asiento

Para la fabricación del asiento se utiliza contrachapado laminado de alta presión. Los tableros comerciales son de 2040 x 1800 mm. En primer lugar, se divide el tablero con una mesa de sierra circular en piezas de 470 x 440 mm.

Una vez obtenidas las medidas generales del asiento se realizan los cortes necesarios para la obtención de las superficies moradas. Esta operación se efectúa con una sierra de cinta vertical. A continuación, se lijan las zonas cortadas anteriormente para obtener un mejor acabado. Más tarde se somete la pieza a un proceso de vaporizado para humedecerla. Tras humedecer la pieza se presiona con una prensa y adopta la forma deseada, correspondiente a las superficies de color gris. Después, se realiza un perfilado con la ayuda de una fresa para obtener las superficies de color verde.

Par finalizar, se pintan las superficies de los cantos que quedan sin laminar. En primer lugar, se aplica una capa de imprimación; después una capa de pintura de color blanco y para finalizar una capa de acabado.

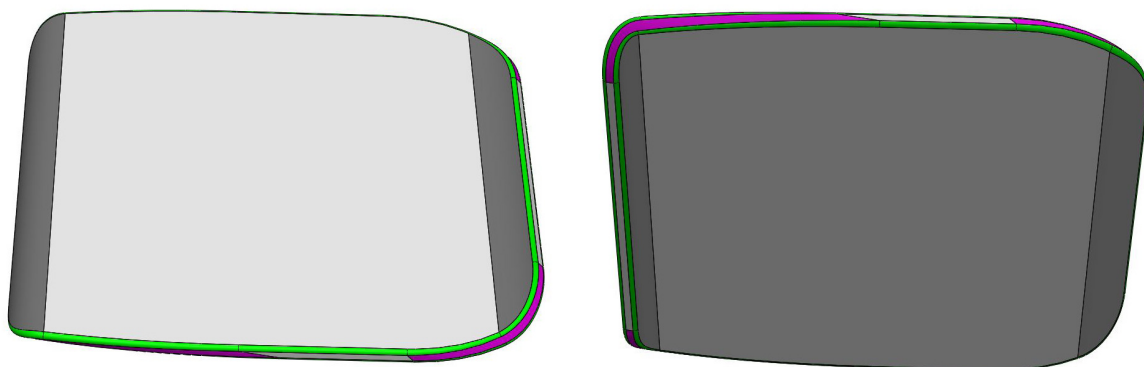


Imagen M46





#### 1.8.3.4 Respaldo

Para la fabricación del respaldo se debe cortar en primer lugar el tablero de contrachapado laminado en piezas de 440 x 200 mm. Esta división del tablero se realiza en una mesa de sierra circular.

Tras obtener la pieza cortada se realizan los cortes de las esquinas para redondearlas y obtener las superficies de color morado. Esta operación se realiza con una sierra de cinta vertical. A continuación, se lijan las zonas cortadas anteriormente para obtener un mejor acabado. Después, se somete la pieza a un proceso de vaporizado para humedecerla. Tras humedecer la pieza se presiona por una prensa y adopta la forma deseada tal y como se observa en las superficies coloreadas en gris. Más tarde, se realiza el perfilado de las superficies de color verde con la ayuda de una fresa.

Para finalizar, se pintan las superficies de los cantos que quedan sin laminar. En primer lugar, se aplica una capa de imprimación, después una capa de pintura de color blanco y para finalizar una capa de acabado.

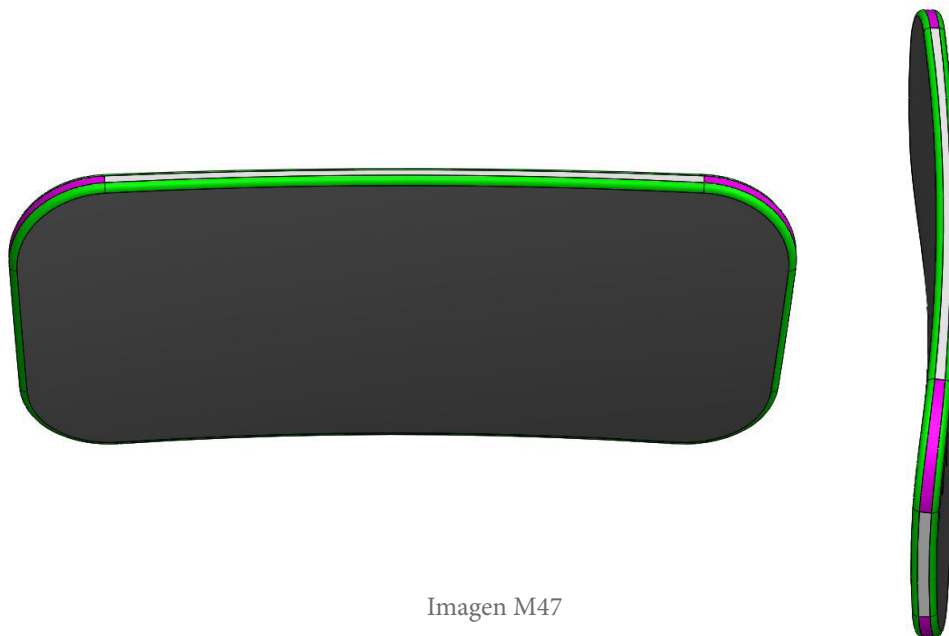


Imagen M47

#### 1.8.4. Embalaje

Una vez finalizado el proceso de fabricación es importante realizar un correcto embalaje de las piezas. Mediante el embalaje los productos quedan protegidos bien para su almacenaje o bien para su transporte. Los elementos utilizados en el embalaje así como la secuencia realizada para ambos productos queda detallada a continuación.

En primer lugar, en referencia al cajón, se cubre con tela espuma de polietileno. Esta tela protege, tanto las piezas fabricadas como los elementos comerciales, de posibles rayaduras. A continuación, se introduce en una caja de cartón corrugado de doble canal. Junto con el cajón se incluyen los tornillos de unión a la estructura del escritorio y las condiciones de utilización que se describen en el apartado “4.4. Condiciones de utilización del producto” del Libro Pliego de condiciones. Una vez se ha introducido todo, se precinta la caja con cinta y queda lista para su transporte o almacenaje.

En cuanto a la estructura del escritorio, se introducen en primer lugar las extensiones de las patas lo más hacia el interior posible. A continuación, se cubre toda la estructura con tela espuma de polietileno y se fija con cinta adhesiva. Dada la geometría de la estructura así como su finalidad, se considera que la espuma de polietileno es suficiente para prevenir rayaduras y queda finalizado el embalaje de la misma.

En cuanto a la silla, el respaldo y el asiento se cubren por separado con tela espuma de polietileno y se introducen en una caja de cartón corrugado de doble canal. En esta caja se alojan también los elementos de fijación, los tornillos necesarios para fijar el asiento, así como los tornillos con pomo. Una vez se ha introducido todo, la caja se precinta con cinta y queda lista para su transporte o almacenaje.

Por último, en referencia a la estructura de la silla se sigue el mismo proceso que para la del escritorio. Se cubre con tela espuma de polietileno y se fija con cinta adhesiva.

### 1.8.5. Montaje

El montaje que se realiza en el lugar de utilización del producto es muy sencillo y no requiere de personal cualificado para ello. Una vez desprecintadas las piezas del escritorio, basta con situar el cajón sobre la estructura en la posición marcada y fijarlo con los tornillos incluidos en la caja.

Del mismo modo que el cajón, el asiento se fija a la estructura de la silla. En cuanto al respaldo, en primer lugar se atornillan los elementos de fijación a la parte trasera de éste. Después, se introducen los elementos de fijación por los tubos de la estructura y se fijan a la altura deseada mediante los tornillos con pomo.

### 1.8.6. Estudio económico

Una vez realizado el presupuesto se ha podido confirmar la viabilidad económica para llevar a cabo el proyecto. El gasto total es de 117,42 € para el escritorio y 68,99 € para la silla aceptando un coste indirecto del 10% del coste directo. La ganancia obtenida de ambos muebles corresponde al 35% del gasto, lo que implica que el beneficio obtenido por la venta de un escritorio es de 41,09 €, incrementando su precio a 158,51 € y el de la silla es de 23,86 €, aumentando su precio en 92,85 €. Añadiendo el 21% de I.V.A al precio anterior, el precio de venta al público se adjudica en 191,8 € para el escritorio y 112,18 € para la silla.

A partir de los cálculos realizados en las metodologías VAN y TR, se han calculado los esperados flujos de caja generados con el paso del tiempo. Ambas metodologías indican la viabilidad económica de ambos productos.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
<b>Inversiones</b>	17.000	0	0	0
<b>Uds. vendidas</b>	-	1.000	1.500	1.800
<b>Gastos</b>	-	186.410	279.615	335.538
<b>Ingresos</b>	-	303.980	455.970	547.164
<b>Beneficios (tras imp)</b>	-	64.959	97.425	116.910
<b>Flujo de caja</b>	-17.000	117.570	176.355	211.626
<b>VAN</b>		104.097,1	82.897,92	148.351,52





El precio obtenido es ligeramente superior al esperado debido a la cantidad de elementos incorporados para la correcta adaptación electrónica y ergonómica, así como la calidad de los materiales empleados. Si se comparan con el precio del mobiliario escolar del mercado actual la diferencia es de aproximadamente unos 70 € en el escritorio y de 50 € en la silla. Considerando las características que presentan los productos de este proyecto cabe resaltar dos aspectos importantes: el primero, es que si son comparados con los productos convencionales el precio establecido no supone un coste desorbitado y el segundo, es la posibilidad de dirigir las ventas hacia centros de educación privada o concertada.

### 1.8.7. Renderizado



Imagen M48



Imagen M49



Imagen M50





Imagen M51





# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

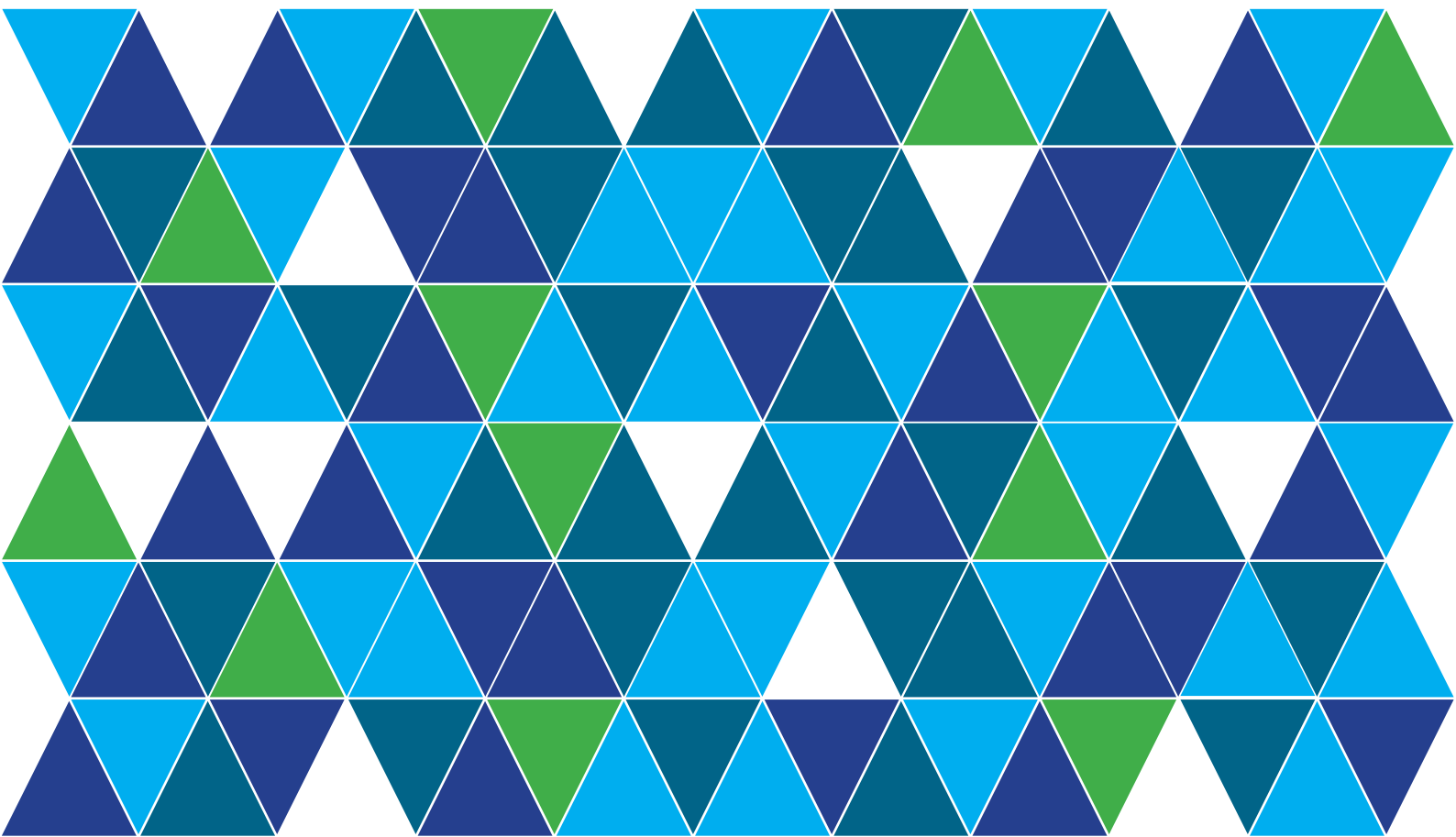
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**autor:** Manuel González Aranda      **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# *Anexos*







<b>2.1. Búsqueda de información</b>	<b>51</b>
2.1.1. Historia y evolución	51
2.1.2. La educación del S.XXI	55
2.1.3. Materiales	56
<b>2.2. Estudio de mercado</b>	<b>59</b>
2.2.1. Empresas productoras de mobiliario escolar	59
2.2.1.1. Empresas nacionales	51
2.2.1.2. Empresas internacionales	60
2.2.2. Mobiliario escolar convencional	61
2.2.3. Mobiliario adaptado a las nuevas necesidades tecnológicas	64
2.2.4. Tablets	65
2.2.5. Identificación y análisis de usuarios	66
2.2.6. Precio aproximado	66
2.2.7. Demanda estimada	67
2.2.8. Medio de comercialización	67
<b>2.3. Estudio ergonómico</b>	<b>68</b>
2.3.1. La postura sedente	68
2.3.2. La ergonomía del mobiliario escolar	68
2.3.3. Cálculo de dimensiones	69
2.3.4. Conclusiones	72
<b>2.4. Diseño conceptual</b>	<b>73</b>
2.4.1. Definición del problema	73
2.4.1.1. Conocimiento del problema	73
2.4.1.2. Definición de objetivos	73





2.4.1.2.1. Nivel de generalidad	73
2.4.1.2.2. Estudio de las expectativas y razones del promotor/ diseñador	74
2.4.1.2.3. Estudio de las circunstancias que rodean al diseño	74
2.4.1.2.4. Estudio de los recursos disponibles	74
2.4.1.2.5. Establecimiento de los objetivos	74
2.4.1.3. Análisis de objetivos	77
2.4.1.3.1. Clasificación de objetivos por grupos	77
2.4.1.3.2. Obtención de objetivos de relevancia. Árbol jerárquico	81
2.4.1.4. Establecimiento de especificaciones y restricciones	83
2.4.2. Análisis de soluciones	84
2.4.2.1. Conceptos de diseño	84
2.4.2.2. Propuestas de diseño	91
2.4.2.3. Evaluación de las propuestas	98
2.4.2.3.1. Método Datum	98
2.4.2.3.2. Método de objetivos ponderados	99
2.4.2.4. Propuesta final	101
<b>2.5. Diseño de detalle</b>	<b>102</b>
2.5.1. Selección de materiales	102
2.5.2. Cálculos estructurales	104
2.5.3. Proceso de fabricación	107
<b>2.6. Bibliografía y webgrafía</b>	<b>109</b>
2.6.1. Bibliografía	109
2.6.2. Webgrafía	109





## 2.1. Búsqueda de información

### 2.1.1. Historia y evolución

Para conocer el producto que se va a diseñar es necesario echar la vista al pasado y conocer la evolución del diseño del mobiliario escolar desde finales del siglo XIX hasta la actualidad. Para ello, se ha realizado un estudio de los cambios que se han ido produciendo, pasando de los antiguos y pesados bancos escolares bipersonales hasta los actuales pupitres individuales. Este estudio se ha llevado a cabo tanto desde el punto de vista ergonómico, de la forma y de las dimensiones, como desde el punto de vista de los materiales de fabricación empleados. Además, se han establecido las principales causas que ocasionaron estas modificaciones.

Durante las últimas décadas del siglo XIX, en España se inició un proceso de transformación del mobiliario escolar; proceso por el que ya estaban pasando países como Alemania, Suiza o Estados Unidos. El inicio de dicha transformación apartaba de las aulas el tosco mobiliario utilizado hasta entonces, bancos y mesas de distinto tipo, y empezó a extenderse por toda España uno de los primeros modelos de pupitre escolar, imagen A1. Se trataba de un pupitre bipersonal de asientos abatibles y suelo en forma de rejilla, poseía un tablero fijo e inclinado con tinteros porcelánicos incorporados; construido en su totalidad con madera. Este pupitre bipersonal era de dimensiones fijas y aunque no se adaptaba al alumnado, poseía el plano de trabajo inclinado que ayudaba al usuario a mantener tanto la espalda como el cuello rectos.



Imagen A1

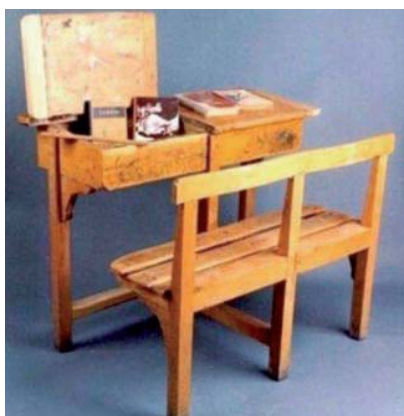


Imagen A2

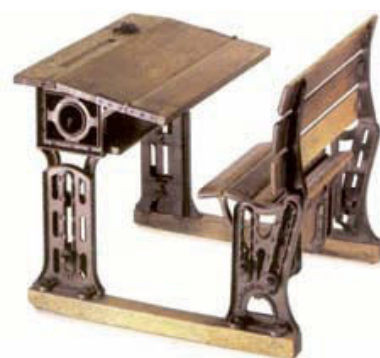


Imagen A3

A partir de la imagen A2, donde se ilustra un pupitre de la década de los 40, es posible observar como apenas se produjo una evolución en el mobiliario escolar durante la primera mitad del siglo XX en España. Sin embargo, en el resto de Europa ya empezaban a realizar proyectos de pupitres que permitían adoptar diferentes posturas al estudiante, como se muestra en la imagen A3, con el ejemplo de un pupitre alemán de 1910. Este pupitre poseía la característica de poder ajustar tanto la altura del asiento, del plano de trabajo como del respaldo.

A comienzos de siglo XX surge una nueva tendencia conocida como el Movimiento Moderno que supuso una ruptura con la tradicional configuración de las formas estéticas y giró entorno a lo esencial y a lo funcional, objetos sin ornamentación ni elementos triviales. Estos productos más sencillos iban encaminados a convertirse en productos totalmente industriales, facilitando la fabricación en serie y abaratando sus costes. Sin embargo la falta

de tecnología, exigía una fabricación prácticamente artesanal. En la imagen A4 se observan diferentes diseños del arquitecto francés Jean Prouvé durante los años 40. En estos pupitres puede verse la influencia de la nueva tendencia moderna, y la notable evolución de diseños anteriores hacia la sencillez. Aunque se conserva el asiento unido a la mesa, el concepto de banco bipersonal desaparece dando lugar a asientos individuales.



Imagen A4

Fue a partir de la II Guerra Mundial cuando el desarrollo industrial permitió la fabricación en serie, por tanto, fue a partir de aquí cuando se empezó a fabricar muebles más sencillos, se eliminaron todos los elementos superfluos, se separaron la mesa de la silla y el plano de trabajo dejó de ser inclinado.

Un ejemplo claro de esta tendencia fue el pupitre diseñado por el arquitecto Arne Jacobsen en 1950, imagen A5. Por una parte, este pupitre fue la imagen representativa de la nueva tendencia que se vivió a partir de la segunda mitad del siglo XX y la ruptura con lo fabricado hasta entonces, por otra parte, fue el punto de partida para establecer las características del mobiliario escolar que siguen hasta ahora vigentes. Dichas características son las siguientes: separación de silla y mesa, estructura de ambos productos fabricada con tubos de acero, y venta del conjunto en diferentes tamaños.



Imagen A5

La II Guerra Mundial también marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la ergonomía. Los diseñadores se vieron interesados en lograr la mejor adaptación entre la silla y el usuario, la postura hasta entonces considerada como referencia empezó a ser motivo de discusión entre expertos y surgió cierta confusión al no saber si considerarla como la más saludable.







A raíz de esta disconformidad de opiniones, médicos de los años setenta como A.C Mandal, realizaron estudios para hallar la postura correcta y en el proceso averiguaron las contraindicaciones de tener flexionadas las piernas en una postura de 90° grados. Dicho autor concluye en su investigación que la postura correcta se logra mientras el usuario se encuentra semisentado y forma un ángulo de 135° entre el tronco y las piernas, de este modo, se protege la curva lumbar y los músculos se encuentran en estado de reposo. El estudio culmina con el diseño de una silla, cuyo asiento se encuentra inclinado 15° permitiendo así una mayor movilidad y liberación de la presión en los pulmones y el estómago.

Para comprobar el efecto que produce un asiento inclinado hacia delante en la espalda del usuario, Mandal realizó un experimento. Este experimento constó de la colocación de tres individuos en tres posiciones distintas a una misma altura tanto del asiento como de la mesa, estas tres posturas se observan en la imagen A6. Los resultados indicaron que la posición C era una posición de descanso natural, en la que la curvatura de la espalda se reducía notablemente y los músculos se relajaban; se trataba de una posición ideal para estar sentado durante mucho tiempo.

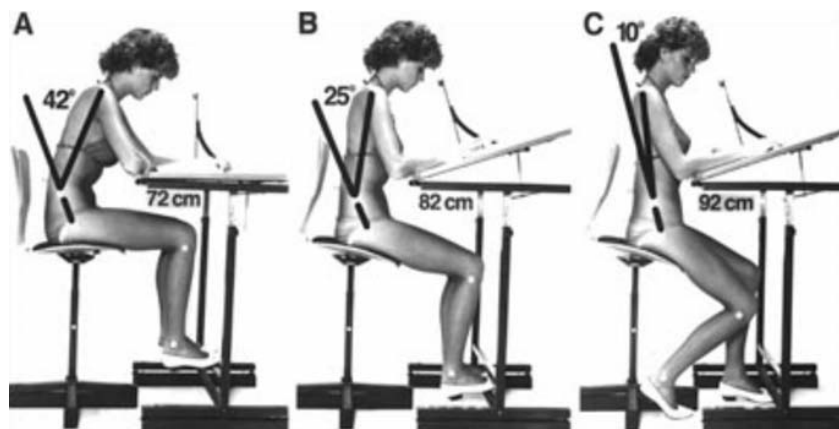


Imagen A6

Partiendo de los estudios ergonómicos realizados, Mandal propuso que la altura de la silla debía de ser un tercio de la altura de la persona y la altura de la mesa la mitad de la misma. El conjunto de mobiliario escolar formado por silla y mesa puede verse en la imagen A7. Este tipo de posición sedente se utiliza en las aulas de países del norte de Europa desde los años setenta. Actualmente algunos expertos aseguran que esta posición es más saludable que la tradicional, aunque no existe base científica para demostrarlo.



Imagen A7



Imagen A8

---

Las nuevas tendencias no llegaron a España hasta finales de los años setenta, cuando los métodos docentes cambiaron. El alumno ya no debía quedarse quieto en su sitio, sino que éste debía moverse por la clase con frecuencia así como juntarse con otros compañeros. De esta forma el mobiliario ya no tenía que asegurar el mínimo movimiento del alumno, debía facilitar el desplazamiento y el dinamismo de las nuevas técnicas educativas. Así pues, los pupitres de madera fueron cambiados por el conjunto silla-mesa individual, con plano de trabajo horizontal, estructura fabricada en tubo de acero y tapa de la mesa, asiento y respaldo de la silla fabricados con láminas de madera barnizada. El mobiliario de los años setenta se puede observar en la imagen 8.

Desde el punto de vista ergonómico el mobiliario escolar actual presenta pocas variaciones con el de los años setenta. La superficie del asiento y del respaldo de las sillas escolares actuales si poseen una curvatura que proporciona una mayor comodidad y protección. Sin embargo, las dimensiones generales del puesto son menores que las de los pupitres de los años 50, a pesar de que la talla media del alumno, a igualdad de edad, de aquella época era menor que en la actualidad (Bustamante, 2004).

En cuanto a los materiales sí han evolucionado respecto a los de los años setenta. Aunque la estructura tanto de la silla como de la mesa se siguen fabricando con tubo de acero, la tapa de la mesa, el asiento y el respaldo de la silla son de madera con recubrimiento plástico rugoso lo que evita el deslizamiento del papel sobre las superficies. Un modelo de mobiliario actual puede verse en la imagen 9.



Imagen A9

En estos últimos años se han realizado diseños de mobiliario escolar muy distintos y que podrían marcar las líneas del futuro. En la imagen A10 se presenta el diseño del ergónomo y arquitecto Antonio Bustamante, realizado en el año 2004, modelo en que destaca la postura semisentada que debe adoptar el alumno y el plano de trabajo inclinado. Sin embargo, el diseñador Philippe Starck en el año 2003, recupera el diseño de pupitre tradicional de madera, pero con plano de trabajo horizontal, como puede observarse en la imagen A11. Para finalizar, el diseñador Ronnie Lacham, en el año 2002, plantea una silla escolar que puede balancearse, imagen A12.





Imagen A10



Imagen A11



Imagen A12

### 2.1.2. La educación del siglo XXI

A lo largo de la historia, los descubrimientos y procesos del ser humano han marcado nuevas eras que han dado lugar a transformaciones sociales, culturales y económicas. El siglo XXI se conoce como la gran era digital y eso implica que las grandes innovaciones han influido e influyen en todos los ámbitos humanos. Los avances tecnológicos han revolucionado nuestra forma de comunicarnos y relacionarnos con el resto de la sociedad, tanto en el entorno laboral como el más cercano, de obtener información e incluso nuevas formas de ocio. Los jóvenes y más pequeños están creciendo envueltos en esta forma natural de relacionarse con el mundo, por lo que es necesario acercarlos esta realidad en los centros escolares.

En España ya son muchos los colegios que trabajan con recursos como las pizarras digitales o tablets para tratar de mejorar una enseñanza dirigida al futuro. En este caso, las tablets están siendo sustitutivos de los libros y las libretas de trabajo y son una herramienta clave para incluir toda la información que pueda necesitar el alumno. Estos dispositivos presentan una serie de características que se consideran ventajosas para el alumno. En primer lugar, por su fisonomía ocupan poco espacio en las aulas y son de fáciles tanto de transportar como de usar. También se considera que aumentan el interés por el aprendizaje del alumno, ya que su uso es más divertido e interactivo que los métodos tradicionales. Además, ofrecen gran cantidad de información actualizada al momento, desde el punto de vista tanto textual, sonoro o visual. Poseen baterías de larga duración, lo que permite su utilización durante toda la jornada educativa sin necesidad de ser cargadas. Se puede descargar cualquier aplicación educativa que permita el aprendizaje de cualquier materia de forma más divertida y por último, son elementos tecnológicos fáciles e intuitivos de utilizar.

Todo indica que esta tecnología no será solo una moda pasajera y las tablets formarán parte del material escolar de todos los alumnos cuando los centros estén preparados para ello. Aunque no todo el mundo ve este adelanto tecnológico como algo positivo, más bien al contrario. Tanto algunos padres de alumnos como ciertos profesores, dudan de si el uso de las tablets en las aulas es un camino acertado, puesto que las nuevas tecnologías resultan una fuente de sobreestimulación muy grande para los alumnos.

### 2.1.3. Materiales

Para ampliar los conocimientos sobre los materiales más utilizados en la fabricación de mobiliario, se ha realizado una búsqueda exhaustiva de información. Tras analizar y estudiar dicha información, se ha desarrollado el siguiente estudio de materiales.

#### 2.1.3.1. Maderas

La búsqueda de los distintos tipos de madera utilizados en la fabricación de muebles se ha centrado en las maderas artificiales y sus características frente a las naturales. Actualmente, la mayoría de muebles se fabrican a partir de tableros de madera artificial al que se le añade una lámina de madera natural, u otro, para mejorar su acabado. La madera artificial se obtiene en fábricas a partir de restos de madera natural, cortezas, virutas o ramas y se comercializa en tableros o planchas de diferentes grosores.

Como madera artificial base en la elaboración de tableros se encuentran los siguientes tipos.

- **Aglomerado.** La madera aglomerada se obtiene a partir de la mezcla de virutas de madera con cola que posteriormente se prensa. Es una madera muy económica y fácil de trabajar. Su superficie es rugosa, su peso elevado y se rompe con facilidad. Para mejorar su resistencia y apariencia se suelen chapar con láminas de madera natural o de plástico (melamina).



Imagen A13

- **Contrachapado.** La madera contrachapada se obtiene mediante la unión de finas láminas de madera natural. Las láminas se colocan con las fibras transversalmente una sobre la otra y se pegan con resinas sintéticas y aplicación de presión y calor.

Existen tableros contrachapados de distintos tipos de maderas naturales (chopo, abedul, calabó). Además para mejorar el acabado superficial existe la posibilidad de recubrirlos con una fina lámina de chapa natural o de plástico (melamina).

Los tableros de contrachapado presentan una resistencia uniforme, son flexibles, poco deformables y fáciles de trabajar.



Imagen A14

- **Tableros de fibras.** Los tableros de fibras se obtienen mediante la compresión de fibras de madera natural mezcladas con un aglutinante. Su densidad depende de la compresión aplicada. Se distinguen dos tipos según el aglutinante utilizado y la compresión aplicada:







- **DM.** Tableros de densidad media. Tienen la superficie muy lisa y uniforme se fabrican mediante un proceso en seco y sus fibras se encolan con un adhesivo de resina sintética. La densidad del MDF, “Medium Density Fibreboard”, está entorno a los 700 kg/m<sup>3</sup>, lo que hace que este material sea muy fácil de mecanizar.



Imagen A15

- **HPL.** Tableros de fibras de alta densidad. Se utilizan resinas fenólicas termoendurecibles y aceites para unir las fibras. La densidad de estos tableros es de unos 1400 kg/m<sup>3</sup> y son tan duros que precisan de herramientas especiales para su mecanizado.

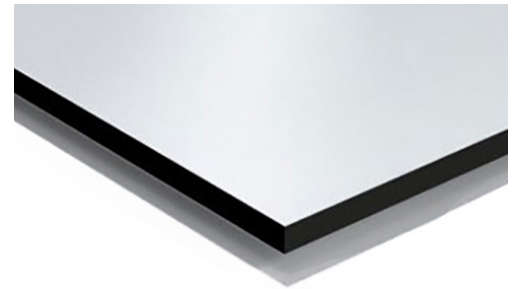


Imagen A16

Como se ha indicado los tableros obtenidos a partir de restos de madera natural suelen estar chapados con diferentes materiales según su finalidad. Los principales tipos de materiales utilizados para chapar tableros son:



Imagen A17

- **Chapa natural.** Consiste en una fina lámina de madera natural que mediante un sistema de encolado y prensado se adhiere al tablero base (aglomerado, contrachapado o DM). Las chapas naturales más comerciales con las que se fabrica el tablero rechapado son: fresno, haya, nogal, pino valsain, pino oregon, sapely y wengue.



Imagen A18

- **Melaminas o laminados de baja presión (LPL).** Consiste en una lámina de papel decorativo recubierto por resina melamínica. Consigue una apariencia muy real a la madera natural a un bajo coste. Son de fácil limpieza pero no muy resistentes.

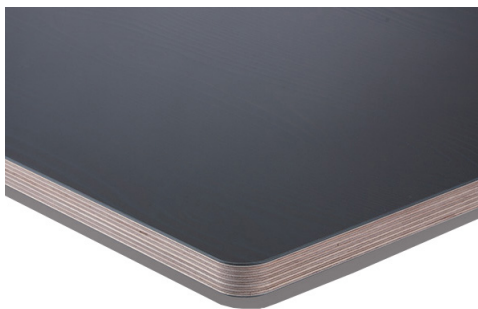


Imagen A19

- **Estratificados o laminados de alta presión (HPL).** Consiste en una lámina decorativa compuesta por varias capas de papel impregnado con resina fenólica, resultando un material de gran resistencia a la humedad, a la fricción y al rayado. De un aspecto actual y con un precio asequible.



Imagen A20

- **Termoestructurados.** También conocidos como laminados de media presión. Consiste en una técnica reciente aplicada con el fin conseguir un acabado más rugoso y una apariencia más natural. Se trata de un proceso de prensado sobre el material una vez ya ha sido laminado. Sus características son similares al melaminado aunque como ya se ha dicho su acabado resulta más natural.



Imagen A21

- **Polilaminado.** Consiste en un folio de vinilo que mediante la aplicación de calor durante su colocación, cubre incluso los cantos adaptándose a diferentes formas y relieves. Se comercializa en colores lisos o imitaciones de madera.

### 2.1.3.2. Metales

- **Aluminio.** El aluminio es un metal conocido por su baja densidad ( $2700 \text{ kg/m}^3$ ) y su gran resistencia a la corrosión. Es maleable y dúctil, lo que permite mecanizarlo con facilidad. No resulta un material costoso, el precio ronda los  $1,70 \text{ €/kg}$ . Es buen conductor de la electricidad y del calor. Presentan una menor resistencia mecánica que los aceros.



Imagen A22

- **Acero.** El acero es una mezcla de hierro y carbono. La cantidad de carbono varía entre  $0,03\%$  y  $1,75\%$  en masa de su composición. Posee una gran elasticidad, soldabilidad, y ductilidad. Presenta una excelente resistencia mecánica. El principal inconveniente de este material es que se oxida con facilidad. El Acero de baja aleación (por debajo de  $0,25\%$  en Carbono) tiene una densidad de  $7,8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  y un precio de  $0,41 \text{ €/kg}$ .



Imagen A23



## 2.2. Estudio de mercado

En este apartado se va a realizar un resumen de los aspectos a tener en cuenta para el desarrollo del producto como: la competencia, los precios actuales de productos similares, la comercialización, la demanda o el usuario.

### 2.2.1. Empresas productoras de mobiliario escolar

#### 2.2.1.1. Empresas nacionales

**Muebles Grau S.A.** es una empresa familiar, ubicada en Castellón, que desde el año 1955 está especializada en la fabricación y comercialización de mobiliario para colectividades. Sus principales gamas de producto dentro de este sector están formadas por: mobiliario escolar y mobiliario para equipamiento de vestuarios.



Imagen A24

**Hermex Ibérica, S.L.** es una compañía fundada en 1988, dedicada a la comercialización de material didáctico, mobiliario infantil y al diseño y fabricación de equipamiento escolar y mobiliario escolar para Colegios, Escuelas Infantiles, Conservatorios, etc. Cuenta con oficinas en Sabadell, Valladolid, Madrid y Sevilla.



Imagen A24

**PME, Profesionales del Mobiliario Escolar S.L.** es una empresa familiar ubicada en Xeraco, Valencia, dedicada desde 1910 al diseño, innovación, fabricación y comercialización de mobiliario escolar y universidades.



Imagen A26

**Equipamientos Guidet S.L.** es una empresa ubicada en Granada, especializada en el diseño, fabricación, distribución, comercialización e instalación de todo tipo de mobiliario escolar, y equipamiento en general para centros educativos e instituciones de cualquier índole, que ofrece diseños exclusivos a medida para centros infantiles, guarderías, colegios, etc.



Imagen A27

**TABERVALL S. A.** es una empresa dedicada al diseño, producción y comercialización de muebles escolares, de camping, playa y jardín desde su nacimiento. Esta es la actividad que ha mantenido desde entonces. La empresa nació hace 35 años en Tavernes de la Valligna, Valencia, y 1.982 se convirtió en sociedad anónima debido a su expansión.



Imagen A28

### 2.1.1.2. Empresas internacionales



Imagen A29

**Smith System**, es un fabricante de productos escolares situado en Plano, Texas, con más de 100 años de experiencia. La empresa posee un espíritu de innovación que hace que los entornos educativos sean más cómodos y estimulantes para los estudiantes y educadores. Este espíritu se extiende a la forma de pensar, procesos y materiales que utilizan para diseñar, fabricar e incluso enviar.

## PARAGON

Imagen A30

**Paragon**, es una empresa ubicada en Arlington, Texas, y con más de 25 años de experiencia, tiene como objetivo crear inspiración y comodidad en las clases a través de sus diseños. Sus muebles mezclan soluciones de ahorro de espacio y adaptación de la nueva tecnología.

## artcobell

Imagen A31

**Artcobell**, es una empresa estadounidense dedicada exclusivamente al diseño y fabricación de mobiliario escolar desde 1922. Actualmente, los productos diseñados por arcobell son de líneas modernas con sistemas adaptables y formas modulares. Sus productos son distribuidos por toda norteamérica y cuenta con sedes en diferentes estados.



Furnishing Knowledge®

Imagen A32

**KI**, es una empresa nacida en 1941 en la ciudad de Green Bay, Wisconsin. Su primer producto fue la silla plegable introducida en gran parte de las escuelas de la ciudad. Actualmente sus productos son conocidos por gran parte de los estados norteamericanos y la empresa está en pleno desarrollo.



Imagen A33

**British Thornton FSE Limited**, es una filial de la Thornton Grupo EME Limited, dedicada al diseño y fabricación de mobiliario tanto escolar como de laboratorio. Tiene una historia de larga tradición que data de 1878, y que vio en el año 2005 su máxima expansión trasladándose a unas instalaciones dotadas con la última tecnología, en las cuales se dio empleo a 180 personas.







### 2.2.2. Mobiliario escolar convencional

Después de conocer las empresas más importantes encargadas del diseño y fabricación de mobiliario escolar, se analizan los diferentes productos convencionales que ofrecen.

**Pupitre escolar homologado.** Este pupitre fabricado por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L está formado por un tablero de 21mm con superficie de laminado de alta presión (HPL) y una estructura de tubo de acero de 25mm. Está equipado con un estante de rejilla metálica, y elementos plásticos entre la madera y el metal además de conteras plásticas en la parte inferior para disminuir el impacto sonoro. El producto es comercializado en dos colores y en 5 dimensiones diferentes según la edad del usuario.



Edad	Ancho mm	Profundidad mm	Altura tablero mm	Peso kg
3-6 años	600	500	580	12
8-10 años	600	500	640	12
10-12 años	600	500	700	12
+ de 13 años	700	500	760	13

Imagen A34

**Silla escolar homologada.** La silla homologada de la empresa Profesionales del Mobiliario Escolar S.L está fabricada en tubo de acero de 20mm y madera contrachapada de haya de 10mm de espesor y superficies de laminado de poliéster. Está ensamblada con remaches cónicos insertados tanto en el asiento como en el respaldo. Posee elementos intermedios plásticos entre la madera y el metal además de conteras plásticas para la parte inferior. Al igual que el pupitre, la silla está disponible en dos colores y con diferentes dimensiones.

Edad	Altura asiento mm	Ancho total mm	Profundidad total mm	Altura total mm	Peso kg
6-8 años	340	290	435	620	3,7
8-10 años	380	320	455	690	4,3
10-12 años	420	340	455	770	5
+ de 13 años	460	360	485	850	5,7



Imagen A35

**Pupitre FG®.** El pupitre FG® diseñado y fabricado por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L se compone de una estructura de tubo de acero de 35mm y tapa de 21 mm con superficie de laminado de alta presión (HPL) canteada. Para evitar ruidos y facilitar su desplazamiento el pupitre cuenta con unas conteras de plástico en la parte inferior e la estructura. Se presentan dos posibles colores y 4 diferentes tamaños según la edad del usuario.

Edad	Ancho mm	Profundidad mm	Altura tablero mm	Peso kg
3-6 años	700	500	600	12
8-10 años	700	500	650	12
10-12 años	700	500	700	12
+ de 13 años	700	500	780	13



Imagen A36

**Silla FG®.** Al igual que los modelos anteriores esta silla es fabricada por Profesionales del Mobiliario Escolar S.L. Los materiales elegidos para la fabricación de esta silla son tubo de acero de 22mm con 1,5mm de espesor, madera contrachapado de haya de 10mm de espesor y superficies de laminado de poliéster. Incorpora elementos intermedios plásticos entre madera y metal y conteras plásticas para la parte inferior. Como los demás productos de Profesionales del Mobiliario Escolar S.L, la silla FG® presenta dos acabados diferentes y dimensiones distintas para cada usuario.



Imagen A37

Edad	Altura asiento mm	Ancho total mm	Profundidad total mm	Altura total mm	Peso kg
6-8 años	370	370	460	680	4,5
8-10 años	400	370	470	680	4,5
10-12 años	430	410	530	750	5,5
+ de 13 años	460	410	530	790	5,5





**Pupitre All-it.** Este pupitre está diseñado y fabricado por la empresa estadounidense Paragon. All-it presenta una línea moderna y funcional, cuenta con un sistema de altura regulable, una superficie de madera laminada con cantos redondeados y acabados en plástico y una estructura de acero. El modelo se comercializa en dos tamaños de superficie y en diferentes colores tanto para estructura, superficie y cantos de plástico.



Imagen A38

**Interchange curve desk.** El escritorio de la empresa SmithSistem cuenta con una línea más moderna y proporciona una mayor funcionalidad. La curva de su superficie permite unir unos escritorios con otros y favorecer el aprendizaje colectivo, posee un sistema de regulación de altura que permite variar hasta 31 cm. El Interchange curve se comercializa en 11 colores de superficie y 21 opciones de color de borde.

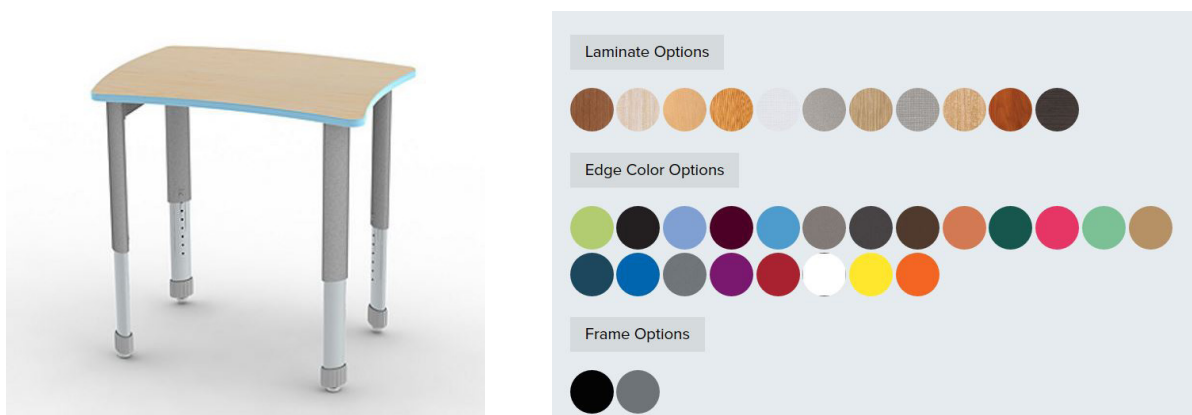


Imagen A39

### 2.2.3. Mobiliario adaptado a las nuevas necesidades tecnológicas

**A&D.** Este pupitre diseñado por la empresa Paragon, está adaptado para ser más productivo gracias a sus accesorios entre los que se encuentra un cajón para libros, un atril para tablets o ganchos para colgar mochilas. El pupitre es de una línea muy sencilla en el que destaca el aluminio como material principal. Presenta bordes redondeados y acabados en plástico para una mayor seguridad.



Imagen A40

**Desk 01.** El escritorio diseñado por el estudio The Artifox está creado con el objetivo de adaptarse a las nuevas necesidades. Por ello contiene elementos como ranuras para ubicar una tablet y un móvil, espacios para esconder enchufes y cableado, y una superficie para escribir y borrar tareas. Está fabricado íntegramente con madera de arce y sus medidas son: 137 cm de ancho, 68 cm de fondo y 73 de altura.



Imagen A41





**Ernest.** Borja García colaborando con María Kim, ha diseñado este escritorio de líneas limpias y lenguaje sencillo. Posee una estructura de madera de roble y un tablero de fibras revestido en chapa de roble natural, lo que dota el producto de calidez estética. Integra soluciones para la gestión del cableado, documentos y tecnología. Una ranura recorre la parte posterior ocultando los elementos eléctricos a través de un espacio oculto en su cuerpo principal. Además, el escritorio ofrece una espacio de almacenamiento para objetos tecnológicos de pequeño tamaño como una tablet, un portátil, un móvil o documentos.



Imagen A42

#### 2.2.4. Tablets

Puesto que la tablet es el elemento electrónico que actualmente se está empezando a implantar en las aulas, es necesario que el pupitre adapte el mayor número de modelos posibles. Por ello se ha realizado un estudio de las dimensiones de las tablets más comunes e importantes.

Modelo	Altura mm	Anchura mm	Profundidad mm
IPad Air	240	169,5	7,5
IPad Air 2	240	169,5	6,1
Samsung Galaxy Tab 2	273,3	169	5,6
Samsung Galaxy Tab A	186,9	108,8	8,7
BQ Aquaris M10	246	171	8,2
Asus Z300M	251,6	172	7,9
Asus ZenPad S8	203,2	134,5	6,5
Acer Iconia One 10	245	172	9,2

Después de analizar los resultados y teniendo en cuenta que se deben acoplar el máximo número de modelos posibles, las medidas máximas son: 273,3 mm de altura, 172 mm de anchura y 8,7 mm de profundidad.



### 2.2.5. Identificación y análisis de usuarios

El producto está diseñado para ser utilizado en las aulas de educación obligatoria es decir, tanto en educación primaria como secundaria. El usuario así pues son niños y niñas de entre seis y dieciséis años. Es un producto dirigido a escuelas tanto públicas como privadas dejando, en principio, a un lado el usuario doméstico. El diseño del escritorio permite adaptarse a las distintas necesidades de todos los cursos de educación primaria así como a sus usuarios.

### 2.2.6. Precio aproximado



Imagen A43  
Pupitre Homologado  
P.V.P = 96,68 €



Imagen A44  
Pupitre Individual  
P.V.P = 114,45€



Imagen A45  
Pupitre 1  
P.V.P = 117,67 €



Imagen A46  
Silla Homologada  
P.V.P = 78,56 €



Imagen A47  
Silla Escolar  
P.V.P = 72,42 €



Imagen A48  
Silla Confidente  
P.V.P = 66,43 €





Imagen A49  
Pupitre 2  
P.V.P = 120,94 €



Imagen A50  
Pupitre 3  
P.V.P = 139,15 €



Imagen A51  
Silla Escolar  
P.V.P = 72,48 €

Tras analizar los precios del mobiliario escolar actualmente en uso, se obtiene una media de 117,78 € para el pupitre y de 72,47 para la silla. Estos precios son una aproximación del precio de los productos llevados a cabo en este proyecto, ya que dependerá de muchos factores y decisiones tomadas en la fase de diseño.

Para concluir este estudio de mercado y tras analizar los apartados anteriores se determina la demanda estimada y el medio de comercialización del producto.

### 2.2.7. Demanda estimada

No se puede decir con exactitud la cantidad de unidades que se estima vender puesto que no se tienen datos suficientes para ello, lo que si se puede afirmar es que al tratarse de mobiliario escolar los pedidos serán de grandes cantidades.

### 2.2.8. Medio de comercialización

El producto se comercializará tanto en tiendas físicas como en tiendas online, su publicidad se realizará en medios competentes y principalmente vía web donde se resaltarán los diferentes acabados, accesorios y funciones.

---

## 2.3. Estudio ergonómico

### 2.3.1. La postura sedente

El correcto diseño de una silla ergonómica no garantiza que el usuario adopte una posición adecuada durante su utilización. La apropiada colocación corporal en la silla depende, no solo de las características de la misma, sino también de otro tipo de factores como los hábitos y las tareas a desarrollar, entre otros. A continuación, se citarán circunstancias y/o razones a tener en cuenta en el desarrollo del diseño.

La postura sedente conlleva que el peso del cuerpo sea soportado principalmente por los glúteos. No obstante, existen otras zonas del cuerpo que también soportan peso como son los pies, espalda y brazos en caso de que se disponga de reposabrazos.

El primer aspecto a tener en cuenta es la curvatura del raquis lumbar, esta se flexiona hacia delante para compensar el giro de la pelvis y soportar el peso del cuerpo. Como consecuencia, la lordosis lumbar se aplana o incluso se invierte convirtiéndose en cifosis. Esta posición provoca una presión en los discos intervertebrales que dificulta su nutrición y puede conllevar dolores lumbares. Por contra, mantener una posición lordótica supone un mayor esfuerzo muscular. Así pues, dado el conflicto de intereses entre músculos y discos, desde el punto de vista de diseño se debe facilitar que el usuario adopte una posición sedente lo más lordótica posible sin esfuerzo muscular.

Otro aspecto a tener en consideración es el equilibrio, el cual aumenta al sentarse debido a que el centro de gravedad de nuestro cuerpo se encuentra más bajo. Sin embargo, la estabilidad pélvica disminuye con la posición sedente. Esto es a causa de la posición de la cadera, que no permite el bloqueo de los ligamentos, y la pelvis, tiende a girar sobre las tuberosidades isquiáticas en las que se apoya el peso del cuerpo sobre el asiento. Un apoyo lumbar, unos reposabrazos, apoyar los pies en el suelo y evitar acolchamientos excesivamente blandos, son características que se deben tener en cuenta para mejorar el equilibrio pélvico.

Los tejidos blandos de las nalgas y de la parte posterior proximal de los muslos son los encargados de soportar la mayor parte del peso corporal. Cuando el tiempo en el que se está sentado es prolongado, estos tejidos se resienten y aparece dolor. El usuario para aliviar la presión tiende a moverse y cambiar de postura para distribuir la fuerza ejercida.

Las dimensiones que se deben tener en cuenta para el diseño de un silla son la altura y la profundidad del asiento; puesto que si por una parte, el asiento es muy alto y profundo, el borde del asiento presiona la zona inferior de los muslos. Pero por otro lado, si el asiento es bajo, los muslos no apoyan y toda la presión del peso del cuerpo se centra en una pequeña zona de los glúteos.

### 2.3.2. La ergonomía del mobiliario escolar

El mobiliario escolar es uno de los factores influyentes en las lesiones de los adolescentes. La razón de esta causa se debe a los largos periodos de tiempo que pasan los alumnos sentados en las aulas manteniendo posturas poco saludables, lo que tiene como consecuencia el alto índice de patologías de columna en edades tempranas.







Los especialistas aseguran que cualquier postura sedente adoptada durante un largo periodo de tiempo no es saludable, con lo que el mobiliario escolar debe facilitar los cambios de postura del usuario. Tal y como De Rosso afirma en su libro “Especificaciones para el diseño de equipamiento escolar saludable. Ergonomía preventiva.”: Una postura sedente o sentada, considerada biomecánicamente correcta, es aquella que mantiene las curvaturas naturales de la columna y permite movilidad al cuerpo. No debe perturbar al sistema respiratorio, ni circulatorio, y no debe producir malestar ni incomodidad.

Por lo tanto, y tomando las palabras de De Rosso como base, se puede afirmar que el mobiliario escolar ergonómicamente correcto es aquel que debe permitir una postura sedente en versión pélvica. En el ámbito escolar, esta postura implica tener un ángulo perfecto entre la pelvis y los muslos, es decir, superior a un ángulo de 90°, lo que favorece la sensibilidad y la creatividad, así como la intelectualidad y la relacionalidad.

En cuanto a lo que concierne al pupitre, este debe situarse entre 10° y 15° grados con respecto al sentido horizontal. Esta colocación posibilita la estabilización de las articulaciones del cuello y el reposo adecuado de los codos y los antebrazos, con el fin de impedir la cifosis lumbar y la actitud escoliótica, prolongando la apertura del tórax y activando las capacidades de atención.

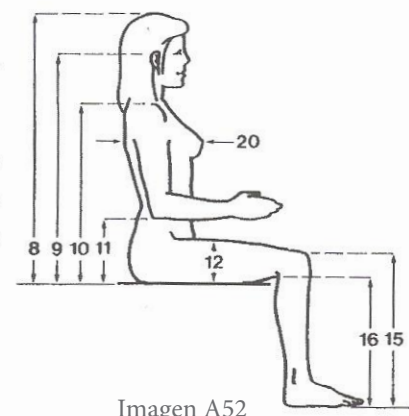
Lo que resulta evidente, por tanto, es que para que un asiento sea saludable el cuerpo de la persona debe poder realizar las actividades de una manera confortable, fiable y eficazmente; así como poder acceder y salir del puesto de trabajo, modificando su postura en el periodo laboral y siendo adecuada en peso y dimensiones al tamaño corporal del usuario.

### 2.3.3. Cálculo de dimensiones

#### 2.3.3.1. Altura de la silla

El primer cálculo realizado ha sido la altura del asiento. Se debe determinar el rango de altura que satisfaga tanto a niñas como a niños de entre 6 y 16 años. Para establecer dicho rango, se ha realizado un ajuste bilateral calculando en primer lugar la altura del asiento para niños de 6 años y posteriormente para niños de 16. Al tratarse de un ajuste bilateral en el que se tiene en cuenta tanto al utilitario más pequeño como al más grande, los cálculos se han realizado con el percentil 5 de hombres de 6 años y con el percentil 95 de hombres de 16 años. Una vez halladas ambas alturas, la mínima y la máxima, se han establecido 3 alturas intermedias de ambas. Así pues, el resultado que se ha obtenido son 5 alturas diferentes. Dichos cálculos se pueden ver a continuación:

1. Criterio: Ajuste bilateral.
2. Dimensiones: Tabla número 15. Dimensión 16. Altura poplítea.  
Tabla número 25. Dimensión 16. Altura poplítea.
3. Percentil: X5 de hombres = 267 mm  
X95 de hombres = 477 mm
4. Correcciones: Se aplican 20 mm extra de la altura del calzado.  
X5 Hombres de 6 años = 267 mm + 20 mm altura calzado = 287 mm



X95 Hombres de 16 años = 477 mm + 20 mm altura calzado = 497 mm

Altura asiento mínima = 287 mm      Altura asiento máxima = 497mm

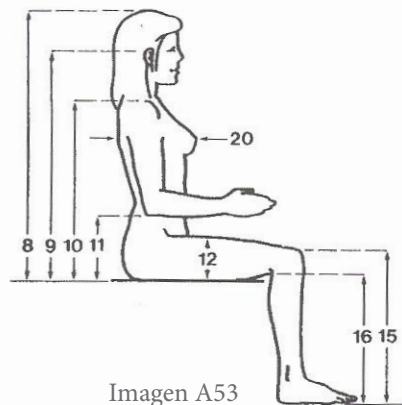
Recorrido de 210 mm      Rangos de 52,5 mm

Posiciones:    1ª    287 mm  
                  2ª    339,5 mm  
                  3ª    392 mm  
                  4ª    444,5 mm  
                  5ª    497 mm

### 2.3.3.2. Espacio libre inferior

El segundo parámetro que se ha establecido es el espacio que debe haber en la parte inferior de la mesa para la correcta adaptación de los niños más grandes de 6 años hasta los de 16. Para ello se ha utilizado el percentil 95 es decir, los cálculos se han realizado utilizando las dimensiones antropométricas de los hombres más grandes tanto de 6 como de 16 años. Al igual que en el apartado anterior una vez calculada la altura inferior mínima de los usuarios extremos se han establecido 5 diferentes alturas orientativas. Dichos cálculos pueden verse a continuación:

1. Criterio:                    Espacio libre.
2. Dimensiones:            Tabla número 15. Dimensión 12. Espesor del muslo.  
                                  Tabla número 25. Dimensión 12. Espesor del muslo.
3. Percentil:                X95 de hombres 6 años = 113 mm  
                                  X95 de hombres 16 años = 170 mm
4. Correcciones:           Se parte de la altura de la silla calculada anteriormente:  
                                  Hsilla 6 años = 287 mm  
                                  Hsilla 16 años = 497 mm



Se aplican 30 mm como holgura mínima entre el muslo y la parte inferior del pupitre.

X95 Hombres de 6 años = 113 mm + 287 mm altura silla + 30 mm holgura = 430 mm

X95 Hombres de 16 años = 170 mm + 497 mm altura silla + 30 mm holgura = 697 mm

Altura inferior mínima para los más pequeños = 430 mm

Altura inferior mínima para los más grandes = 697 mm

Recorrido de 267 mm

Rangos de 66,75 mm





- Posiciones: 1ª  $\geq 430$  mm  
 2ª  $\geq 496,75$  mm  
 3ª  $\geq 563,5$  mm  
 4ª  $\geq 630,75$  mm  
 5ª  $\geq 697$  mm

**2.3.3.3. Altura de la mesa**

Para hallar las diferentes alturas de la mesa que satisfazcan tanto a los más pequeños como a los más mayores, se ha realizado un ajuste bilateral y se han establecido 5 alturas proporcionadas. Se ha considerado que las tareas a realizar en la mesa de trabajo son tareas de precisión. Por ello, la posición ideal se establece entre 80 y 120 mm por encima de la altura de los codos en posición sedente. Los cálculos que se han realizado para el establecimiento de las diferentes alturas han sido:

1. Criterio: Ajuste bilateral.
2. Dimensiones: Tabla número 15. Dimensión 11. Altura codos-asiento.  
 Tabla número 25. Dimensión 11. Altura codos-asiento.
3. Percentil: X5 de hombres = 132 mm  
 X95 de hombres = 273 mm
4. Correcciones: Se parte de la altura de la silla calculada anteriormente:  
 Hsilla 6 años = 287 mm  
 Hsilla 16 años = 497 mm

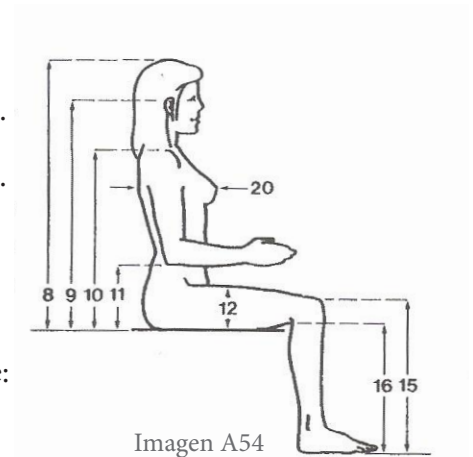


Imagen A54

Se aplican 100 mm extra para alcanzar la altura en tareas de precisión.

X5 Hombres de 6 años = 132 mm + 287 mm altura asiento + 100 mm tarea precisión = 520 mm

X95 Hombres de 16 años = 273 mm + 497 mm altura asiento + 100 mm tarea precisión = 870 mm

Altura mesa mínima = 520 mm

Altura mesa máxima = 870 mm

Recorrido de 350 mm

Rangos de 87,5 mm

- Posiciones: 1ª 520 mm  
 2ª 607,5 mm  
 3ª 695 mm  
 4ª 762,5 mm  
 5ª 870 mm

### 2.3.3.4. Altura del cajón

Para establecer la altura del cuerpo principal o cajón se ha partido de que se trata de una dimensión fija y no variable como en los anteriores apartados. Esta dimensión se obtiene al realizar la resta de la altura de la mesa obtenida en el apartado “2.4.3.3. Altura de la mesa” menos el espacio libre mínimo obtenido en el apartado “2.4.3.2. Espacio libre inferior”. En dichos apartados se observan 5 posiciones diferentes, las cuales se adaptan a los diferentes usuarios. Para no favorecer a uno de los usuarios más extremos y con tal de realizar una adaptación lo más equitativa posible se ha realizado la resta de las medias de cada altura tal y como puede verse a continuación:

Altura inferior mesa.	Posiciones:	1 <sup>a</sup>	≥ 430 mm	
		2 <sup>a</sup>	≥ 496,75 mm	
		3 <sup>a</sup>	≥ 563,5mm	
		4 <sup>a</sup>	≥ 630,75 mm	
		5 <sup>a</sup>	≥ 697 mm	Media ≥ 563,5 mm

Altura mesa.	Posiciones:	1 <sup>a</sup>	520 mm	
		2 <sup>a</sup>	607,5 mm	
		3 <sup>a</sup>	695 mm	
		4 <sup>a</sup>	762,5 mm	
		5 <sup>a</sup>	870 mm	Media = 695mm

Altura cuerpo superior o cajón = 695 - 563,5 = 131,5 mm

### 2.3.4 Conclusiones

Una vez finalizada la realización del estudio ergonómico, se puede confirmar la viabilidad del diseño adaptable a los usuarios de toda la educación obligatoria. La diferencia de dimensiones en el mobiliario diseñado para los usuarios más pequeños y para los más mayores es considerable. No obstante, se estima que con la correcta elección de materiales y de un calculado diseño, se puede satisfacer a todo el rango de usuarios. Tras el estudio y redondeo de los cálculos realizados y tratando siempre de satisfacer al máximo número de usuarios, las medidas han quedado de la siguiente forma:

Escritorio (mm)			
Posición	Altura escritorio	Espacio libre bajo escritorio	Altura cajón
1	790	635	130
2	740	585	130
3	690	535	130
4	640	485	130
5	590	435	130

Escritorio (mm)	
Posición	Altura silla
1	480
2	440
3	400
4	360
5	320





## 2.4. Diseño conceptual

### 2.4.1. Definición del problema

Todo producto es originado para solventar un problema, el punto de partida en el diseño de un producto es pues el análisis y definición del problema que el producto debe solucionar. Para la realización de una buena definición del problema y asegurarse que queda bien solventado en fases posteriores de diseño se seguirán los siguientes pasos:



#### 2.4.1.1. Conocimiento del problema

Actualmente en las aulas, dado el desarrollo tecnológico que la sociedad está viviendo, existe una falta de evolución en cuanto al mobiliario. Con este proyecto se pretende diseñar un producto que acople esta nueva tecnología, más en concreto las tablets, para su uso en las aulas. Esta adaptación consiste principalmente en integrar la tecnología eléctrica suficiente para poder cargar las tablets en el pupitre e instalar un dispositivo que permita la sujeción del dispositivo a modo de atril para facilitar la lectura e interacción del usuario.

Además de todo esto, el diseño del conjunto pupitre silla escolar debe acoplarse al máximo número de personas posibles. El producto debe adaptarse a todos los cursos de primaria y por ello se debe diseñar un sistema de acoplamiento en altura tanto de la silla como del pupitre.

Para finalizar los productos diseñados deben seguir una estética actual, sencilla y perfectamente acoplable al entorno escolar.

#### 2.4.1.2. Definición de objetivos

Para obtener un resultado final que solucione todos los aspectos del problema se realiza el método de definición de objetivos que seguirá los siguientes apartados:

- Nivel de generalidad
- Estudio de las expectativas y razones del promotor/ diseñador
- Estudio de las circunstancias que rodean al diseño
- Estudio de los recursos disponibles
- Establecimiento de los objetivos

##### 2.4.1.2.1. Nivel de generalidad

En primer lugar es necesario establecer el nivel de generalidad para después definir los objetivos. El proyecto consiste en diseñar un conjunto de mesa y silla escolar con ciertas características, no se trata de diseñar un nuevo concepto de producto, por lo que hablaremos de un proyecto con un nivel de generalidad bajo.

---

#### **2.4.1.2.2. Estudio de las expectativas y razones del promotor/ diseñador**

En este proyecto el promotor y el diseñador es la misma persona, con lo que las expectativas y razones del promotor serán las siguientes:

- Desarrollar un producto funcional que se haga hueco en el mercado del mobiliario escolar.
- Colaborar en el adecuado desarrollo de la educación.
- Promover la utilización de dispositivos tecnológicos que faciliten el estudio y el trabajo tanto a los alumnos como a los profesores.
- Dotar las aulas escolares de una estética actual, motivando el estudio y la armonía.

#### **2.4.1.2.3. Estudio de las circunstancias que rodean al diseño**

Conociendo el entorno que va a rodear el producto durante su uso, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Temporal: diseñar un producto de alta durabilidad teniendo en cuenta la alta frecuencia de utilización y el posible mal uso ejercido por los menores.
- Política: estudio de la normativa a cumplir por el mobiliario escolar y certificación de calidad y seguridad.

#### **2.4.1.2.4. Estudio de los recursos disponibles**

La empresa encargada de la producción del mobiliario escolar diseñado en este proyecto deberá disponer de los siguientes recursos:

- Maquinaria adecuada para la fabricación de las distintas piezas.
- Recursos económicos suficientes para realizar las inversiones necesarias.
- Proveedores de las materias primas pertinentes.

#### **2.4.1.2.5. Establecimiento de los objetivos**

El establecimiento de objetivos de este proyecto, se ha realizado según grupos de afectados además se ha distinguido entre restricciones “R”, objetivos optimizables “OP” y deseos “D”.

- Promotor
  1. Estética actual y adecuada al entorno escolar “R”
  2. Que se adapte a las necesidades tecnológicas (tablet) “R”
  3. Precio competitivo “R”
  4. Que satisfaga las necesidades para las que es diseñado “R”
  5. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible “OP”





6. Que sea seguro “R”
  7. Que sea resistente “R”
  8. Que el mantenimiento sea sencillo “R”
- Diseñador
    9. Que cumpla con sus funciones “R”
    10. Que sea seguro “R”
    11. Que cumpla con la normativa vigente “R”
    12. Atractivo y llamativo para el usuario “D”
    13. Que valga tanto para chicas como para chicos “R”
    14. Que sea fácil de limpiar “R”
    15. Que el producto sea estable y resistente “R”
  - Fabricación
    16. Que el desecho de material sea el menor posible “OP”
    17. Que tenga el menor número de piezas posible “OP”
    18. Que sea lo más rápido de fabricar posible “OP”
    19. Que se utilicen herramientas estándar para su fabricación “R”
    20. Que sea fácil de fabricar “R”
    21. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles “OP”
    22. Que se utilice el menor número de materiales diferentes “OP”
  - Del producto
    23. Que sea ergonómico “R”
    24. Que sea funcional “R”
    25. Que resista el uso diario “R”
    26. Que sea lo más cómodo posible “OP”
    27. Que se adapte a diferentes usuarios “R”
    28. Que se adapte al mayor número de usuarios posible “OP”
    29. Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles “OP”
    30. Que sea seguro “R”

- 
- Del distribuidor
    31. Que pese poco “D”
    32. Que ocupe poco volumen “D”
    33. Que sea apilable “D”
  
  - Del usuario (incluidos padres, niños, profesores y personal de mantenimiento)
    34. Que tenga fácil mantenimiento y limpieza “OP”
    35. Que integre las conexiones necesarias “R”
    36. Que disponga de espacio de almacenaje “R”
    37. Que sea lo más duradero posible “OP”
    38. Que sea lo más resistente posible “OP”
    39. Que disponga de diferentes acabados “D”
    40. Que sea lo más cómodo posible atendiendo su finalidad “OP”
    41. Que tenga un precio aceptable “R”
    42. Que sea de calidad “R”
    43. Que no tenga aristas ni formas peligrosas “R”
    44. Que se adapte a las diferentes alturas de los alumnos “D”

#### **2.4.1.3. Análisis de objetivos**

A partir de la lista de objetivos obtenida en el apartado anterior, se va a realizar un análisis de dichos objetivos, de manera que el problema quede totalmente definido y se establezcan las relaciones entre ellos.

En primer lugar se realiza una clasificación de todos los objetivos según su función en el producto, esta clasificación se realiza en función de: estética, seguridad, funcionamiento, fabricación, precio y mantenimiento.

Tras la clasificación, se eliminan los objetivos repetidos y/o los que estén mal definidos, y se transforman los objetivos considerados de forma en objetivos de función; de este modo se obtienen los objetivos que definen unívocamente el problema.

Más tarde, se establece un orden jerárquico de los mismos, de forma que se puede observar la relación causa-efecto y la compatibilidad entre ellos. Finalmente, con la elaboración del árbol jerárquico general se obtienen los objetivos más importantes, los cuales hay que cumplir en un primer lugar para poder satisfacer otros.







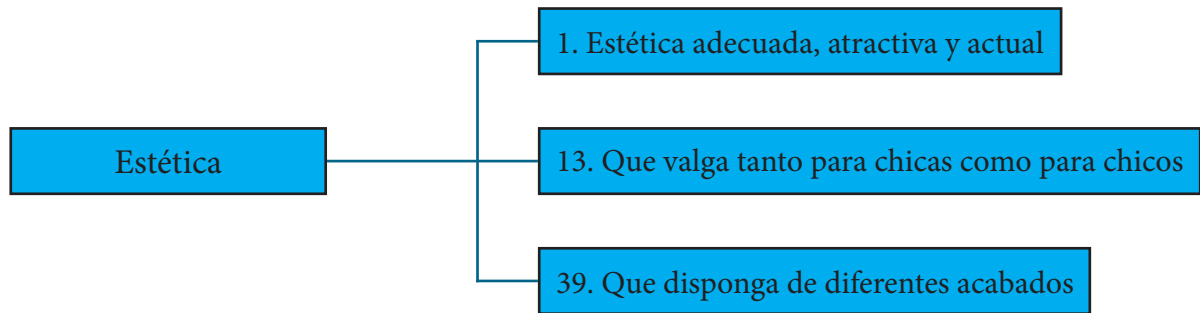
**2.4.1.3.1. Clasificación de objetivos por grupos**

- Estética
  - 1. Estética actual y adecuada al entorno escolar “R”
  - 12. Atractivo y llamativo para el usuario “D”
  - 13. Que valga tanto para chicas como para chicos “R”
  - 39. Que disponga de diferentes acabados “D”

Los objetivos 1 y 12 son similares por ello se pueden combinar en un solo objetivo siendo:

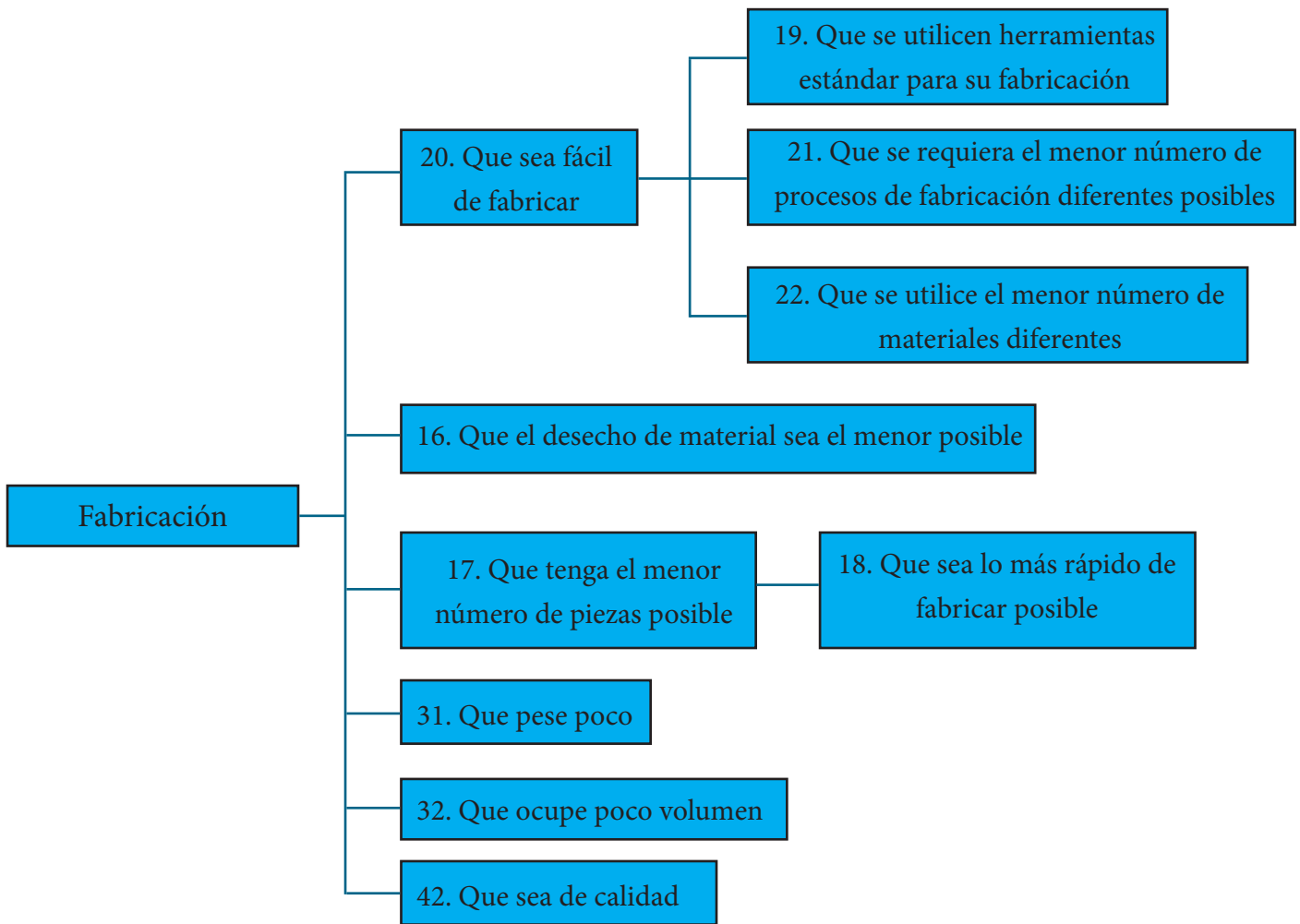
- 1. Estética adecuada, atractiva y actual “R”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Estética” es la siguiente:



- Fabricación
  - 16. Que el desecho de material sea el menor posible “OP”
  - 17. Que tenga el menor número de piezas posible “OP”
  - 18. Que sea lo más rápido de fabricar posible “OP”
  - 19. Que se utilicen herramientas estándar para su fabricación “R”
  - 20. Que sea fácil de fabricar “R”
  - 21. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles “OP”
  - 22. Que se utilice el menor número de materiales diferentes “OP”
  - 31. Que pese poco “D”
  - 32. Que ocupe poco volumen “D”
  - 42. Que sea de calidad “R”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Fabricación” es la siguiente:



- Funcionamiento

- 2. Que se adapte a las necesidades tecnológicas (tablet) “R”
- 4. Que satisfaga las necesidades para las que es diseñado “R”
- 5. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible “OP”
- 9. Que cumpla con sus funciones “R”
- 23. Que sea ergonómico “R”
- 24. Que sea funcional “R”
- 25. Que resista el uso diario “R”
- 26. Que sea lo más cómodo posible “OP”
- 27. Que se adapte a diferentes usuarios “R”
- 28. Que se adapte al mayor número de usuarios posible “OP”
- 29. Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles “OP”
- 33. Que sea apilable “D”





- 35. Que integre las conexiones necesarias “R”
- 36. Que disponga de espacio de almacenaje “R”
- 37. Que sea lo más duradero posible “OP”
- 40. Que sea lo más cómodo posible atendiendo su finalidad “OP”
- 44. Que se adapte a las diferentes alturas de los alumnos “D”

Los objetivos 4, 9 y 24 son semejantes, se puede realizar una combinación de los mismos y dejar un solo objetivo que sea:

- 4. Que satisfaga las necesidades para las que es diseñado “R”

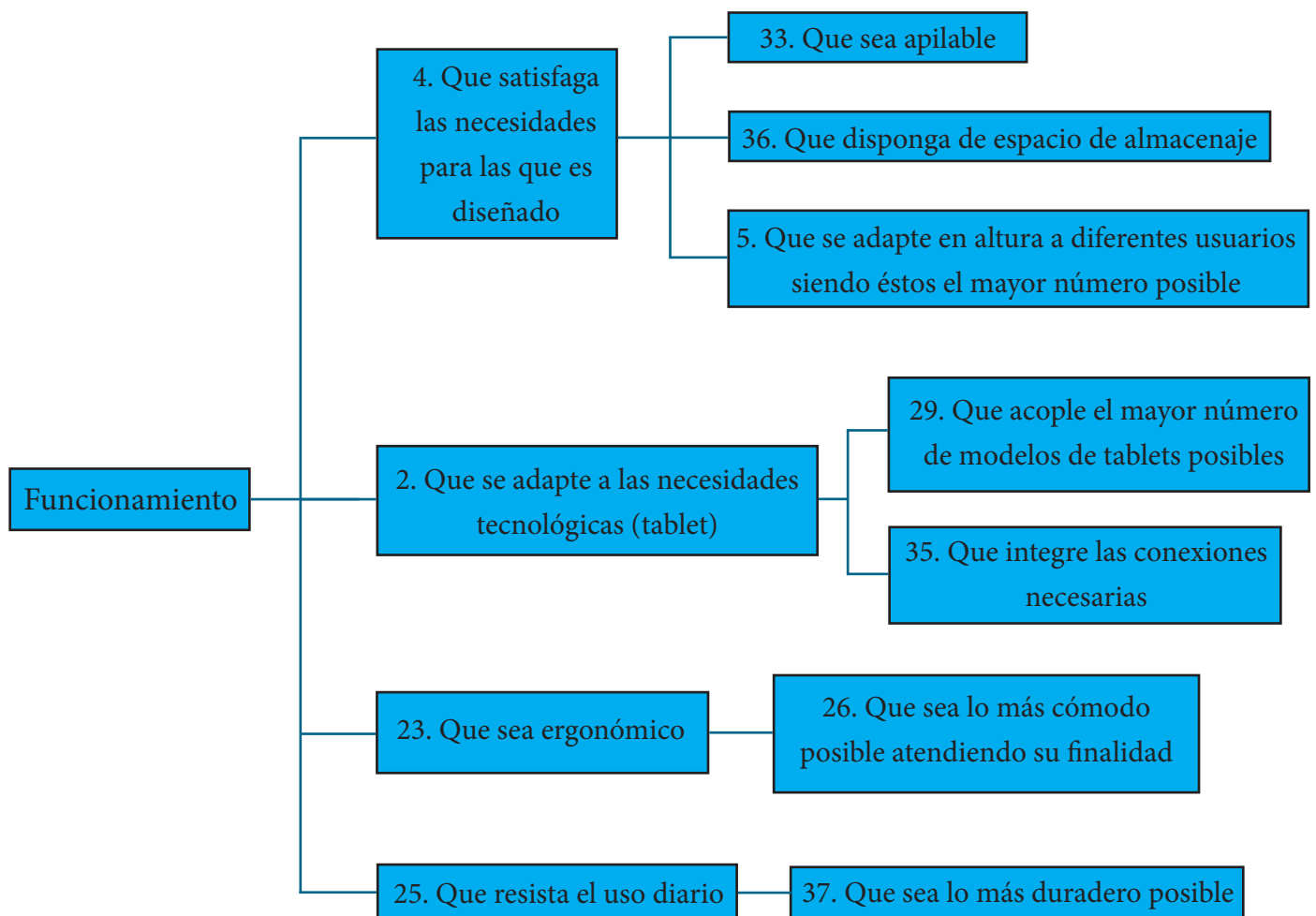
Los objetivos 5, 27, 28 y 44 son semejantes por los que se pueden resumir en uno:

- 5. Que se adapte en altura a diferentes usuarios siendo éstos el mayor número posible “OP”

Los objetivos 26 y 40 son similares por lo que se pueden combinar obteniendo:

- 26. Que sea lo más cómodo posible atendiendo su finalidad “OP”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Funcionamiento” es la siguiente:



- Precio

3. Precio competitivo “R”

41. Que tenga un precio aceptable “R”

Los objetivos 3 y 41 se pueden combinar en uno solo obteniendo:

3. Que tenga un precio competitivo y aceptable “R”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Precio” es la siguiente:



- Seguridad

6. Que sea seguro “R”

7. Que sea resistente “R”

10. Que sea seguro “R”

11. Que cumpla con la normativa vigente “R”

15. Que el producto sea estable y resistente “R”

30. Que sea seguro “R”

38. Que sea lo más resistente posible “OP”

43. Que no tenga aristas ni formas peligrosas “R”

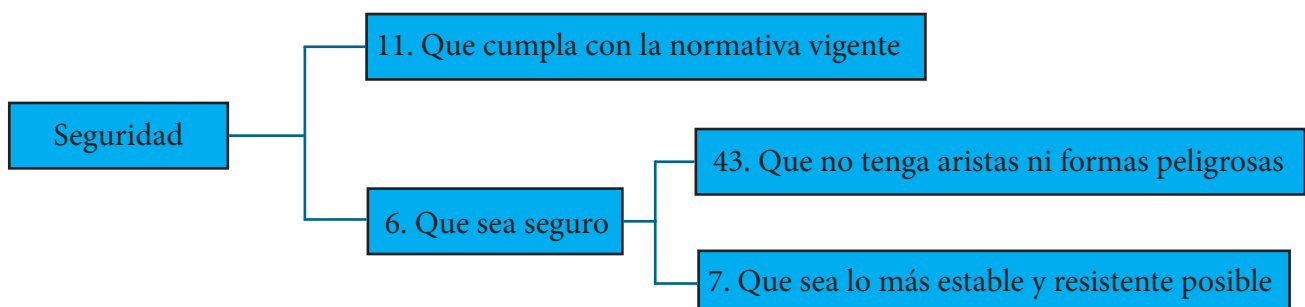
Los objetivos 6, 10, y 30 son iguales con lo que eliminamos dos de ellos quedando tan solo uno:

6. Que sea seguro “R”

Los objetivos 7, 15 y 38 son similares por lo que se pueden combinar obteniendo:

7. Que sea lo más estable y resistente posible “OP”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Seguridad” es la siguiente:





- Mantenimiento

8. Que el mantenimiento sea sencillo “R”

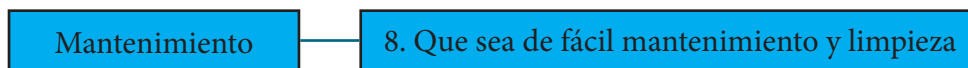
14. Que sea fácil de limpiar “R”

34. Que tenga fácil mantenimiento y limpieza “OP”

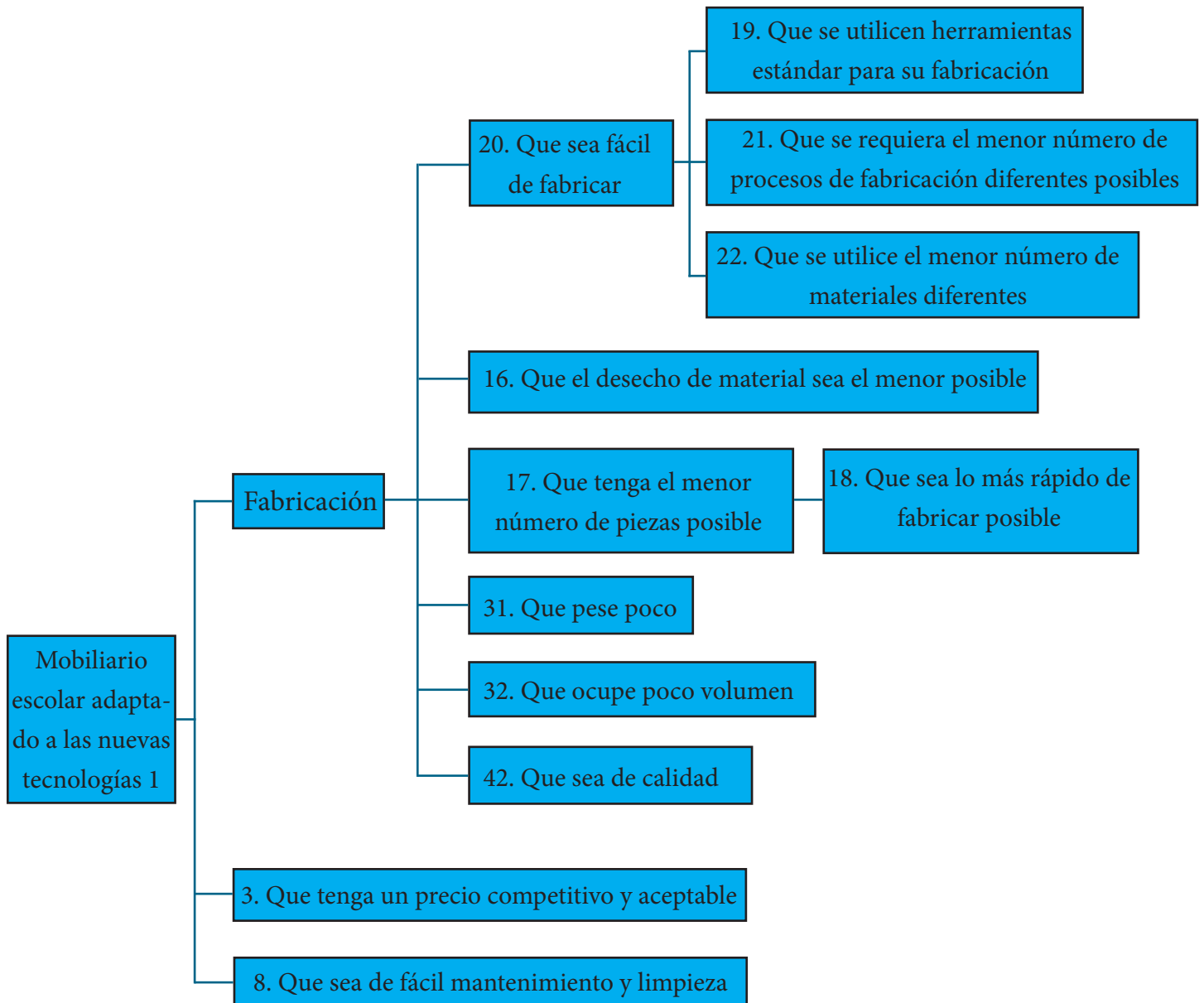
Los objetivos 8, 14 y 34 son similares, se pueden combinar en uno solo quedando:

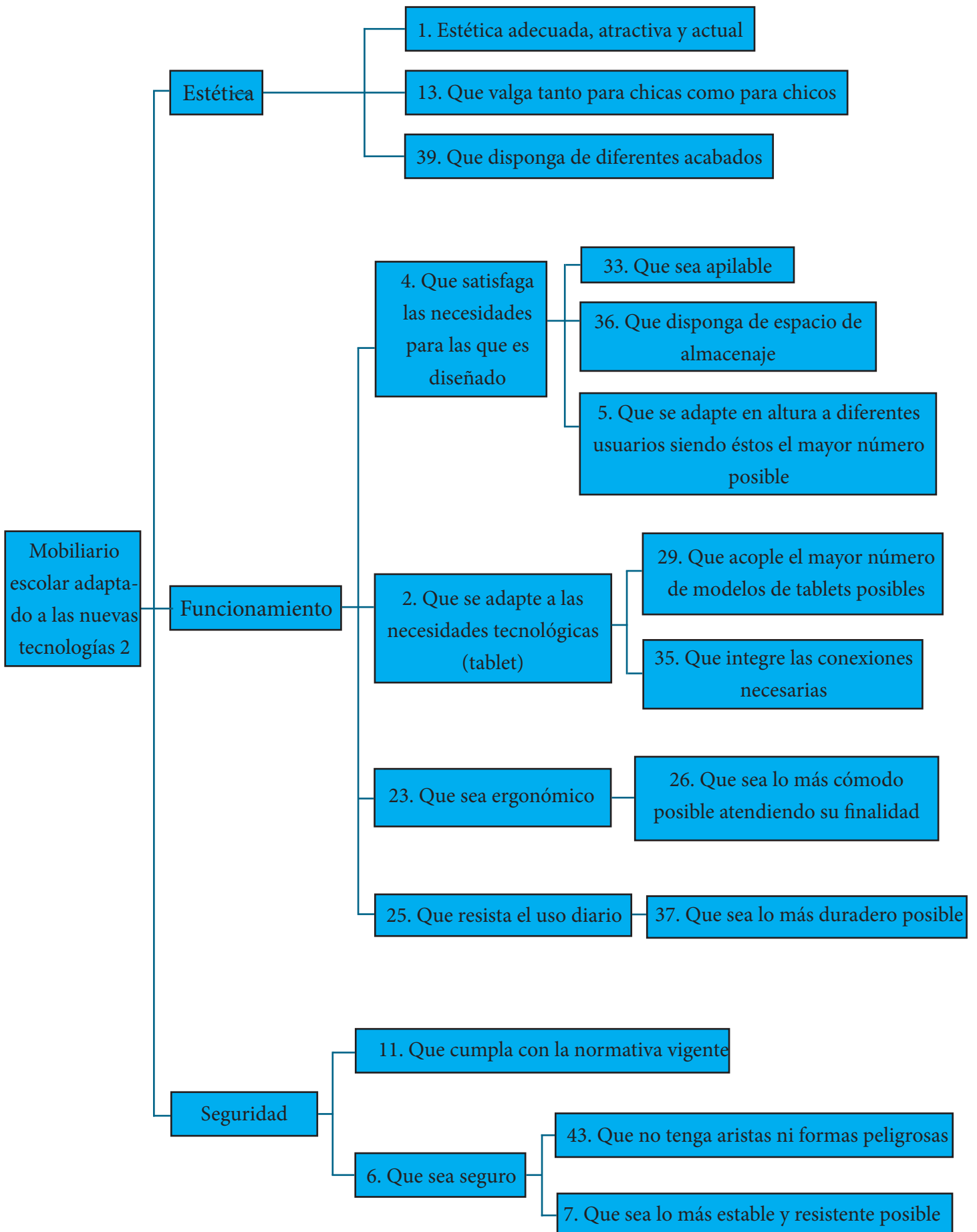
8. Que sea de fácil mantenimiento y limpieza “OP”

La ordenación jerárquica de los objetivos pertenecientes al grupo “Mantenimiento” es la siguiente:



### 2.4.1.3.2. Obtención de objetivos de relevancia. Árbol jerárquico







#### 2.4.1.4. Establecimiento de especificaciones y restricciones

De los objetivos establecidos anteriormente se diferencian aquellos que son optimizables de los que no. En este apartado se han transformado los objetivos optimizables en especificaciones, objetivos escalables, para facilitar el proceso de medida del grado de cumplimiento de las diferentes alternativas. En la siguiente tabla se pueden observar el resultado de la transformación de objetivos en especificaciones, con su variable correspondiente, escala y criterio positivo.

Nº	Especificación	Variable	Escala	Criterio
16	Que el desecho de material sea el menor posible	Peso	Proporcional (Kg)	Menor peso
17	Que tenga el menor número de piezas posible	Nº de piezas	Nominal	Menor número de piezas
18	Que sea lo más rápido de fabricar posible	Tiempo	Proporcional (s)	Mayor rapidez de fabricación
21	Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles	Nº de procesos	Nominal	Menor número de procesos
22	Que se utilice el menor número de materiales diferentes	Nº de materiales	Nominal	Menor número de materiales
5	Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible	Nº de usuarios	Nominal	Mayor número de usuarios
26	Que sea lo más cómodo posible	Usuario	Nominal	Mayor comodidad
29	Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles	Nº de tablets	Nominal	Mayor número de tablets
37	Que sea lo más duradero posible	Tiempo	Proporcional (s)	Más años posibles
38	Que sea lo más resistente posible	Peso soportado	Proporcional (Newton)	Mayor fuerza posible
8	Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible	Tiempo	Proporcional (s)	Menor tiempo posible

## 2.4.2. Análisis de soluciones

### 2.4.2.1. Conceptos de diseño

En este apartado del diseño conceptual se van a secuenciar las distintos conceptos e ideas que se han ilustrado durante el periodo de realización del proyecto, una vez sopesadas las especificaciones y restricciones. Estas ideas se muestran en forma de bocetos y los diseños que aparecen son de un nivel de concepto básico.

**Concepto 1.** El primer concepto consiste en un conjunto de pupitre y silla independiente. Por un lado, se encuentra el pupitre, que permite regular la altura mediante la selección de posición. Este sistema consiste en adecuar la altura de la misma forma que se realiza en una muleta, de forma que como la estructura del pupitre está formada por cuatro patas iguales se puede establecer una altura fija y equilibrada. La desventaja que presenta este sistema surge al fijar determinadas medidas para las posiciones de la mesa, pues se limita la posibilidad al usuario de hallar su posición correcta.

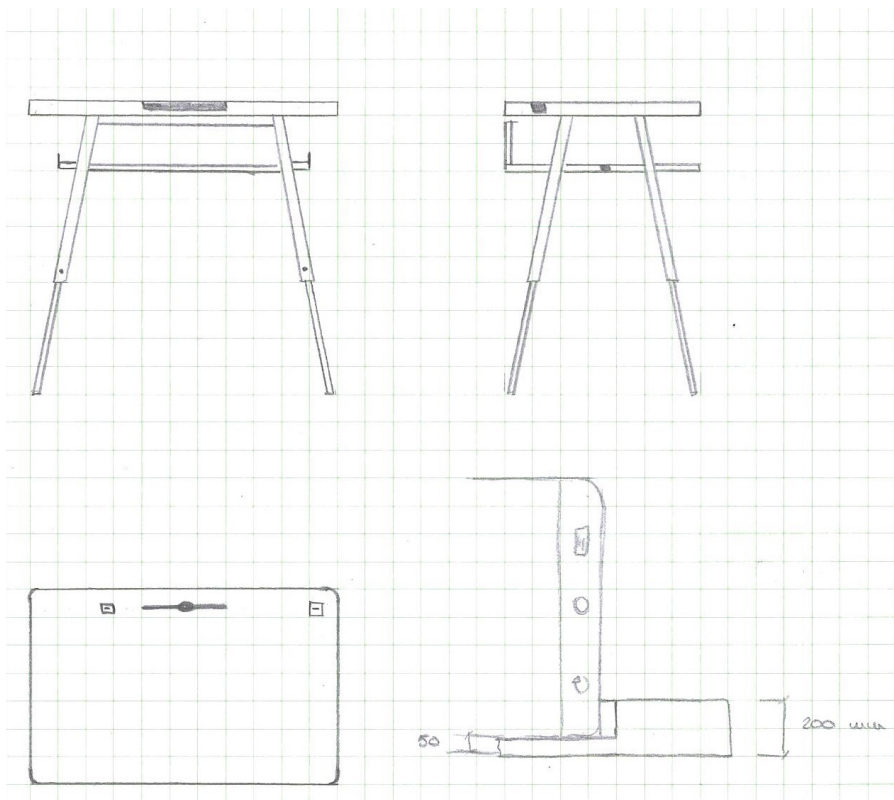


Imagen A55

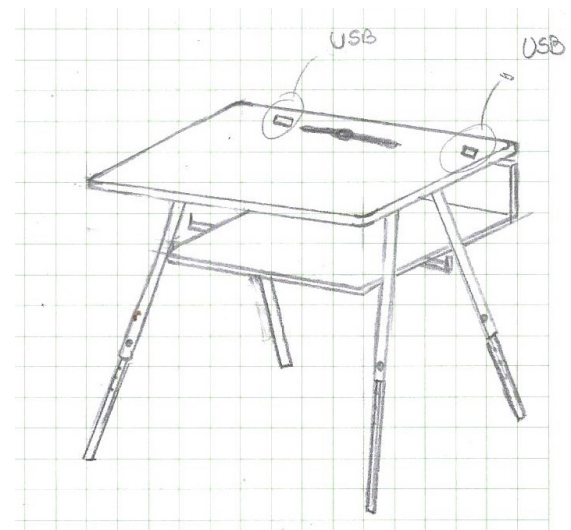


Imagen A56

Respecto al cuerpo del pupitre, este consta de cuatro tubos de acero que se unen formando un rectángulo y de los cuales se extienden las cuatro patas inclinadas hacia el exterior. Además, este soporte sostiene un tablero de madera, y un cajón adosado a su superficie. El tablero superior posee conexiones usb para poder conectar diferentes dispositivos tecnológicos y asimismo lleva mecanizada una ranura que actúa de soporte para dispositivos móviles, principalmente tablets. Los tubos de acero están preparados para alojar el cableado necesario, quedando este totalmente oculto y generando una gran limpieza visual.







Por otro lado, se encuentra la silla, la cual también posee una estructura con tubos de acero de los cuales se extienden cuatro patas inclinadas y regulables en altura. El asiento se fabrica en madera al igual que el respaldo, el cual se une al asiento mediante dos tubos de acero regulables para adaptarse a la altura de la espalda del usuario.

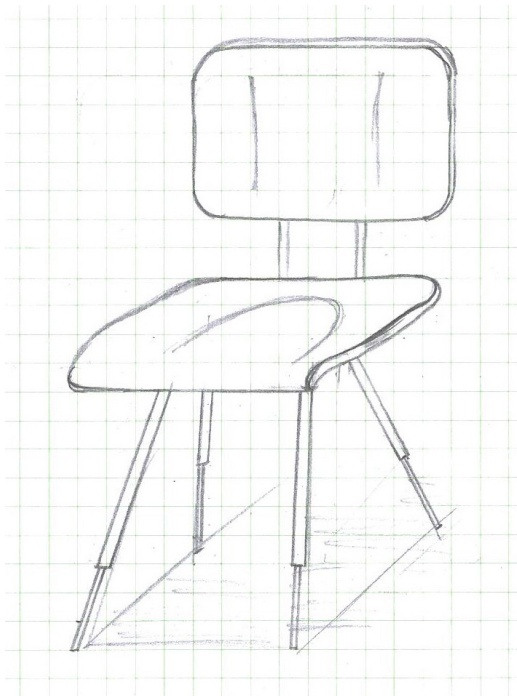


Imagen A57

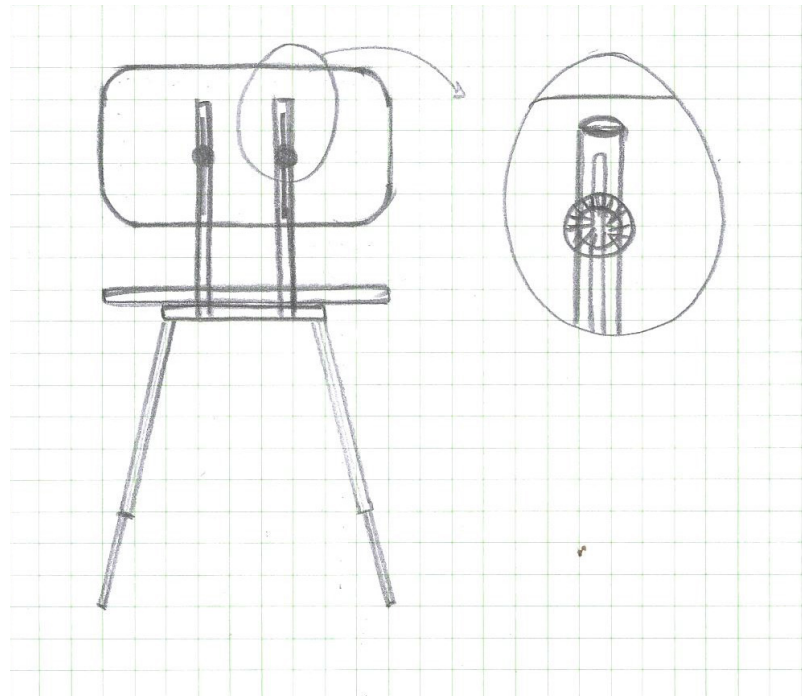


Imagen A58

**Concepto 2.** El segundo concepto consiste en un escritorio con un cuerpo principal construido por dos superficies de madera rectangulares y colocadas de forma paralela y horizontal a una distancia marcada por dos superficies dispuestas verticalmente en cada extremo, dando como resultado un cajón sin fondo. Al igual que el concepto anterior, el cuerpo principal posee una ranura en la superficie superior que actúa como soporte para dispositivos móviles. Del cajón se disponen cuatro patas de tubo de acero regulables en altura mediante un sistema de rosca. Este sistema que es más progresivo y resuelve el problema del concepto 1, consiste en el acoplamiento en forma de rosca de un tubo dentro de otro. Para determinar la altura necesaria, las patas cuentan con una leyenda de medidas, la cual relaciona un color con el rango de altura del usuario (Ej. El color rojo para un usuario de 1,50 m a 1,55 m). Cada tubo roscado lleva marcados los colores correspondientes a la leyenda de manera que las cuatro patas queden a una misma altura.

La silla posee el mismo sistema de elevación mediante rosca que el escritorio, y está fabricada con los mismos materiales y acabados. Tanto en el asiento como en el respaldo se han tenido en cuenta aspectos ergonómicos dando lugar a formas redondeadas y ángulos fisiológicos.

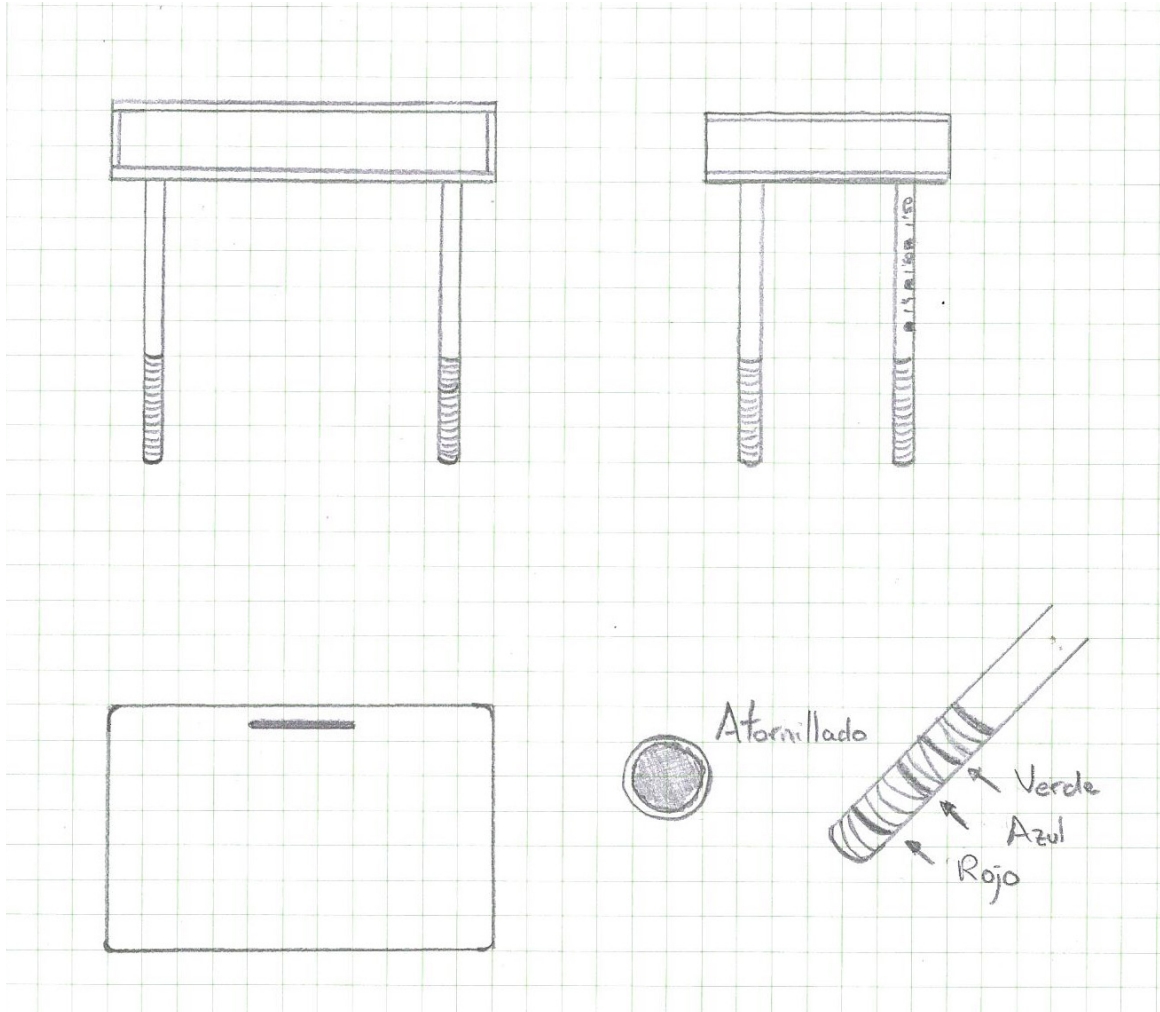


Imagen A59

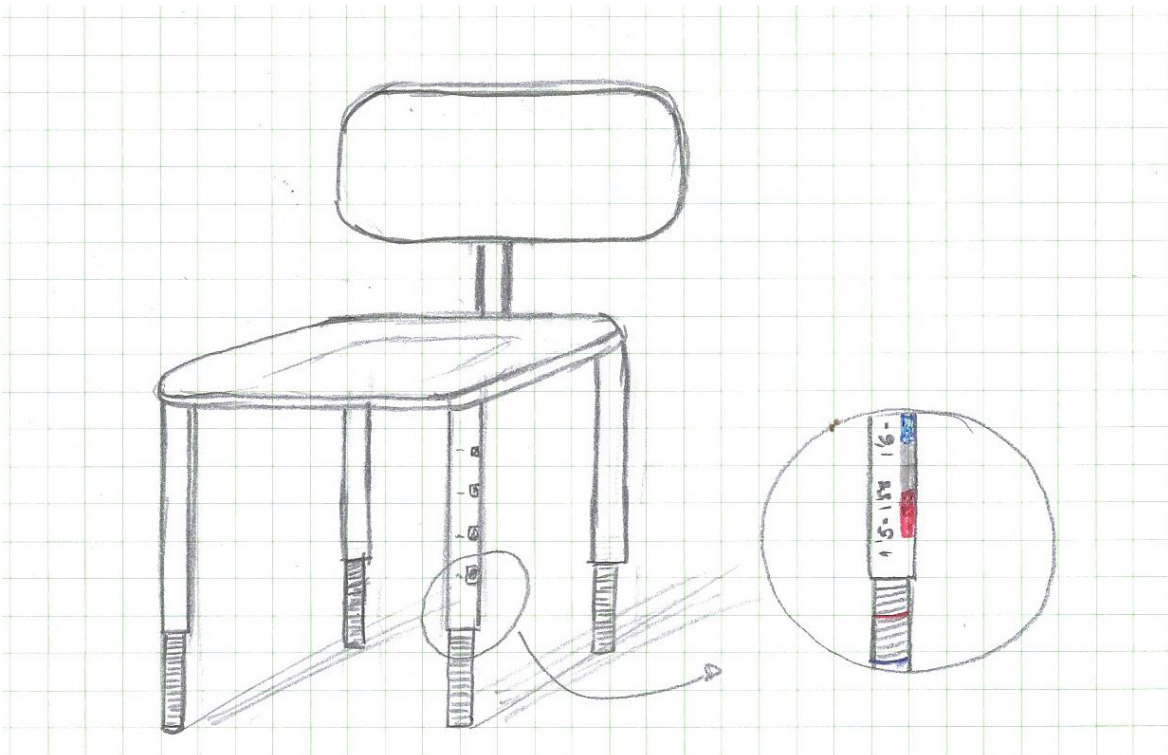


Imagen A60





**Concepto 3.** El tercer concepto rompe con el diseño tradicional del mobiliario escolar ofreciendo una muy versión innovadora. El pupitre está formado por tres piezas principales: un tablero y dos soportes idénticos que constituyen las patas. Dichas patas están compuestas por dos secciones rectangulares con forma de U, siendo una mayor y una menor para que se pueda fijar una dentro de otra. La de menor dimensión se inserta dentro de la mayor y mediante un sistema de presión de pulsadores se elige la altura del conjunto.

Una característica que diferencia este concepto de los anteriores es la ausencia del cajón. Esta idea es el resultado de la progresiva desaparición de los libros de textos y el pleno funcionamiento tecnológico en las aulas. Su diseño es ligero y funcional para el movimiento o traslado del mismo, y el mecanismo de soporte hace el pupitre estable y sin posibles desniveles.

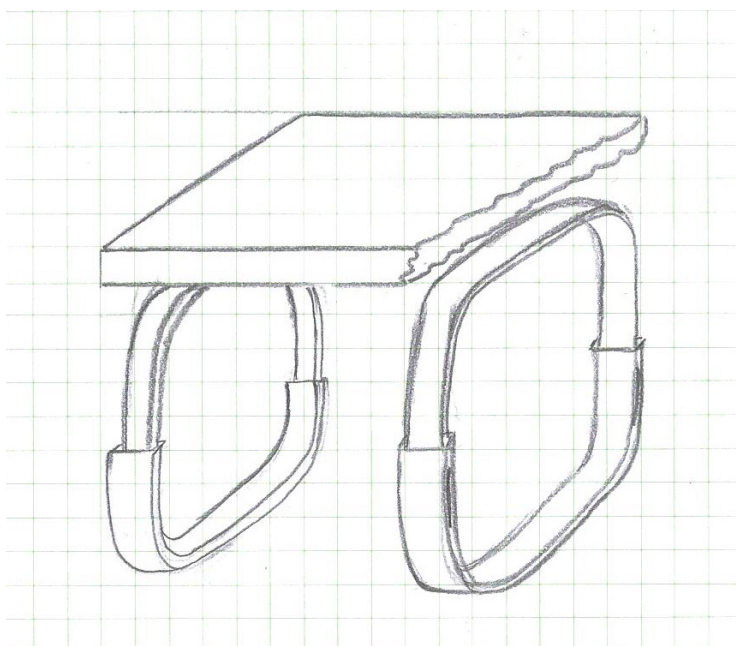


Imagen A61

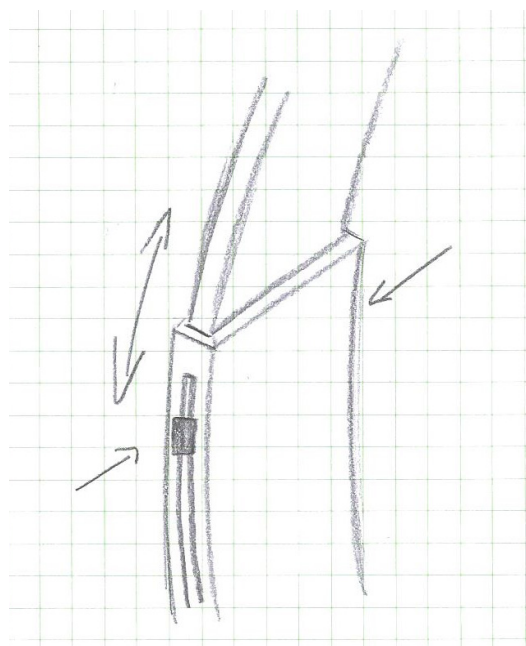


Imagen A62

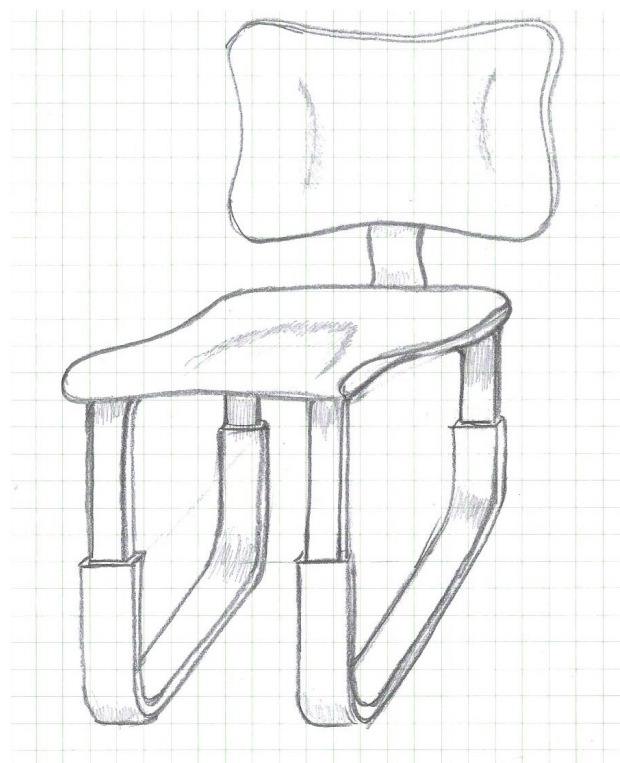


Imagen A63

Al igual que en los conceptos anteriores la silla guarda toda relación posible con el pupitre, su estructura refleja el mismo estilo, manteniendo soportes redondeados y mismo sistema de elevación. Además de estas características también se conservan los materiales y acabados.



**Concepto 4.** Para el pupitre de este concepto se ha rediseñado el cuerpo principal del concepto 2. Las modificaciones realizadas han dado lugar a aristas redondeadas y a la adición de un doble fondo para realizar las conexiones y pasar el cableado. Dispone de una ranura en la superficie superior que actúa de soporte para la tablet y de una tapa reservada para las conexiones. La estructura está fabricada en tubo de acero y se compone de dos partes: una principal que ejerce de soporte para el cajón, y una secundaria que forman las extensiones de las patas. La parte principal de la estructura la forman cuatro piezas cuya unión crea un rectángulo sobre el cual se dispone el cajón. Como se observa en la imagen la parte extensible posee un botón selector que se introduce en uno de los agujeros de la pata principal a la altura deseada.

En esta idea, las patas toman una forma curvada y no recta para proporcionar al diseño cierto dinamismo, estabilidad y tranquilidad, aspectos muy interesantes dado el ámbito de uso del mismo. La curvatura de la mismas no sobresale de la anchura del pupitre, de modo que no sería ningún impedimento a lo hora de alinearlas en clase.

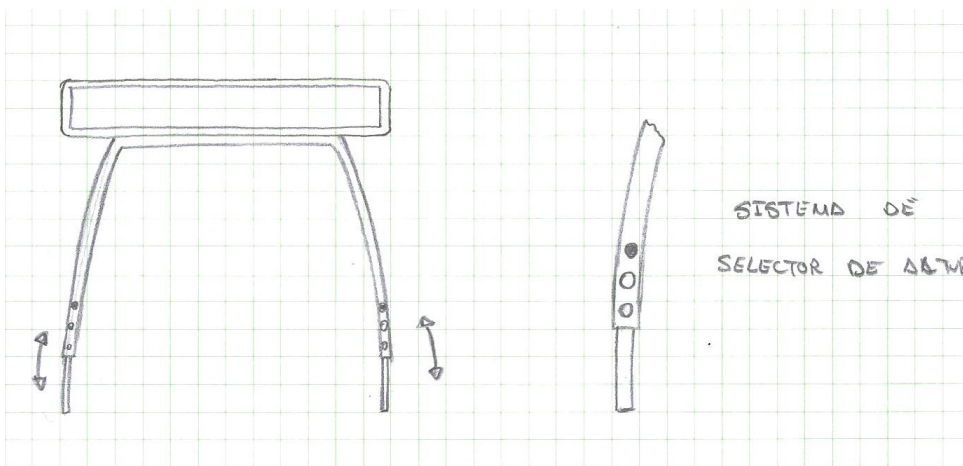


Imagen A64

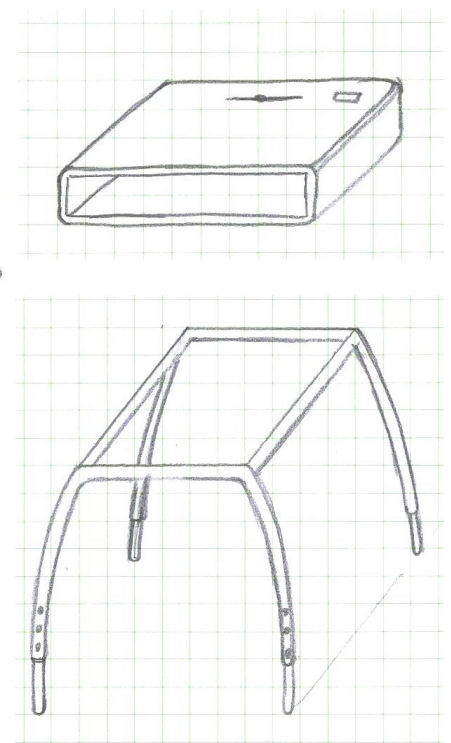


Imagen A65

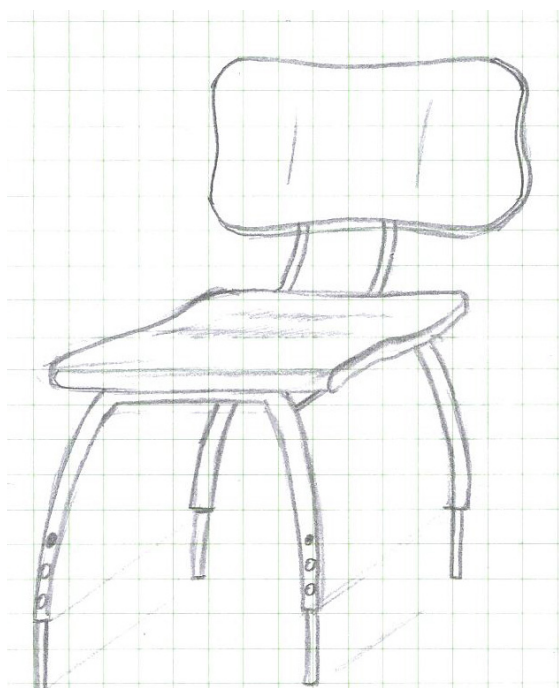


Imagen A66

La estructura de la silla comparte el mismo principio que la del escritorio, patas extensibles y ligeramente curvadas. Escritorio y silla mantienen los mismos materiales y colores poseyendo la silla ciertos ángulos para dar más comodidad al usuario.





**Concepto 5.** El siguiente concepto guarda relación con los conceptos 3 y 4. Se ha mantenido el cuerpo principal en forma de cajón del concepto 4 y se ha tomado como referencia para la estructura la del concepto 3. Esta nueva estructura de apoyo para el cajón se caracteriza por tener dos soportes individuales con base en forma de L, lo que implica que la parte vertical de la estructura queda en la parte trasera del cajón proporcionándole un mayor espacio de movilidad al usuario, y dos soportes más pequeños colocados de forma opuesta en el interior de las bases, respectivamente.

Como se puede observar en la imagen, el pupitre dispone de un refuerzo entre ambas patas que limita la extensión de las piernas del usuario. No obstante, esto le proporciona al pupitre una mayor fijación y estabilidad tanto en estado de reposo como en movimiento.

En este concepto de pupitre, el cajón se encuentra cerrado, dado que si se necesitara inclinar para su movimiento los elementos del interior no se verían dañados.

En cuanto a la silla, mantiene las mismas patas graduables en altura que la mesa y el estilo, manteniendo la misma tonalidad de colores y materiales.

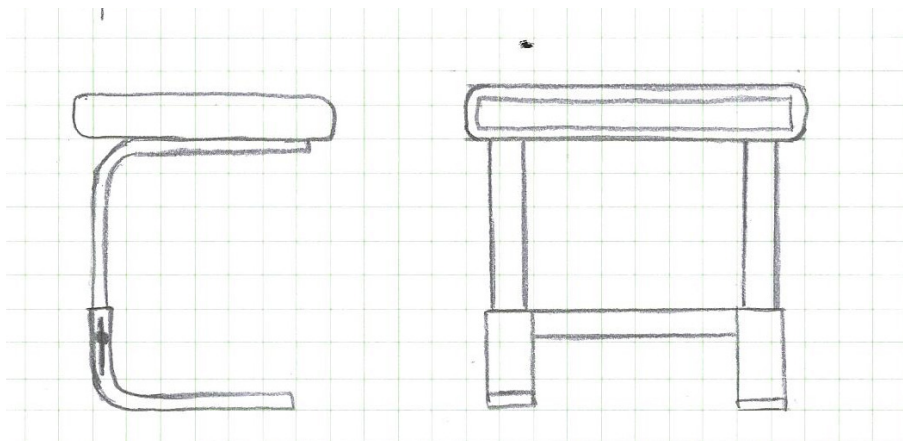


Imagen A67

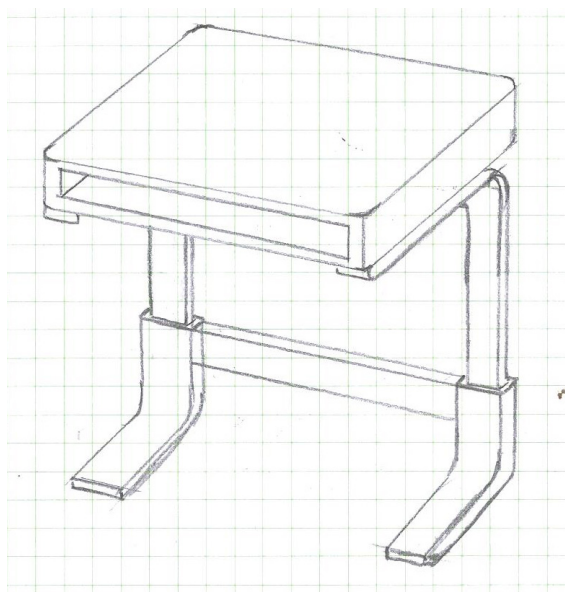


Imagen A68

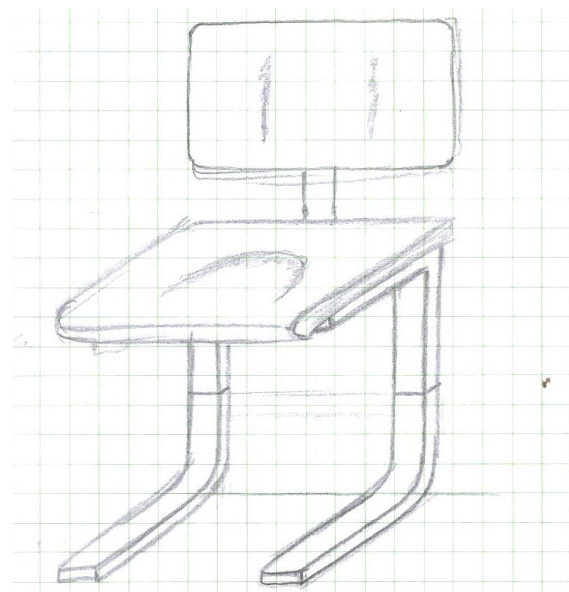


Imagen A69

**Concepto 6.** La idea de esta propuesta reside en la mejora significativa del concepto 5. El pupitre que se muestra a continuación se caracteriza por un diseño sencillo a la par que funcional. Consta de dos patas independientes que suponen el soporte principal de la estructura, sobre ellas se posiciona el cajón, el cual presenta un puerto usb y una ranura de soporte para dispositivos móviles.

Por otro lado, cabe destacar la sencillez del concepto en cuanto a que el peso de la estructura se sostiene solo en la anchura de la base de las patas y eso permite una gran amplitud de movimientos al usuario.

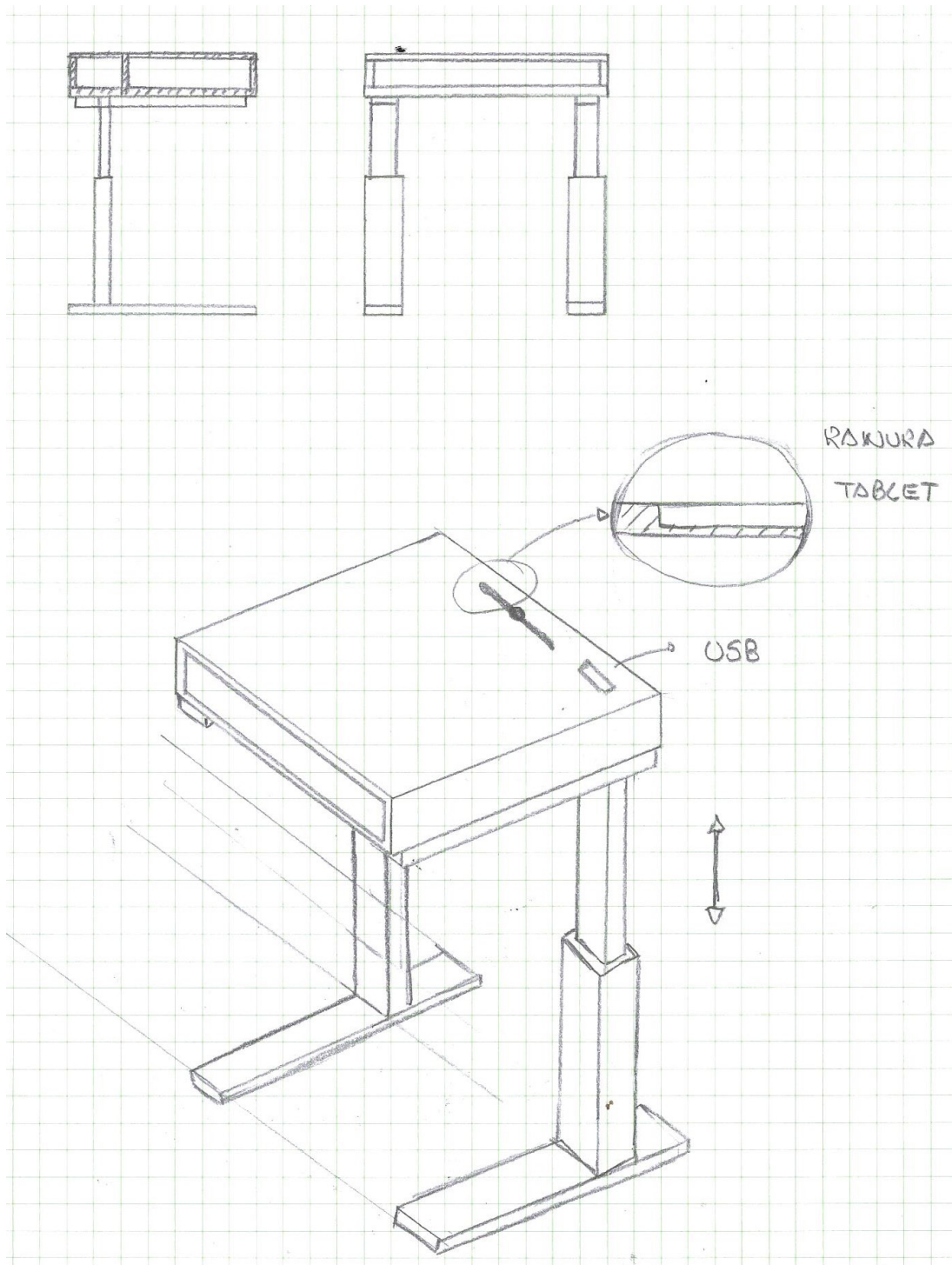


Imagen A70





### 2.4.2.2. Propuestas de diseño

Una vez analizados los primeros conceptos se ha llevado a cabo el planteamiento de propuestas formales, atendiendo las especificaciones, que solucionen el problema. Algunas de estas propuestas se originan directamente de un concepto anterior, otras en cambio son originadas por la combinación de varios. El nivel de diseño de estas propuestas se ha deseado que fuera mayor por ello, se ha realizado un ligero modelado 3D. De esta forma se aprecia mejor el resultado y se hallan de forma más visual y concreta las ventajas y desventajas de cada propuesta.

**Propuesta 1.** La primera propuesta basa su diseño en el concepto número 4. Se trata de un conjunto de silla y mesa ajustables en altura mediante un sistema de regulación sencillo, similar al de una muleta. La estructura del conjunto está fabricada en acero tubular doblado y el asiento, el respaldo y el cajón o cuerpo principal del pupitre en contrachapado pintado.

Estéticamente el conjunto se ha diseñado basándose en la ligereza y el dinamismo. Las patas ligeramente curvadas de la estructura proporcionan suavidad al conjunto a la vez que transmiten elegancia y diferenciación. En el escritorio se observa un cuerpo principal ligero y transparente al carecer de fondo.



Imagen A71



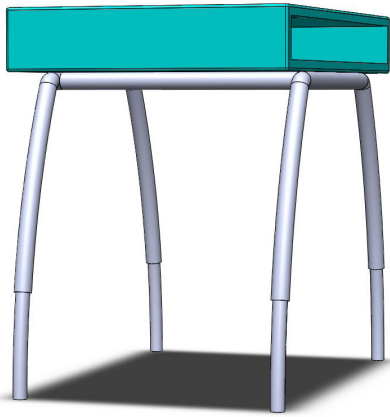


Imagen A73

Debido a la ubicación del cajón, situado por encima de la estructura, y al diseño curvado de la estructura, al usuario se le proporciona un mayor espacio de movimiento bajo el escritorio y, por tanto, una mayor comodidad durante su uso en largos periodos de tiempo.

En la superficie de trabajo se destaca la ranura de colocación de dispositivos electrónicos. Esta ranura permite disponer la tablet en posición vertical, lo que permite disponer de un amplio espacio de trabajo al usuario y ofrecerle comodidad durante la lectura y su utilización. Otra novedad que ofrece esta propuesta, además de la ranura en la superficie, es que dispone de una tapa pasacables por donde se quedan recogidas las conexiones pertinentes.

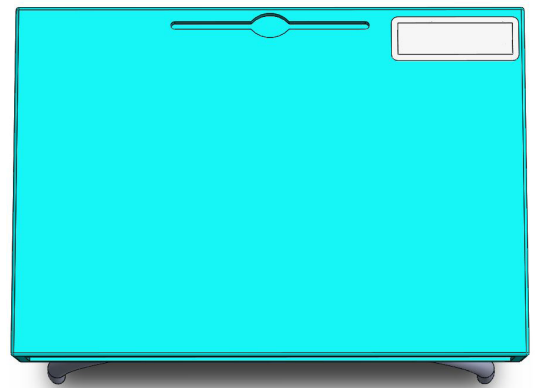


Imagen A74



Imagen A75

En lo que concierne a la propuesta de la silla, este modelo ofrece además de la regulación en altura de sus patas, unos tornillos de regulación en altura para el respaldo. De esta forma, el usuario no sólo puede acoplarse la silla para que los pies le lleguen al suelo, si no que puede ajustar el respaldo de manera que la espalda tome una postura adecuada y cómoda.

Las ligeras curvas que posee la silla son idóneas para la posición sedente que el usuario adoptará durante grandes periodos de tiempo. Al poseer unas medidas y formas concretas, el usuario puede cambiar de posición con facilidad y aliviar los posibles dolores de mantener la misma postura durante un tiempo prolongado.

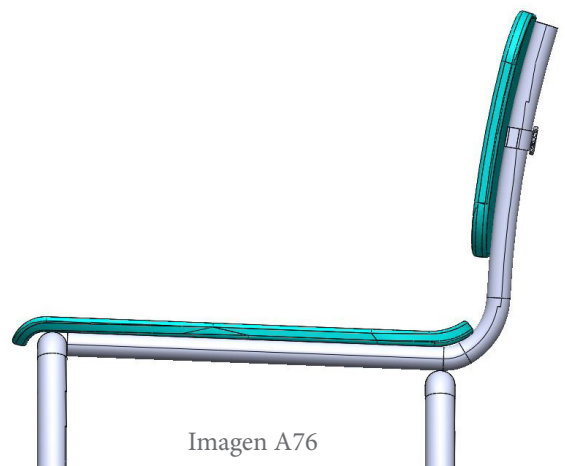


Imagen A76







**Propuesta 2.** La segunda propuesta basa su diseño en el concepto 6. Del conjunto se destaca su estructura fabricada en perfiles de acero de dos tamaños diferentes. Esta estructura está dividida en dos mitades simétricas en la que la mitad inferior se integra en la superior y permite la regulación de altura mediante un sistema mecánico, el cual se describirá posteriormente. Ambas piezas son las dos patas extensibles formadas por tubos de acero de sección rectangular y constituyen el soporte de la mesa.

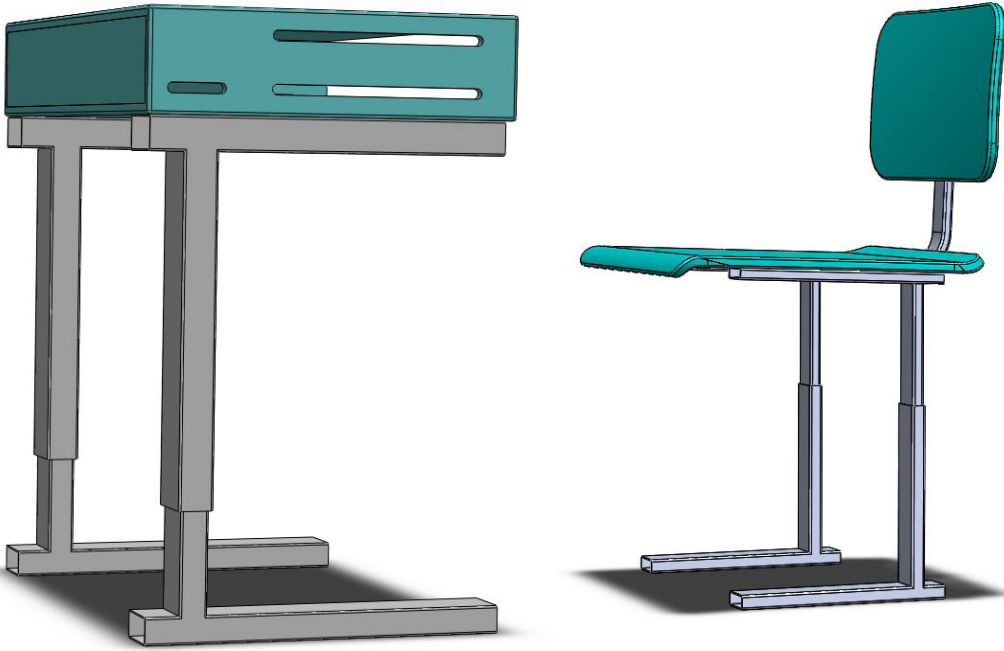


Imagen A77

Estéticamente la propuesta está diseñada para lograr regularidad y estabilidad. En el conjunto destacan los ángulos rectos en todos sus elementos, lo que se transmite en equilibrio, calidad, atemporalidad y seguridad.

El cuerpo principal del escritorio que se soporta sobre las patas extensibles se compone por un cajón donde poder guardar objetos. Este cajón posee un doble fondo para albergar el cableado, las conexiones y el mecanismo de elevación. Para poder acceder al interior ofrece una obertura en la parte inferior. Las ranuras que se presentan en los laterales del cajón proporcionan ligereza al elemento. No obstante, presentan un inconveniente en el uso y es que determinados objetos como folios o material de menor tamaño pueden sobresalir de pupitre, incomodando al usuario. Por otro lado, la distribución de las ranuras más pequeñas tienen como fin poder conectar escritorios entre sí comunicando el cableado de un cajón a otro sin necesidad de dejar cables visibles.

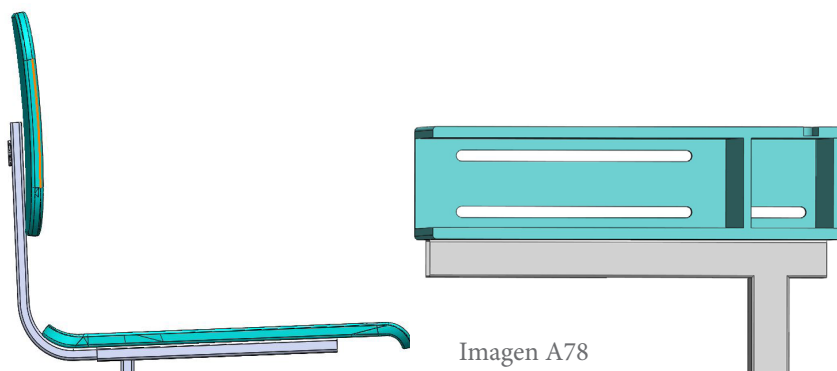


Imagen A78

La silla de esta propuesta es muy sencilla y está diseñada teniendo en cuenta las curvas y dimensiones adecuadas a los distintos tamaños de usuarios. El respaldo, al igual que el asiento, es también regulable en altura. El mecanismo de adaptación lo realiza un tornillo encargado de presionar el respaldo contra la estructura a la altura deseada. Todos los cantos de la silla están redondeados para evitar posibles daños al alumno.

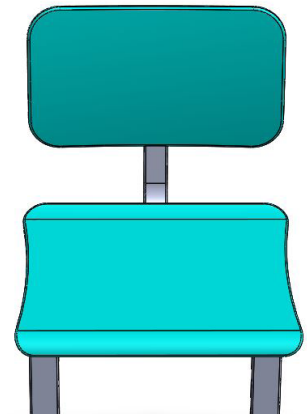


Imagen A79

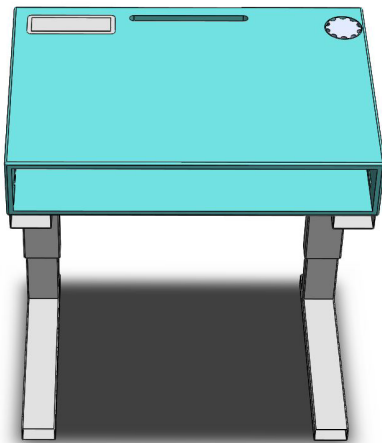


Imagen A80

La superficie de trabajo se caracteriza por poseer tres disposiciones adaptadas tecnológicamente. Una tapa de acceso al doble fondo del cajón, situada a la izquierda de la mesa, donde realizar las conexiones de carga o transferencia de datos de los dispositivos. Otra ranura en la zona central, que hace de soporte de tablets u otros dispositivos. Y por último, una rueda para ajustar la altura del escritorio situada a la derecha. El mecanismo implica que con el giro de la rueda, en el interior del cajón se mueva un piño conectado a otro mediante una cadena. Ambos piños giran al unísono y con ellos el husillo al cual van enlazados. Los dos husillos se enrollan en una tuerca situada en el extremo del perfil de menor tamaño y permiten el desplazamiento vertical del escritorio.

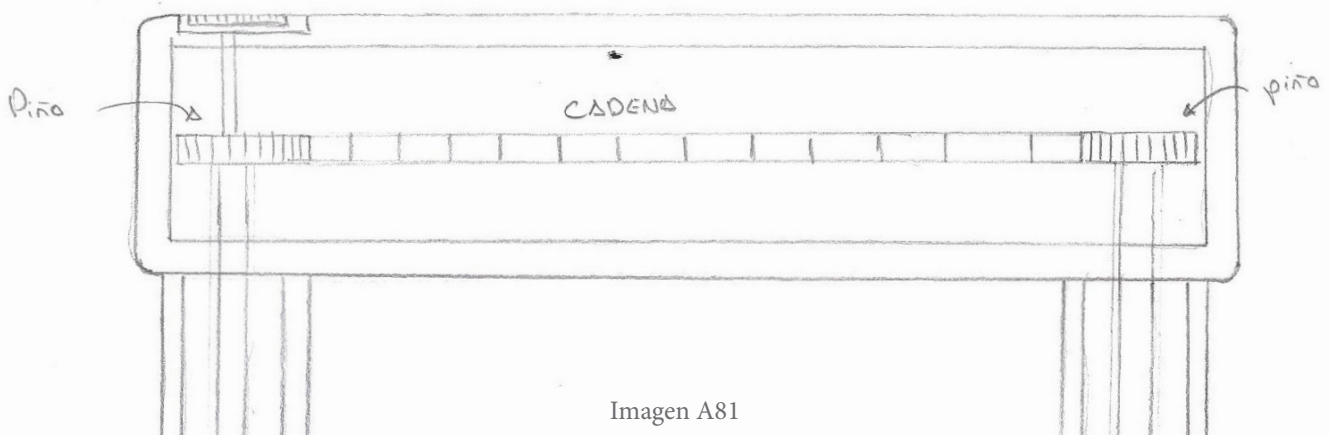


Imagen A81



**Propuesta 3.** La tercera propuesta basa su diseño en el concepto 5 y el concepto 6. El conjunto está fabricado en madera y tubo de acero de sección rectangular doblado. Al igual que en la propuesta anterior, la estructura tanto de la silla como del escritorio está formado por dos patas. Estas patas se pueden dividir en dos partes simétricas en forma de “L”; aunque la sección de una es mayor para poder alojar una dentro de la otra y de esta forma construir una pata extensible.

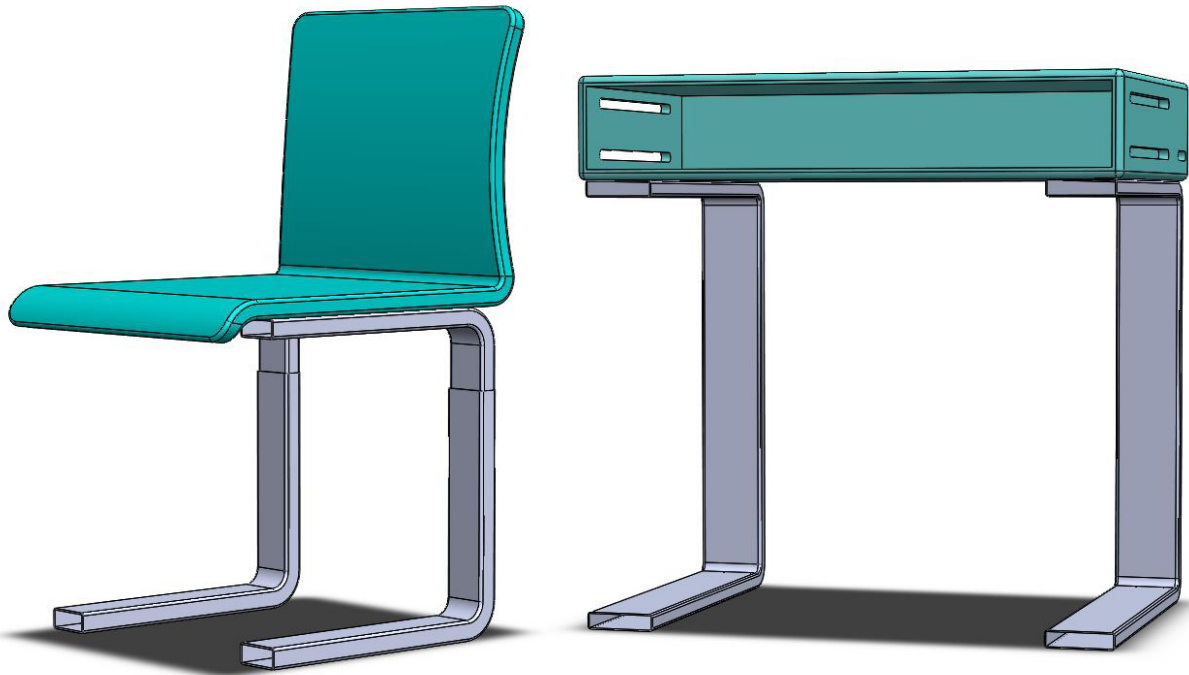


Imagen A82

Estéticamente la presente propuesta transmite mayor dinamismo con respecto a la propuesta anterior al suavizar todos los ángulos rectos. El diseño está inspirado en el minimalismo. Las piezas que componen ambos muebles son escasas y muy simples aportando unos productos muy limpios y sencillos. El ancho de las patas transmite seguridad y estabilidad; mientras que la forma en el L además proporciona un mayor espacio para la movilidad del usuario.

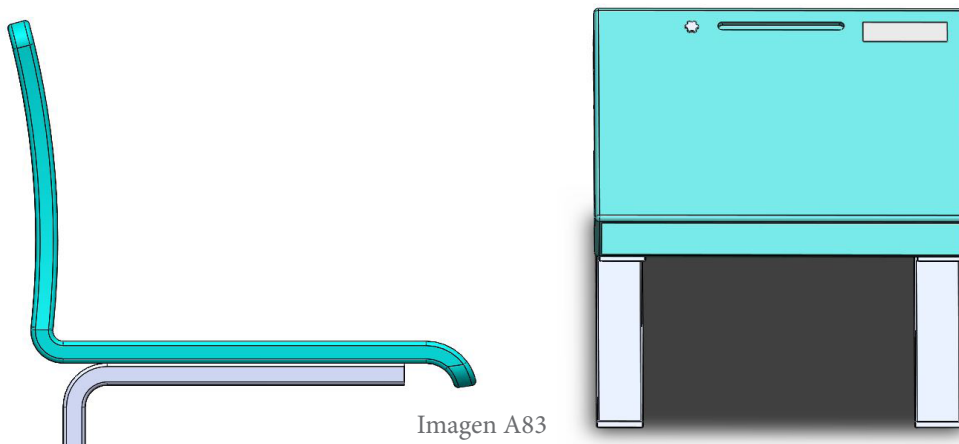


Imagen A83

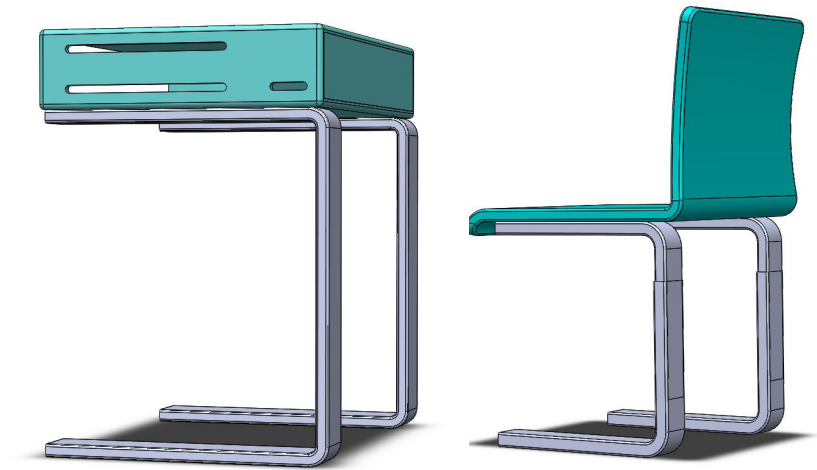


Imagen A84

El sistema de elevación del escritorio alojado en el doble fondo es más complejo que el de la propueta 6. Este se regula mediante una rueda incrustada en la superficie del tablero, la cual al girarla gira consigo todo un sistema de engranajes que gira un husillo situado en cada una de las dos patas. Estos husillos al girar se enroscan en las turcas situadas en el extremo del tubo de menor sección incrustado dentro del de mayor. Al enroscarse o desenroscarse desplaza la parte superior del escritorio de forma vertical, consiguiendo así una regulación de la altura del producto.

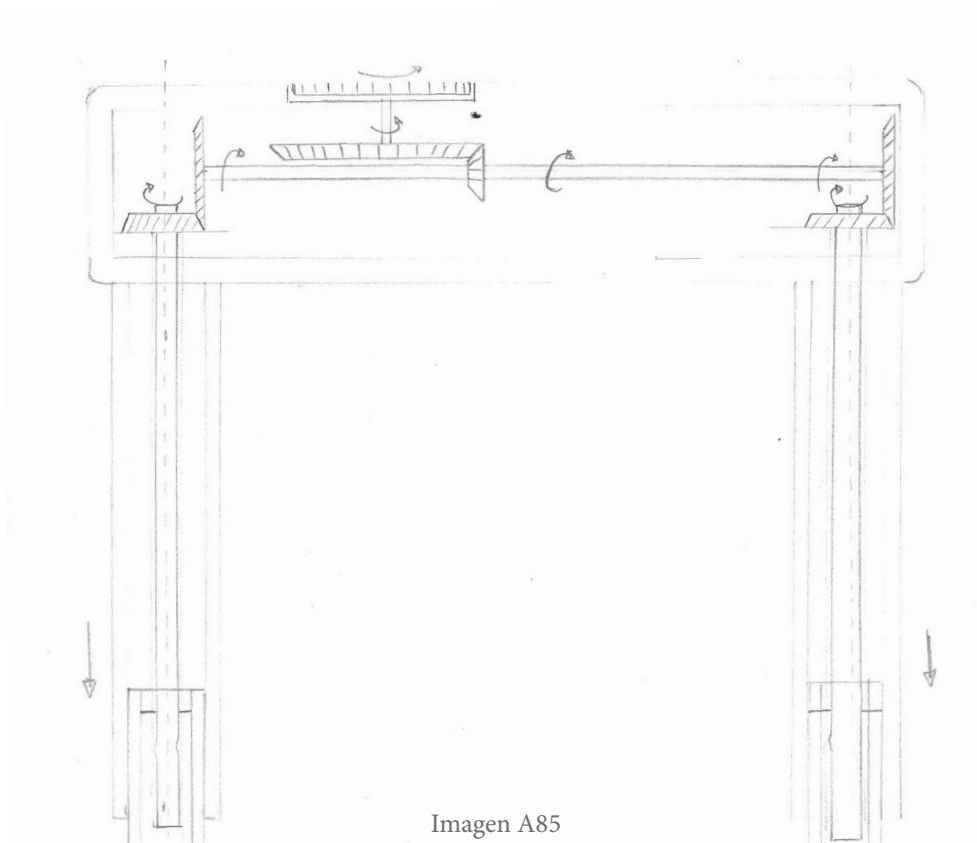


Imagen A85





**Propuesta 4.** En la siguiente propuesta se observa una clara relación con la propuesta 2. Este modelo presenta el mismo sistema de extensión de patas fabricadas con tubo de acero de sección rectangular. El cajón también se mantiene con su doble fondo para albergar las conexiones.

Las ranuras son iguales que en la propuesta 2, de este modo otorgan ligereza y permiten la conexión de mesas situadas al lado. En la superficie de trabajo se ha mantenido la tapa de acceso al doble fondo y la ranura de colocación de dispositivos. En cambio, la rueda de control de la altura del modelo anterior se ha eliminado al no poseer el mismo sistema de elevación. Se le han añadido unos refuerzos horizontales que unen ambas patas y otorgan una mayor estabilidad.

Estos travesales actúan de soporte para el mecanismo de elevación que consiste en una especie de gato mecánico. Al girar la rueda ubicada en el lateral de la estructura, gira un husillo central que eleva y/o reduce la altura de la mesa. La parte del mecanismo está oculto mediante un fuelle de plástico para mayor seguridad del usuario.

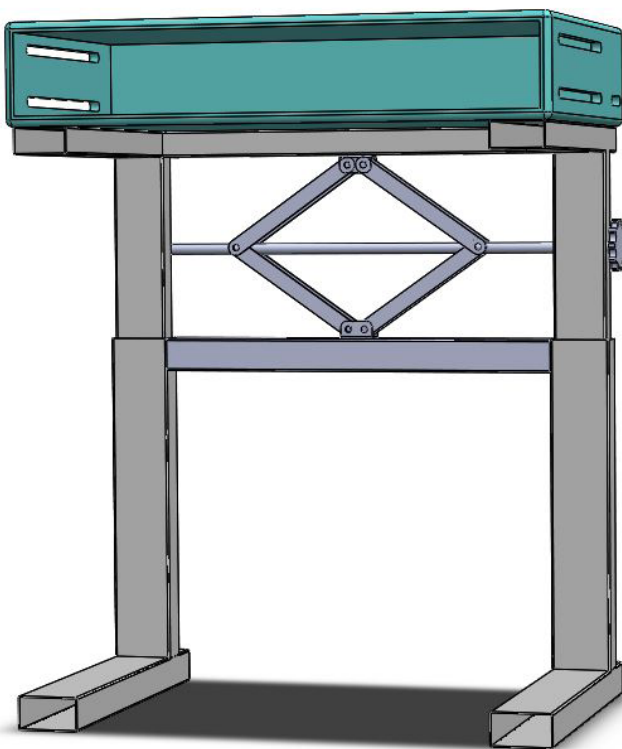


Imagen A86

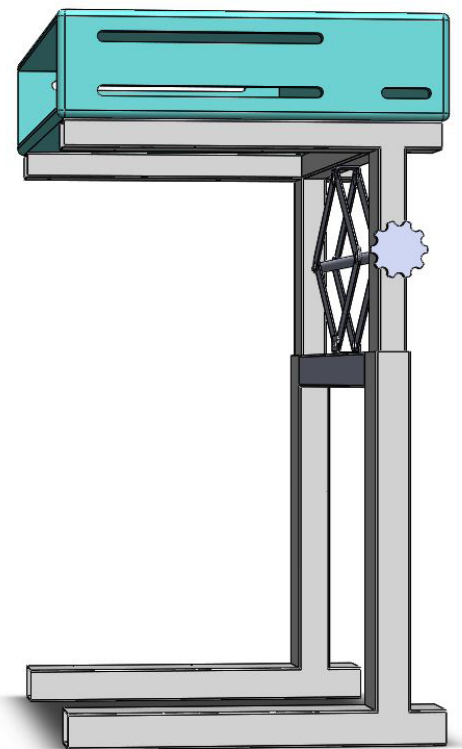


Imagen A87

### 2.4.2.3. Evaluación de las propuestas

Una vez establecidas las diferentes propuestas de diseño es necesaria su evaluación con objeto de elegir la propuesta que mejor se adapte a las necesidades para las que se ha diseñado. Para no decidir la propuesta mediante un único método de evaluación se han llevado a cabo dos. Un método cualitativo, o método Datum, que permite ordenar las propuestas según el grado de cumplimiento de las especificaciones, mediante una escala ordinal; y un método cuantitativo, o de objetivos ponderados, que permite cuantificar las diferentes propuestas obteniendo una nota de cada una de ellas.

Para llevar a cabo la evaluación de las propuestas, en primer lugar se han ordenado las especificaciones obtenidas anteriormente según su importancia, siendo la primera la más importante y la última la menos importante.

1. Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles
2. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible
3. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible
4. Que sea lo más duradero posible
5. Que sea lo más resistente posible
6. Que tenga el menor número de piezas posible
7. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
8. Que se utilice el menor número de materiales diferentes
9. Que sea lo más cómodo posible
10. Que el desecho de material sea el menor posible
11. Que sea lo más rápido de fabricar posible

#### 2.4.2.3.1. Método Datum

En primer lugar se van a evaluar las alternativas de diseño según el método cualitativo. Para ello se ha realizado una matriz que contiene por un lado las diferentes propuestas y por otro las especificaciones. Una de las propuestas debe actuar como referencia para poder ser comparada con las demás. Dicha propuesta se escoge al azar y recibe el nombre de DATUM, en este caso se ha escogido la propuesta número 3. Una vez escogida la propuesta DATUM se ha evaluado cada propuesta para cada especificación siguiendo el criterio siguiente:

- Si la propuesta evaluada cumple con la especificación igual que la propuesta DATUM, obtendrá un “=”.
- Si la propuesta evaluada cumple con la especificación mejor que la propuesta DATUM, obtendrá un “+”.
- Si la propuesta evaluada cumple con la especificación peor que la propuesta DATUM, obtendrá un “-”.

Tras la obtención de las calificaciones se ha realizado la suma para cada propuesta, otorgando al signo “=” el valor 0, al signo “+” el valor 1, y al signo “-” el valor -1. Los resultados obtenidos han sido los siguientes:





	P1	P2	P3	P4
1. Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles	=	=	DATUM	=
2. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible	=	=		=
3. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible	+	=		+
4. Que sea lo más duradero posible	+	=		=
5. Que sea lo más resistente posible	=	=		=
6. Que tenga el menor número de piezas posible	+	-		+
7. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles	+	-		-
8. Que se utilice el menor número de materiales diferentes	+	=		+
9. Que sea lo más cómodo posible	-	=		=
10. Que el desecho de material sea el menor posible	=	=		=
11. Que sea lo más rápido de fabricar posible	+	-		+
$\Sigma_{=}$	4	8		6
$\Sigma_{+}$	6	0		4
$\Sigma_{-}$	1	3		1
$\Sigma_{TOTAL}$	5	-3	0	3

Los resultados obtenidos indican que las propuestas 1 y 4 son mejores que la propuesta 3 tomada como referencia, siendo de las dos la número 1 mejor pues ha obtenido una mejor puntuación. La propuesta 2 por contra, ha obtenido una puntuación negativa lo que indica que es peor que la tomada como DATUM.

#### 2.4.2.3.2. Método de objetivos ponderados

Además del método cualitativo realizado en el apartado anterior, se ha desarrollado también el método cuantitativo descrito a continuación. En primer lugar y teniendo en cuenta las especificaciones ordenadas según importancia obtenidas en el apartado “2.5.2.3. Evaluación de las propuestas” se han evaluado dichas especificaciones otorgando a cada una de ellas un valor o nota. Para ello se han comparado los objetivos dos a dos tal y como se ve en la tabla y el criterio llevado a cabo para la asignación de notas ha sido el siguiente:

- 1 si el de la fila se considera más importante que el de la columna.
- 0 si el de la columna se considera más importante que el de la fila.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	TOT
E1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
E2	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
E3	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	1	8
E4	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	1	7

E5	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1	6
E6	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1	5
E7	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1	4
E8	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1	3
E9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1	2
E10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1
E11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0

Al haber ordenado previamente los objetivos según la importancia y siguiendo la lógica del diseñador, se observa un reparto de puntuación proporcional al escalafón inicial.

Más tarde se han ponderado los resultados realizando un reparto de 100 puntos de forma equitativa. Obteniendo de esta forma el peso de importancia de cada especificación en tanto por cien.

Especificación	Puntuación	Puntuacion ponderada
E1	10	18,18%
E2	9	16,36%
E3	8	14,55%
E4	7	12,73%
E5	6	10,9%
E6	5	9,09%
E7	4	7,27%
E8	3	5,45%
E9	2	3,63%
E10	1	1,81%
E11	0	0 %

Una vez se ha establecido el peso ponderado de cada especificación se ha evaluado el grado de satisfacción de dichas especificaciones en cada una de las propuestas. Esta evaluación se ha llevado a cabo siguiendo una escala ordinal de satisfacción, dicha escala posee 5 categorías y suponen una nota diferente según su satisfacción.

Grado 4	Satisfactorio	10
Grado 3	Probablemente satisfactorio	7,5
Grado 2	Dudoso	5
Grado 1	Probablemente no satisfactorio	2,5
Grado 0	No satisfactorio	0







Quedando la evaluación final de la siguiente manera:

			Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4
E1	18,18%	0,182	10	10	10	10
E2	16,36%	0,163	10	10	10	10
E3	14,55%	0,146	10	0	0	5
E4	12,73%	0,127	10	2,5	2,5	5
E5	10,90%	0,109	10	10	10	10
E6	9,09%	0,091	10	2,5	0	7,5
E7	7,27%	0,073	7,5	7,5	2,5	5
E8	5,45%	0,055	7,5	7,5	7,5	7,5
E9	3,63%	0,036	5	7,5	7,5	7,5
E10	1,81%	0,018	10	10	10	10
E11	0%	0	10	5	5	7,5

Finalmente y una vez obtenida la puntuación de cada propuesta, se ha realizado la suma ponderada de cada una de ellas obteniendo los siguientes resultados.

Propuesta	Cálculos	Nota ponderada
1	$10 \cdot 0,182 + 10 \cdot 0,163 + 10 \cdot 0,146 + 10 \cdot 0,127 + 10 \cdot 0,109 + 10 \cdot 0,091 + 7,5 \cdot 0,073 + 7,5 \cdot 0,055 + 5 \cdot 0,036 + 10 \cdot 0,018 + 10 \cdot 0$	9,5
2	$10 \cdot 0,182 + 10 \cdot 0,163 + 0 \cdot 0,146 + 2,5 \cdot 0,127 + 10 \cdot 0,109 + 2,5 \cdot 0,091 + 7,5 \cdot 0,073 + 7,5 \cdot 0,055 + 7,5 \cdot 0,036 + 10 \cdot 0,018 + 5 \cdot 0$	6,5
3	$10 \cdot 0,182 + 10 \cdot 0,163 + 0 \cdot 0,146 + 2,5 \cdot 0,127 + 10 \cdot 0,109 + 0 \cdot 0,091 + 2,5 \cdot 0,073 + 7,5 \cdot 0,055 + 7,5 \cdot 0,036 + 10 \cdot 0,018 + 5 \cdot 0$	5,9
4	$10 \cdot 0,182 + 10 \cdot 0,163 + 5 \cdot 0,146 + 5 \cdot 0,127 + 10 \cdot 0,109 + 7,5 \cdot 0,091 + 5 \cdot 0,073 + 7,5 \cdot 0,055 + 7,5 \cdot 0,036 + 10 \cdot 0,018 + 7,5 \cdot 0$	7,8

Por tanto, observando los resultados se llega a la conclusión que por el método cuantitativo la propuesta 1 es la mejor opción al haber obtenido la puntuación más alta.

#### 2.4.2.4. Propuesta final

Tras la realización de la evaluación de las propuestas, tanto por el método cuantitativo como por el método cualitativo, la propuesta elegida ha sido la número 1. Esta propuesta ha sido la más puntuada en ambos métodos con lo que se puede afirmar que es la que mejor cumple con las especificaciones establecidas. Si es verdad que mediante los métodos de evaluación hay ciertos aspectos que se dejan en manos de la subjetividad del diseñador, pero al tratarse de puntuaciones tan dispares se puede considerar la propuesta número 1 como la mejor de las 4 opciones.

---

## 2.5. Diseño de detalle

### 2.5.1. Selección de materiales

Para llevar a cabo la elección de materiales descrita en el siguiente apartado, se ha estudiado por separado la estructura de los demás componentes como son el cuerpo o cajón del escritorio, el asiento y el respaldo de la silla. Además existen ciertos elementos como son: conteras, pasacables, cerradura o bisagras; que no se han analizado en este apartado al tratarse de productos adquiridos de proveedores.

#### 2.5.1.1. Estructura

Tras la búsqueda y análisis de los posibles materiales a utilizar en este proyecto realizado en el apartado “2.1.3. Materiales”, se ha llegado a la conclusión de que el material utilizado para la fabricación de la estructura debe ser acero o aluminio. La estructura es la encargada de sostener el mayor peso en ambos muebles con lo que el material elegido deberá soportar fácilmente los esfuerzos a compresión y a pandeo. Por otra parte, el precio es otro aspecto fundamental a tener en cuenta a la hora de elegir material pues una materia prima económica ayudará a obtener un producto competitivo en el mercado.

Entre ambos materiales el que mejor se adapta a las exigencias del producto es el acero. Pese a su mayor densidad, el acero consigue una estructura que soporta mejor el paso del tiempo así como un posible mal uso del mismo. El acero al carbono soporta bien los esfuerzos a compresión y tiene un precio aproximado de 0,43€/kg. El formato requerido dado el diseño es de tubo de acero circular de dos diámetros diferentes, 20 y 25 mm.

#### 2.5.1.2. Cuerpo, asiento y respaldo

Para la fabricación de las piezas en contacto con el usuario se ha decidido utilizar como material la madera. La madera aporta calidez y naturalidad, además es el material que reina en la construcción de mobiliario. Dejando a un lado las maderas naturales por su precio elevado y el destino y usuario al que va dirigido el producto, la elección de la madera se ha realizado en base al apartado “2.1.3. Materiales”.

El cuerpo principal del escritorio debe soportar esfuerzos a flexión en el tablero superior, donde el usuario realiza el trabajo. El tablero inferior también debe aguantar el peso de los objetos que se colocan en el interior del cajón. Además el material elegido debe ser económico para abaratar los costes debido al destino del producto.

Los tableros aglomerados son muy fáciles de romper y no se considera como el material apropiado para la fabricación de mobiliario que debe tener un periodo de vida largo.

El contrachapado se ha considerado en un primer momento como el material más adecuado para las exigencias requeridas. Tiene una gran resistencia, su densidad es inferior a la del DM, soporta bien el paso del tiempo y proporciona un excelente acabado. Aunque dada la diferencia de precio debido el espesor exigido por el diseño y el posterior proceso de enchapado o laminado que se va a llevar a cabo con el material base, se ha decidido que el material utilizado para la fabricación del cajón del escritorio sea el DM.

El DM es un material con unas propiedades físico-mecánicas excelentes y una gran calidad superficial. Las superficies de los tableros de DM son lisas y homogéneas, es un material fácil de pintar, enchapar o recubrir con



laminados de alta presión. Permite obtener buenas terminaciones con un importante ahorro de pintura y un menor desgaste de herramienta. Es un material económico, entorno a los 8,25 €/m<sup>2</sup>, para 18 mm de espesor. Presenta una densidad y un comportamiento uniforme lo que le proporciona una gran facilidad de mecanizado. Sus propiedades fisicomecánicas son las siguientes.

Propiedad	Unidad	Valor		Tolerancia
Espesor	mm	15	18	-
Densidad	Kg/m <sup>3</sup>	730	730	±20
Flexión	N/mm <sup>2</sup>	22	20	±5
Tracción	N/mm <sup>2</sup>	0,75	0,75	±0,1
Humedad	%	8	8	±3
Hinchamiento 24 horas	%	Máx. 12	Máx.12	-

En cuanto al asiento y respaldo de la silla, el material con el que se fabrican debe soportar el peso del usuario y con ello los esfuerzos a flexión a los es sometido. Por la geometría de las piezas, el material debe doblarse con facilidad. Además debe ser un material económico para no encarecer el producto.

En esta ocasión el material elegido como madera base para la fabricación del asiento y respaldo es el contrachapado de chopo. Es un material ligeramente más costoso que el DM pero sus propiedades mecánicas son mejores. Estas propiedades del material han sido decisivas en la elección, dadas las características físicas de las piezas y su función.

El contrachapado de chopo es un material fácil de doblar dada su composición. Las superficies de los tableros de contrachapado son de acabado natural. Este material también se utiliza como material base para un posterior, enchapado o recubrimiento con laminados de alta presión. Es un material no muy costoso, entorno a los 11,45 €/m<sup>2</sup>, para 12 mm de espesor. Presenta un comportamiento uniforme lo que le proporciona una gran facilidad de mecanizado. Sus propiedades fisicomecánicas son las siguientes.

Propiedad	Unidad	Valor		Tolerancia
Espesor	mm	12	15	-
Peso	Kg/m <sup>2</sup>	8,2	10,2	±0,1
Flexión	N/mm <sup>2</sup>	42,9	41,3	±5
Módulo de elasticidad	N/mm <sup>2</sup>	10.720	10.316	±100

---

Una vez elegido el material base para cada una de las piezas de madera se ha elegido el material y forma de recubrimiento de éste, entre los expuestos en el apartado “2.1.3. Materiales”.

El usuario del conjunto son alumnos de entre 6 y 16 años. El material superficial de las piezas de madera, tanto del cajón como del asiento y el respaldo, debe ser muy resistente al mal uso. Además debe ser un material con una larga vida y una excelente gran resistencia al desgaste. Debe proporcionar una superficie lisa y regular, de colores mate para proporcionar atemporalidad al producto. Por último, debe ser fácil de limpiar y de un bajo mantenimiento.

En un primer momento queda descartado el lacado o barnizado de las superficies puesto que requiere un gran mantenimiento y no aporta la rigidez exigida. El melaminado de las superficies no se considera que proporcione las características requeridas de resistencia al desgaste, por lo que también se ha descartado.

Por su gran resistencia al rayado, elevada fuerza mecánica, flexibilidad, durabilidad, facilidad de limpieza y sus cualidades higiénicas, el material elegido para cubrir la madera base es el estratificado o laminados de alta presión (HPL).

Las placas HPL están hechas exclusivamente de materiales con base de celulosa y de resinas termoestables. Las capas que forman este laminado son:

- Overlay. Es un papel altamente transparente que se coloca en primer lugar y está en contacto con el usuario. Hace que la superficie del laminado sea resistente a la abrasión y al rayado.
- Papel decorativo. Es un papel que proporciona el aspecto estético. Se sitúa debajo del overlay y puede ser de colores o estampados.
- Papel kraft. Es el “corazón” del HPL, este es el papel, normalmente marrón, que forma el núcleo del laminado de alta presión.

Para concluir, cabe destacar que ambos, asiento y respaldo, están contrachapados de chopo estratificado o laminado de alta presión. El cuerpo principal o cajón del escritorio está fabricado con DM estratificado o laminado de alta presión.

## 2.5.2. Cálculos estructurales

A continuación se observan los cálculos realizados para asegurar que todos los elementos están diseñados para soportar, no sólo las cargas previstas para un uso normal, si no también un posible mal uso y un exceso de carga.

Así pues, se ha calculado la carga máxima que soporta el cuerpo del escritorio y el asiento de la silla y los esfuerzos de compresión y pandeo de las estructuras.

### 2.5.2.1. Superficie escritorio

La resistencia a flexión de la superficie del escritorio se ha obtenido según las medidas de éste.

-Dimensiones del tablero.      Longitud “L” = 70 cm      Espesor “E” = 1,8 cm

-Resistencia a flexión de la madera de DM       $\sigma = 20 \text{ N/mm}^2 = 204 \text{ kg/cm}^2$





Las fórmulas que se han utilizado son las siguientes:

-Momento de inercia                      Irectángulo =  $1/12 \times b \times h^3$

-Ley de Navier                               $\sigma = (M \times y)/I = M/W$

-Fuerza máxima                               $F_{\text{máx}} = M/d$

y = distancia hasta fibra neutra

d = distancia desde apoyo hasta la fuerza

Una vez establecidos los datos y las fórmulas se ha calculado el resultado:

-Irectángulo =  $1/12 \times 70 \times 5,83 = 34,02 \text{ cm}^4$

- $M_{\text{máx}} = 34,02 \times 204 / 0,9 = 7.711,2 \text{ kg} \times \text{cm}$

- $F_{\text{máx}} = 7.711,2/35 = 220,32 \text{ kg}$

La fuerza máxima que soporta el tablero del cuerpo del escritorio es de 220,32 kg. Se ha considerado que dicha fuerza es más que suficiente para el correcto funcionamiento, teniendo en cuenta que se ha despreciado el laminado del DM.

### 2.5.2.2. Superficie asiento

La resistencia a flexión de la superficie del asiento se ha obtenido según las medidas de éste.

-Dimensiones del tablero.              Longitud "L" = 44 cm                              Espesor "E" = 1,2 cm

-Resistencia a flexión de la madera de contrachapado                               $\sigma = 42,9 \text{ N/mm}^2 = 437,6 \text{ kg/cm}^2$

Las fórmulas que se han utilizado son las siguientes:

-Momento de inercia                      Irectángulo =  $1/12 \times b \times h^3$

-Ley de Navier                               $\sigma = (M \times y)/I = M/W$

-Fuerza máxima                               $F_{\text{máx}} = M/d$

y = distancia hasta fibra neutra

d = distancia desde apoyo hasta la fuerza

Una vez establecidos los datos y las fórmulas se ha calculado el resultado:

-Irectángulo =  $1/12 \times 44 \times 1,73 = 6,344 \text{ cm}^4$

- $M_{\text{máx}} = 6,344 \times 437,6 / 0,6 = 4.626,4 \text{ kg} \times \text{cm}$

- $F_{\text{máx}} = 4.626,4/22 = 210,29 \text{ kg}$

La fuerza máxima que soporta el tablero del cuerpo del escritorio es de 210,29 kg. Se ha considerado que dicha fuerza es más que suficiente para el correcto funcionamiento, del producto. No se ha tenido en cuenta el laminado superficial del contrachapado que le proporciona una mayor resistencia.

### 2.5.2.3. Estructura escritorio y silla

En este apartado se ha calculado la resistencia de las patas cuando trabajan a compresión. Para calcular esta resistencia a compresión se parte de los datos siguientes:

- Resistencia a compresión del tubo de Acero:  $S_y = 500 \text{ Mpa}$ .
- Sección circular de los tubos:  $D$  (diámetro) = 25 mm  $E$  (espesor) = 10 mm.  
 $D$  (diámetro) = 20 mm  $E$  (espesor) = 10 mm

La fórmula necesaria para realizar el cálculo es la siguiente:

$$- \sigma = F / S$$

F: Fuerza      S: Sección

Una vez conocidos los datos y la fórmula a emplear, se procede a calcular la resistencia a compresión que tendrá una de las cuatro patas.

$$-D = 25 \text{ mm}$$

$$S_y = F / S$$

$$F_{\text{máx}} = S_y \cdot S \quad F_{\text{máx}} = [(\pi \times 156,25) - (\pi \times 144)] \cdot 500/2 = 9.621,12 \text{ N} = 981,35 \text{ kg}$$

$$-D = 20 \text{ mm}$$

$$S_y = F / S$$

$$F_{\text{máx}} = S_y \cdot S \quad F_{\text{máx}} = [(\pi \times 100) - (\pi \times 90,25)] \cdot 500/2 = 7.657,63 \text{ N} = 781,07 \text{ kg}$$

Las patas de ambos muebles son capaces de soportar 981,35 kg en la parte principal de la estructura donde el diámetro es igual a 25 mm; y 781,07 kg en la extensión de cada pata o parte secundaria.

Dada que la carga máxima que puede soportar el asiento es de 210,29 kg, la carga máxima a soportar por cada una de las patas de la silla en su parte principal es de:

$$\sigma_{\text{adm}} = F_{\text{máx}} / S = 210,29 / (4 \cdot [(\pi \times 156,25) - (\pi \times 144)]) = 1,36 \text{ kg/mm}^2 = 136 \text{ kg/cm}^2$$

Y en la parte secundaria o extensión de cada pata es de:

$$\sigma_{\text{adm}} = F_{\text{máx}} / S = 210,29 / (4 \cdot [(\pi \times 100) - (\pi \times 90,25)]) = 1,71 \text{ kg/mm}^2 = 171 \text{ kg/cm}^2$$

Estos valores quedan muy alejados de los 500 MPa de resistencia a compresión del material. Por tanto, se puede afirmar que la estructura de la silla aguanta a compresión.

Para finalizar, los cálculos que conciernen a los esfuerzos a compresión de las estructuras y dada que la carga máxima que puede soportar la superficie del cajón es de 220,32 kg, la carga máxima a soportar por cada una de las patas de la silla en su parte principal es de:





$$\sigma_{\text{adm}} = F_{\text{máx}} / S = 220,32 / (4 \cdot [(\pi \times 156,25) - (\pi \times 144)]) = 1,43 \text{ kg/mm}^2 = 143 \text{ kg/cm}^2$$

Y en la parte secundaria o extensión de cada pata es de:

$$\sigma_{\text{adm}} = F_{\text{máx}} / S = 220,32 / (4 \cdot [(\pi \times 100) - (\pi \times 90,25)]) = 1,79 \text{ kg/mm}^2 = 179 \text{ kg/cm}^2$$

Estos valores quedan alejados de los 500 MPa de resistencia a compresión del material. Por tanto se puede afirmar que la estructura de la mesa aguanta a compresión.

Tras la realización de estos cálculos se confirma la resistencia de cada una de las piezas para desarrollar las funciones para las que han sido diseñadas.

### 2.5.3. Proceso de fabricación

La fabricación del conjunto formado por silla y mesa se compone de diferentes procesos según la pieza. En este apartado se pretende determinar dichos procesos que conforman cada una de las piezas. No se van a tratar los procesos de fabricación las piezas obtenidas de proveedores. Únicamente se va a explicar el de las piezas indicadas en el apartado “2.7.2. Selección de materiales”.

#### 2.5.3.1. Cajón

Para la realización del cajón se requiere de los siguientes procesos de fabricación:

- Fresado frontal. Para la realización de los huecos que alojan las cazoletas de las bisagras se realizan 2 fresados frontales. También se realiza un fresado frontal tras el taladrado de los agujeros en las superficies laterales. Este último fresado se efectúa para rebajar la superficie exterior del agujero y albergar el embellecedor del pasacables. El fresado es el proceso que mejor características ofrece para la realización de estas operaciones.
- Ranurado. En la superficie superior del cajón se realiza un ranurado para obtener la ranura de colocación de dispositivos electrónicos. Además, en la superficie inferior de esta misma pieza, se efectúa otro ranurado donde encaje el pestillo de la cerradura. Este proceso es el que mejor se adecua para realizar ambas operaciones, tanto por las dimensiones de las ranuras como por el buen acabado superficial que ofrece el proceso.
- Taladrado. Para la realización de los agujeros ciegos que alojan los tubillones se utiliza un taladro. También se realiza un taladrado, en esta ocasión pasante y de mayor diámetro, para realizar el agujero donde se ubica la cerradura. Este proceso es el que mejores condiciones ofrece para la realización de estas operaciones.
- Trepanado. Se realizan dos trepanados, uno en la superficie superior donde se ubica el hub usb. El otro se efectúa en los laterales para alojar los pasacables. Este proceso se adapta perfectamente a la geometría requerida, proporciona un buen acabado y es sencillo de realizar.
- Perfilado. Para redondear el canto de cada una de las superficies en contacto con el usuario, se realiza un perfilado con una fresa de contorno. Ofrece un buen acabado y es una operación imprescindible para otorgar seguridad al producto.
- Lijado. Tras la realización de cada una de las operaciones anteriores se realiza un suave lijado para perfeccionar el acabado superficial.

---

- Encolado. Una vez obtenidas cada una de las piezas que conforman el cajón, se ubican los tubillones en los agujeros ciegos y se encola para conseguir la geometría diseñada.

- Acabado. En las superficies de los cantos vivos, se aplica imprimación, laca fondo y una capa de acabado. Esta operación se realiza con una pistola de alta presión y tiene diferentes grados de automatización.

### **2.5.3.2. Asiento y respaldo**

Para la fabricación del asiento y del respaldo se realizan las mismas operaciones las cuales son descritas a continuación:

- Perfilado. Para redondear el canto de ambas piezas, se realiza un perfilado con una fresa de contorno. Ofrece un buen acabado y es una operación imprescindible para otorgar seguridad al producto.

- Doblado: El contrachapado del asiento y del respaldo se dobla por un proceso de vaporizado. Tras humedecer las piezas son presionadas por una prensa y adoptan la forma deseada. Ofrece excelentes condiciones dadas las características de las piezas.

- Acabado. En cantos vivos al igual que en el cajón, se aplica imprimación, laca fondo y una capa de acabado. Esta operación se realiza con una pistola de alta presión y tiene diferentes grados de automatización.

### **2.5.3.3. Estructura**

En la fabricación de la estructura se requiere de los siguientes procesos de fabricación.

- Tronzado. Se realiza un corte con una tronzadora para obtener los tubos con el largo requerido de cada pieza.

- Doblado. Se realizan los doblados necesarios para obtener la geometría final de cada pieza mediante una dobladora.

- Soldadura. Para la unión de las piezas principales de la estructura se realiza una soldadura. El tipo de soldadura empleada es MAG, dado que es capaz de soldar tanto el espesor como el material en cuestión.

- Taladrado. Se realizan los taladros pasantes por donde pasan los tornillos de sujeción. Se utiliza un taladro dadas las condiciones que ofrece para desarrollar la operación.

- Lijado. Para mejorar el acabado de los cordones de soldadura, se lijan con un cepillo de púas metálicas y así, disimular la soldadura.

- Acabado. En primer lugar se aplica a la estructura una capa de imprimación antióxido mediante una pistola de aplicación. Una vez secada, se aplica la capa de pintura con el mismo tipo de pistola.







## 2.6. Bibliografía y webgrafía

### 2.6.1. Bibliografía

Los libros, artículos y apuntes consultados para la elaboración de este proyecto han sido:

- Estudio ergonómico.
  - Teoría de la asignatura DI1023 - Ergonomía.
- Diseño conceptual.
  - Teoría de la asignatura DI1014 - Diseño conceptual.
  - Teoría de la asignatura DI1022 - Metodología de Diseño.
- Materiales.
  - Teoría de la asignatura DI1010 - Materiales I.
  - Teoría de la asignatura DI1015 - Materiales II.
- Cálculos estructurales.
  - Teoría de la asignatura DI1013 - Mecánica y resistencia de materiales.
  - Teoría de la asignatura DI1029 - Sistemas mecánicos.
- Procesos de fabricación.
  - Teoría de la asignatura DI1020 - Procesos y tecnologías I.
  - Teoría de la asignatura DI1021 - Procesos y tecnologías II.

### 2.6.2. Webgrafía

Las páginas web consultadas para la realización de este proyecto han sido las siguientes:

<http://www.mobiliarioatumedida.com/escolar/escolar-pupitres>

[http://www.abc.es/familia/educacion/abci-no-todos-padres-estan-acuerdo-tabletas-colegios-201604192216\\_noticia.html](http://www.abc.es/familia/educacion/abci-no-todos-padres-estan-acuerdo-tabletas-colegios-201604192216_noticia.html)

<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001586/158667s.pdf>

<http://okdiario.com/tecnologia/2015/02/03/ventajas-usar-tablets-educacion-976>

<http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?&id=1140>

[https://www.amazon.es/Puertos-Concentrador-Alimentaci%C3%B3n-compatible-Windows/dp/B00QWYJ-SIS/ref=sr\\_1\\_11?ie=UTF8&qid=1481557251&sr=8-11&keywords=hub+usb+alimentado](https://www.amazon.es/Puertos-Concentrador-Alimentaci%C3%B3n-compatible-Windows/dp/B00QWYJ-SIS/ref=sr_1_11?ie=UTF8&qid=1481557251&sr=8-11&keywords=hub+usb+alimentado)

[http://www.banggood.com/es/3-Port-USB-2\\_0-OTG-Hub-OTG-Charging-Cable-For-Mobile-Phone-Tablet-p-970000.html](http://www.banggood.com/es/3-Port-USB-2_0-OTG-Hub-OTG-Charging-Cable-For-Mobile-Phone-Tablet-p-970000.html)

<http://www.mengual.com/detalleNomProducto/3-Iluminacion/3.04-conexiones-electricidad/020-pasacables/050-guiseppa-pasacables-rectangular-metalico>

<http://www.antunezequipamiento.es/catalogo/complementos/unit-de-ib-connect/>

<http://www.piececitas.com/comprar-cerradura-para-buzon-aga-triangular-al-mejor-precio>

<http://www.ferreteriamarti.com/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=61&codProducto=50009620&cPath=663>

[https://www.hettich.com/fileadmin/content/mediathek/PRO/TA\\_2016\\_es\\_ES\\_02\\_Bisagras.pdf](https://www.hettich.com/fileadmin/content/mediathek/PRO/TA_2016_es_ES_02_Bisagras.pdf)

<http://www.suministroselarco.com/conteras/9942-contera-plastico-redonda-exterior-blanca-25-mm-bolsa-200-unidades.html>

<http://www.essentracomponents.es/patas-metricas-para-sillas-963027>

[https://www.amazon.es/Emuca-3196321-pasacables-circulares-escritorio/dp/B01GV0PDU4/ref=sr\\_1\\_6?ie=UTF8&qid=1483464412&sr=8-6&keywords=pasacables+60+mm](https://www.amazon.es/Emuca-3196321-pasacables-circulares-escritorio/dp/B01GV0PDU4/ref=sr_1_6?ie=UTF8&qid=1483464412&sr=8-6&keywords=pasacables+60+mm)

<https://es.aliexpress.com/item/Manufacturer-supply-Anodize-Tent-Pole-Awning-Tube-Kayak-Paddle-Spring-Button-Snap-for-trekking-poles/32422264972.html?spm=2114.43010208.4.111.qxEzjZ>

[http://www.masisa.com/chi/categoria\\_producto/mdf-acabado-alto-brillo/](http://www.masisa.com/chi/categoria_producto/mdf-acabado-alto-brillo/)

[https://www.amazon.es/Pl%C3%A1stico-Blanco-Ciegos-Tuber%C3%ADa-Plaquitas/dp/B00S4Z1JEY/ref=lp\\_3049508031\\_1\\_22?s=tools&ie=UTF8&qid=1485002841&sr=1-22](https://www.amazon.es/Pl%C3%A1stico-Blanco-Ciegos-Tuber%C3%ADa-Plaquitas/dp/B00S4Z1JEY/ref=lp_3049508031_1_22?s=tools&ie=UTF8&qid=1485002841&sr=1-22)

[://www.modecom.ru/hub\\_in-desk\\_60/klasyczne/huby\\_usb/peryferia/produkty/](://www.modecom.ru/hub_in-desk_60/klasyczne/huby_usb/peryferia/produkty/)

<http://www.laobra.es/base-enchufe-schuko-2pttl-superficie-blanco-p-5231.html><http://www.laobra.es/base-enchufe-schuko-2pttl-superficie-blanco-p-5231.html>

<http://www.solostocks.com/venta-productos/otros/enchufe-schuko-macho-toma-de-tierra-lateral-de-espiiga-blanco-20028792>

<http://www.anjuargo.com/es/catalogo/Catalog/show/pomo-con-tornillo-265644>

[http://www.arpaindustriale.com/sites/default/files/download/arpa\\_informacion\\_tecnica\\_parte1\\_chapa\\_hpl\\_2015.pdf](http://www.arpaindustriale.com/sites/default/files/download/arpa_informacion_tecnica_parte1_chapa_hpl_2015.pdf)

<http://www.fustesgilabertsa.com/formica-parklex-barcelona/formica-barcelona.html>

<http://www.hguillen.com/2013/10/tableros-rechapados-en-hoja-natural/>

<http://www.cocinasconestilo.net/2013/12/materiales-para-cocinas-laminados.html>

[http://www.masisa.com/chi/wp-content/files\\_mf/1445610498201507FichaMDFBAJA.pdf](http://www.masisa.com/chi/wp-content/files_mf/1445610498201507FichaMDFBAJA.pdf)

<http://www.gabarro.com/es/tableros/tableros-contrachapados/garnica-plywood/tablero-contrachapa>







# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

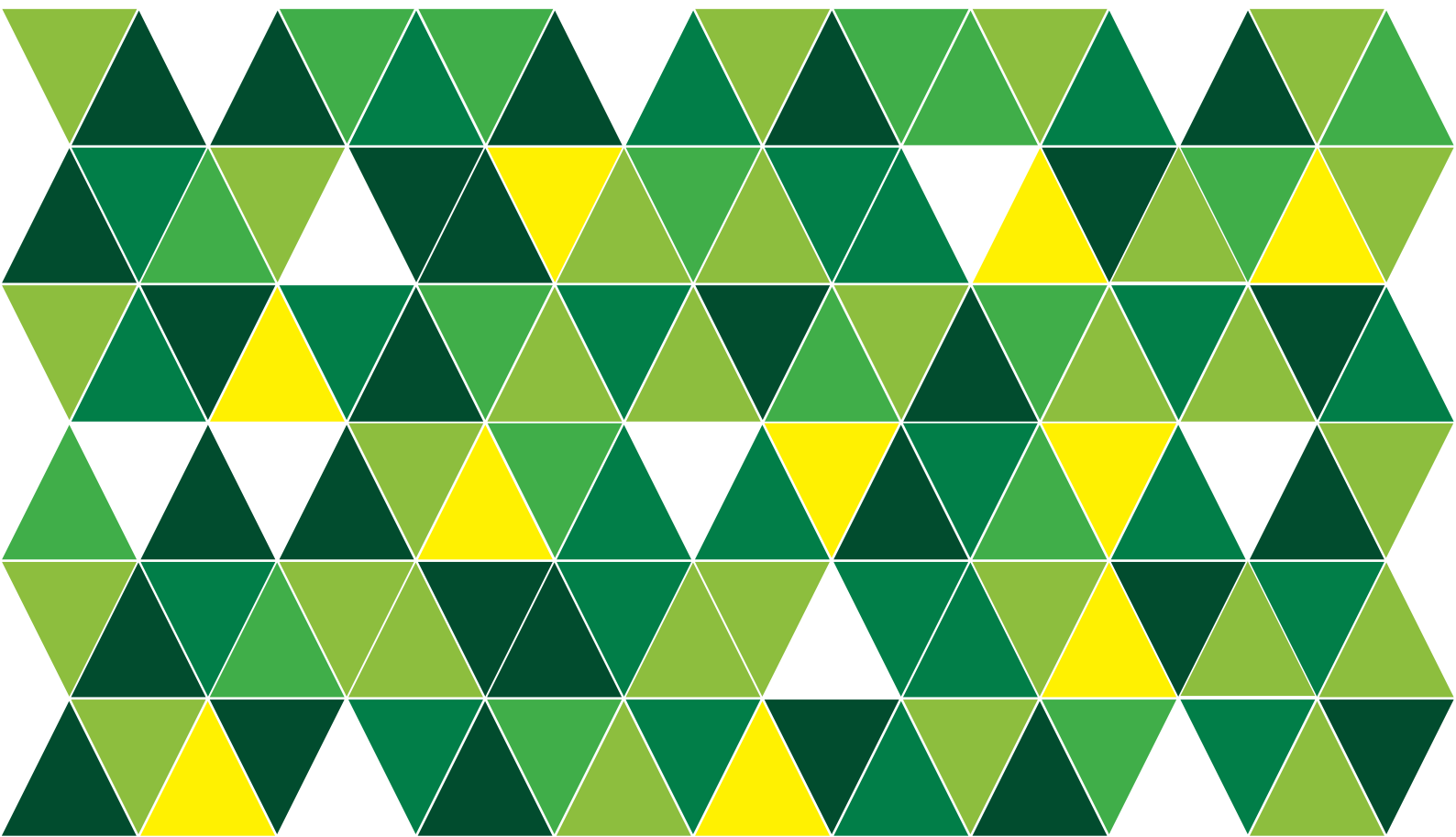
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**Autor:** Manuel González Aranda      **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# *Planos*



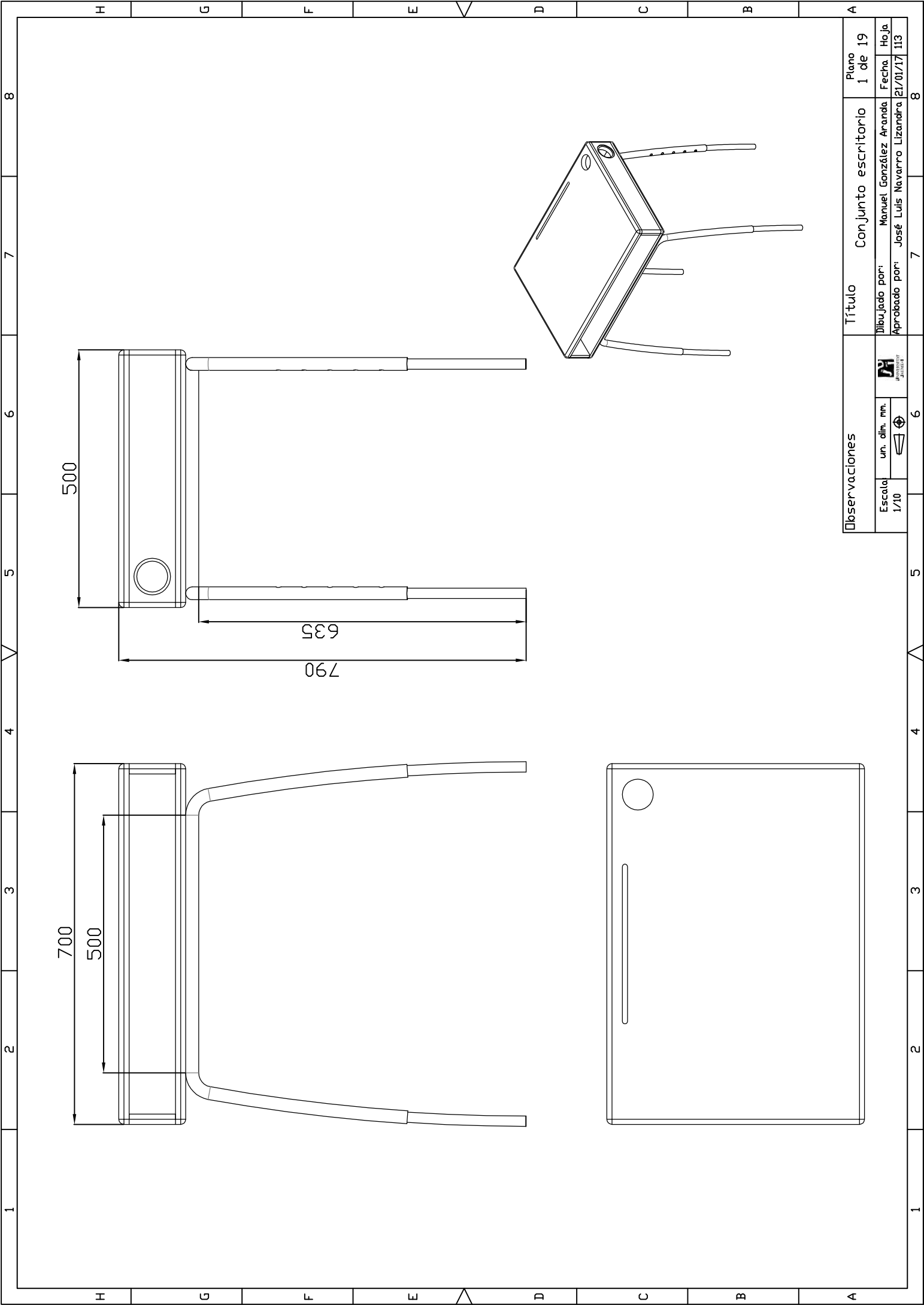




<b>3.1. Escritorio</b>	<b>117</b>
3.1.1. Conjunto	117
3.1.2. Explosión del conjunto	119
3.1.3. Superficie superior	121
3.1.4. Superficie inferior	123
3.1.5. Laterales	125
3.1.6. Fondo cajón	127
3.1.7. Puerta cajón	129
3.1.8. Patas principales	131
3.1.9. Extensiones A y B	133
3.1.10. Refuerzo	135
<b>3.2. Silla</b>	<b>137</b>
3.2.1. Conjunto	137
3.2.2. Explosión del conjunto	139
3.2.3. Asiento	141
3.2.4. Respaldo	143
3.2.5. Pata delantera	145
3.2.6. Pata trasera	147
3.2.7. Extensiones A y B	149
3.2.8. Unión asiento-respaldo	151
3.2.9. Refuerzo	153

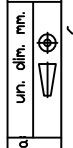






Observaciones

Escala  
1/10



un. dim. mm.



Título  
Conjunto escritorio

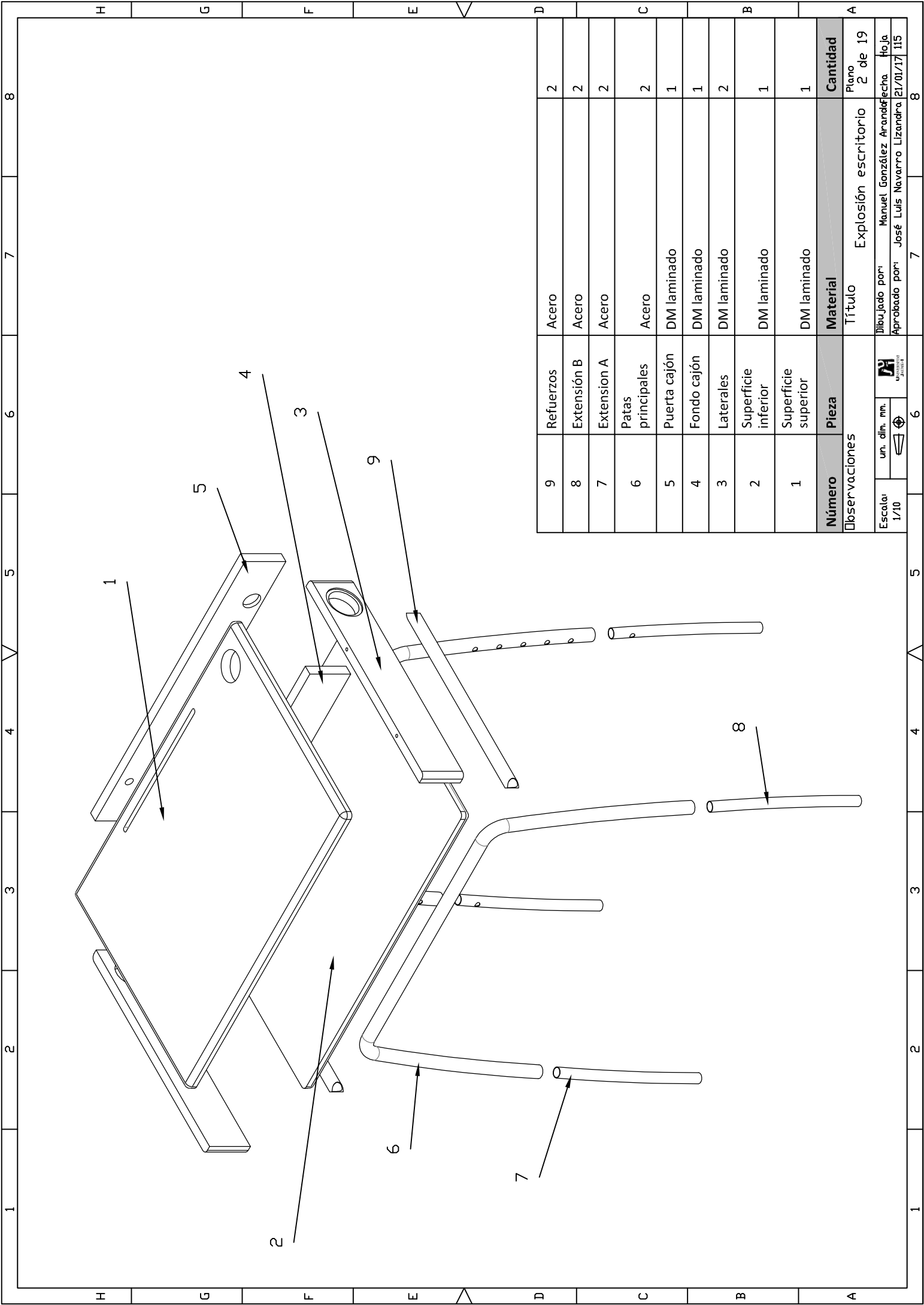
Dibujado por: Manuel González Aranda  
Aprobado por: José Luis Navarro Lizanara

Plano  
1 de 19

Fecha  
21/01/17

Hoja  
113



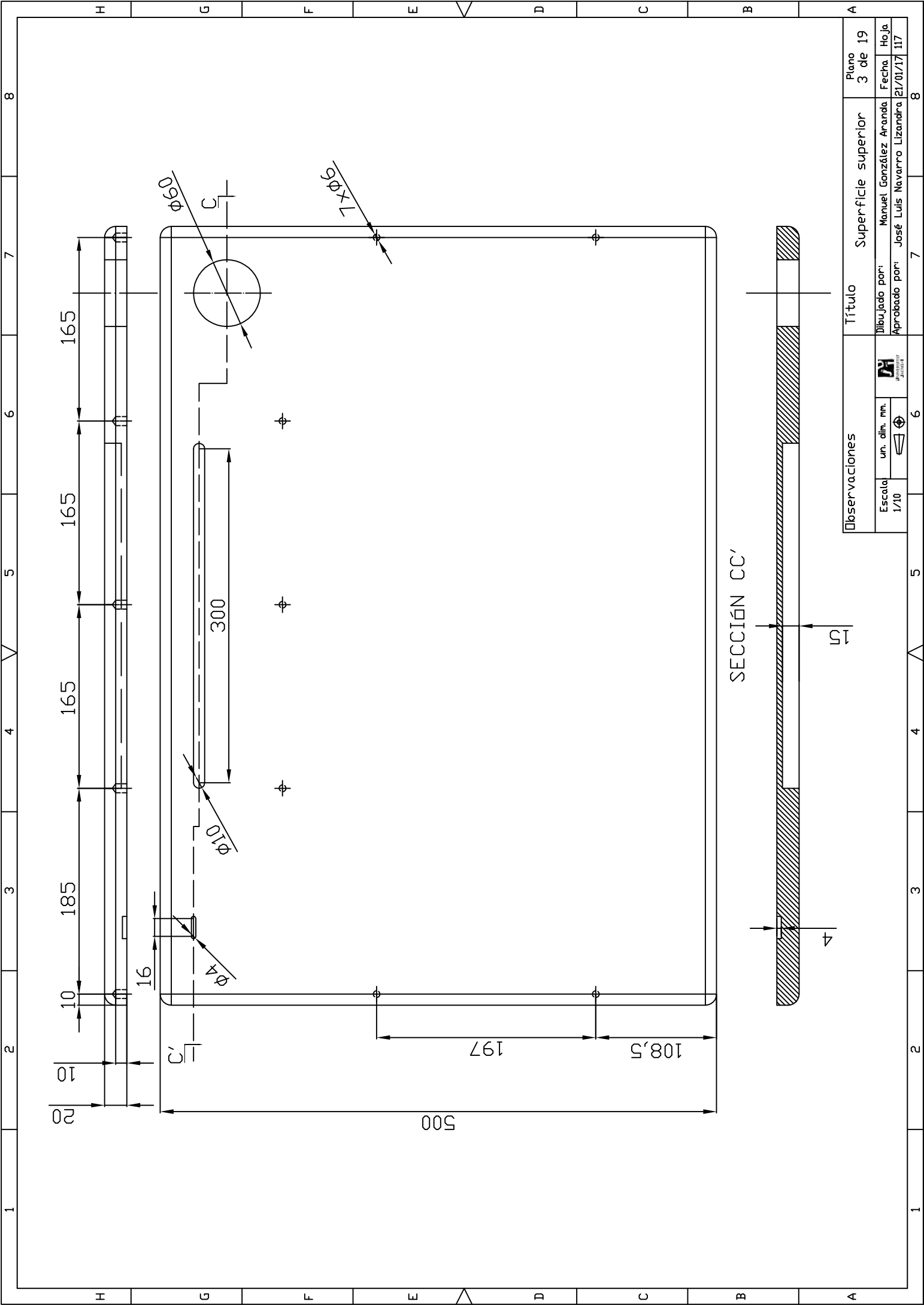


Número	Pieza	Material	Cantidad
9	Refuerzos	Acero	2
8	Extensión B	Acero	2
7	Extensión A	Acero	2
6	Patatas principales	Acero	2
5	Puerta cajón	DM laminado	1
4	Fondo cajón	DM laminado	1
3	Laterales	DM laminado	2
2	Superficie inferior	DM laminado	1
1	Superficie superior	DM laminado	1
Observaciones		Material	Cantidad
		Título	Plano
		Explosión escritorio	2 de 19
Escala: 1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha
un. dim. mm.		Aprobado por: José Luis Navarro Lizandra	21/01/17
			115



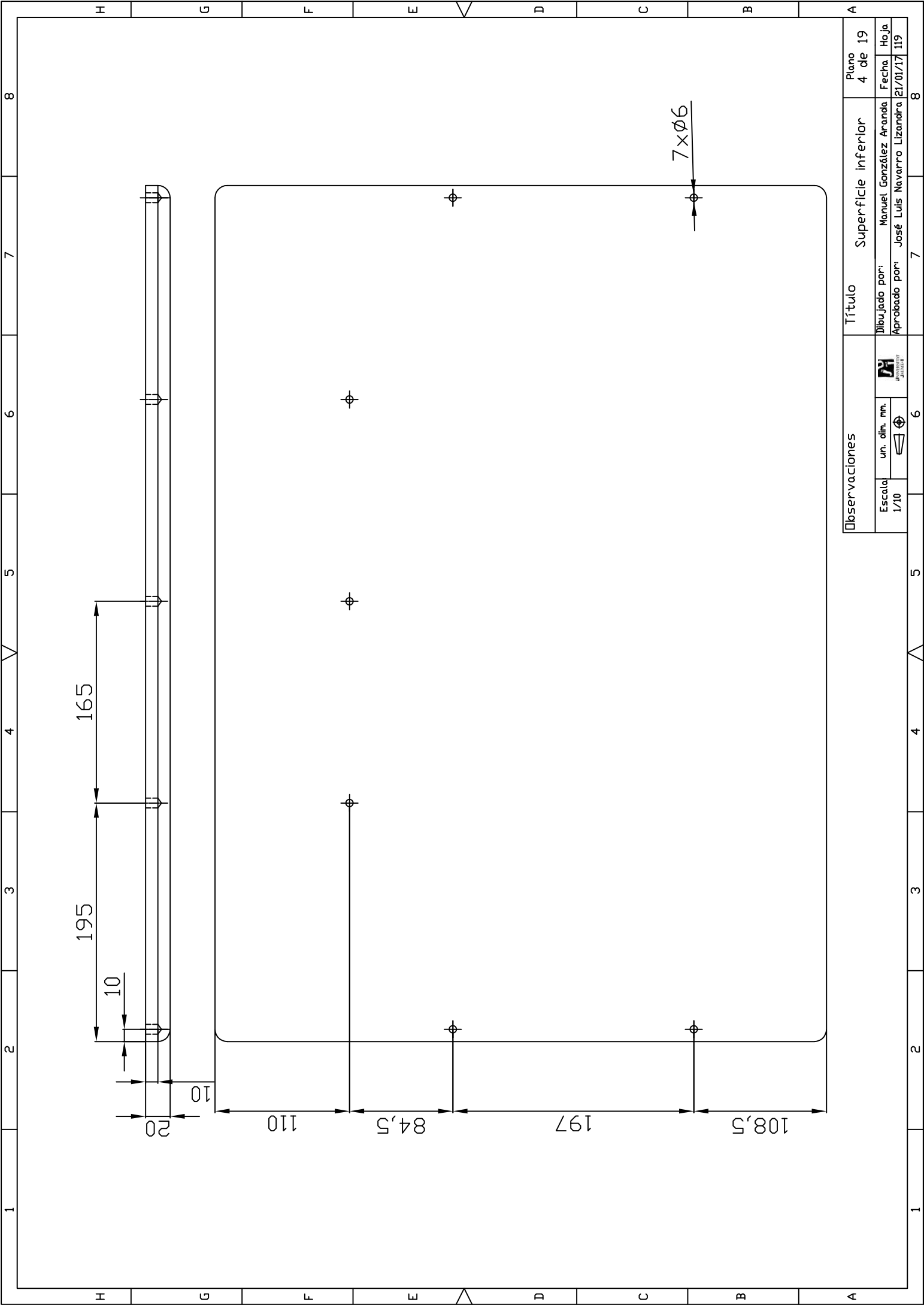
Hoja 2 de 19





Observaciones	Título		Superficie superior		Plano 3 de 19	
	Escala		Dibujado por:		Fecha	
	1/10		Manuel González Aranda		21/01/17	
			Aprobado por:		Hoja	
			José Luis Navarro Lizanara		117	



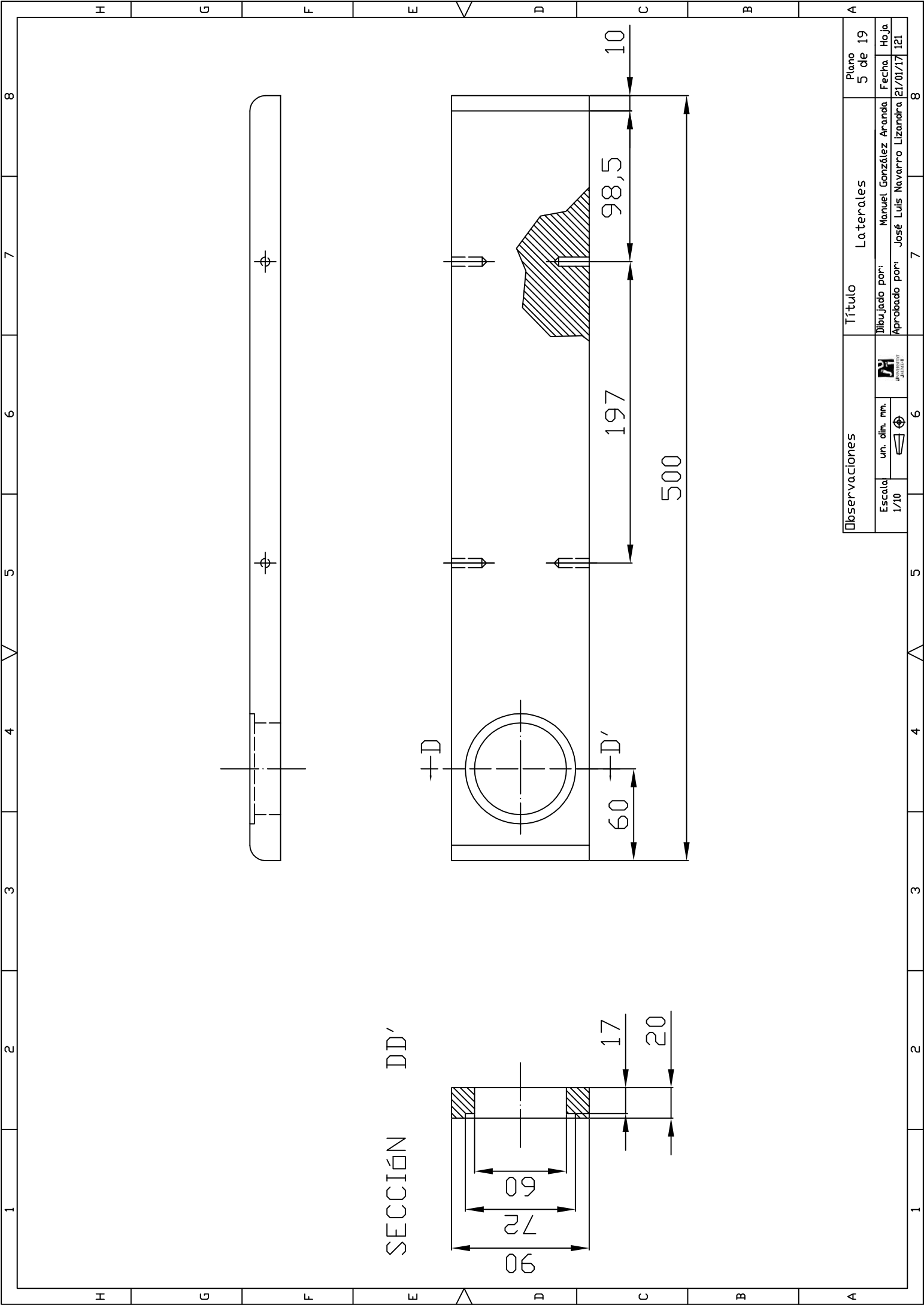


Observaciones		Título		Plano	
		Superficie inferior		4 de 19	
Escala		Dibujado por:		Fecha	
1/10		Manuel González Aranda		21/01/17	
un. dim. mm.		Aprobado por:		Hoja	
		José Luis Navarro Lizanara		119	

H G F E D C B A  
 8 7 6 5 4 3 2 1  
 H G F E D C B A  
 8 7 6 5 4 3 2 1



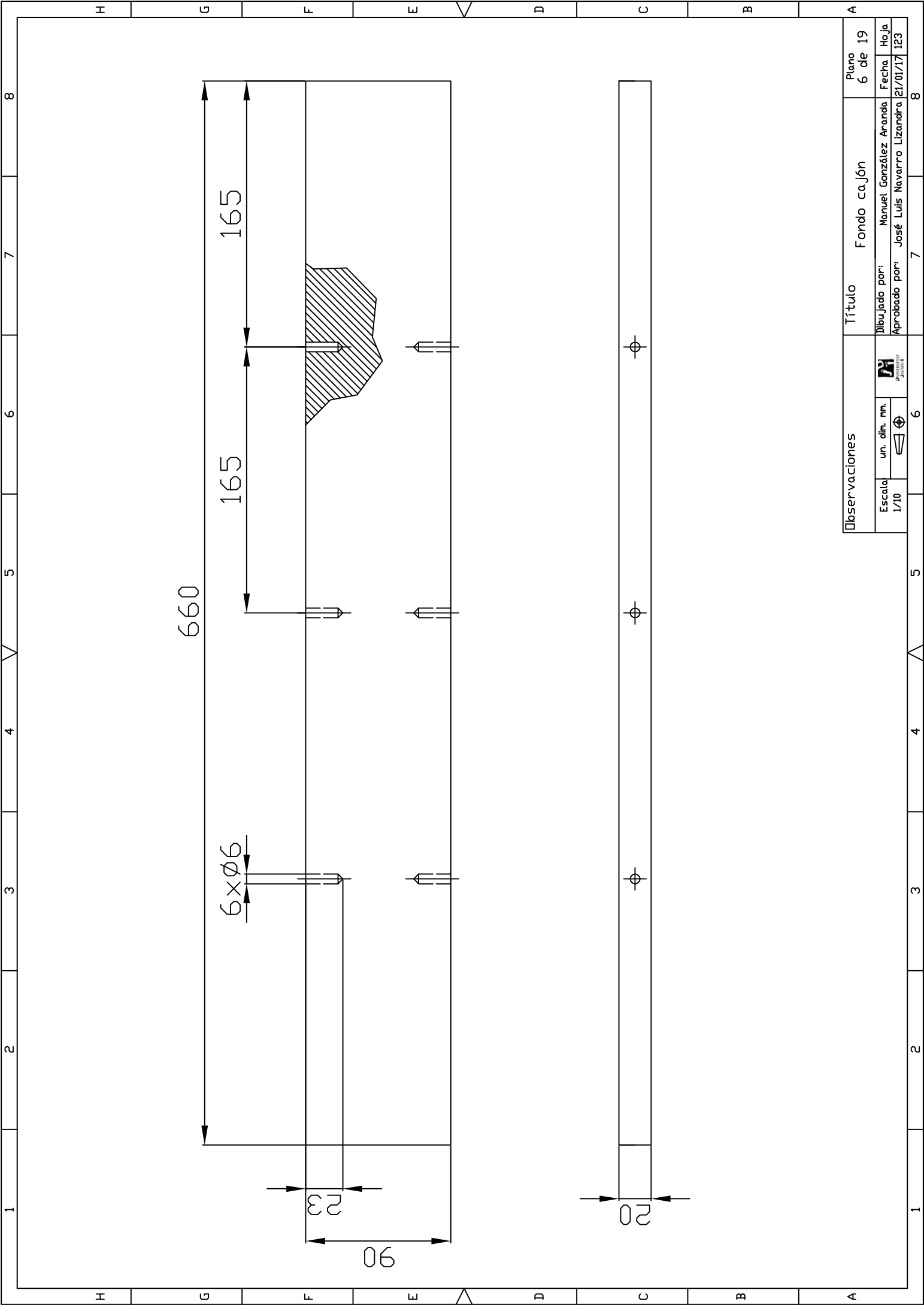




SECCIÓN DD'

Observaciones		Título	Plano
Escala 1/10 un. dim. mm. 		Laterales	5 de 19
Dibuñado por: Aprobado por:		Manuel González Aranda	Fecha
		José Luis Navarro Lizanara	21/01/17
			Hoja
			8





660

165

165

6xØ6

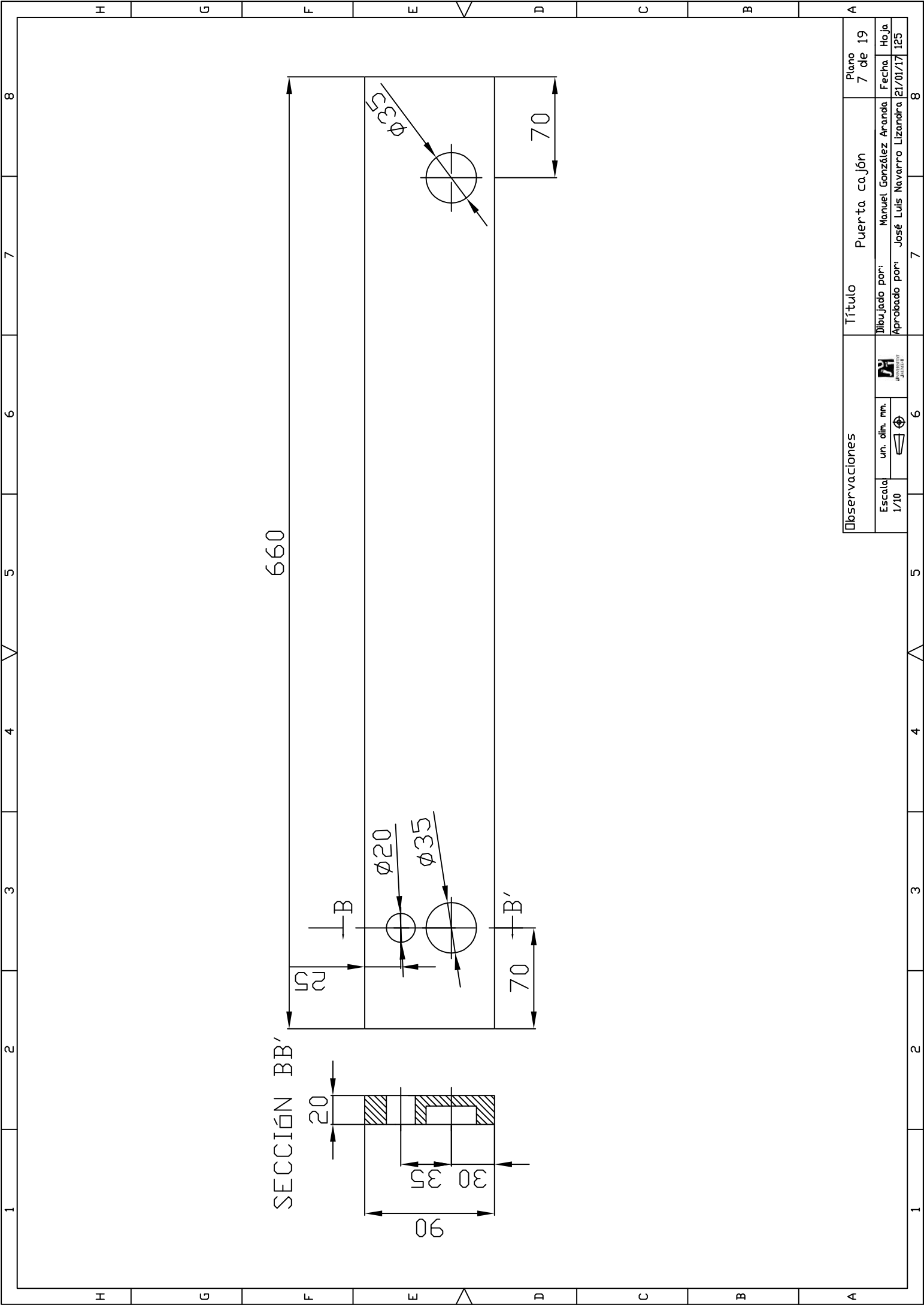
23

96

Ø20

Observaciones		Título	Plano
		Fondo cajón	6 de 19
Escala	un. dim. mm.	Dibujado por:	Fecha
1/10		Manuel González Aranda	Hoja
		Aprobado por:	123
		José Luis Navarro Lizanara	21/01/17
			8





SECCIÓN BB'

660

20

96

35

30

$\phi 20$

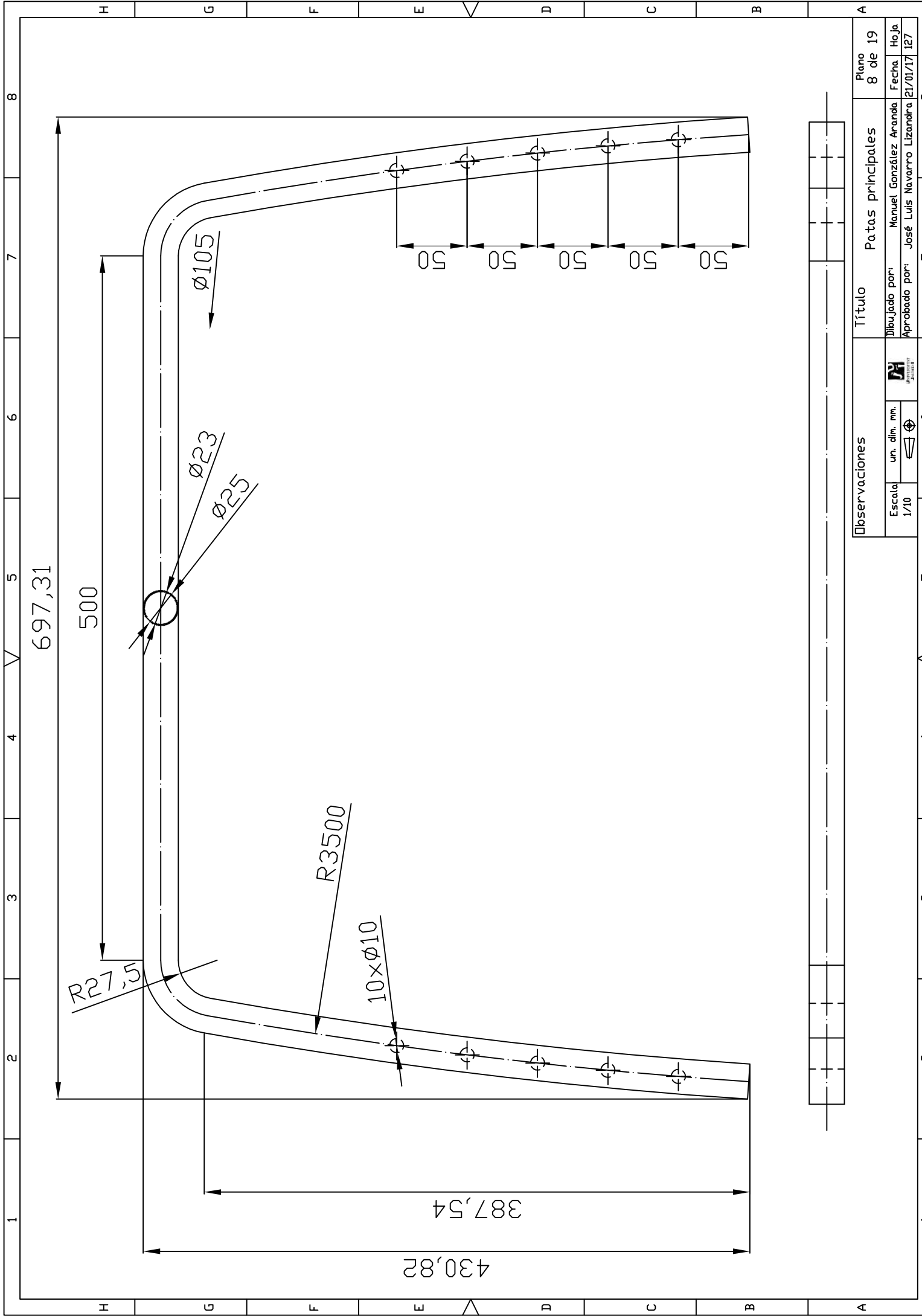
$\phi 35$

70

70

Observaciones		Título	Plano
		Puerta cajón	7 de 19
Escala	Dibujado por:	Dibujado por:	Fecha
1/10	Manuel González Aranda	Manuel González Aranda	21/01/17
	Un. dim. mm.	Aprobado por:	Hoja
	1	José Luis Navarro Lizanara	125
			8

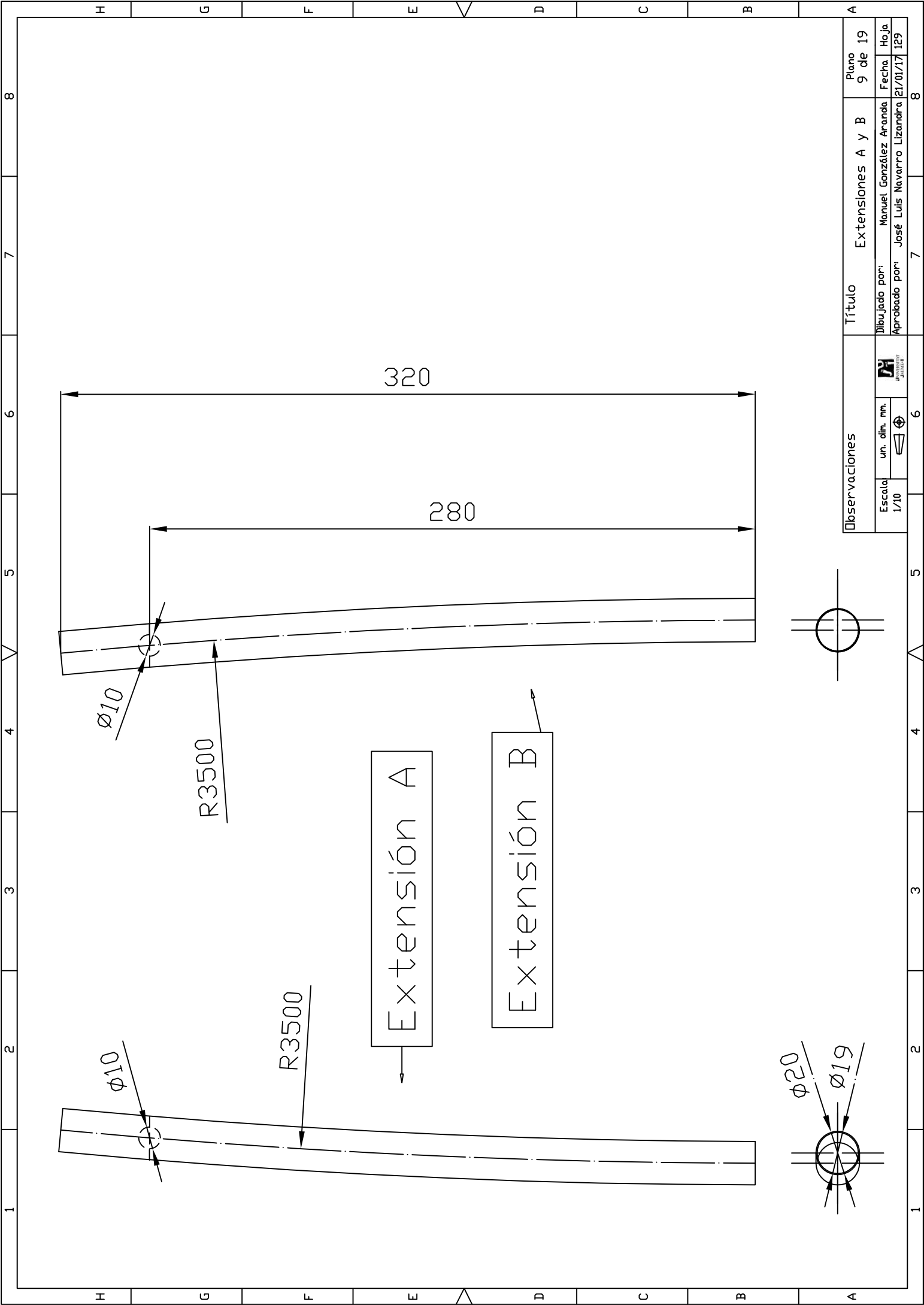




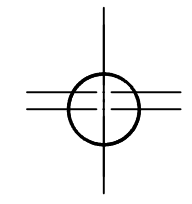
Observaciones		Título		Patas principales		Plano	
Escala 1/10		Un. dim. mm.		Dibujado por: Manuel González Aranda		8 de 19	
1/10		1/10		Aprobado por: José Luis Navarro Lizandra		Fecha: 21/01/17	
1/10		1/10		1/10		Hoja: 127	
1/10		1/10		1/10		8	







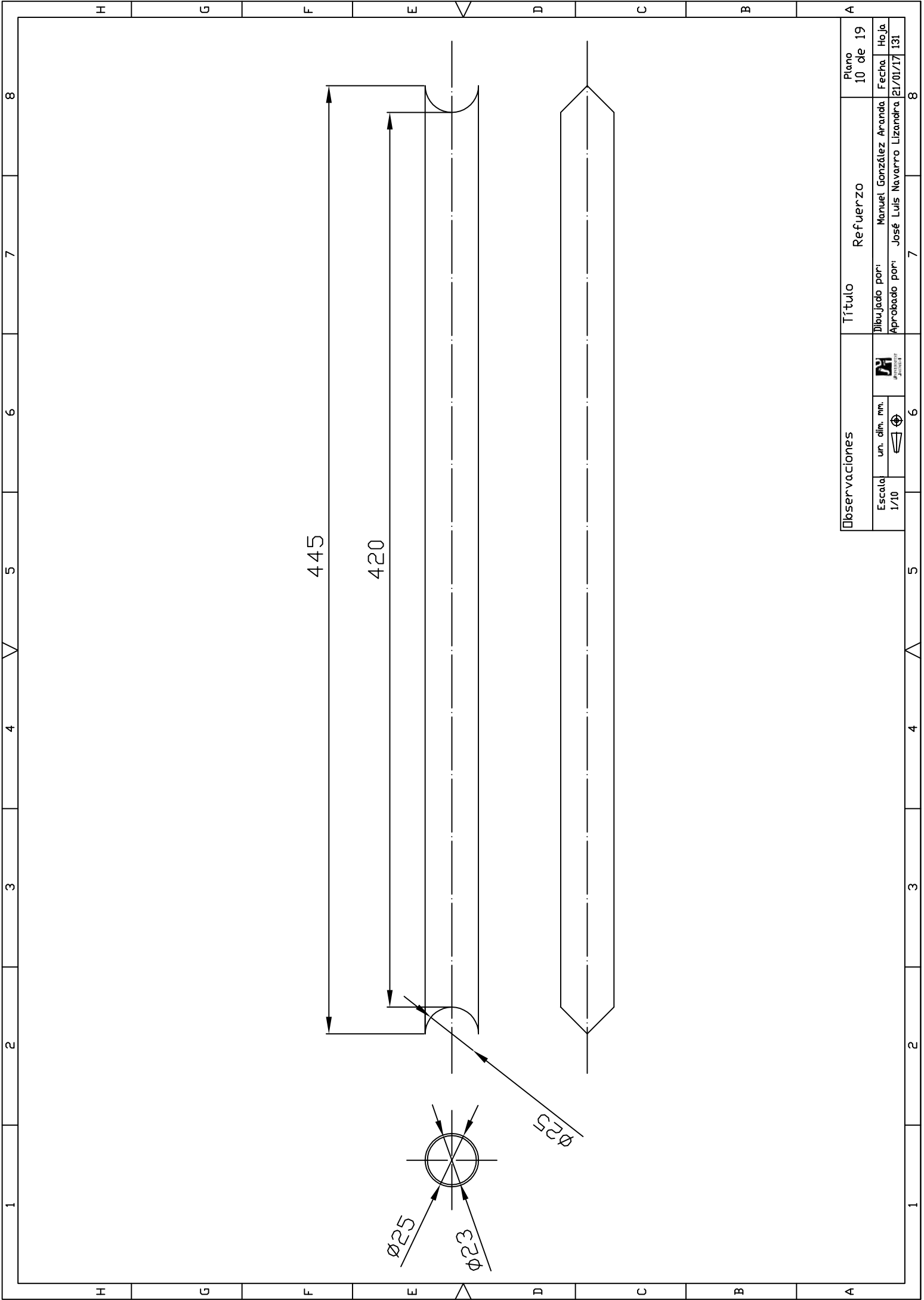
Observaciones		Título	Extensiones A y B	Plano	9 de 19
Escala	un. dim. mm.	Dibujado por:	Manuel González Aranda	Fecha	
1/10		Aprobado por:	José Luis Navarro Lizanara	Hoja	129
					8



Extensión A

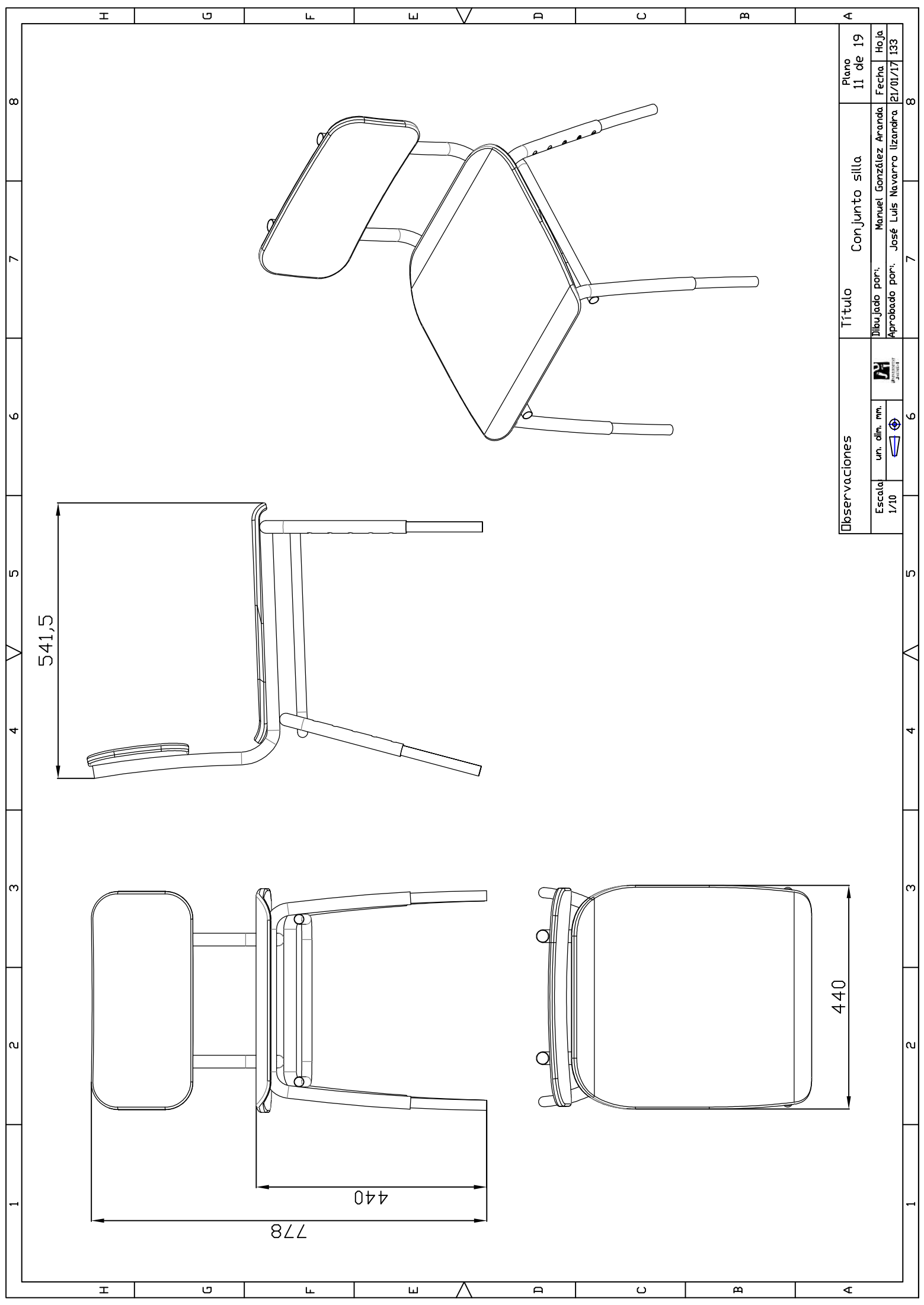
Extensión B





Observaciones		Título	Plano
Escala	un. dim. mm.	Refuerzo	10 de 19
1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha: 21/01/17
		Aprobado por: José Luis Navarro Lizandra	Hoja: 131

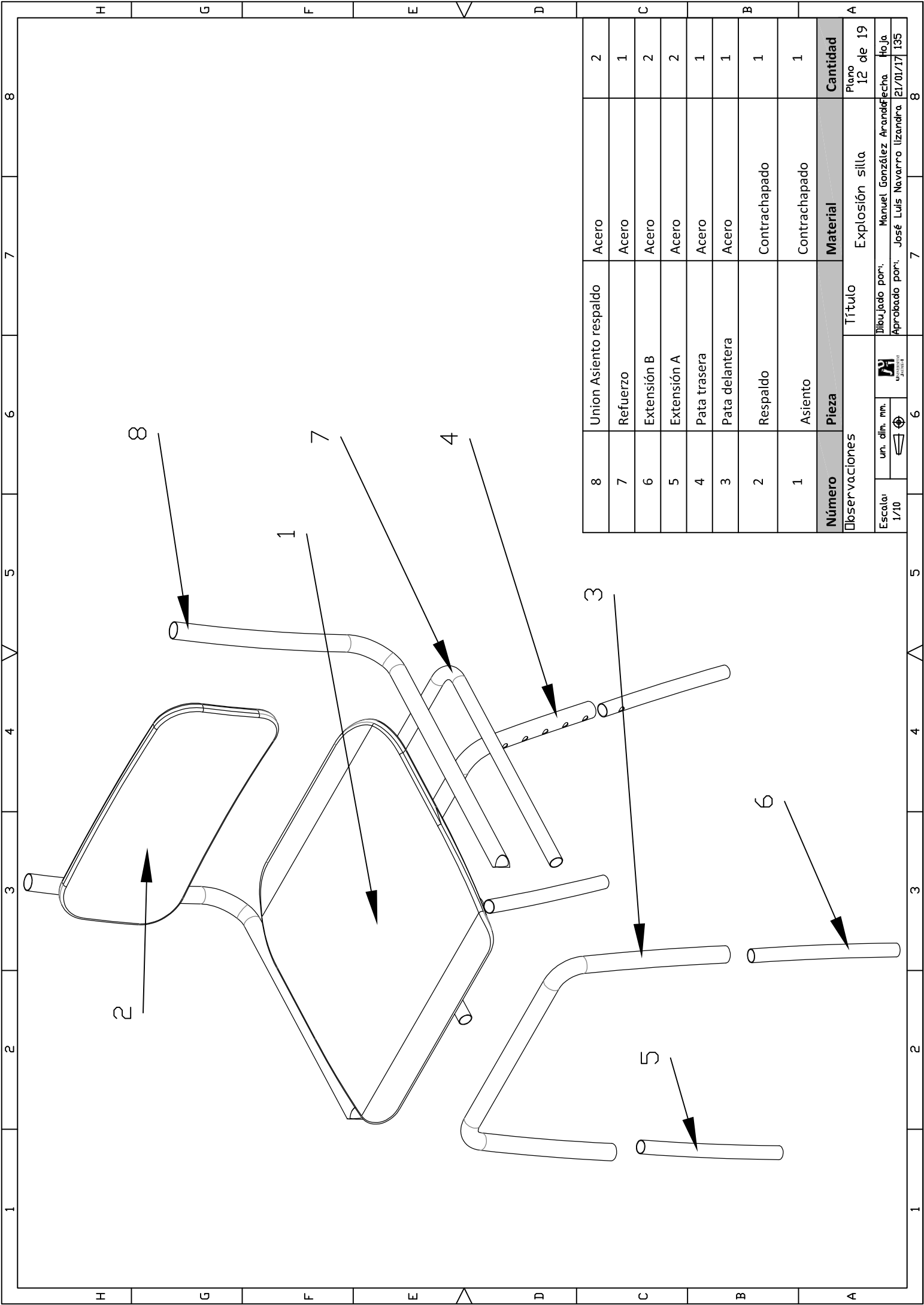




Observaciones		Título	Plano
Escala	un. dim. mm.	Conjunto silla	11 de 19
1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha
		Aprobado por: José Luis Navarro Iizandrea	21/01/17
			133

Observaciones		Título	Plano
Escala	un. dim. mm.	Conjunto silla	11 de 19
1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha
		Aprobado por: José Luis Navarro Iizandrea	21/01/17
			133





Número	Pieza	Material	Cantidad
8	Union Asiento respaldo	Acero	2
7	Refuerzo	Acero	1
6	Extensión B	Acero	2
5	Extensión A	Acero	2
4	Pata trasera	Acero	1
3	Pata delantera	Acero	1
2	Respaldo	Contrachapado	1
1	Asiento	Contrachapado	1
Número	Pieza	Material	Cantidad

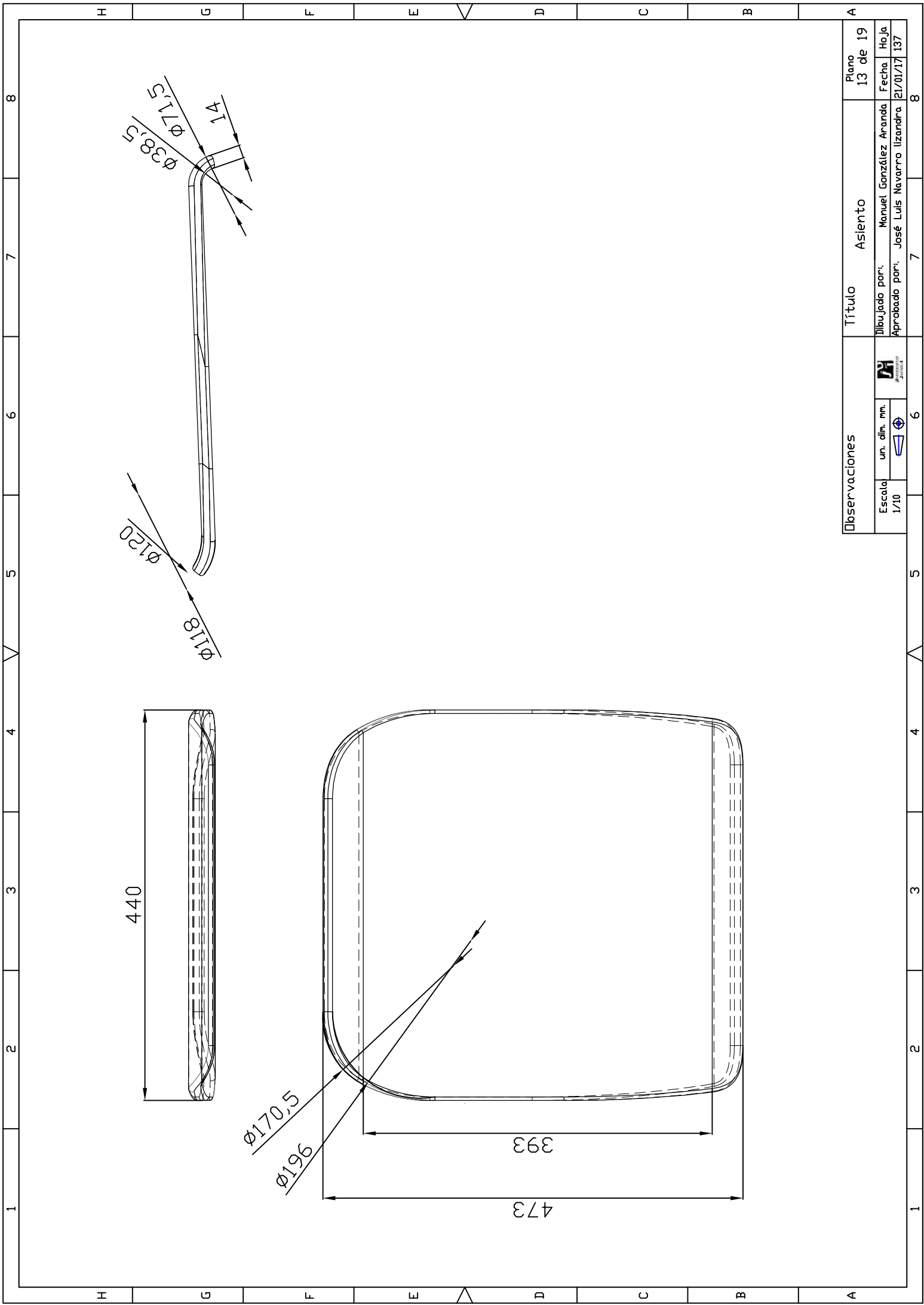
Observaciones	Título	Plano
	Explosión silla	12 de 19
Escala: 1/10	Dibujado por: Manuel González Arandó	Fecha
	Aprobado por: José Luis Navarro Lizandro	Fecha
		21/01/17
		135

1 2 3 4 5 6 7 8

H G F E D C B A

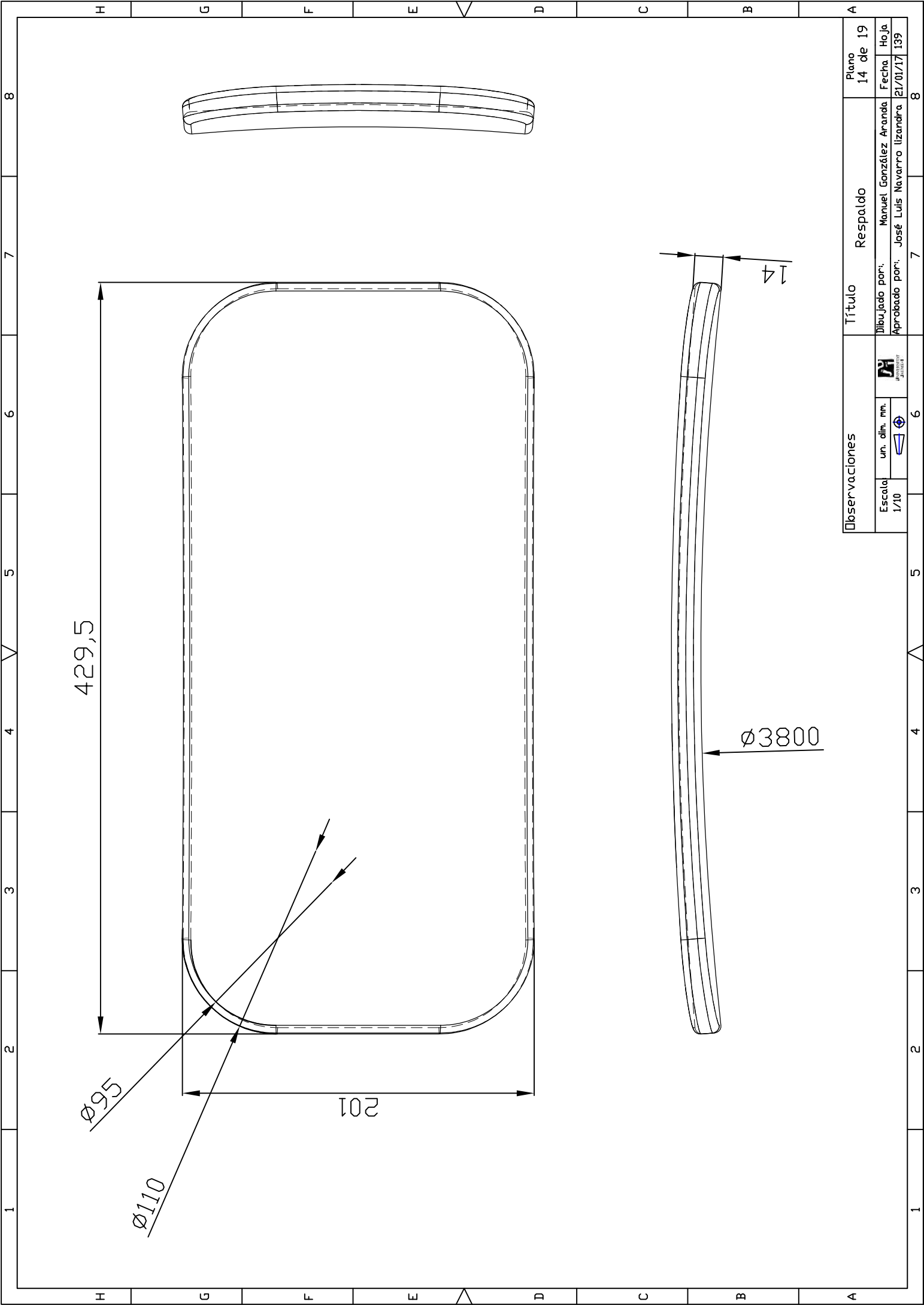






Observaciones		Título	Plano
		Asiento	13 de 19
Escala	un. dim. mm.	Dibujado por:	Fecha
1/10		Manuel González Aranda	21/01/17
		Aprobado por:	Hoja
		José Luis Navarro Izandra	137
			8





429,5

201

$\phi 565$

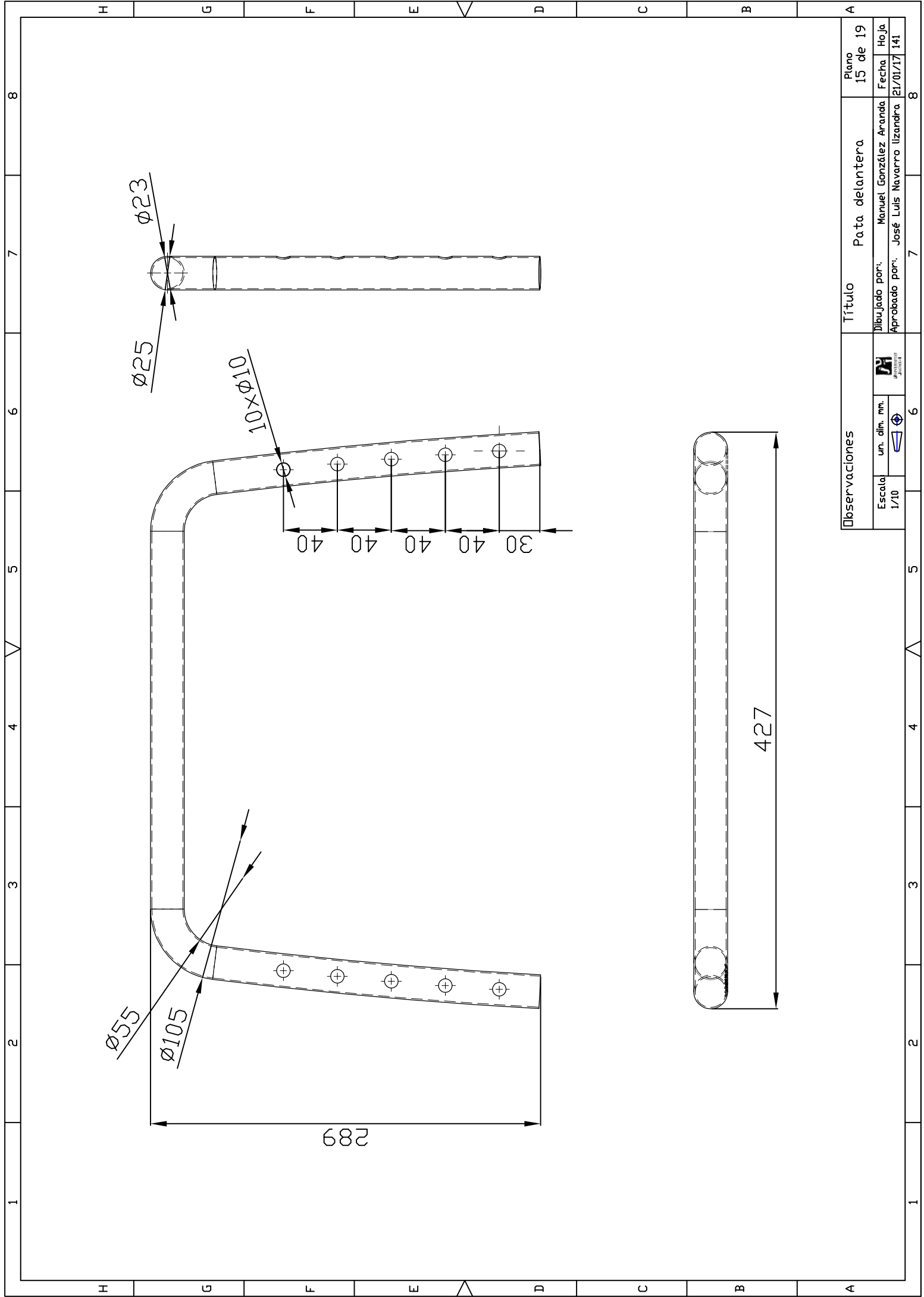
$\phi 110$

$\phi 3800$

14

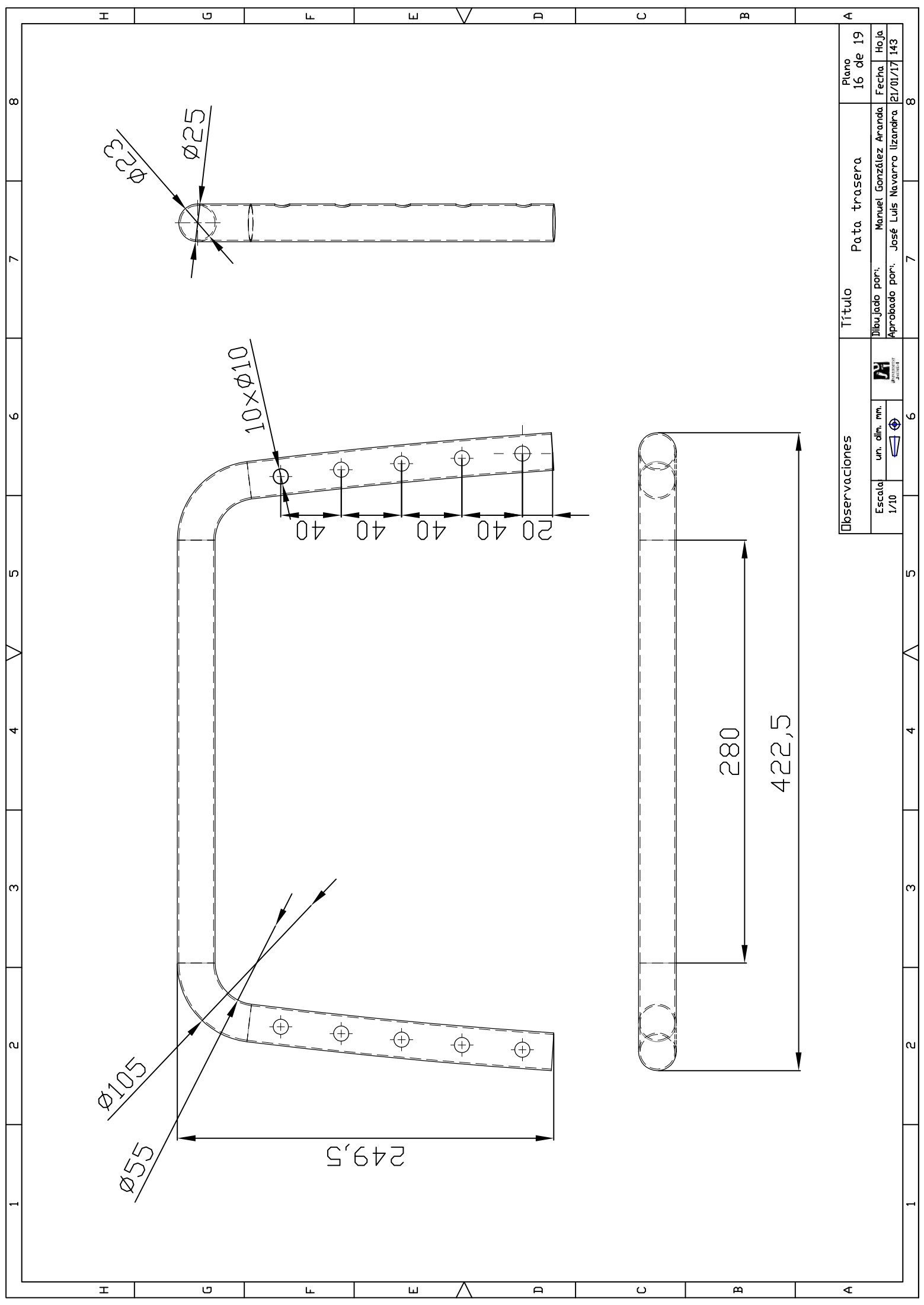
Observaciones		Título		Plano	
		Respaldo		14 de 19	
Escala		Dibujado por:		Fecha	
1/10		Manuel González Aranda		21/01/17	
un. dim. mm.		Aprobado por:		Hoja	
		José Luis Navarro Izandra		139	
				8	





Observaciones		Título		Plano	
		Pata delantera		15 de 19	
Escala		Dibujado por:		Fecha	
1/10		Manuel González Aranda		21/01/17	
un. dim. mm.		Aprobado por:		Hoja	
1		José Luis Navarro Izandra		141	
				8	

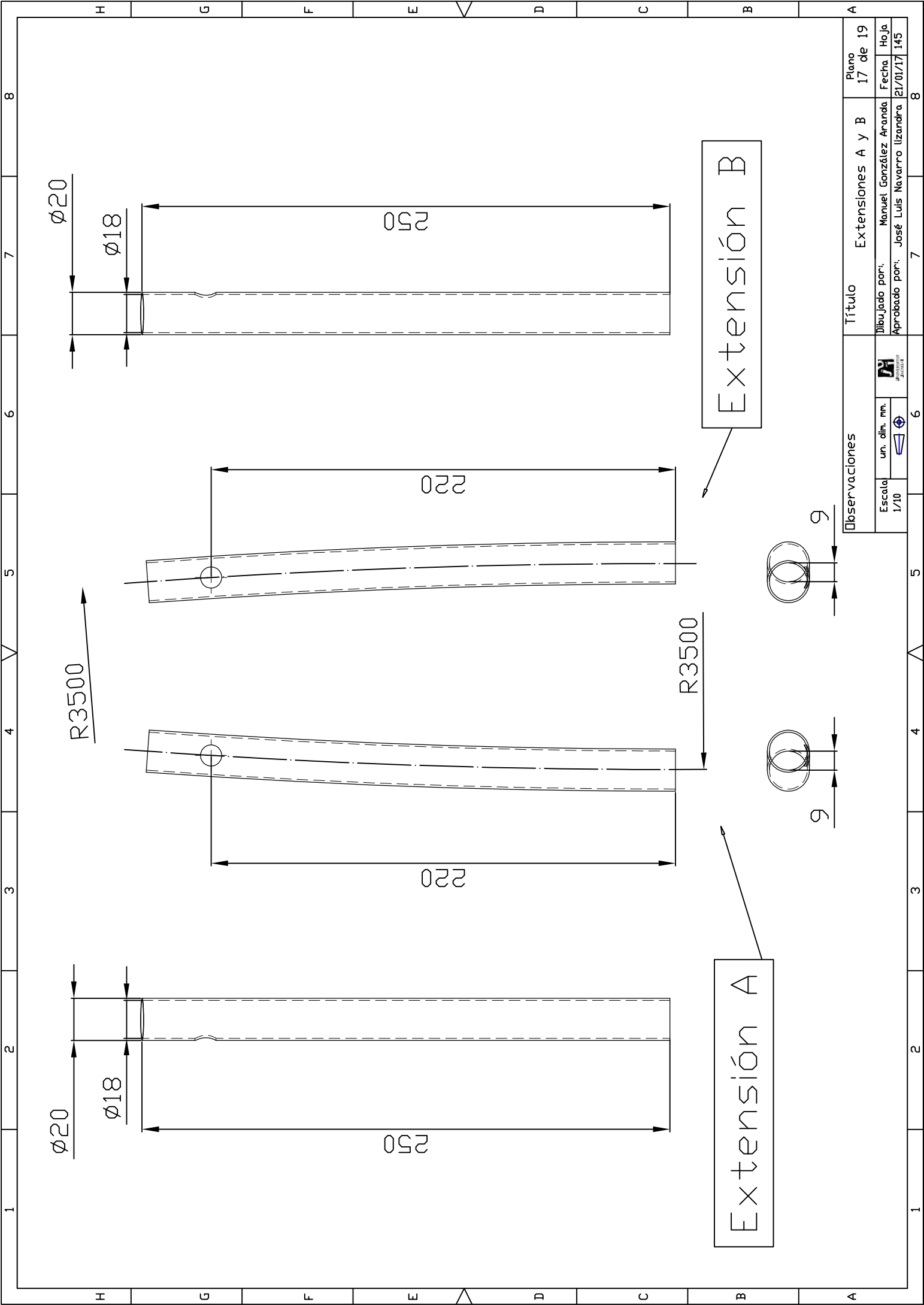




Observaciones		Título		Plano	
Escala		Pata trasera		16 de 19	
un. dim. mm.		Dibujado por:	Manuel González Aranda	Fecha	Hoja
1/10		Aprobado por:	José Luis Navarro Izandra	21/01/17	143







Extensión B

Extensión A

Observaciones

Escala  
1/10

un. dim. mm.



Dibujado por: Manuel González Aranda

Aprobado por: José Luis Navarro Izandra

Título  
Extensiones A y B

Plano  
17 de 19

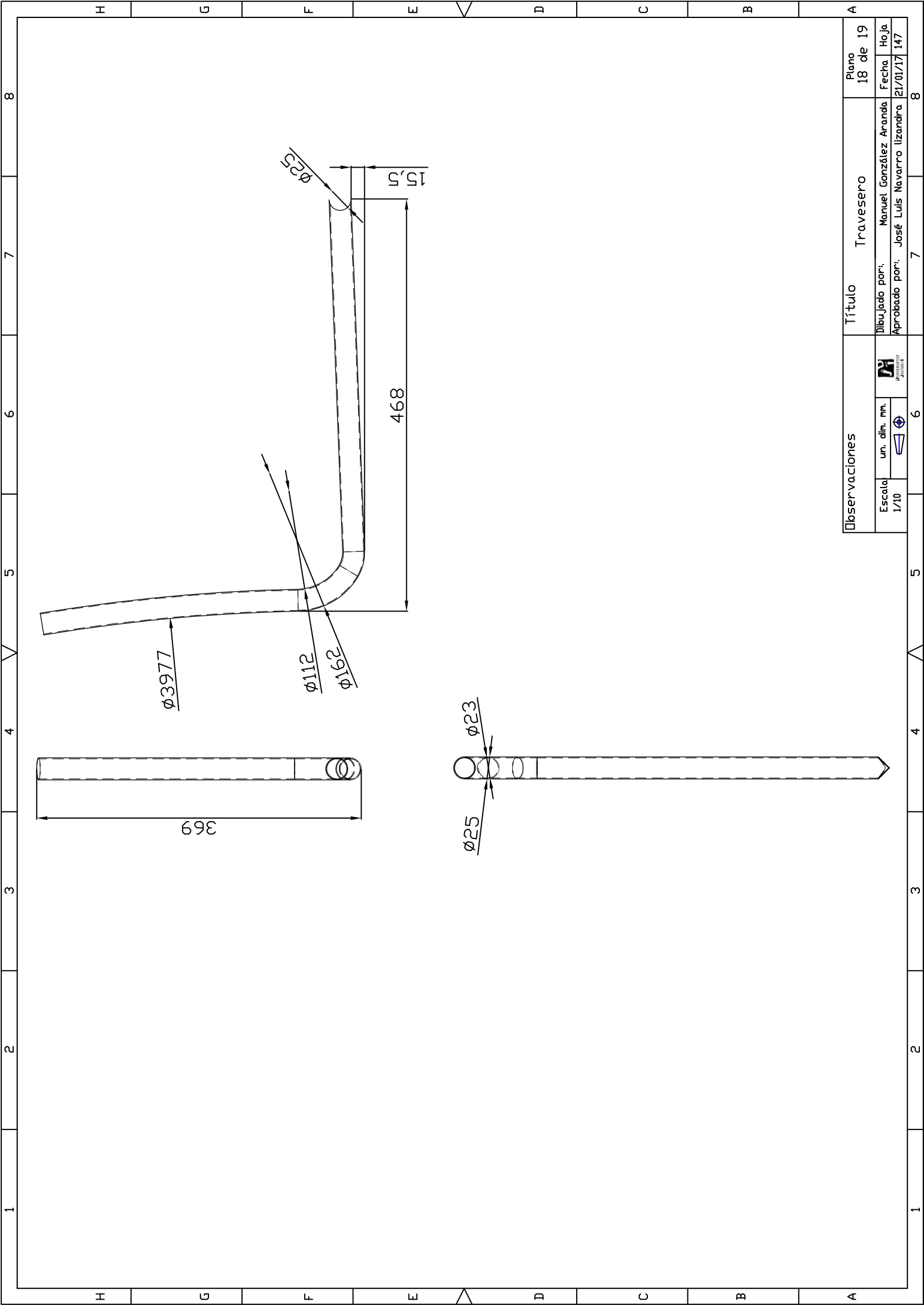
Fecha  
21/01/17

Hoja  
145

8

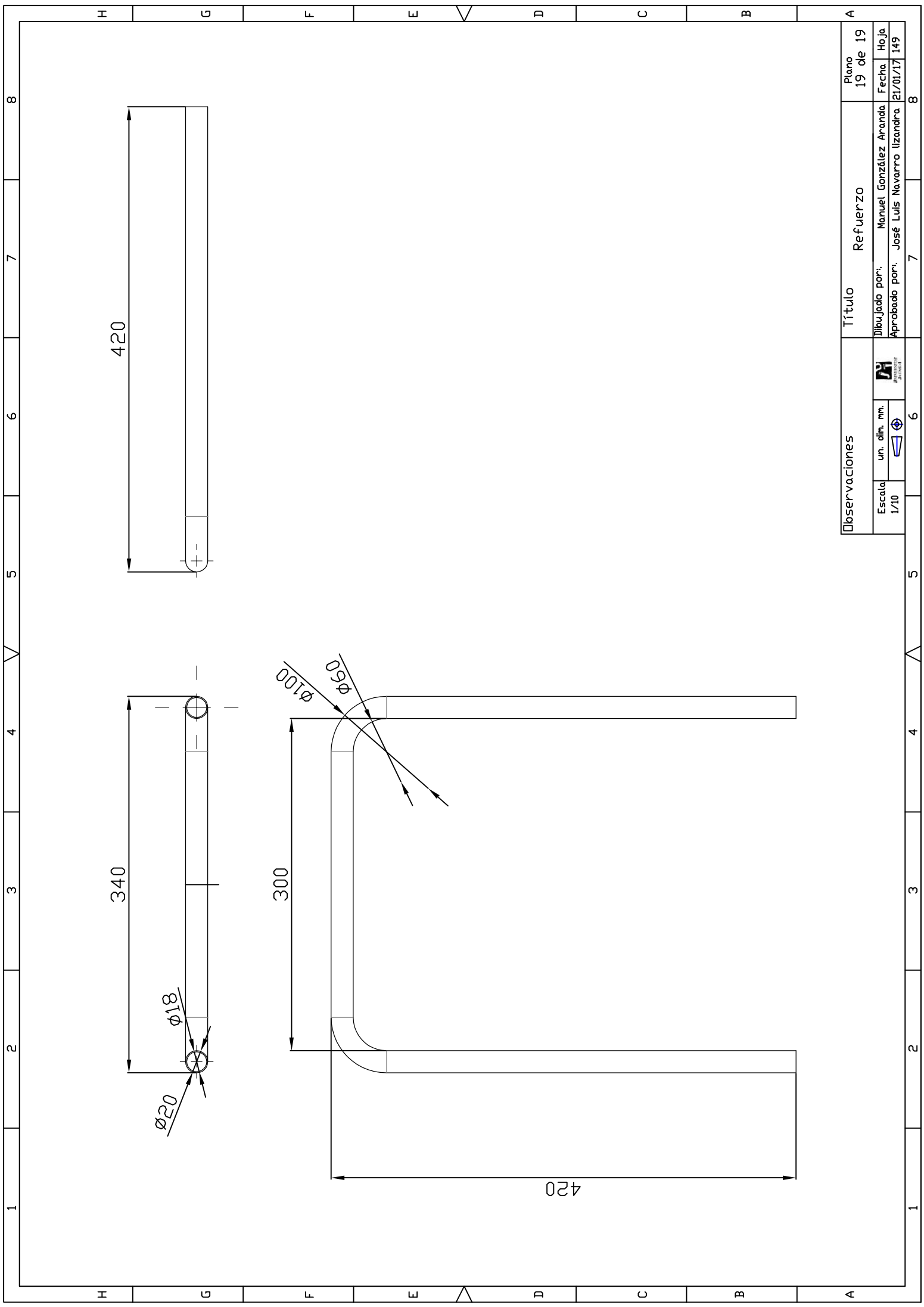
8





Observaciones		Título	Plano
Escala	un. dim. mm.	Travesero	18 de 19
1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha
		Aprobado por: José Luis Navarro Izandora	21/01/17
			147
			8





Observaciones		Título	Plano
Escala	un. dim. mm.	Refuerzo	19 de 19
1/10		Dibujado por: Manuel González Aranda	Fecha
		Aprobado por: José Luis Navarro Izandra	21/01/17
			149
			8



# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

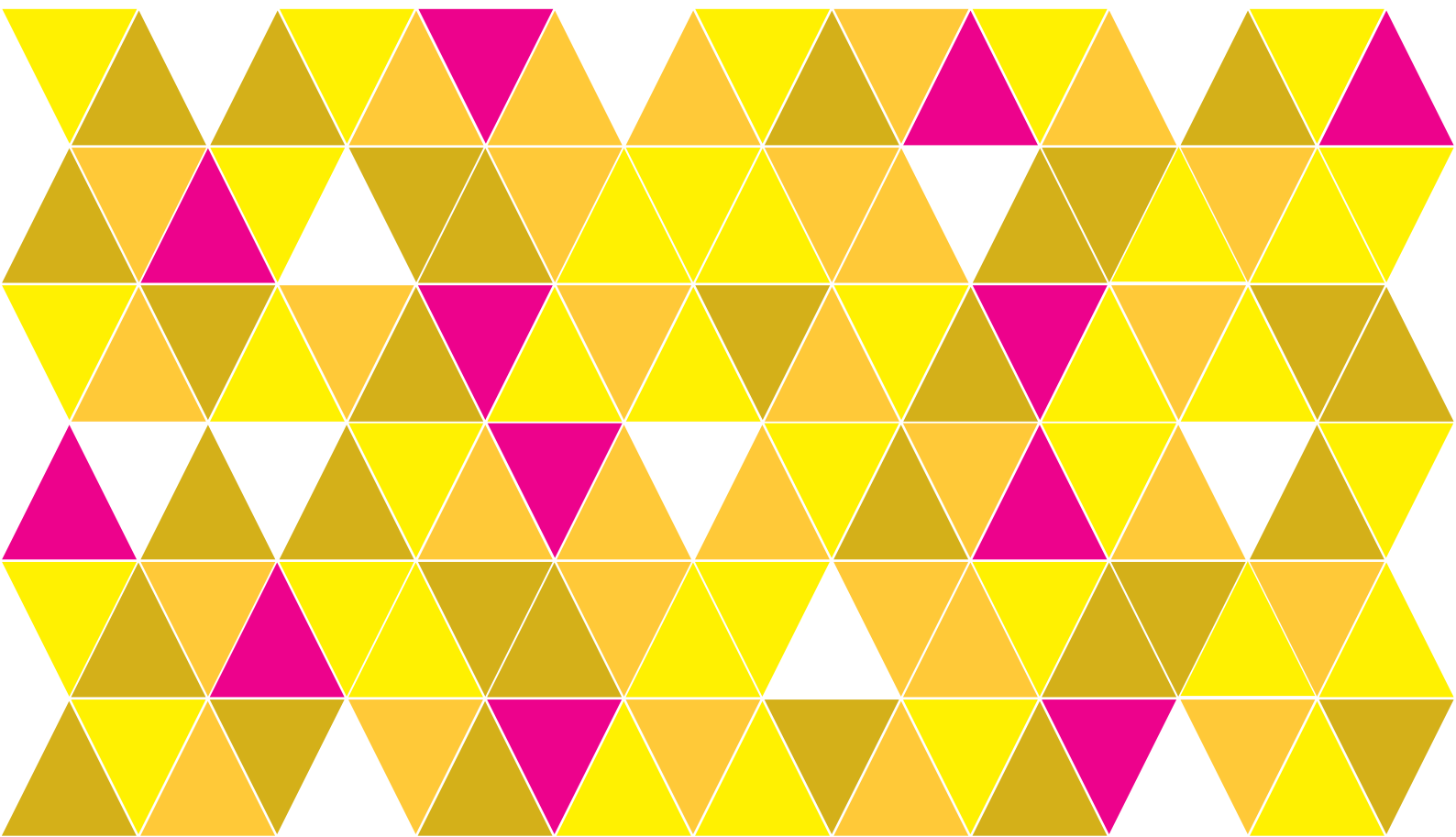
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**Autor:** Manuel González Aranda      **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# *Pliego de Condiciones*









<b>4.1. Condiciones generales</b>	<b>161</b>
4.1.1. Objeto	161
4.1.2. Preferencias y compatibilidades entre documentos	161
<b>4.2. Descripción de materiales y elementos comerciales</b>	<b>161</b>
4.2.1. Materiales	161
4.2.2. Elementos comerciales	162
4.2.2.1. Pasacables	163
4.2.2.2. Hub USB	164
4.2.2.3. Bisagras	164
4.2.2.4. Cerradura	165
4.2.2.5. Conteras	165
4.2.2.6. Casquillos	165
4.2.2.7. Tope-guía	166
4.2.2.8. Elementos de fijación respaldo	166
4.2.2.9. Tornillo con pomo	167
4.2.2.10. Tornillos	167
4.2.2.11. Tubillones	167
4.2.2.12. Cableado eléctrico	168
4.2.2.13. Enchufe eléctrico	168
4.2.2.14. Enchufe macho	168
4.2.2.15. Botón clip de resorte	169
4.2.2.16. Tapa estructura	169
4.2.3. Listado de proveedores	170





<b>4.3. Calidades mínimas</b>	<b>171</b>
4.3.1. Cajón	171
4.3.2. Estructura	172
4.3.3. Asiento	172
4.3.4. Respaldo	173
<b>4.4. Condiciones de utilización del producto</b>	<b>174</b>
<b>4.5. Normativa</b>	<b>174</b>
4.7.1. Madera	174
4.7.2. Acabados superficiales	174
4.7.3. Mobiliario escolar	175





## 4.1. Condiciones generales

### 4.1.1. Objeto

La finalidad del siguiente pliego de condiciones es definir todas las especificaciones técnicas referentes a materiales, equipos y sistemas de ejecución, necesarias para obtener una óptima calidad. En este documento se establecen las condiciones generales, sus características principales y los aspectos legales y administrativos en relación a la norma UNE 157001:2002 “Criterios generales para la elaboración de proyectos”

### 4.1.2. Preferencias y compatibilidades entre documentos

Para una correcta comprensión entre todos los documentos de este proyecto y en caso de contradicciones y/o incompatibilidades entre ellos se han establecido las siguientes relaciones de preferencias.

- Dimensiones: Se establece que la preferencia sobre las dimensiones de cada una de las piezas de este conjunto vengan definidas por el documento “3. Planos”, sobre aquellos otros documentos de este proyecto.
- Materiales y ejecución: Se establece que la preferencia sobre los materiales y la ejecución de los mismos estén definidos en el documento “4. Pliego de condiciones” sobre aquellos otros documentos de este proyecto.

## 4.2. Descripción de materiales y elementos comerciales

Seguidamente, se especifican los componentes que constituyen el conjunto, los cuales se dividen en dos grandes grupos: materiales para la fabricación de piezas y los elementos comerciales adquiridos de proveedores.

### 4.2.1. Materiales

DM laminado. EL DM laminado es un tipo de madera fabricada a partir de fibras y resinas sintéticas comprimidas, que le aportan una mayor densidad de la que presentan las otras maderas artificiales, aglomerados y contrachapados. Su densidad de unos 700 kg/m<sup>3</sup>, por encima de esta se encuentran los tableros de alta densidad y por debajo los de baja densidad.

El DM presenta múltiples ventajas de entre las que destaca su fácil mecanizado, su competitivo precio y su facilidad para ser laminada debido a su uniforme superficie. Por contra la desventaja más importantes son su facilidad de rotura al atornillar cerca de los bordes, por lo que es recomendable avellanar.

Contrachapado de chopo laminado. Este tipo de madera artificial se realiza mediante la unión de finas láminas de madera de chopo pegadas con resinas sintéticas mediante la aplicación de presión y calor. Las láminas están colocadas una sobre la otra con las fibras de modo transversal para aumentar la resistencia del conjunto. De entre sus características destaca la resistencia uniforme que posee, su flexibilidad y su facilidad de mecanizado.

Tubo de acero. La estructura del conjunto está fabricada con perfil redondo de acero laminado. Para la realización de estos perfiles se utilizan los aceros de las clases S235 a S240. Este tipo de acero es ideal para la fabricación de estructuras y mecanismos dadas sus características de entre las cuales se puede destacar su gran resistencia a compresión y su precio competitivo.

#### 4.2.2. Elementos comerciales

En la tabla siguiente se pueden observar todos los elementos comerciales necesarios para la fabricación del conjunto y sus principales características.

Imagen	Pieza	Nº de pzas.	Material	Descripción
	Pasacables	2	ABS	Permiten la entrada y salida por los laterales del pupitre del cableado eléctrico.
	Hub USB	1	ABS	Permite la conexión de los diferentes dispositivos electrónicos
	Bisagras	2	Acero niquelado	Permiten abatir la puerta del doble fondo
	Cerradura	1	Acero niquelado	Proporciona un cierre de seguridad para el doble fondo
	Contera	8	ABS	Disminuye el ruido en los posibles movimientos y evita el rayado del suelo
	Casquillo	16	Nailon	Permite el correcto deslizamiento entre los tubos de acero
	Tope-guía	16	Nailon	Reduce la holgura del sistema de elevación
	Elemento de fijación respaldo	2	Polietileno	Permiten la sujeción del respaldo a la estructura de la silla en la posición deseada
	Tornillo con pomo	2	Bricomatao	Presionan el elemento de fijación del respaldo contra el tubo de acero.



	Tornillo M4	20	Bricomata	Unen los soportes plásticos a la estructura.
	Tubillones	20	Madera de abedul	Se utilizan para realizar la unión entre las piezas de DM del cajón.
	Cableado eléctrico	3m	Cobre y PVC	Proporciona alimentación al enchufe y al pasacables HUB USB.
	Enchufe eléctrico	1	ABS	Permite la conexión a la red eléctrica de escritorios anexos.
	Enchufe macho	1	ABS	Permite la conexión a la red eléctrica.
	Botón clip de resorte	8	Acero	Actúa como selector de altura de cada una de las patas fijándolas en la posición deseada.
	Tapa estructura	4	ABS	Mejora el acabado de la estructura de la silla

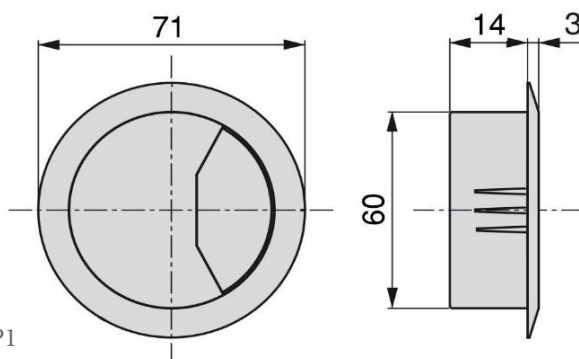
#### 4.2.2.1. Pasacables

En el cajón del pupitre se integran un par de sencillos pasacables circulares. Éstos están situados en los laterales, comunicando el interior del doble fondo con el exterior. Se utilizan para pasar los cables de alimentación al interior del cajón y evitar que queden visibles en aquellos casos en que los pupitres se coloquen de forma continua. El modelo elegido es el Emuca 3196321, de 60 mm en color blanco; es distribuido por la empresa NIUBO S.L, el cual presenta las siguientes características:

- Material de fabricación: ABS
- Dimensiones: diámetro de 60, 72 o 78 milímetros y altura de 17 milímetros.
- Colores: blanco o negro



Imagen P1



#### 4.2.2.2. Hub USB

En la superficie del cajón se sitúa un hub USB integrado. Mediante éste dispositivo se pueden realizar las conexiones pertinentes entre los distintos dispositivos electrónicos utilizados. El modelo utilizado para desarrollar dicha tarea es el HUB-60 color blanco de la empresa Modecom. Dicho dispositivo presenta las siguientes características:

- Material: ABS
- Dimensiones: diámetro de 60 mm, altura de 50 mm
- Colores: blanco o negro
- 1 USB de carga y transferencia, 3 USB 2.0 de transferencia

Mediante el USB de carga y transferencia se puede tanto cargar la tablet del alumno como conectar los periféricos conectados en los demás puertos USB.



Imagen P2

#### 4.2.2.3. Bisagras

Las bisagras necesarias para la tapa del doble fondo del cajón, ubicada en la parte trasera del mismo, son fabricadas por la empresa Hettich. De entre la amplia gama de productos ofrecidos por la empresa, la bisagra más adecuada a las necesidades del proyecto es el modelo Sensys 8645 de montaje arremetido, cuyas características son las siguientes:

- Bisagra automática con montaje por clip sin amortiguación integrada
- Clasificación de la calidad según EN 15570, nivel 3
- Para grosor de puerta 15 - 24 mm
- Diámetro de cazoleta 35 mm
- Profundidad de cazoleta 12,8 mm
- Ajuste de solapadura + 2 mm / - 2 mm integrado
- Ajuste de profundidad + 3 mm / - 2 mm integrado
- Ajuste de altura a través del suplemento
- Material brazo de bisagra: acero niquelado
- Material cazoleta: acero niquelado



Imagen P3

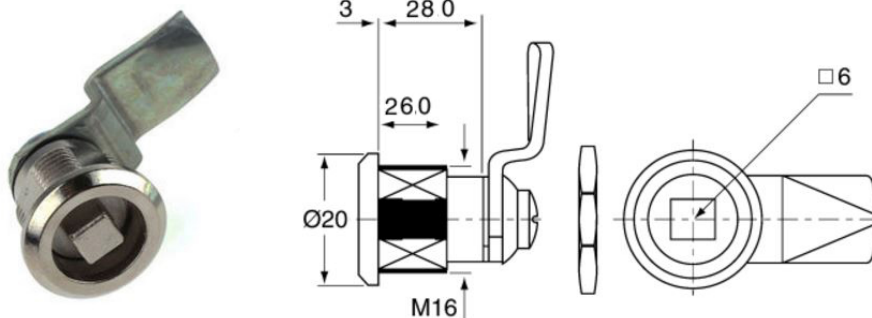




#### 4.2.2.4. Cerradura

Para cerrar con seguridad la tapa del escritorio y evitar que los alumnos accedan al sistema eléctrico, se ha instalado una cerradura de leva del fabricante Lowe & Fletcher. En concreto el modelo elegido es el Euro-Locks, comercializado por la empresa RS-online, que posee las siguientes características:

- Material: acero niquelado
- Diámetro: 20 mm
- Altura de cierre: 33 mm



#### 4.2.2.5. Conteras

Estas conteras han sido utilizadas tanto para proteger el suelo como para disminuir el ruido al desplazar el mobiliario. Son conteras exteriores, fabricadas en polietileno, para tubos de 20 mm. Están situadas en cada una de las patas del conjunto y se han elegido con la superficie ligeramente curvada para garantizar el máximo contacto con el suelo en cada una de las diferentes alturas del mobiliario. Son distribuidas por la empresa de suministros El Arco en bolsas de 200 unidades.



Imagen P4

#### 4.2.2.6. Casquillo

Para el correcto deslizamiento de un tubo dentro del otro es necesaria la colocación de un casquillo de nailon. Éste está colocado en el extremo del tubo de mayor diámetro dando paso al de menor diámetro y presionándolo ligeramente. Estos elementos evitan posibles holguras entre las piezas y gracias a su material facilitan el deslizamiento entre ellas. Los casquillos son realizados por la empresa especializada ISC y presentan las medidas que pueden observarse a continuación.

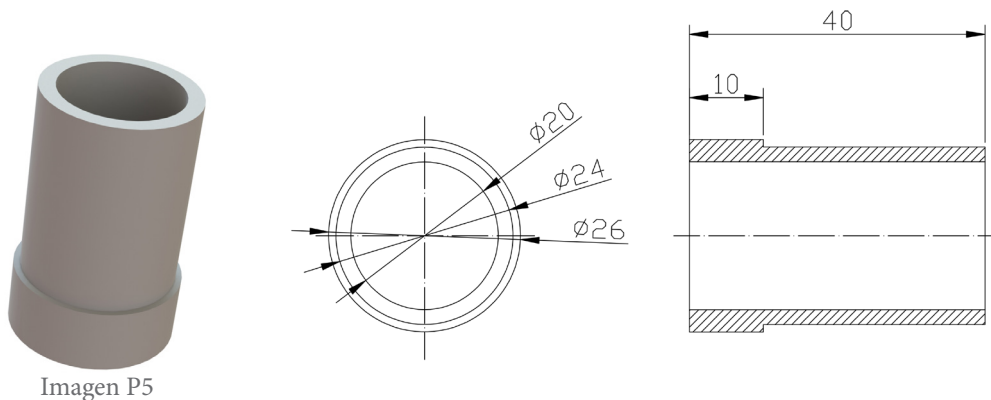


Imagen P5

#### 4.2.2.6. Tope-guía

Complementando el casquillo descrito anteriormente se encuentra un tope situado en el extremo del tubo de menor diámetro presionando ligeramente las paredes interiores del tubo más grande. Estos elementos ayudan a reducir posibles holguras entre las piezas y actúa de tope evitando que el tubo interno salga involuntariamente. Está fabricado en nailon con lo que también favorece el deslizamiento de las piezas. Son realizados por la empresa especializada ISC y presentan las siguientes medidas.

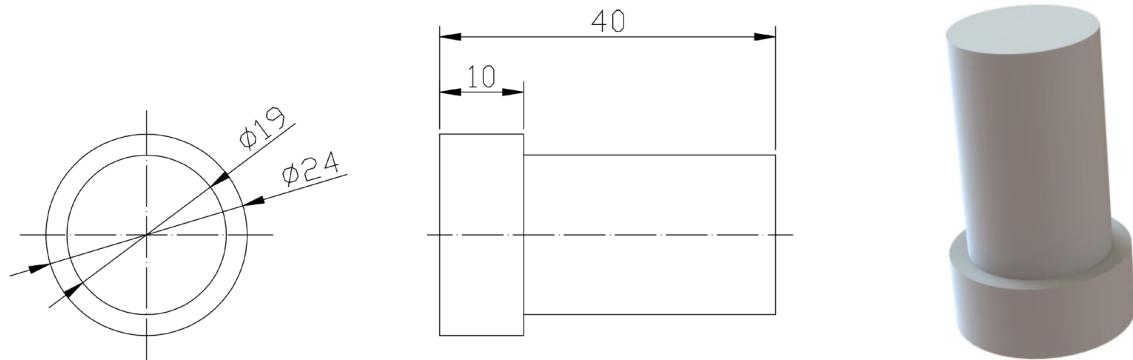


Imagen P6

#### 4.2.2.8. Elementos de fijación respaldo

Para la unión del respaldo a la estructura tubular de acero se utilizan unos elementos de unión muy similares a los utilizados para el asiento y el cajón. La diferencia entre éstos y los anteriores es la rosca central que poseen para permitir que un tornillo presione la pieza contra la estructura y quede de este modo el respaldo fijado a la altura deseada. Ésta pieza de unión es de polietileno y está fabricada por la empresa Farnell.

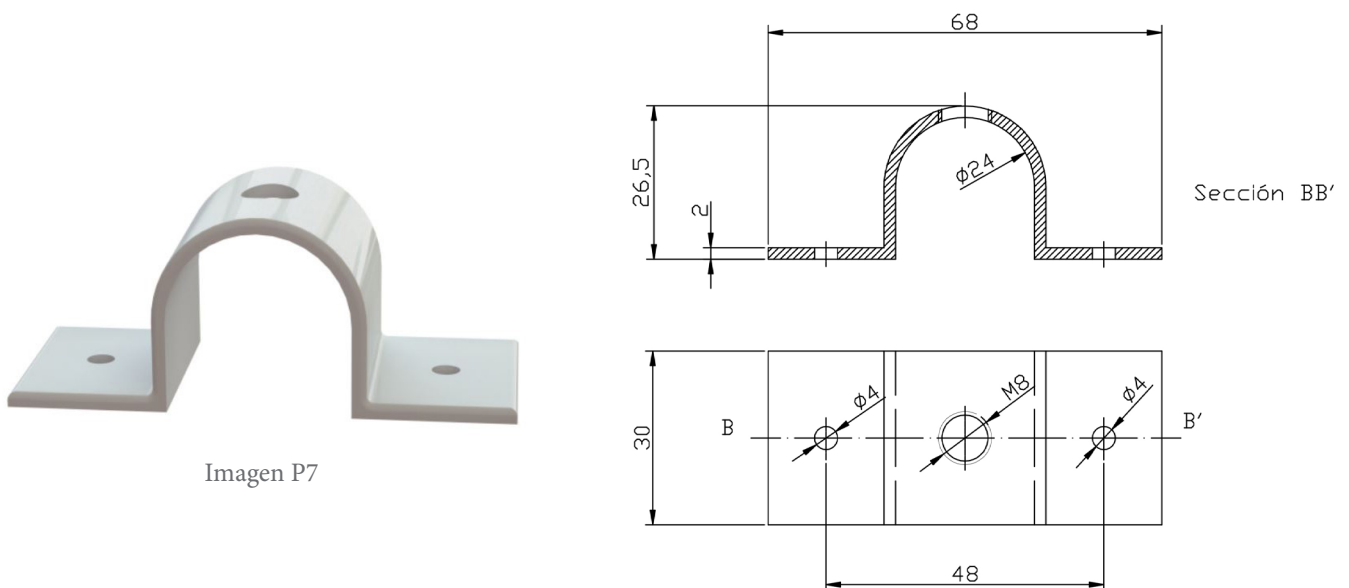


Imagen P7



#### 4.2.2.9. Tornillo con pomo

El elemento encargado de presionar y fijar el respaldo contra la estructura en la posición deseada es un tornillo con pomo de plástico. Este tornillo se rosca en el elemento de fijación descrito anteriormente y lo presiona contra el tubo de acero de la estructura. La empresa encargada de la comercialización es Anjuarjo que comercializa estos tornillos en las siguientes medidas: Ø 26 mm y M-1/4x25, Ø 26 mm y M-6x25, Ø 27 mm y M-8x30, Ø 27 mm y M-10x30, Ø 39 mm y M-8x30, Ø 39 mm y M-10x30. La pieza elegida para este proyecto es la de Ø 27 mm y M-8x30, y en color blanco.



Imagen P8

#### 4.2.2.10. Tornillos

Son utilizados para la unión de las superficies de madera a la estructura. Los tornillos necesarios son fabricados y distribuidos por la empresa SPAX. Las características de dichos tornillos se muestran a continuación:

- Tornillo de métrica 8
- Avellanado bicromatado
- 30 mm de longitud



Imagen P9

#### 4.2.2.11. Tubillones

Para la unión de las piezas de madera que conforman el cajón del escritorio se utilizan tubillones, los cuales aportan mayor solidez en el encolado. Mediante los tubillones se consigue una unión limpia, sin elementos visibles, estable y duradera. La empresa elegida como proveedora de tubillones es Silverline y las principales características que presentan son:

- Material: madera de abedul
- Método de construcción: perforado y prensado
- Dimensiones: 30 mm de longitud y ø 6 mm
- Acabado: vástago
- Peso: 1,2 g



Imagen P10

#### 4.2.2.12. Cableado eléctrico

Para que la electricidad llegue desde la toma de corriente hasta el doble fondo del cajón para alimentar el enchufe que se aloja en su interior y el hub USB, es necesario conducir la electricidad a través de un cable conductor. La manguera eléctrica elegida es el modelo RVK del comerciante de componentes eléctricos SUMIDELEC. Las características principales se muestran a continuación:

- 3 hilos
- Hilo de 2,5 mm de sección 750V
- Cable flexible con aislamiento de alta calidad
- Reducida emisión de halógenos. UNE EN 50267-2-1
- No propagación de la llama. UNE EN 50265-2-1
- Color blanco



Imagen P11

#### 4.2.2.13. Enchufe eléctrico

Alojado en el interior del cajón del cableado eléctrico se ubica un enchufe de conexión para facilitar la alimentación de posibles pupitres situados en los laterales del mismo. Dicho enchufe procede del fabricante Duolec y se trata de uno de sus enchufes de superficie Schuco, con toma de tierra en color blanco.

- Tensión que soporta: 230 V~
- Protección infantil (Sí/No): Sí
- Amperios: 16 A
- Grosor del cable necesario: 2,5 mm<sup>2</sup>



Imagen P12

#### 4.2.2.14. Enchufe macho

En el extremo del cable de alimentación se sitúa un enchufe Schuco macho para la realización de la conexión. Este elemento proviene del fabricante Transmedia y posee las siguientes características:

- 10/16A 250V
- Material: ABS
- Color: blanco



Imagen P13





#### 4.2.2.15. Botón clip de resorte

Colocado a presión en el interior del tubo de acero de menor diámetro, se encuentra el elemento encargado de fijar el sistema de elevación de altura en la posición deseada. Este elemento posee dos partes, una cabeza de acero que pasa por los agujeros de los tubos fijando la posición seleccionada; y un alambre que actúa de muelle y presiona la cabeza de la pieza hacia el exterior del tubo. La empresa encargada del suministro de dichos resortes es Finewe International Company.

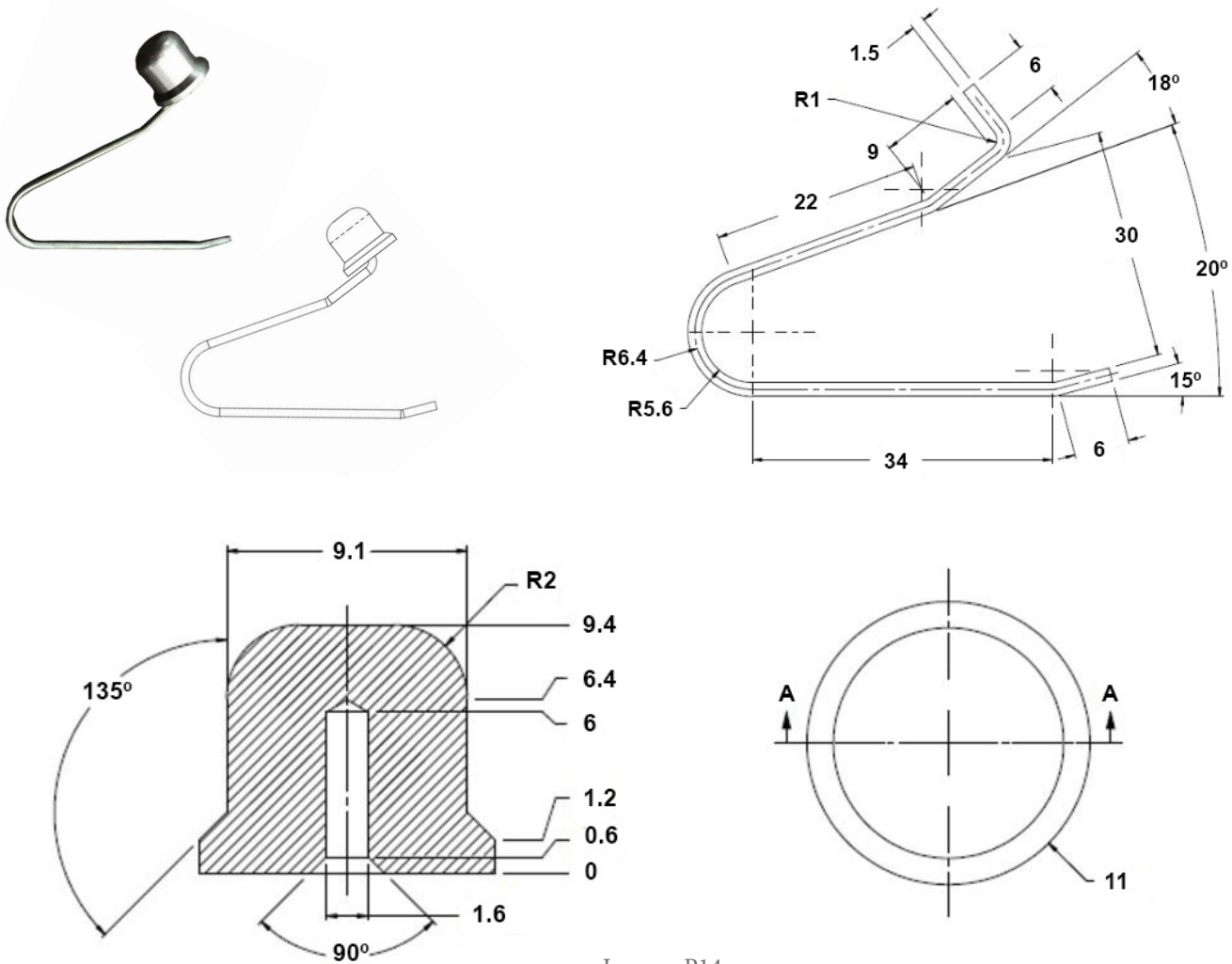


Imagen P14

#### 4.2.2.16. Tapa estructura

Para mejorar el acabado y aumentar la seguridad de la silla, se introducen 4 tapas en los extremos de la estructura que quedan visibles. Estas tapas están fabricadas en polietileno, el encargado de la fabricación de las mismas es . De las tapas circulares del fabricante, la elegida para este proyecto es la que cubre tubos de 25 mm de diámetro.



Imagen P15

### 4.2.3. Listado de proveedores

En la siguiente tabla puede observarse la lista de todos los proveedores de productos comerciales con sus referencias y cantidad correspondiente.

Pieza	Cantidad	Proveedor	Referencia	Material
Cajón	0,91 m2	Formica	-	DM Laminado
Asiento y respaldo	0,3 m2	Formica	-	Contrachapado Laminado
Patas estructura	6,95 m	Eduardo Cortina	-	Acero
Extensiones patas	3,44 m	Eduardo Cortina	-	Acero
Pasacables	2 uds.	NIUBO S.L	Emuca3196321	ABS
Hub USB	1 ud.	Modecom	HUB-60	ABS
Bisagra	2 uds.	Hettich	Sensys8645	Acero niquelado
Cerradura	1 ud.	Ferreteria Martí	193	Acero niquelado
Contera	8 uds.	El Arco	323-45	Polietileno
Casquillo	8 uds.	ISC	-	Nailon
Tope-guía	8 uds.	ISC	-	Nailon
Elemento de fijación	2 uds.	Farnell	-	Polietileno
Tornillo con pomo	2 uds	Anjuarjo	132458-78	Acero-ABS
Tornillos	12 uds.	SPAX	347651 45	Bicromatado
Tubillones	14 uds.	Silverline	868727	Madera de abedul
Cableado eléctrico	3 m	SUMIDELEC	RVK	Cobre y PVC
Enchufe eléctrico	1 ud.	Duolec	TT-34095	ABS
Enchufe macho	1 ud.	Transmedia	E00256	ABS
Botón clip de resorte	8 uds.	AliExpress	938832	Acero
Tapa	4 uds.	Sourcingmap	-	Polietileno





### 4.3. Calidades mínimas

En el apartado siguiente se pretende describir las calidades mínimas de los procesos de fabricación llevados a cabo a la hora de conformar los productos.

Las especificaciones que debe cumplir el conjunto de escritorio y silla se han definido anteriormente en el Volumen 2. Anexos, apartado “2.5.1.4. Establecimiento de especificaciones y restricciones”, por lo que todos los elementos que componen el mobiliario deben cumplirlas. Dichas especificaciones se muestran a continuación:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible
3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
5. Que se utilice el menor número de materiales diferentes
6. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible
7. Que sea lo más cómodo posible
8. Que acople el mayor número de modelos de tablets posibles
9. Que sea lo más duradero posible
10. Que sea lo más resistente posible
11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

#### 4.3.1. Cajón

El cajón o cuerpo principal del escritorio está fabricado en DM laminado de alta presión. La utilización de este material es debido a sus propiedades. Gracias al material elegido, el cajón cumple con las siguientes especificaciones:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible
3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
5. Que se utilice el menor número de materiales diferente
9. Que sea lo más duradero posible
10. Que sea lo más resistente posible
11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

---

Una vez obtenido el tablero, se debe asegurar que no posee ningún defecto de planitud ni rectitud. También se debe comprobar que los tableros cumplen con todos los requisitos establecidos al proveedor, color y dimensiones o condiciones de serigrafiado.

En los procesos que se realizan para obtener la geometría deseada, se establece una tolerancia general de  $\pm 0,2$  mm. Las dimensiones finales que se obtienen del cuerpo principal son: 70 centímetros de longitud, 50 cm de ancho y 13 cm de altura; teniendo cada una de las superficies que conforman la pieza un espesor de 2 cm.

#### **4.3.2. Estructura**

Para la realización de las estructuras que sustentan tanto el cajón del escritorio como el asiento o respaldo de la silla, se elige como material el acero.

Por tanto, gracias a la elección de este material se cumple con las siguientes especificaciones:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible
3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
5. Que se utilice el menor número de materiales diferentes
6. Que se adapte a la altura del máximo número de usuarios posible
9. Que sea lo más duradero posible
10. Que sea lo más resistente posible
11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

Tras obtener los tubos de acero del proveedor, se debe asegurar que no poseen ningún defecto de deformidad ni dimensionalidad. También se debe asegurar que cumplen con todos los requisitos acordados previamente acordados con el proveedor.

Con los procesos que se realizan para obtener la geometría deseada, se establece una tolerancia general de  $\pm 0,1$  mm. Se debe prestar especial atención a los radios de curvatura de estas piezas pues suponen la correcta disposición de las alturas del conjunto.

#### **4.3.3. Asiento**

El material elegido para la realización del asiento es el contrachapado laminado de alta presión. Gracias a la elección de este material para la fabricación del asiento, se cumple con las siguientes especificaciones:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible







3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
5. Que se utilice el menor número de materiales diferente
9. Que sea lo más duradero posible
10. Que sea lo más resistente posible
11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

Una vez obtenidos los tableros, se debe asegurar que no poseen ningún defecto de planitud ni rectitud. Además se debe comprobar que cumplen con todos los requisitos establecidos al proveedor: color, serigrafiado o espesor.

En los procesos que se realizan para obtener la geometría deseada, se establece una tolerancia general de  $\pm 0,2$  mm. Las medidas finales de la pieza deben ser: 44 x 47 cm.

#### 4.3.4. Respaldo

El material elegido para la realización del respaldo es el contrachapado laminado. Gracias a la elección de este material para la fabricación del asiento, se cumple con las siguientes especificaciones:

1. Que el desecho de material sea el menor posible
2. Que tenga el menor número de piezas posible
3. Que sea lo más rápido de fabricar posible
4. Que se requiera el menor número de procesos de fabricación diferentes posibles
5. Que se utilice el menor número de materiales diferente
9. Que sea lo más duradero posible
10. Que sea lo más resistente posible
11. Que sea lo más fácil de mantener y limpiar posible

Una vez obtenidos los tableros, se debe asegurar que no poseen ningún defecto de planitud ni rectitud. Además se debe comprobar que cumplen con todos los requisitos establecidos al proveedor: color, serigrafiado o espesor.

En los procesos que se realizan para obtener la geometría deseada, se establece una tolerancia general de  $\pm 0,2$  mm. Las medidas finales de la pieza deben ser: 44 x 200 cm.

#### 4.4. Condiciones de utilización del producto

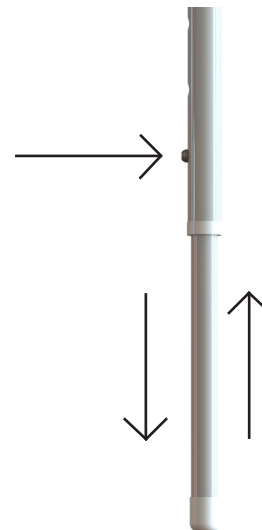
En este apartado se exponen las condiciones a tener en cuenta a la hora de utilizar y mantener el producto. Para que la durabilidad sea la mayor posible es recomendable seguir las recomendaciones que se establecen a continuación, las cuales se imprimen junto al manual de instrucciones del cual se dispone en el interior del embalaje.

La puerta de acceso al cajón de conexiones debe permanecer siempre cerrada y su llave sólo la poseerá el personal de mantenimiento del centro y sus profesores. Hay que prestar una especial atención al derrame de líquidos en el interior del mismo; si ocurre, se deberá desconectar inmediatamente la mesa de la corriente eléctrica y avisar al personal de mantenimiento.

Para la limpieza se puede utilizar un paño húmedo con productos de limpieza no muy abrasivo en todas las superficies del conjunto.

No se requiere un mantenimiento constante ni específico, dado que los sistemas de elevación son básicos y los materiales con los que están fabricados ambos productos son resistentes a pequeños golpes y rozaduras.

El sistema de regulación de altura de ambos productos permite establecer cinco posiciones distintas. Para cambiar de una posición a otra en primer lugar se debe tumbar el mueble para facilitar la operación. Seguidamente, se debe mantener pulsado el botón de resorte que sobresale por uno de los agujeros de la pata y desplazar la extensión hasta la posición deseada. Esta operación se debe realizar en cada una de las patas.



#### 4.5. Normativa, pruebas y ensayos aplicables al producto

Las piezas y elementos fabricados deben cumplir con las normativas aplicables en su sector. En este apartado se enuncian las normas de calidad y de ensayos tanto de obligado cumplimiento como las de carácter no obligatorio. Se han dividido en normas que afectan a la madera, a los acabados superficiales y al mobiliario.





#### 4.5.1. Madera

La normativa aplicable a la madera es las siguiente:

- UNE-EN 460:1995. Durabilidad de la madera y de los materiales derivados de la madera. Durabilidad natural de la madera maciza. Guía de especificaciones de durabilidad natural de la madera para su utilización según las clases de riesgo.
- UNE-EN 13017-1:2001. Tableros de madera maciza. Clasificación según el aspecto de las caras. Parte 1 : Madera de conífera. Parte 2: Madera de frondosas.

El ensayo aplicable a la madera es el siguiente:

- UNE-EN 789:2006. Estructura de madera. Métodos de ensayo. Determinación de las propiedades mecánicas de los tableros derivados de la madera.

#### 4.5.2. Acabados superficiales

La normativa aplicable a los acabados superficiales es las siguiente:

- UNE 48027:1980. Pinturas y barnices. Resistencia de los recubrimientos orgánicos a los agentes químicos de uso doméstico.

La normativa sobre los ensayos aplicables es la siguiente:

- UNE-EN 11019-5:1989. Métodos de ensayo en los acabados de muebles de madera. Resistencia superficial a grasas y aceites fríos.
- UNE-EN 11019-6:1990. Métodos de ensayo en los acabados de muebles de madera. Resistencia superficial al daño mecánico.

#### 4.5.3. Mobiliario

La normativa aplicable a los elementos de mobiliario es las siguiente:

- UNE 11014:1989. Mobiliario. Resistencia, durabilidad y seguridad. Requisitos para mesas de uso doméstico.

La normativa sobre los ensayos aplicables en la realización de una mesa de escritorio es la siguiente:

- UNE 11014:1989. Mesas. Métodos de ensayo para determinar la resistencia estructural.
- UNE 11015:1989. Mesas. Método de ensayo para determinar la estabilidad.
- UNE 11022-1:1992. Mesa para uso doméstico y público. Características funcionales y especificaciones. Parte 1: Materiales y acabado superficial.
- UNE 11022-2:1992. Mesa para uso doméstico y público. Características funcionales y especificaciones. Parte 2: Resistencia estructural y estabilidad.



# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

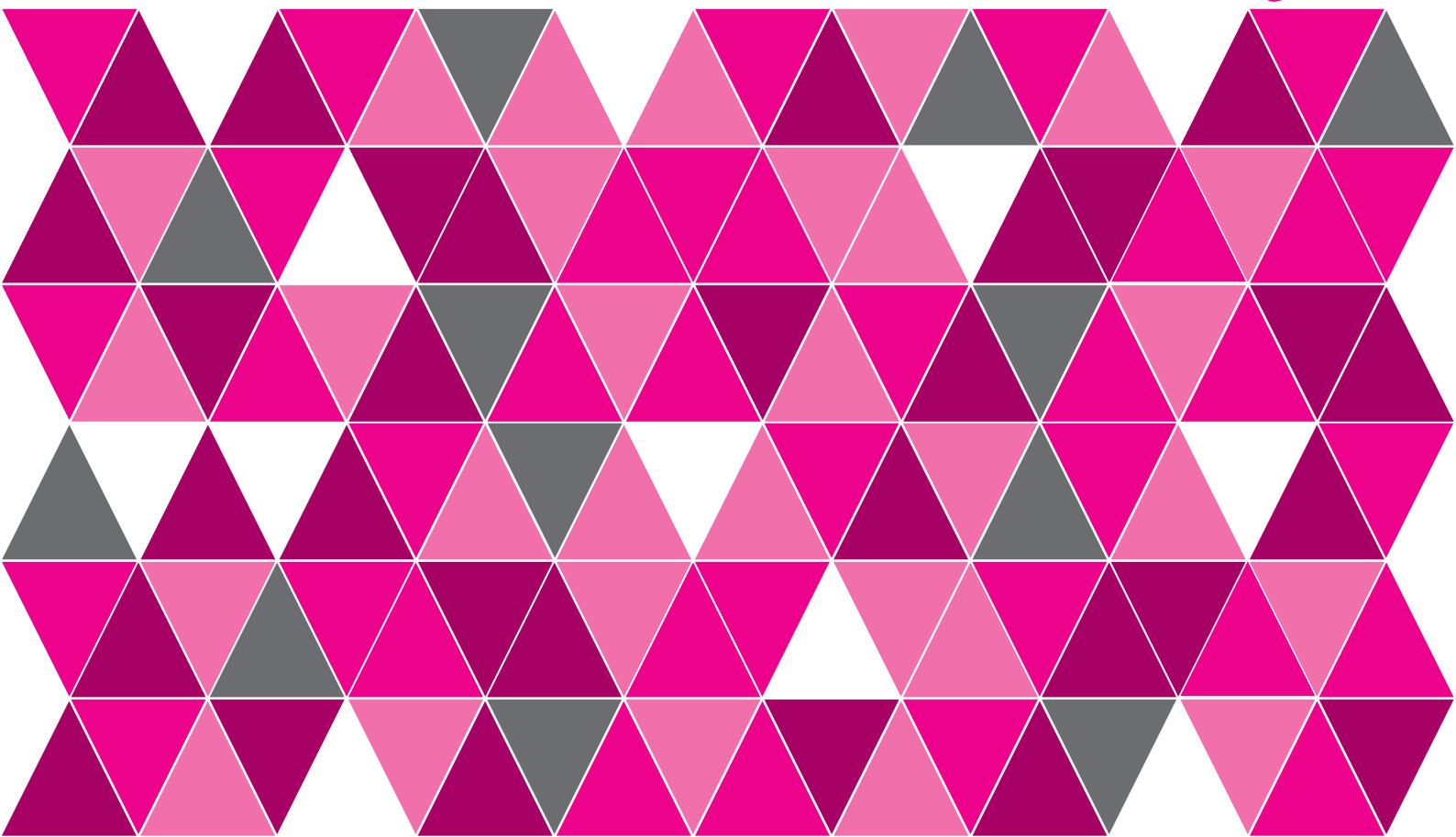
**Autor:** Manuel González Aranda

**Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# *Estado de Mediciones*







<b>5.1. Listado de piezas y dimensiones</b>	<b>181</b>
5.1.1. Componentes diseñados	181
5.1.2. Componentes comerciales	181
<b>5.2. Peso del producto</b>	<b>182</b>







## 5.1. Listado de piezas y dimensiones

En el siguiente estado de mediciones se especifica sobre todas las piezas que componen el conjunto. Se distinguen entre las piezas diseñadas y fabricadas únicamente para la materialización del conjunto y las que se adquieren de proveedores.

### 5.1.1. Componentes diseñados

Los elementos fabricados y diseñados específicamente en este proyecto se detallan en la siguiente tabla:

Componente	Pieza	Nº de piezas	Material	Medidas
1	Superficie superior cajón	1	DM laminado	700 x 500 x 20 mm
2	Superficie inferior cajón	1	DM laminado	700 x 500 x 20 mm
3	Lateral cajón	2	DM laminado	90 x 500 x 20 mm
4	Fondo cajón	1	DM laminado	90 x 660 x 20 mm
5	Tapa cajón	1	DM laminado	90 x 660 x 20 mm
6	Pata principal escritorio	2	Acero	ø=25mm E=1mm L=1.402mm
7	Extensión pata escritorio	4	Acero	ø=20mm E=1mm L=331mm
8	Traveseros escritorio	2	Acero	ø=25mm E=1mm L=425mm
9	Asiento	1	Contrachapado laminado	440 x 470 x 14 mm
10	Respaldo	1	Contrachapado laminado	440 x 200 x 14 mm
11	Pata principal delantera silla	1	Acero	ø=25mm E=1mm L=888mm
12	Pata principal trasera silla	1	Acero	ø=25mm E=1mm L=808mm
13	Extensión pata silla	4	Acero	ø=20mm E=1mm L=251mm
14	Travesero silla	2	Acero	ø=25mm E=1mm L=798mm
15	Refuerzo silla	1	Acero	ø=20mm E=1mm L=1.106mm

### 5.1.2. Componentes comerciales

Los elementos comerciales que se adquieren de distintos proveedores se detallan en la siguiente tabla:

Componente	Pieza	Nº de piezas	Material	Medidas
16	Pasacables	2	ABS	ø 72 x 17 mm
17	Hub USB	1	ABS	ø 60 x 50 mm
18	Bisagras	2	Acero niquelado	80 x 20 x 40
19	Cerradura	1	Acero niquelado	ø 20 x 20 mm
20	Conteras	8	Polietileno	ø 22 x 30 mm
21	Casquillos	8	Nailon	ø 25 x 40 mm
22	Tope-guía	8	Nailon	ø 20 x 40 mm

23	Elementos de fijación	2	Polietileno	68 x 40 mm
24	Tornillo con pomo	2	Bricomatado	ø 27 mm M 8x30
25	Tornillos	12	Bricomatado	M8 x 30mm
26	Tubillones	14	Madera de abedul	ø 6 x 30 mm
27	Cableado eléctrico	3 m	Cobre y PVC	ø 8 x 3000 mm
28	Enchufe eléctrico	1	ABS	80 x 80 mm
29	Enchufe macho	1	ABS	ø 40 x 60
30	Botón clip de resorte	8	Acero	ø 9,4 x 30 x 40 mm
31	Tapa estructura	4	Polietileno	ø 25 x 13

## 5.2. Peso del producto

En la siguiente tabla se ha determinado el peso de cada uno de los elementos tanto de la silla como de la mesa y mediante la suma de todos ellos el peso total de cada producto.

Escritorio					
Nº	Pieza	Nº de piezas	Unidad básica	Volumen/ Longitud	Peso (kg)
1	Superficie superior cajón	1	730 kg/m <sup>3</sup>	0,007 m <sup>3</sup>	5,1
2	Superficie inferior cajón	1	730 kg/m <sup>3</sup>	0,007 m <sup>3</sup>	5,1
3	Laterales cajón	2	730 kg/m <sup>3</sup>	0,0009 m <sup>3</sup>	1,32
4	Fondo cajón	1	730 kg/m <sup>3</sup>	0,0012 m <sup>3</sup>	0,87
5	Tapa cajón	1	730 kg/m <sup>3</sup>	0,0012 m <sup>3</sup>	0,87
6	Pata principal escritorio	2	0,592 kg/m	1,4 m	1,65
7	Extensión pata escritorio	4	0,468 kg/m	0,322 m	0,6
8	Traveros escritorio	2	0,592 kg/m	0,445 m	0,52
16	Pasacables	2	-	-	0,036
17	Hub USB	1	-	-	0,12
18	Bisagras	2	0,18 kg/pieza	-	0,36
19	Cerradura	1	-	-	0,17
20	Conteras	4	0,028 kg/pieza	-	0,112
21	Casquillos	4	0,037 kg/pieza	-	0,148
22	Tope-guías	4	0,042 kg/pieza	-	0,168
25	Tornillos	8	0,024 kg/pieza	-	0,192
26	Tubillones	14	0,65 g/pieza	-	0,009
27	Cableado eléctrico	3 m	0,082 kg/m	-	0,246
28	Enchufe eléctrico	1	-	-	0,087
29	Enchufe macho	1	-	-	0,041
30	Botón clip de resorte	4	-	-	0,036
<b>Total</b>					<b>17,76</b>



Silla					
Nº	Pieza	Nº de piezas	Unidad básica	Volumen/ Longitud	Peso (kg)
9	Asiento	1	430 kg/m3	0,0029 m3	1,24
10	Respaldo	1	430 kg/ m3	0,0012 m3	0,53
11	Pata principal delantera silla	1	0,592 kg/m	0,89 m	0,526
12	Pata principal trasera silla	1	0,592 kg/m	0,8 m	0,474
13	Extensión pata silla	4	0,468 kg/m	0,25 m	0,468
14	Travesero silla	2	0,592 kg/m	0,8 m	0,947
15	Refuerzo silla	1	0,468 kg/m	1,1 m	0,515
20	Conteras	4	0,028 kg/pieza	-	0,112
21	Casquillos	4	0,037 kg/pieza	-	0,148
22	Tope-guía	4	0,042 kg/pieza	-	0,168
23	Elementos de fijación	2	0,052 kg/pieza	-	0,104
24	Tornillo con pomo	2	-	-	0,136
25	Tornillos	4	0,024 kg/pieza	-	0,096
30	Botón clip de resorte	4	-	-	0,036
31	Tapa estructura	4	0,012 kg/pieza	-	0,048
<b>Total</b>					<b>5,548</b>



# *Diseño de un conjunto de mesa y silla escolar*

---

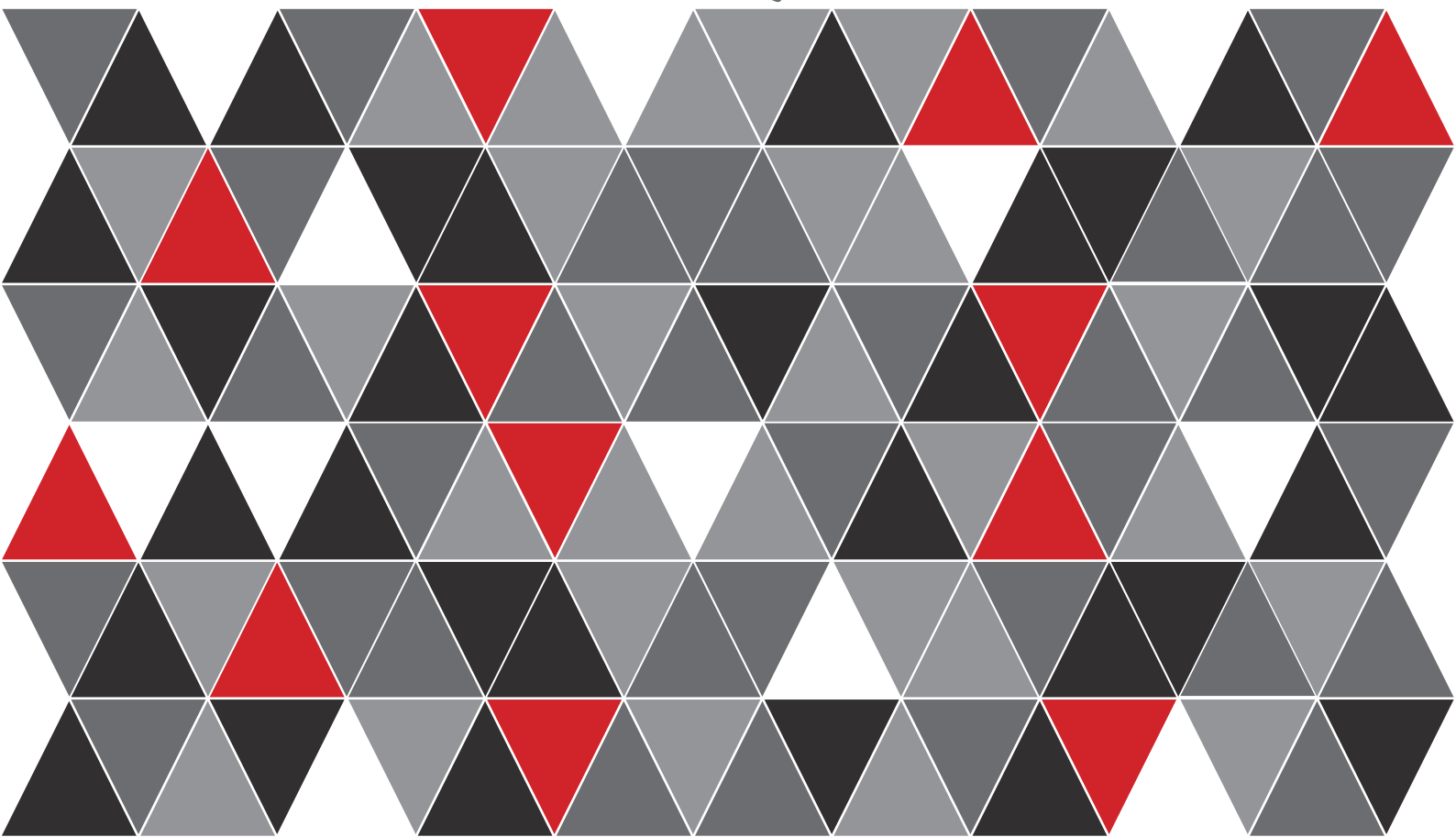
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos

**Autor:** Manuel González Aranda      **Tutor:** José Luis Navarro Lizandra

Febrero 2017



# *Presupuesto*







<b>6.1. Coste directo</b>	<b>189</b>
6.1.1. Costes de los materiales	189
6.1.2. Costes elementos comerciales	190
6.1.3. Costes elementos auxiliares	191
6.1.4. Costes de fabricación	191
6.1.5. Coste directo total	193
<b>6.2. Coste indirecto</b>	<b>194</b>
<b>6.3. Coste total</b>	<b>194</b>
<b>6.4. Precio de venta al público P.V.P.</b>	<b>194</b>
<b>6.5. Análisis del precio de venta</b>	<b>195</b>
6.5.1. VAN	195
6.5.2. TR	196
<b>6.6. Conclusiones</b>	<b>196</b>







## 6.1. Coste directo

En el siguiente apartado se ha determinado el coste de todos los componentes que son necesarios para conformar los productos. Por una parte se ha calculado el coste de los materiales de las piezas fabricadas. Por otra parte, el precio total de los componentes adquiridos de proveedores. También se ha calculado el coste de aquellos elementos que pese a que no forman parte directa de los productos son necesarios para su fabricación. Por último, se ha calculado el coste de la mano de obra necesaria para la fabricación y ensamblaje de ambos muebles.

### 6.1.1. Costes de los materiales

En primer lugar, antes de establecer el coste de cada material, se ha de conocer la cantidad empleada de cada uno de ellos. En las tablas siguientes se pueden ver la cantidad de cada material requerida para cada una de las piezas y la suma de ellas.

DM Laminado	
Superficie superior cajón	0,35 m <sup>2</sup>
Superficie inferior cajón	0,35 m <sup>2</sup>
Laterales cajón	0,09 m <sup>2</sup>
Fondo cajón	0,06 m <sup>2</sup>
Tapa cajón	0,06 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>0,91 m<sup>2</sup></b>

Tubo acero ø 25 (Escritorio)	
Patas principales	2,8 m
Traveseros	0,85 m
<b>Total</b>	<b>3,65 m</b>

Tubo acero ø 20 (Escritorio)	
Extensiones de patas	1,32 m
<b>Total</b>	<b>1,32 m</b>

Contrachapado laminado	
Asiento	0,21 m <sup>2</sup>
Respaldo	0,09 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>0,3 m<sup>2</sup></b>

Tubo acero ø 25 (Silla)	
Pata delantera	0,89 m
Pata trasera	0,81 m
Traveseroa	1,6 m
<b>Total</b>	<b>3,3 m</b>

Tubo acero ø 20 (Silla)	
Extensiones de patas	1 m
Refuerzo	1,1 m
<b>Total</b>	<b>2,1 m</b>

Por lo tanto, el coste de la materia prima necesaria para la elaboración de las piezas que conforman los productos es el siguiente.

Escritorio			
Material	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
DM laminado	0,91 m <sup>2</sup>	18,60 €/m <sup>2</sup>	16,92
Tubo acero ø 25	3,65 m	2,80 €/m	10,22
Tubo acero ø 20	1,32 m	2,65 €/m	3,5
<b>Total</b>			<b>30,64</b>

Silla			
Material	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
Contrachapado laminado	0,3 m2	21,42 €/m2	6,42
Tubo acero ø 25	3,3 m	2,80€/m	9,24
Tubo acero ø 20	2,1 m	2,65 €/m	5,56
<b>Total</b>			<b>21,22</b>

### 6.1.2. Costes elementos comerciales

El coste de los componentes necesarios adquiridos de distribuidores comerciales es el siguiente.

Escritorio			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
Pasacables	2	0,60 €	1,2
Hub USB	1	8,92 €	8,92
Bisagras	2	3,15 €	6,3
Cerradura	1	4,38 €	4,38
Contera	4	14,54 €/200 uds	0,29
Casquillo	4	0,12 €	0,48
Tope-guía	4	0,12 €	0,48
Tornillos	8	0,02 €	0,16
Tubillones	14	0,017 €	0,24
Cableado eléctrico	3 m	1,21 €/3m	1,21
Enchufe eléctrico	1	3,90 €	3,90
Enchufe macho	1	2,40 €	2,40
Botón clip de resorte	4	40,24 €/100 uds	1,61
<b>Total</b>			<b>31,57</b>

Silla			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
Contera	4	14,54 €/200 uds	0,29
Casquillo	4	0,12€	0,48
Tope-guía	4	0,12 €	0,48
Tornillos	4	0,02 €	0,08
Elemento de fijación	2	0,87 €	1,74
Tornillo con pomo	2	1,62€	3,24
Botón clip de resorte	4	40,24 €/100 uds	1,61
Tapón	4	8,75 €/100 uds	0,35
<b>Total</b>			<b>8,27</b>





### 6.1.3. Costes elementos auxiliares

El coste de aquellos productos que son utilizados durante la fabricación del producto o que son necesarios para su correcto transporte o almacenaje es el siguiente.

Escritorio			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
Imprimación madera	0,2 l	5,6 €/l	1,12
Imprimación antióxido	0,4 l	6,70 €/l	2,68
Laca fondo	0,2 l	1,20 €/l	0,24
Pintura metal	0,6 l	4,17 €/l	2,5
Cola madera	0,3 l	6 €/l	1,8
Caja embalaje	1 ud.	2,54 €	2,54
Tela espuma de polietileno	7 m	4,75 €/30m	1,11
Cinta adhesiva	5 m	1,08 €/33m	0,16
<b>Total</b>			<b>12,15</b>

Silla			
Componente	Cantidad	Precio unitario	Coste (€)
Imprimación madera	0,1 l	5,6 €/l	0,56
Imprimación antióxido	0,4 l	6,70 €/l	2,68
Laca fondo	0,1 l	1,20 €/l	0,12
Pintura metal	0,5 l	4,17 €/l	2,08
Caja embalaje	1 ud.	1,74 €	1,74
Tela espuma de polietileno	6 m	4,75 €/30m	0,95
Cinta adhesiva	4,5 m	1,08 €/33m	0,15
<b>Total</b>			<b>8,28</b>

### 6.1.2. Costes de fabricación

Para establecer el coste de fabricación es necesario conocer previamente el coste de mano de obra y el coste del taller. El coste de mano de obra se determina a partir del tiempo empleado para la realización de los procesos de fabricación de cada pieza, el tiempo necesario para el ensamblaje del conjunto, así como del tiempo de embalaje del producto. El coste de mano de obra es el siguiente.

Escritorio				
Operación	Operario	Coste del operario	Tiempo empleado	Coste final (€)
Corte de las piezas de madera	Mecánico taller madera	15 €/h	0,1h	1,5
Mecanizado piezas madera	Mecánico taller madera	15 €/h	0,5 h	7,5
Corte piezas metal	Mecánico taller metal	15 €/h	0,1 h	1,5
Mecanizado piezas metal	Mecánico taller metal	15 €/h	0,3 h	4,5
Ensamblaje	Soldador	15€/h	0,3 h	4,5
Pintado y acabado final	Pintor	15€/h	0,2 h	3
Embalaje	Operario básico	8 €/h	0,1 h	0,8
<b>Total</b>				<b>23,3</b>

Silla				
Operación	Operario	Coste del operario	Tiempo empleado	Coste final (€)
Corte de las piezas de madera	Mecánico taller madera	15 €/h	0,1h	1,5
Mecanizado piezas madera	Mecánico taller madera	15 €/h	0,2 h	3
Corte piezas metal	Mecánico taller metal	15 €/h	0,1 h	1,5
Mecanizado piezas metal	Mecánico taller metal	15 €/h	0,3 h	4,5
Ensamblaje	Soldador	15€/h	0,2 h	3
Pintado y acabado final	Pintor	15€/h	0,2 h	3
Embalaje	Operario básico	8 €/h	0,1 h	0,8
<b>Total</b>				<b>17,3</b>

El coste que conlleva trabajar en el taller para la elaboración de las piezas que componen cada producto es el siguiente.

Escritorio			
Taller	Precio taller	Tiempo empleado	Coste (€)
Madera	5,6 €/h	0,8 h	4,48
Metal	6,4 €/h	0,5 h	3,2
Pintura	4,6 €/h	0,3 h	1,38
<b>Total</b>			<b>9,06</b>

Silla			
Taller	Precio taller	Tiempo empleado	Coste (€)
Madera	5,6 €/h	0,5 h	2,8
Metal	6,4 €/h	0,5 h	3,2
Pintura	4,6 €/h	0,2 h	0,92
<b>Total</b>			<b>6,92</b>





El coste de fabricación que resulta de sumar el coste de mano de obra y el coste de taller es:

Escritorio	
Tipo de coste	Coste unitario (€)
Coste mano de obra	23,3
Coste taller	9,06
<b>Total</b>	<b>32,36</b>

Silla	
Tipo de coste	Coste unitario (€)
Coste mano de obra	17,3
Coste taller	6,92
<b>Total</b>	<b>24,22</b>

#### 6.1.5. Coste directo total

Una vez calculados todos los costes considerados directos se suman para obtener el coste directo total. Este coste puede verse en las siguientes tablas.

Escritorio	
Tipo de coste	Coste unitario (€)
Coste de materiales	30,64
Coste de elementos comerciales	31,57
Coste elementos auxiliares	12,15
Coste fabricación	32,36
<b>Total</b>	<b>106,72</b>

Silla	
Tipo de coste	Coste unitario (€)
Coste de materiales	21,22
Coste de elementos comerciales	8,27
Coste elementos auxiliares	8,28
Coste fabricación	24,22
<b>Total</b>	<b>61,99</b>

## 6.2. Coste indirecto

Los costes indirectos son aquellos que afectan al proceso productivo general de una empresa. Es un coste difícil de conocer y calcular por lo que se suelen emplear ratios estimados. El ratio estimado en este proyecto para el cálculo del coste indirecto es del 10% del coste directo.

Escritorio	
Coste directo	106,72
10% del coste directo	10,7
<b>Coste indirecto</b>	<b>10,7</b>

Silla	
Coste directo	61,99
10% del coste directo	6,2
<b>Coste indirecto</b>	<b>6,2</b>

## 6.3. Coste total

El coste total es la suma de todos los gastos que conlleva el desarrollo de cada uno de los productos. Resulta de suma del coste directo más el indirecto. El gasto total puede ver en las tablas siguientes.

Escritorio	
Coste directo	106,72
Coste indirecto	10,7
<b>Coste total</b>	<b>117,42</b>

Silla	
Coste directo	61,99
Coste indirecto	6,2
<b>Coste total</b>	<b>68,19</b>

## 6.4. Precio de venta al público P.V.P.

Una vez obtenido el coste del producto se puede calcular el precio final. Este precio de venta al público se obtiene sumando el margen comercial y los impuestos. Se ha considerado que la venta de este producto es directa y que el margen comercial es del 35%. Por otra parte también se debe sumar el 21% de I.V.A. El precio de venta al público puede verse a continuación:





Escritorio	
Coste total	117,42
Margen de beneficio 35%	41,09
I.V.A 21%	33,29
<b>P.V.P</b>	<b>191,8</b>

Silla	
Coste total	68,99
Margen de beneficio 35%	23,86
I.V.A 21%	19,33
<b>P.V.P</b>	<b>112,18</b>

## 6.5. Análisis del precio de venta

En el siguiente apartado se pretende determinar la viabilidad económica del producto y en consecuencia del proyecto. Los métodos utilizados para el análisis del precio son el método VAN (Valor Actual Neto) y el método TR (Tiempo de Retorno). Antes de realizar los cálculos de ambos métodos es necesario especificar la inversión inicial del proyecto.

Inversión				
Concepto	Empleados	Sueldo/mes	Meses	Total (€)
Diseño	1	1500	6	9.000
Marketing	1	1500		6.000
Prototipado	-	-	-	1.000
Otros	-	-	-	1.000
<b>Total</b>				<b>17.000</b>

En el cálculo de la inversión se ha considerado que la empresa posee toda la maquinaria y medios para el desarrollo de los productos. Todo aquello de lo que la empresa no disponga y esté incluido en el desarrollo de este proyecto se deberá añadir a este cálculo de inversión.

### 6.4.1. TR

El primer año, teniendo en cuenta que el producto se debe introducir en el mercado, se estima una previsión de ventas de 1.000 conjuntos escolares. Durante el segundo año, el producto se consolida en el mercado, por lo que se estima una venta de 1.500 conjuntos. Durante el tercer y último año utilizado en este estudio, se estiman unas ventas de 1800 conjuntos. También se considera la inflación del 3% anual del precio del dinero.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
<b>Inversiones</b>	17.000	0	0	0
<b>Uds. vendidas</b>	-	1.000	1.500	1.800
<b>Gastos</b>	-	186.410	279.615	335.538
<b>Ingresos</b>	-	303.980	455.970	547.164
<b>Beneficios (tras imp)</b>	-	64.959	97.425	116.910
<b>Flujo de caja</b>	-17.000	117.570	176.355	211.626
<b>VAN</b>		104.097,1	82.897,92	148.351,52

Tal y como se observa en la tabla, el TR tiene lugar al finalizar los primeros dos meses de ventas, dado que es entonces cuando ya se ha amortizado la cantidad de dinero invertido.

#### 6.4.2. VAN

Para el cálculo del Valor Actual Neto se utiliza la siguiente fórmula:

$$- \text{VAN}_{\text{año}} = \text{Flujo de Caja} (1 + \text{Inflación})^{\text{año}} - \text{Inversión Inicial}$$

$$- \text{Flujo de Caja} = \text{Ingresos año} - \text{Gastos año}$$

Con lo cual, una vez definida la fórmula necesaria para la obtención del VAN, se puede calcular:

$$\text{VAN}_1 = 117.570 (1 + 0,03)^1 - 17.000 = 104.097,1 \text{ €}$$

$$\text{VAN}_2 = 176.355 (1 + 0,03)^2 - 104.197,1 = 82.897,92 \text{ €}$$

$$\text{VAN}_3 = 211.626 (1 + 0,03)^3 - 82.897,92 = 148.351,52 \text{ €}$$

#### 6.6. Conclusiones

Tras la realización de todos los cálculos acerca del presupuesto del proyecto se puede confirmar la viabilidad del proyecto. El coste total, asumiendo un coste indirecto del 10% del coste directo, es de 117,42 € para el escritorio y 68,99 € para la silla. El beneficio de ambos productos se establece como el 35% del coste. De este modo, el beneficio obtenido por cada escritorio vendido es de 41,09 €, aumentando el precio hasta 158,51 €. En la silla el beneficio es de 23,86 € y el precio aumenta hasta 92,85 €. A este precio se le debe añadir el I.V.A del 21%, por lo que resulta un precio de venta al público de 191,8 € para el escritorio y 112,18 € para la silla.

A partir de los cálculos realizados en las metodologías VAN y TR, se han calculado los esperados flujos de caja generados con el paso del tiempo. Ambas metodologías indican la viabilidad económica de ambos productos.







