



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### Índice general

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025

# Índice

<b>Memoria</b>	<b>6</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
1.1. Objetivo y alcance del proyecto . . . . .	6
1.2. Antecedentes . . . . .	7
<b>2. Normativa</b>	<b>8</b>
<b>3. Definiciones</b>	<b>9</b>
3.1. Definición de una compactadora de cartones . . . . .	9
3.2. Tipos de compactadoras de cartón . . . . .	9
3.2.1. Compactadora manual . . . . .	9
3.2.2. Compactadora hidráulica . . . . .	10
3.2.3. Compactadora neumática . . . . .	10
3.2.4. Compactadora eléctrica . . . . .	11
3.3. Comparativa de las distintas compactadoras . . . . .	11
3.3.1. Compactadora manual . . . . .	11
3.3.2. Compactadora hidráulica . . . . .	11
3.3.3. Compactadora neumática . . . . .	11
3.3.4. Compactadora eléctrica . . . . .	12
3.4. Selección de la compactadora más adecuada . . . . .	12
<b>4. Guía de funcionamiento de la compactadora de cartones</b>	<b>14</b>
<b>5. Dimensionamiento de la compactadora de cartones</b>	<b>19</b>
5.1. Caja de compactación . . . . .	19
5.2. Base . . . . .	21
5.3. Compuerta y estructura . . . . .	22
5.4. Cerrojos de las compuertas . . . . .	23
5.5. Guías y extractor de fleje . . . . .	24
5.6. Bisagras . . . . .	25
5.7. Cincha . . . . .	25
<b>6. Cálculo analíticos</b>	<b>26</b>
6.1. Cálculo del accionamiento . . . . .	26
6.1.1. Cálculo de masa final de cartón prensado . . . . .	26
6.1.2. Cálculo de la fuerza de prensado . . . . .	26

6.2.	Características y análisis del Husillo y Tuerca . . . . .	27
6.2.1.	Datos del husillo (Tr 40 x 8) . . . . .	28
6.2.2.	Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8) . . . . .	29
6.2.3.	Análisis de cargas de la rosca . . . . .	30
6.2.4.	Comprobación auto retención de la rosca . . . . .	30
6.2.5.	Cálculo resistente del núcleo del husillo . . . . .	31
6.2.6.	Cálculo resistente del filete de la rosca . . . . .	31
6.2.7.	Fallo a pandeo del husillo . . . . .	32
6.3.	Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío . . . . .	33
6.3.1.	Selección de la caja de reenvío 1 . . . . .	33
6.3.2.	Selección de la caja de reenvío 2 . . . . .	34
6.3.3.	Parámetros del motor . . . . .	35
6.3.4.	Selección y características del motor . . . . .	35
6.3.5.	Comprobación validez del motor . . . . .	36
6.4.	Selección de rodamientos . . . . .	37
6.4.1.	Cálculo de carga . . . . .	38
6.4.2.	Cálculo de tiempo de vida . . . . .	38
6.4.3.	Carga dinámica: rodamientos superiores . . . . .	39
6.4.4.	Carga estática: rodamientos superiores . . . . .	40
6.4.5.	Carga dinámica: rodamientos inferiores . . . . .	40
6.4.6.	Carga estática: rodamientos inferiores . . . . .	41
6.5.	Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión . . . . .	42
6.5.1.	Unión a torsión . . . . .	42
6.5.2.	Unión a tracción . . . . .	43
<b>7.</b>	<b>Estudio experimental de la placa de compactación</b>	<b>44</b>
7.1.	Primer diseño . . . . .	44
7.1.1.	Tensión de Von Mises . . . . .	45
7.1.2.	Desplazamientos . . . . .	46
7.1.3.	Deformaciones . . . . .	46
7.1.4.	Factor de seguridad . . . . .	47
7.2.	Segundo diseño . . . . .	48
7.2.1.	Tensión de Von Mises . . . . .	49
7.2.2.	Desplazamientos . . . . .	50
7.2.3.	Deformaciones . . . . .	50
7.2.4.	Factor de seguridad . . . . .	51
7.3.	Tercer diseño . . . . .	52

7.3.1. Tensión de Von Mises . . . . .	53
7.3.2. Desplazamientos . . . . .	54
7.3.3. Deformaciones . . . . .	54
7.3.4. Factor de seguridad . . . . .	55
<b>8. Conclusiones</b>	<b>56</b>
<b>9. Orden de prioridad de los documentos básicos</b>	<b>57</b>
<b>10. Resumen del presupuesto</b>	<b>58</b>
<b>11. Lugar, fecha y firma</b>	<b>59</b>

# Índice

<b>Anexos</b>	<b>3</b>
<b>A. Cálculos del accionamiento</b>	<b>3</b>
A.1. Cálculo de masa final de cartón prensado . . . . .	3
A.2. Cálculo de la fuerza de prensado . . . . .	4
<b>B. Características y análisis del Husillo y Tuerca</b>	<b>5</b>
B.1. Datos del Husillo (Tr 40 x 8) . . . . .	5
B.2. Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8) . . . . .	6
B.3. Análisis de cargas de la rosca . . . . .	6
B.4. Comprobación auto retención de la rosca . . . . .	7
B.5. Cálculo resistente del núcleo del husillo . . . . .	8
B.6. Cálculo resistente del filete de la rosca . . . . .	9
B.6.1. Fallo a cortante . . . . .	10
B.6.2. Fallo a flexión . . . . .	10
B.6.3. Fallo a desgaste . . . . .	11
B.7. Fallo a pandeo del husillo . . . . .	12
<b>C. Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío</b>	<b>14</b>
C.1. Selección de la caja de reenvío 1 . . . . .	14
C.2. Selección de la caja de reenvío 2 . . . . .	15
C.3. Posicionamiento de las cajas de reenvío . . . . .	16
C.4. Parámetros del motor . . . . .	17
C.5. Selección y características del motor . . . . .	18
C.6. Comprobación validez del motor . . . . .	18
C.6.1. Par de inercia disponible . . . . .	18
C.6.2. Inercia equivalente . . . . .	19
C.6.3. Tiempo de arranque . . . . .	20
<b>D. Selección de rodamientos</b>	<b>21</b>
D.1. Cálculo de carga . . . . .	21
D.2. Cálculo de tiempo de vida . . . . .	21
D.3. Carga dinámica: rodamientos superiores . . . . .	22
D.4. Carga estática: rodamientos superiores . . . . .	23
D.5. Carga dinámica: rodamientos inferiores . . . . .	23
D.6. Carga estática: rodamientos inferiores . . . . .	24

<b>E. Sistema eléctrico</b>	<b>25</b>
E.1. Cálculo de corriente consumida por el motor . . . . .	25
E.2. Componentes y funcionamiento del sistema eléctrico . . . . .	26
<b>F. Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión</b>	<b>30</b>

# ÍNDICE PLANOS

1. Conjunto estructura.....	1
1.1. Conjunto base y refuerzo.....	2
1.1.1. Base.....	3
1.1.2. Refuerzo base.....	4
1.1.3. Guía horizontal.....	5
1.1.4. Sujeción cincha base.....	6
1.2. Conjunto chapas exteriores.....	7
1.2.1. Pared frontal.....	8
1.2.2. Chapa trasera.....	9
1.2.3.1. Chapa lateral izquierda.....	10
1.2.3.2. Chapa lateral derecha.....	11
1.2.4. Chapa superior.....	
1.2.5. Puerta.....	12
2A Conjunto caja de compactación.....	13
2B. Posicionamiento caja de compactación.....	14
2.1. Conjunto pared trasera y guías.....	15
2.1.1. Pared trasera.....	16
2.1.2. Guía vertical.....	17
2.2. Tapa y soporte fleje.....	
2.2.1. Tapa.....	18
2.2.2. Soporte fleje.....	19
2.3. Paredes laterales.....	20
3. Compuerta.....	21
3.1. Conjunto compuerta superior.....	22
3.1.1. Placa superior fleje.....	23
3.1.2. Barra lateral.....	
3.1.3. Barra superior.....	
3.2. Conjunto compuerta inferior.....	24
3.2.1. Placa inferior.....	25
3.2.2. Listón lateral.....	
3.2.3. Listón superior e inferior.....	
3.2.4. Listón horizontal superior.....	
3.2.5. Listón horizontal inferior.....	
3.2.6. Listón vertical.....	
4. Mecanismo.....	26
4.1. Tuerca.....	27
4.2. Husillo.....	28
4.3. Placa de presión.....	29
5. Subestructura.....	30
5.1. Plataforma.....	31
5.2. Patas.....	
5.3. Uniones.....	
5.4. Sujeción cincha.....	32
6. Pomos.....	
6.1. Pomo compuerta superior.....	33

6.2. Compuerta inferior.....	
6.2.1. Cerradura compuerta.....	<b>34</b>
6.2.2. Cerradura chapa frontal.....	<b>35</b>
6.2.3. Pasador inferior.....	<b>36</b>

Los planos que no tienen número de página son elementos comerciales indicados en la lista de materiales.

# Índice

<b>Pliego de condiciones</b>	<b>2</b>
<b>1. Pliego de Condiciones Generales</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivo del pliego . . . . .	2
1.2. Régimen Jurídico y Normativa de Aplicación . . . . .	3
<b>2. Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares</b>	<b>6</b>
2.1. Características exigidas a los equipos y materiales . . . . .	6
2.1.1. Motor . . . . .	6
2.1.2. Caja de reenvío . . . . .	7
2.1.3. Husillo . . . . .	7
2.1.4. Tuerca . . . . .	8
2.1.5. Placa de compactación . . . . .	8
2.1.6. Base de la estructura . . . . .	9
2.1.7. Compuertas . . . . .	9
2.1.8. Carcasa exterior . . . . .	9
2.1.9. Accionamiento . . . . .	10
2.1.10. Tornillos y Tuercas . . . . .	10
2.1.11. Bisagras . . . . .	10
2.1.12. Sistema eléctrico . . . . .	11
2.2. Control, inspecciones y pruebas . . . . .	11
2.3. Seguridad . . . . .	12
2.4. Conclusión . . . . .	13
<b>3. Lugar, fecha y firma</b>	<b>14</b>

# Índice mediciones

1. Materia prima .....	1
2. Componentes eléctricos .....	3
3. Elementos sistema de transmisión .....	6
4. Elementos de unión .....	7
5. Mano de obra .....	8
6. Elementos varios .....	9

# Índice presupuesto

1. Precios unitarios .....	<b>1</b>
2. Presupuestos parciales .....	<b>3</b>
2.1. Materia prima .....	<b>3</b>
2.2. Componentes eléctricos .....	<b>5</b>
2.3. Elementos sistema de transmisión .....	<b>9</b>
2.4. Elementos de unión .....	<b>10</b>
2.5. Mano de obra .....	<b>10</b>
2.6. Elementos varios .....	<b>11</b>
3. Presupuesto de ejecución material .....	<b>12</b>
4. Presupuesto de ejecución por contrata impuestos incluidos .....	<b>13</b>
5. Lugar, fecha y firma .....	<b>14</b>



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### **Memoria**

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025



# RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto el diseño y estudio de una máquina compactadora de cartones, destinada principalmente para la compactación eficiente de residuos de papel y cartón. El diseño planteado busca satisfacer las necesidades actuales de gestión de residuos en entornos industriales y comerciales. Más concretamente en una empresa de hostelería de Zaragoza. Se busca facilitar el manejo, transporte y almacenamiento mediante la reducción significativa de su volumen inicial.

El documento incluye un estudio detallado de la máquina, abarcando desde sus especificaciones técnicas y requisitos normativos hasta aspectos esenciales como la instalación, operación y mantenimiento preventivo. Asimismo, se realiza un análisis de seguridad integral siguiendo estrictamente las directrices establecidas en la normativa vigente y los requisitos exigidos para el mercado CE.

Entre las principales funcionalidades de la máquina destacan la posibilidad de ajuste programable del tamaño de la bala compactada, funciones automáticas como el inicio de prensado y el mantenimiento de presión (Stay'n hold), así como mecanismos de seguridad y emergencia diseñados para garantizar la protección del usuario durante todas las etapas de uso.

Finalmente, el proyecto contempla un análisis económico básico con el fin de determinar la viabilidad económica de la implementación de la máquina compactadora en un entorno productivo estándar, ofreciendo así una herramienta efectiva para mejorar la gestión ambiental mediante una adecuada reducción de residuos generados.

# ABSTRACT

The aim of this project is the design and analysis of a cardboard compactor machine, primarily intended for the efficient compaction of paper and cardboard waste. The proposed design seeks to meet current waste management needs in industrial and commercial environments, specifically in a hospitality company in Zaragoza. The objective is to facilitate handling, transport, and storage through a significant reduction in initial waste volume.

This document includes a detailed study of the machine, covering technical specifications and regulatory requirements, as well as essential aspects such as installation, operation, and preventive maintenance. Additionally, a comprehensive safety analysis is performed, strictly following the guidelines established by current regulations and the requirements necessary for CE marking.

Among the main functionalities of the machine are the programmable bale size adjustment, automatic functions such as the initiation of pressing and pressure maintenance (Stay'n hold), as well as safety and emergency mechanisms designed to ensure user protection throughout all stages of operation.

Finally, the project includes a basic economic analysis to determine the economic feasibility of implementing the compactor machine in a standard production environment, thus providing an effective tool to enhance environmental management by properly reducing generated waste.

# Índice

<b>Memoria</b>	<b>6</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>6</b>
1.1. Objetivo y alcance del proyecto . . . . .	6
1.2. Antecedentes . . . . .	7
<b>2. Normativa</b>	<b>8</b>
<b>3. Definiciones</b>	<b>9</b>
3.1. Definición de una compactadora de cartones . . . . .	9
3.2. Tipos de compactadoras de cartón . . . . .	9
3.2.1. Compactadora manual . . . . .	9
3.2.2. Compactadora hidráulica . . . . .	10
3.2.3. Compactadora neumática . . . . .	10
3.2.4. Compactadora eléctrica . . . . .	11
3.3. Comparativa de las distintas compactadoras . . . . .	11
3.3.1. Compactadora manual . . . . .	11
3.3.2. Compactadora hidráulica . . . . .	11
3.3.3. Compactadora neumática . . . . .	12
3.3.4. Compactadora eléctrica . . . . .	12
3.4. Selección de la compactadora más adecuada . . . . .	12
<b>4. Guía de funcionamiento de la compactadora de cartones</b>	<b>14</b>
<b>5. Dimensionamiento de la compactadora de cartones</b>	<b>18</b>
5.1. Caja de compactación . . . . .	18
5.2. Base . . . . .	19
5.3. Compuerta y estructura . . . . .	19
5.4. Cerrojos de las compuertas . . . . .	20
5.5. Guías y extractor de fleje . . . . .	21
5.6. Bisagras . . . . .	22
5.7. Cincha . . . . .	22
<b>6. Cálculo analíticos</b>	<b>23</b>
6.1. Cálculo del accionamiento . . . . .	23
6.1.1. Cálculo de masa final de cartón prensado . . . . .	23
6.1.2. Cálculo de la fuerza de prensado . . . . .	23

6.2.	Características y análisis del Husillo y Tuerca . . . . .	24
6.2.1.	Datos del husillo (Tr 40 x 8) . . . . .	25
6.2.2.	Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8) . . . . .	26
6.2.3.	Análisis de cargas de la rosca . . . . .	27
6.2.4.	Comprobación auto retención de la rosca . . . . .	27
6.2.5.	Cálculo resistente del núcleo del husillo . . . . .	28
6.2.6.	Cálculo resistente del filete de la rosca . . . . .	28
6.2.7.	Fallo a pandeo del husillo . . . . .	29
6.3.	Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío . . . . .	30
6.3.1.	Selección de la caja de reenvío 1 . . . . .	30
6.3.2.	Selección de la caja de reenvío 2 . . . . .	31
6.3.3.	Parámetros del motor . . . . .	32
6.3.4.	Selección y características del motor . . . . .	32
6.3.5.	Comprobación validez del motor . . . . .	33
6.4.	Selección de rodamientos . . . . .	34
6.4.1.	Cálculo de carga . . . . .	34
6.4.2.	Cálculo de tiempo de vida . . . . .	34
6.4.3.	Carga dinámica: rodamientos superiores . . . . .	35
6.4.4.	Carga estática: rodamientos superiores . . . . .	35
6.4.5.	Carga dinámica: rodamientos inferiores . . . . .	36
6.4.6.	Carga estática: rodamientos inferiores . . . . .	36
6.5.	Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión . . . . .	37
6.5.1.	Unión a torsión . . . . .	37
<b>7.</b>	<b>Sistema eléctrico</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>Estudio experimental de la placa de compactación</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>Orden de prioridad de los documentos básicos</b>	<b>42</b>
<b>11.</b>	<b>Resumen del presupuesto</b>	<b>43</b>
<b>12.</b>	<b>Lugar, fecha y firma</b>	<b>44</b>
<b>13.</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>45</b>
13.1.	Datos de cálculo: . . . . .	45
13.1.1.	Densidad del cartón . . . . .	45

13.2. Componentes comerciales: . . . . .	45
13.2.1. Tablas para determinar piernos . . . . .	45
13.2.2. Bisagras librillo . . . . .	45
13.3. Elementos eléctricos . . . . .	45
13.4. Elementos sistema de transmisión . . . . .	45
13.4.1. Catálogo cajas de reenvío . . . . .	45
13.4.2. Catálogo motor . . . . .	45
13.5. Libros y apuntes . . . . .	45
13.5.1. <b>Criterios de diseño de máquinas</b> (2022/2023). P. Canalís Martínez, J. Abad Blasco, D.Valladares Hernando. . . . .	45
13.5.2. <b>Cálculo (y Selección) de Elementos de Máquinas</b> (2023/2024). P. Canalís Martínez, J.Abad Blasco. . . . .	45
13.5.3. <b>Sistemas mecánicos en máquinas</b> (2023/2024). J. Abad Blasco.	45
13.5.4. <b>Prontuario básico de estructuras simples.</b> . . . . .	45

# 1. Introducción

## 1.1. Objetivo y alcance del proyecto

El proyecto busca el diseño y cálculo de los parámetros necesarios para definir las características de una máquina compactadora de cartones. El diseño debe tener en cuenta aspectos como la automatización del trabajo, como la estructura, elementos y materiales ya que deben soportar altas presiones, y como los elementos de seguridad de cara al usuario.

La planificación del proyecto consiste en una búsqueda inicial de información y documentación técnica, así como de la normativa vigente relativa a compactadoras de residuos. Seguidamente, se evalúan distintas máquinas que puedan satisfacer las necesidades del problema en cuestión, buscando la más adecuada para la situación a resolver. Establecido el tipo de máquina, se escoge el motorreductor y se dimensiona el accionamiento necesario para su correcto funcionamiento. Con el objetivo de aproximarse al máximo a la realidad, se modela la compactadora en 3D con el programa SOLIDWORKS y se analiza el comportamiento de los diferentes componentes para buscar una optimización del mecanismo en su conjunto. Una vez se definen los distintos parámetros, se crean los planos mediante el programa AUTOCAD. Por último, se desarrolla el pliego de condiciones, así como el presupuesto.

En la presente memoria, se recoge todo el proceso, organizado de la siguiente manera:

- En el apartado 1, se exponen los objetivos, alcance y punto de partida del proyecto.
- En el apartado 2, se recogen las distintas normativas técnicas a tener en cuenta de cara al diseño de la máquina.
- En el apartado 3, se define la compactadora y se analizan los distintos tipos que existen, seleccionando la más adecuada.
- En el apartado 4, se dimensiona el mecanismo y la estructura, y se seleccionan los elementos que componen la máquina.
- En el apartado 5, se desarrollan los cálculos realizados.

## 1.2. Antecedentes

El trabajo parte en una empresa hostelera de Zaragoza, que consume grandes volúmenes de cartón y papel, y para evitar el uso de numerosos contenedores de basura, opta por utilizar una máquina compactadora de cartones. Con ella, reducen significativamente el espacio empleado para almacenar todo el cartón que consumen. Actualmente, utilizan una máquina compactadora de cartones, que se encuentra obsoleta, debido a que es antigua. Las reparaciones son costosas, ya que no se fabrican piezas para ese modelo y además es ruidosa y poco eficiente. El proyecto busca paliar todos estos problemas, mediante el diseño de una nueva compactadora que sea capaz de satisfacer la demanda de compactación requerida por la empresa, y que además resuelva los problemas que presenta el modelo obsoleto actual.

Para el diseño, hay que partir de las dimensiones principales de la máquina, ya que debe instalarse en una zona con un espacio de *Largo 1200 mm y Ancho 1000 mm*. Además, será necesario un punto de corriente trifásico de 25 A, a 400 V.

## 2. Normativa

Normativa utilizada para el desarrollo del proyecto:

- **Directiva de Máquinas 2006/42/CE.**
- **UNE-EN 16500:2014:** Máquinas para compactar residuos o fracciones reciclables.
- **UNE-EN 349:1993+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- **UNE-EN 1005-1:2001+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.
- **UNE-EN 1005-2:2003+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus componentes.
- **UNE-EN 1005-3:2002+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- **UNE-EN 1005-4:2005+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.
- **UNE-EN 1037:1995+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha imprevista.
- **UNE-EN 60204-1:2006:** Seguridad de las máquinas, Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: requisitos generales.
- **UNE-EN 62262:2002:** Grados de protección proporcionados por as envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
- **ISO 4871:2009:** Acústica. Declaración y verificación de los valores de emisión sonora de máquinas y equipos.
- **UNE-EN-ISO 13850:2008:** Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño.

## 3. Definiciones

### 3.1. Definición de una compactadora de cartones

Una compactadora de cartones es una máquina industrial diseñada para reducir el volumen de residuos de cartón mediante un proceso de compresión vertical u horizontal. Funciona aplicando una fuerza mecánica controlada a través de una placa de presión móvil, que comprime el material dentro de una cámara cerrada para formar balas compactas, uniformes y fáciles de manipular, almacenar o reciclar. Pueden adoptar diversa formas y mecanismos de operación y según las prestaciones que se quieran obtener, pueden estar construidas de diversos materiales. Las compactadoras de cartón generalmente incorporan un sistema automático tanto para la compactación, como para la expulsión de los residuos ya compactados, lo que mejora la comodidad y la eficiencia en el uso diario.

### 3.2. Tipos de compactadoras de cartón

#### 3.2.1. Compactadora manual

Requiere de una operación manual, normalmente mediante palanca, para el prensado del cartón. Presenta bajo coste con una capacidad limitada.

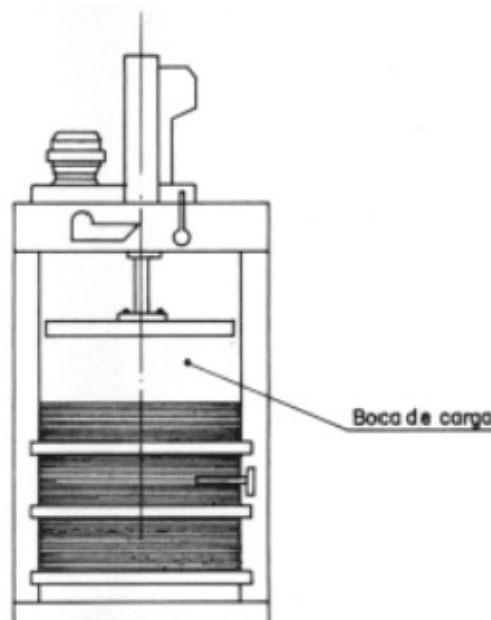


Figura 1: Compactadora manual.

### 3.2.2. Compactadora hidráulica

La fuerza de prensado se realiza mediante un fluido hidráulico.



Figura 2: Compactadora hidráulica.

### 3.2.3. Compactadora neumática

Utiliza aire comprimido como medio para ejercer la fuerza de presión.



Figura 3: Compactadora neumática.

### **3.2.4. Compactadora eléctrica**

La presión de compactación viene dada mediante un mecanismo reductor alimentado por un motor eléctrico.



Figura 4: Compactadora eléctrica.

## **3.3. Comparativa de las distintas compactadoras**

### **3.3.1. Compactadora manual**

Las compactadoras manuales destacan por su bajo coste de adquisición y mantenimiento, así como por su simplicidad estructural. No requieren ningún tipo de suministro energético, lo que las convierte en una solución viable para pequeños comercios o instalaciones con recursos limitados. Su diseño compacto y portátil facilita su instalación en espacios reducidos. Sin embargo, presentan una capacidad de compactación limitada y exigen un esfuerzo físico significativo por parte del operario. Además, el proceso de compactación es lento, por lo que no resultan adecuadas para volúmenes medios o altos de residuos.

### **3.3.2. Compactadora hidráulica**

Las compactadoras hidráulicas son ampliamente utilizadas en entornos industriales debido a su elevada fuerza de compactación y su fiabilidad operativa. Permiten procesar grandes volúmenes de cartón de forma eficiente y están disponibles en versiones semiautomáticas y automáticas, adaptándose a diversas necesidades productivas. Entre sus inconvenientes se encuentran el mayor coste de inversión en comparación con las manuales y la necesidad de un mantenimiento periódico del sistema hidráulico (cambio de aceite, revisión de cilindros y mangueras). Asimismo, requieren una instalación fija y un suministro eléctrico para alimentar la bomba hidráulica.

### **3.3.3. Compactadora neumática**

Este tipo de compactadoras ofrece una velocidad de operación aceptable y un mantenimiento relativamente sencillo, al no implicar componentes hidráulicos complejos. Son adecuadas para talleres o entornos donde ya existe una red de aire comprimido, lo que puede reducir los costes de instalación. Su principal limitación es la fuerza de compactación, que suele ser inferior a la de los sistemas hidráulicos. Además, dependen del funcionamiento de un compresor de aire, lo que puede generar costes adicionales y niveles de ruido elevados durante la operación.

### **3.3.4. Compactadora eléctrica**

Las compactadoras eléctricas, ofrecen un alto grado de automatización y eficiencia. Permiten procesar grandes volúmenes de residuos con intervención mínima del operario, lo que incrementa la productividad. Son ideales para instalaciones industriales o logísticas con requerimientos de alto rendimiento. En contrapartida, requieren conexión eléctrica estable y mantenimiento específico de los sistemas eléctricos y, en ocasiones, electrónicos.

## **3.4. Selección de la compactadora más adecuada**

Para la correcta selección del equipo de compactación, se parte del análisis de las necesidades específicas de la empresa, dedicada al sector de la hostelería, concretamente al servicio de catering para grandes eventos. Esta actividad conlleva la preparación de grandes volúmenes de comida, lo que implica una elevada carga operativa y una disponibilidad de personal limitada para tareas complementarias como la gestión de residuos.

El volumen medio diario de residuos generados, correspondiente a papel y cartón, se sitúa en torno a los 20 kg, una cantidad moderada que no justifica la instalación de una compactadora hidráulica, más adecuada para instalaciones con flujos de residuos significativamente superiores.

Asimismo, debido a la limitada disponibilidad de personal, se descartan las compactadoras de funcionamiento manual, que requieren una intervención periódica y dedicada del operario para activar los ciclos de compactación.

Por otro lado, la ubicación prevista para la instalación del equipo se encuentra en una zona de paso y de trabajo dentro de las instalaciones de la empresa. En este contexto, el nivel de ruido se configura como un parámetro determinante, motivo por el cual se descartan las compactadoras neumáticas, cuyo funcionamiento genera niveles sonoros elevados. Además, la empresa no dispone de un sistema de aire comprimido, por

lo que la incorporación de un compresor supondría una inversión adicional considerable, tanto en infraestructura como en mantenimiento.

En base a las consideraciones anteriores, la alternativa más adecuada es la compactadora eléctrica, ya que:

- Si bien su coste inicial puede ser ligeramente superior,
- Requiere un mantenimiento reducido,
- Ofrece un funcionamiento silencioso, adecuado para entornos de trabajo compartido,
- Y permite un funcionamiento automatizado, sin necesidad de personal asignado de forma exclusiva.

En consecuencia, la elección de una compactadora eléctrica se considera la opción más eficiente, segura y operativamente viable, en consonancia con las características de la actividad, el entorno de trabajo y los objetivos de optimización de recursos de la empresa.

## 4. Guía de funcionamiento de la compactadora de cartones

En el siguiente capítulo, se va a explicar el funcionamiento paso a paso de la máquina. Se va a describir como debe actuar el operario cada vez que utilice la máquina.

1. En primer lugar se abre la puerta superior para comprobar que hay fleje suficiente. En caso de que no haya, habrá que cambiar el rollo y pasar el fleje a través de los orificios destinados a ello. Seguidamente se pasa el fleje a través de las guías, respetando la sujeción mediante los pasadores en R (Figura 5). Los flejes se deben atar a los orificios destinados a ello en la base. (Figura 6).

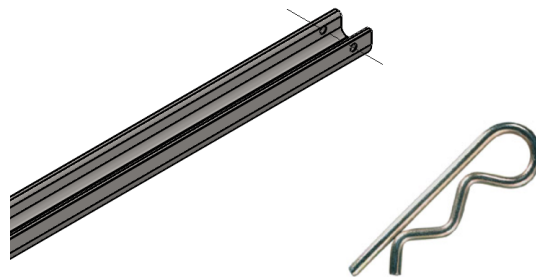


Figura 5: Agujeros para pasador en R.

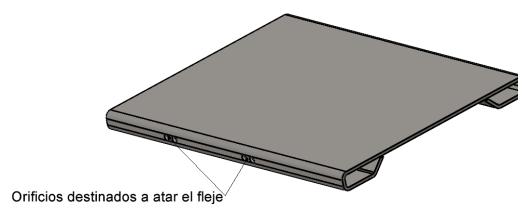


Figura 6: Agujeros para atar el fleje.

2. Carga de cartones: para poder llenar la máquina con cartón, en primer lugar el operario debe abrir la *Compuerta superior* y asegurarse de que la *Placa de compactación* se encuentra en el punto más elevado, si es así, podrá meter cartón en la *Caja de compactación*.

3. Con forme la máquina se vaya llenando de cartón, se recomienda realizar una compactación simple antes de que el residuo sobrepase la altura de la *Compuerta superior*. De esta manera, el cartón se irá compactando y habrá más espacio para seguir llenando la máquina. Para realizar la compactación simple, basta con asegurar el cierre de todas las puertas y pulsar el botón de bajada (Figura 7). El mecanismo de accionará y la *Placa de compactación* bajará hasta el fin de carrera inferior.



Figura 7: Botón bajada.

Se recomienda mantener la prensa en el punto inferior de uno a dos minutos para permitir que el residuo se asiente mediante la presión a la que está sometido. Una vez transcurrido este tiempo, basta con pulsar el botón de subida (Figura 8) y una vez la *Placa de compactación* haya llegado al fin de carrera superior se podrá introducir más cartón a la máquina.



Figura 8: Botón subida.

4. Compactación: con forme se vaya introduciendo cartón y compactando, hay que abrir la *Compuerta superior* cuando la prensa se encuentre en el punto más bajo y haya parado. Así, se podrá revisar la altura a la que se encuentra la *Placa de compactación*. Cuando la parte superior de la *Placa de compactación* se encuentre a la altura aproximada de la parte inferior de la *Compuerta superior*, será el momento de compactar.

Para ello, hay que cerrar todas las compuertas, subir la prensa y pulsar el botón de compactación (Figura 9). El mecanismo hará bajar la prensa hasta un fin de carrera que sitúa la parte inferior de la *Placa de compactación* a 750 mm desde la base.

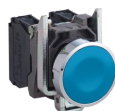


Figura 9: Botón compactación.

5. Flejado: Una vez la máquina haya parado, el operario deberá abrir la *Compuerta inferior* y mediante el extractor de fleje (Figura 10), enganchar el fleje que hay en la guía de la *Pared trasera*, a través de las muescas que hay en la cara inferior de la *Placa de compactación* y estirar hasta que sobresalga y tenga el tamaño suficiente como para realizar el atado del fleje y mantener compactada la bala. El atado se deberá realizar entre los extremos inferiores que previamente se han enganchado a la base y los extremos que se han sacado con el extractor de fleje.



Figura 10: Extractor de fleje.

Seguidamente, se debe enganchar la cincha a la *Placa de compactación* (Figura 11)

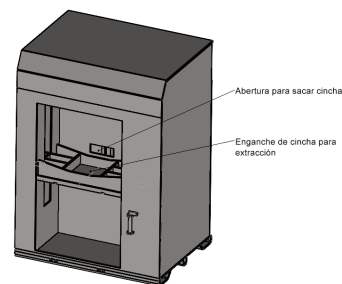


Figura 11: Enganche de cincha.

6. Expulsión: Es la parte final del proceso, el operario deberá colocar un palet pegado a la compactadora de tal manera que cuando caiga la bala, caiga en el palet para facilitar su transporte. El operario accionará el botón expulsión (Figura 12). Este botón es el único que permite el funcionamiento de la máquina con una puerta abierta, ya que la *Compuerta inferior* deberá estar abierta para que la bala salga. Por ello, es el momento más crítico en cuanto a seguridad. El operario deberá estar atento y alerta para pulsar el botón de paro de emergencia (Figura 13) ante cualquier inconveniente.



Figura 12: Botón expulsión.



Figura 13: Botón paro de emergencia.

Cuando se accione el botón expulsión, la placa de compactación comenzará a subir, y la cincha se tensará hasta expulsar la bala sobre el palet. Acto seguido se vuelve a comenzar el proceso explicado para poder seguir compactando cartón.

**Todos los detalles del sistema eléctrico se encuentran en el anexo *E*.  
*Sistema eléctrico.***

## 5. Dimensionamiento de la compactadora de cartones

Para la selección de dimensiones se tiene como prioridad la funcionalidad y ergonomía tanto de la máquina, como de la bala de residuos que va a producir, facilitando el manejo y transporte de ambas. También se busca la máxima seguridad posible para el usuario que utilice la máquina.

*Es importante destacar que los materiales de cada elemento se encuentran reflejados en sus correspondientes planos.*

### 5.1. Caja de compactación

Un palet europeo cuenta con una medidas (LxAxH) de 1200x800x130mm, la caja de compactación está dimensionada de tal manera que la bala de residuo producida tendrá dimensiones de 900x750x500mm, de esta manera se facilita el posterior transporte de esta.

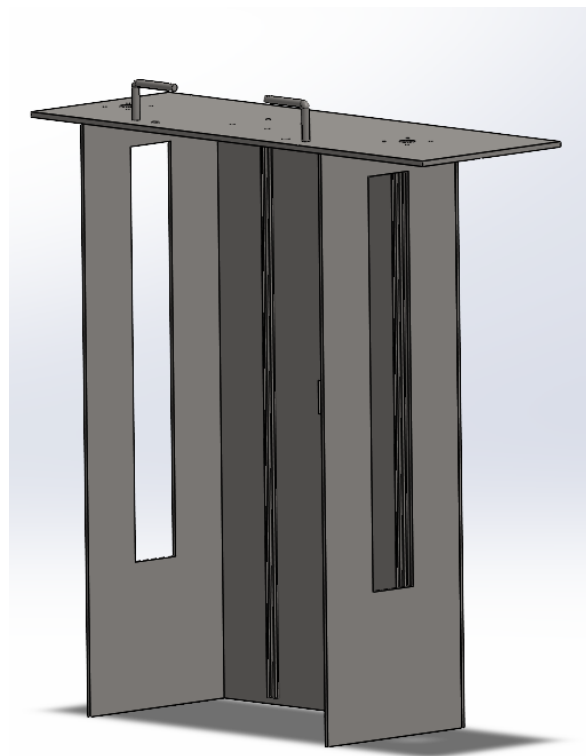


Figura 14: Caja de compactación.

## 5.2. Base

Para poder transportar la máquina con facilidad una vez llegue a la zona de instalación o para realizar un mantenimiento, la base está diseñada para manejar el conjunto mediante una traspaleta.

Las aberturas en la base de la máquina son de 277mm de ancho, separadas por un refuerzo de 75mm, esto permite la entrada fácil de las dos horquillas de una traspaleta que son de 150mm de ancho. Además, dichas horquillas tienen una longitud de 1500mm, y la base de 1520mm (sobresale menos del 2% de la longitud total de la máquina, no supone ningún problema dada la rigidez de la base, ni para la estabilidad de la máquina.

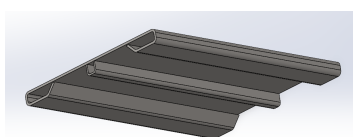


Figura 15: Conjunto base y refuerzo.

## 5.3. Compuerta y estructura

Con el fin de hacer accesible la compactadora, esta tiene una altura máxima de 2100mm, y la compuerta se encuentra a una altura de 1750mm en su punto más alto.

El propósito de la estructura exterior es garantizar la seguridad del operario, ofreciendo una barrera física entre los elementos móviles que trabajan a cargas muy elevadas y el usuario que utiliza la máquina.

Para que la compactadora tenga accesibilidad para realizar mantenimientos y revisiones sobre ella, la chapa trasera está dotada de 8 tornillos para un retirado fácil, este elemento no soporta ninguna carga. Las demás paredes van soldadas a la base y a piezas clave del sistema. Para información más detallada, consultar planos.

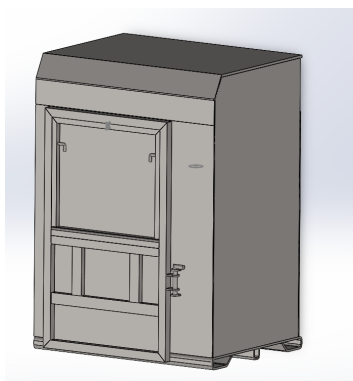


Figura 16: Máquina.

## 5.4. Cerrojos de las compuertas

La compactadora cuenta con dos compuertas.

- Compuerta inferior: se trata de la compuerta principal de la máquina, por ella se realiza la descarga de la bala una vez se ha realizado la compactación. Esta cuenta con un cerrojo (ver figura 17) con bloqueo por gravedad, hasta que el operario no eleve el pasador que bloquea las cerraduras de la compuerta con la cerradura de la chapa frontal, se mantendrá bloqueada. Es un sistema sencillo pero eficaz frente a aperturas inesperadas, ha de haber intencionalidad para abrir la compuerta durante el funcionamiento de la máquina.



Figura 17: Cerradura compuerta inferior

- Compuerta superior: es la compuerta con más frecuencia de uso debido a que a través de ella se carga la *Caja de compactación*, el usuario la abrirá y cerrará cada vez que quiera introducir residuo. El mecanismo de cierre es distinto, se trata de dos pasadores, uno a cada lado de la compuerta (ver figura ??) los cuales enganchan la *Compuerta superior* con la *Compuerta inferior*. Se trata de un bloqueo por fricción, para abrirla hay que retirar ambos pasadores, duplicando la seguridad cuando la máquina se encuentre en funcionamiento.

## 5.5. Guías y extractor de fleje

Se trata de dos elementos claves en la compactación (ver figura 18).



Figura 18: Extractor de fleje.

- Las *Guías* son las encargadas de mantener el fleje en la posición adecuada para poder atar la bala una vez de haya compactado. Sus dimensiones están determinadas para evitar que al introducir residuos en la máquina el fleje se mueva.
- El *Extractor de fleje* está asociado con las guías debido a la necesidad de alcanzar el fleje desde la *Pared trasera* de la *Caja de compactación* hasta la parte frontal de la máquina, donde el operario podrá atar el fleje y generar la tensión necesaria para mantener la bala compactada. Este elemento cuenta con una longitud de 750mm, un mango en uno de los extremos para facilitar el manejo y un gancho en el otro extremo para acoplar el fleje y poder tirar de él. Se introduce por unas canaladuras situadas en la parte inferior de la *Placa de compactación*.

## 5.6. Bisagras

Las bisagras que sostienen la *Compuerta inferior* se han seleccionado mediante el catálogo de piernos (ver bibliografía), el cual indica las dimensiones de bisagra en función del peso que deben sostener. La compuerta superior tiene un peso de  $187,57kg$ , por tanto, se toman 3 piernos de  $30 \times 150mm$  que se sueldan al marco de la *Compuerta inferior* y a la *Chapa frontal*, tal y como se muestra en la Figura 19.

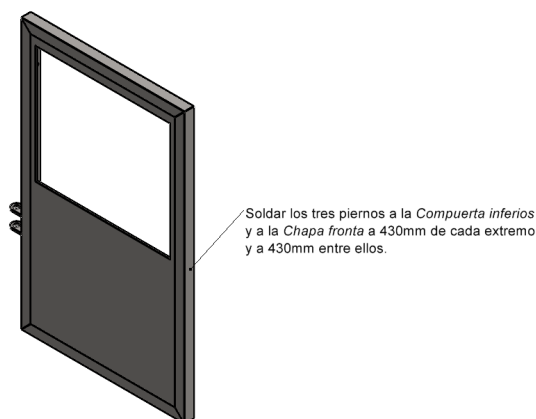


Figura 19: Zona de soldadura de los tres piernos.

Para la apertura de la puerta por la que se recarga las bobinas de los flejes, se colocan dos bisagras librilla soldadas de dimensiones  $150 \times 60mm$ .

## 5.7. Cincha

Es el elemento encargado de propulsar la bala hacia fuera una vez está compactada y flejada. Uno de sus extremos se encuentra enganchado a la *Base* y el otro el operario lo engancha a la *Placa de compactación*, se esta manera, al subir la *Placa de compactación* tensará la cincha empujando la bala hacia el exterior. La cincha tiene una longitud de  $1500mm$  para asegurar que la bala no interfiera con ningún elemento al volcar en la expulsión.

## 6. Cálculo analíticos

### 6.1. Cálculo del accionamiento

*Todos los cálculos referentes a este apartado, se encuentran detallados en el Anexo A.*

#### 6.1.1. Cálculo de masa final de cartón prensado

Se plantea compactar cartón hasta llegar a una bala de dimensiones 900x500x750mm. Con el objetivo de contextualizar el resultado, se calcula no solo las dimensiones de la bala, sino también su masa para comprobar que son valores que permiten a un usuario manejar la bala.

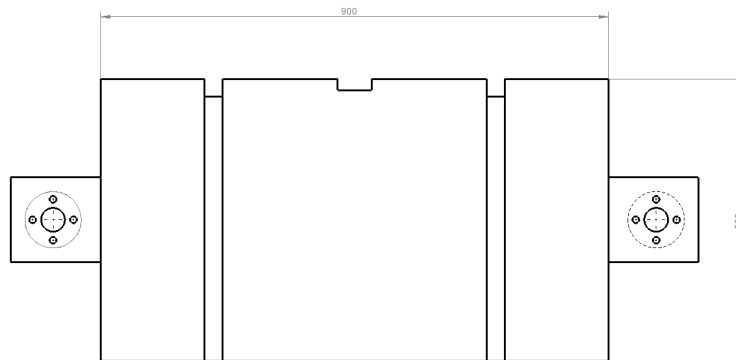


Figura 20: Superficie de compactación.

Las dimensiones referentes a la *Placa de compactación* se encuentran en el plano 4.3. *Placa de compactación*.

Teniendo en cuenta que el cartón cuenta con una densidad media de  $60 \text{ kg/m}^3$ , por tanto la masa de la bala de cartón será igual a 20,25 kg N.

#### 6.1.2. Cálculo de la fuerza de prensado

La fuerza de prensado se estima a partir de máquinas que cuentan con características similares. Se fijará una fuerza de compactación de  $15000 \text{ kg} = 147150 \text{ N}$ , en la cual está incluida la fuerza para mover los 234,3 kg que pesa la *Placa de compactación*.

Por otro lado, al dimensionar la *Placa de compactación*, se conoce que el área que está en contacto con los residuos es de  $0,45 \text{ m}^2$ .

Fijada la fuerza de compactación y el área de contacto, se calcula la presión que ejercerá la *Placa de compactación*, esta es de  $327 \text{ kPa}$ .

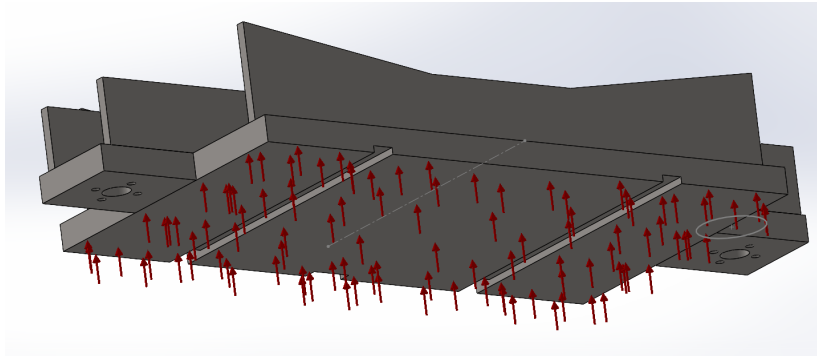


Figura 21: Zona que recibe la presión.

Los cálculos planteados en este apartado se encuentran reflejados en el anexo A. *Cálculos del accionamiento.*

## 6.2. Características y análisis del Husillo y Tuerca

*Todos los cálculos referentes a este apartado, se encuentran detallados en el Anexo B.*

Al conocer la fuerza que se tiene que transmitir a la *Placa de presión*, se puede dimensionar el sistema de transmisión, ajustándolo para asegurar las características requeridas de seguridad y eficiencia.

Se ha seleccionado un tipo de rosca trapezoidal por sus múltiples ventajas en este tipo de trabajos:

- Es un tipo de rosca con capacidad de autobloqueo, lo que quiere decir que si no se produce giro entre el *Husillo* y la *Tuerca* debido a que la máquina está en reposo, la *Tuerca* no podrá bajar o subir, actuando así de freno mecánico y asegurando el bienestar de los operarios que utilicen la máquina.
- Este tipo de rosca cuenta con filetes muy anchos, lo que distribuye de forma eficiente los esfuerzos producidos por cargas altas y repetitivas.
- Son elementos normalizados por la norma DIN 103, ISO 2901, lo que facilita el acceso a este tipo de componentes.

Se realiza una estimación de las dimensiones del *Husillo* y la *Tuerca* ya que se conoce la fuerza que deberán ejercer a la placa de presión.

Cabe destacar que el *Husillo* y la *Tuerca* llevarán lubricación entre ellas, la más adecuada es una grasa de litio con bisulfuro de molibdeno (MoS), ya que ofrece una excelente protección en contactos deslizantes metal-metal. Este tipo de grasa reduce el

coeficiente de fricción, evita el agarrotamiento bajo cargas elevadas y es especialmente eficaz en bajas y medias velocidades, habituales en husillos de potencia.

Dado que el sistema de transmisión cuenta con dos *Husillos* y dos *Tuercas*, la fuerza que deberá ejercer cada par es la mitad de los 147150 N, 73575 N. Así pues se realiza la siguiente estimación:

### 6.2.1. Datos del husillo (Tr 40 x 8)

- Paso:  $p = 8 \text{ mm/vuelta}$
- Ángulo de avance:  $\alpha = 30$
- Diámetro interior del husillo:  $D_{int,H} = 36 \text{ mm}$
- Diámetro medio del husillo:  $D_{med,H} = 38 \text{ mm}$
- Diámetro exterior del husillo:  $D_{ext,H} = 40 \text{ mm}$
- Longitud del husillo:  $L_H = 1,000 \text{ mm}$
- Acero C45, templado, pavonado.
- Módulo de Young:  $E_H = 210 \text{ GPa}$
- Tensión admisible:  $\sigma_{adm,H} = 310 \text{ MPa}$
- Resistencia a tracción:  $\sigma_{trac} = 600 \text{ MPa}$

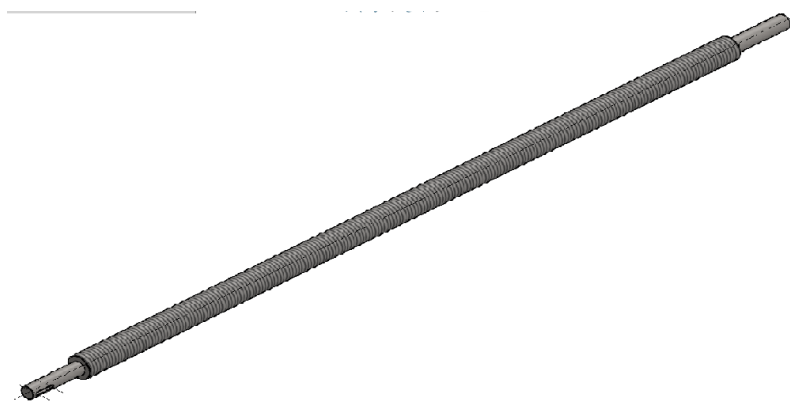


Figura 22: Husillo.

Las dimensiones referentes al *Husillo* se encuentran en el plano 4.2. *Husillo*.

### 6.2.2. Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8)

- Paso:  $p = 8 \text{ mm/vuelta}$
- Ángulo de avance:  $\alpha = 30$
- Diámetro interior de la tuerca:  $D_{int,T} = 40 \text{ mm}$
- Diámetro medio de la tuerca:  $D_{med,T} = 38 \text{ mm}$
- Diámetro exterior de la tuerca:  $D_{ext,T} = 36 \text{ mm}$
- Longitud del husillo:  $L_T = 80 \text{ mm}$
- Bronce  $CuSn_{12}$ .
- Módulo de Young:  $E_T = 110 \text{ GPa}$
- Tensión admisible:  $\sigma_{adm,T} = 220 \text{ MPa}$

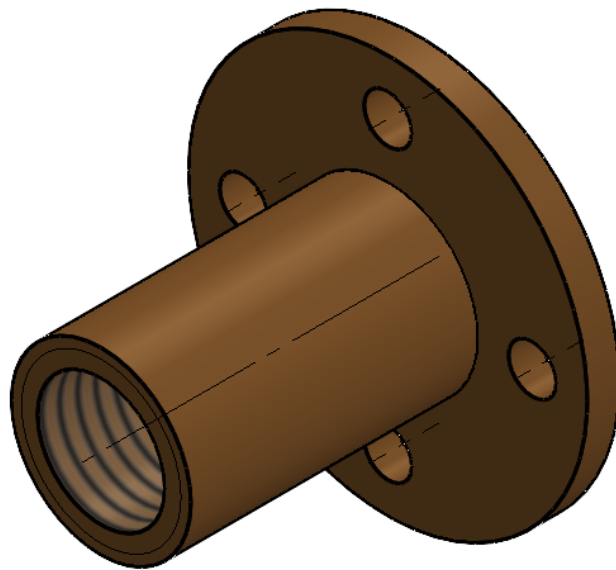


Figura 23: Tuerca.

Las dimensiones referentes a la *Tuerca* se encuentran en el plano 4.1. *Tuerca*.

### 6.2.3. Análisis de cargas de la rosca

El husillo cuenta con una entrada simple, esto se debe a que el avance es igual al paso,  $8 \text{ mm/vuelta}$ . Otro detalle importante a la hora de analizar las cargas, es sí el esfuerzo máximo se produce al subir o bajar la carga, en este caso, al querer compactar, se pretende bajar la carga, lo que determina la dirección de las cargas.

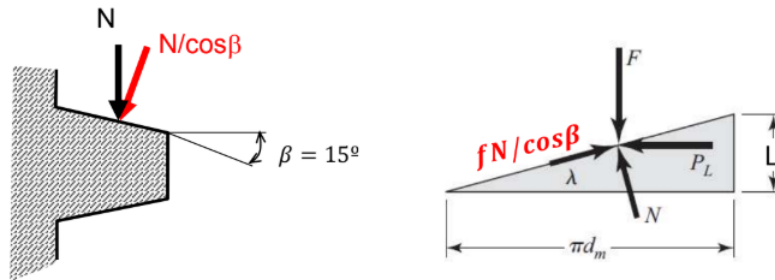


Figura 24: Rosca trapezoidal, dirección de las fuerzas al bajar la carga.

Mediante el material del *Husillo* (Acero C45), el de la *Tuerca* (Bronce) y teniendo en cuenta que existe lubricación entre ambos elementos, se determina el coeficiente de fricción,  $f = 0,15$ .

Con estos datos y características del *Husillo* se determina que el par que se debe transmitir es de  $T_L = 122,14 \text{ N} \cdot \text{m}$

### 6.2.4. Comprobación auto retención de la rosca

Esta característica es la capacidad que tiene el conjunto *Husillo-Tuerca* de no girar por sí solo cuando está sometido a una carga axial, es decir, la carga no es capaz de hacer mover el conjunto. Es una característica fundamental en sistemas que trabajan a grandes cargas.

Calculando el avance relativo mediante las propiedades del *Husillo*, se llega a que se podría tener un avance máximo para que se cumpla la auto retención de  $18,54 \text{ mm/vuelta}$ . El avance es de  $8 \text{ mm/vuelta}$ , por tanto sí que hay capacidad de auto retención.

El pliego de condiciones indica que el sistema de enclavamiento debe tener un coeficiente de seguridad mínimo de 2, así lo establece la norma EN ISO 14120.  $\frac{18,54}{8} = 2,32$ , se cumple el margen establecido en la norma.

### 6.2.5. Cálculo resistente del núcleo del husillo

Este cálculo es fundamental para determinar si el núcleo del *Husillo*, es decir, la parte más débil del mismo es capaz de soportar las cargas a las cuales va a estar sometido durante su uso.

Para comprobarlo se necesita calcular la tensión de fluencia equivalente. Para ello, se determina el esfuerzo debido al torsor que es de  $13,33 \text{ MPa}$  y el esfuerzo debido al axil que es de  $72,28 \text{ MPa}$ .

Tras los cálculos se obtiene una tensión de fluencia equivalente de  $75,88 \text{ MPa}$ , la cual es menor que la tensión de fluencia admisible del acero C45,  $310 \text{ MPa}$ . Esto significa que el núcleo del husillo no colapsará durante el funcionamiento.

El pliego de condiciones indica que el conjunto *husillo-tuerca* debe tener un coeficiente de seguridad de 1,5, así lo establece la norma DIN 103.  $\frac{310/2}{75,88} = 2,04$ , se cumple el margen establecido en la norma.

### 6.2.6. Cálculo resistente del filete de la rosca

En esta sección se comprueba si los filetes en contacto entre el husillo y la tuerca pueden soportar la carga axial que se les va a ejercer.

Para realizar la comprobación se estudian los fallos a cortante, a flexión y a desgaste. Primero se determina el espesor del filete (4 mm) y el número de roscas en contacto (10 roscas).

Una vez conocidos los parámetros se hace un estudio de cada fallo.

- Fallo a cortante: se debe cumplir que el esfuerzo cortante máximo ( $24,39 \text{ MPa}$ ) sea menor al esfuerzo cortante admisible ( $178,98 \text{ MPa}$ ). Tras los cálculos se determina que no hay fallo a cortante, ya que se cumple la condición. Además, siguiendo con la condición de cumplir la norma DIN 103,  $\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{178,98/2}{24,39} = 3,67 > 1,5$
- Fallo a flexión: se debe considerar que el esfuerzo a flexión máxima ( $48,79 \text{ MPa}$ ) tiene que ser menor al esfuerzo a flexión admisible ( $310 \text{ MPa}$ ). Se puede concluir que no hay fallo a flexión, debido al cumplimiento de la condición. Además, siguiendo con la condición de cumplir la norma DIN 103,  $\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{310/2}{48,79} = 3,18 > 1,5$ .
- Fallo a desgaste: se debe cumplir que el número de roscas en contacto tiene que ser mayor al número de roscas en contacto mínimo. Para realizar el cálculo primero se determina la presión admisible,  $21 \text{ MPa}$ , a partir de los materiales que componen el *Husillo* y la *Tuerca*. Tras los cálculos se concluye que el número

de roscas mínimo es 9,78, por lo tanto no hay fallo a desgaste, porque el número de roscas seleccionadas (10) es mayor.

#### **6.2.7. Fallo a pandeo del husillo**

Cuando el husillo sufre una compresión puede perder estabilidad doblándose de forma lateral. En esta sección se comprueba la inexistencia de este fenómeno.

Para ello, se debe cumplir que la fuerza máxima ejercida al husillo sea menor a la fuerza admisible en el mismo para que no se produzca el fenómeno. Se conoce la longitud del husillo (1200 mm) y su diámetro nominal (40 mm). Por lo tanto, se determina una fuerza admisible de 85741,29 N, la cual es mayor a la fuerza máxima ejercida, 73575 N.

El pliego de condiciones indica que el conjunto *husillo-tuerca* debe tener un coeficiente de seguridad de 1,5, así lo establece la norma DIN 103.  $\frac{310/2}{75,88} = 2,04$ , se cumple el margen establecido en la norma.

### 6.3. Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío

*Todos los cálculos referentes a este apartado, se encuentran detallados en el Anexo C.*

#### 6.3.1. Selección de la caja de reenvío 1

Dado que el mecanismo de la compactadora de cartones se compone de dos conjuntos husillo/tuerca, cada par colocado en un extremo de la *Placa de compactación*, a la salida de la caja de reenvío debe de tener un par de 244,28 Nm. Dado el par obtenido se selecciona la caja de reenvío PowerGear P170 (Figura 25).

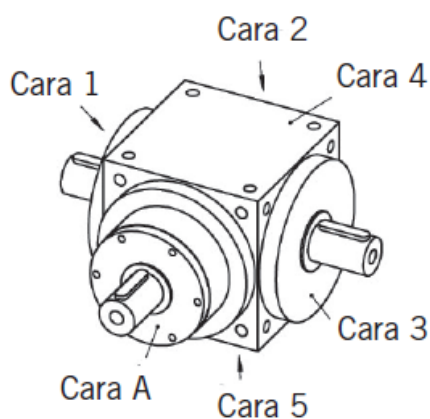


Figura 25: Caja de reenvío 1.

Cuenta con las siguientes características:

- Relación de transmisión:  $i = 4 : 1$
- Par nominal de salida:  $P_{2N} = 376 \text{ N} * m$
- Par de aceleración máximo de salida:  $P_{2B} = 564 \text{ N} * m$
- Par de emergencia:  $P_{2Not} = 752 \text{ N} * m$
- Velocidad nominal:  $n_{nom,C} = 1800 \text{ rpm}$
- Velocidad máxima:  $n_{max,C} = 3000 \text{ rpm}$
- Rendimiento:  $\eta_C = 98 \%$
- Vida útil:  $> 15000 \text{ h}$
- Peso:  $38,5 \text{ Kg}$

### 6.3.2. Selección de la caja de reenvío 2

Una vez que la primera caja de reenvío ha distribuido el par hacia ambos lados del sistema, es necesario modificar nuevamente la dirección de giro en  $90^\circ$ . Para ello, se seleccionan dos cajas de reenvío adicionales, una para cada conjunto husillo-tuerca. Dado que la reducción de la velocidad angular se produce en la primera caja de reenvío, estas dos unidades trabajan con una relación de transmisión 1:1. Asimismo, deberán ser capaces de proporcionar un par de salida de  $122,14 \text{ N} * \text{m}$ .

Por lo tanto, se selecciona la caja de reenvío PowerGear P110 (Figura 26).

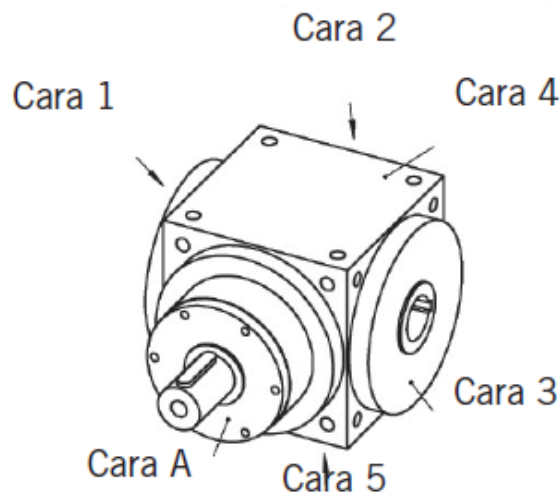


Figura 26: Caja de reenvío 2.

Dispone de las siguientes características:

- Relación de transmisión:  $i = 1 : 1$
- Par nominal de salida:  $P_{2N} = 150 \text{ N} * \text{m}$
- Par de aceleración máximo de salida:  $P_{2B} = 225 \text{ N} * \text{m}$
- Par de emergencia:  $P_{2Not} = 300 \text{ N} * \text{m}$
- Velocidad nominal:  $n_{nom,C} = 1400 \text{ rpm}$
- Velocidad máxima:  $n_{max,C} = 4500 \text{ rpm}$
- Rendimiento:  $\eta_C = 98 \%$
- Vida útil:  $> 15000 \text{ h}$
- Peso:  $13 \text{ Kg}$

### 6.3.3. Parámetros del motor

Una vez se conoce el par que tiene que tener la caja de reenvío a la salida, es decir, el par que debe transmitir a los dos husillos /tuercas, y a partir de la relación de transmisión y el rendimiento, se determina el par que debe aportar el motor,  $62,3 N \cdot m$ .

Para el desarrollo del presente diseño se han consultado la norma UNE-EN 16500:2014/2015, que establece los requisitos de seguridad aplicables a las prensas compactadoras verticales de residuos, así como la norma ISO 12100, relativa a la seguridad de las máquinas, los principios generales de diseño y los procedimientos de evaluación. Ninguna de estas normas define un valor numérico concreto para la velocidad de desplazamiento de los elementos móviles en este tipo de equipos.

No obstante, en Europa es habitual limitar dicha velocidad a valores del orden de 100 mm/s. En el caso analizado, y debido a las elevadas presiones de trabajo, se ha optado por restringir la velocidad de avance a 50 mm/s, valor que coincide con la velocidad de avance del husillo seleccionado, tal y como se indica en el Anexo B.6.3.

Tras estas objeciones, se llega a la conclusión de que el motor deberá tener una potencia de 9,60 kW y que su velocidad de giro nominal esté entorno a 1470 rpm.

### 6.3.4. Selección y características del motor

A continuación, teniendo en cuenta los parámetros que debe tener el motor, detallados en el punto 6.3.3, se escoge el motor Weg W22 IE2 Trifásico que cuenta con las siguientes características:

- Frecuencia:  $50 Hz$
- Polos: 4
- Potencia:  $11 kW$
- Par nominal:  $T_{nom,M} = 71,5 N \cdot m$
- Par de arranque:  $T_{arranque,M} = 200\% (143 N \cdot m)$
- Par máximo:  $T_{max,M} = 250\% (178,75 N \cdot m)$
- Velocidad nominal:  $v_{nom,M} = 1470 rpm$
- Momento de inercia:  $J_M = 0,1048 kg \cdot m^2$
- Tiempo de rotor bloqueado:  $21 s (enfrío), 12 s (encaliente)$

### 6.3.5. Comprobación validez del motor

Para realizar la comprobación, primero se necesita determinar si el tiempo de arranque es inferior al tiempo de rotor bloqueado, tanto en frío como en caliente. Para ello, se determinan los siguientes parámetros: par de inercia disponible e inercia equivalente.

- Par de inercia: se ha determina que el motor trabaja al 87,20% de su capacidad, debido a que necesita una potencia de 9,60 kW y su potencia máxima es de 11 kW.

En base al catálogo se estima un rendimiento del motor del 90,03% cuando trabaja a 9,60 kW. Con todo ello, se calcula el par de inercia, 66,43 N \* m.

Por otro lado, para el cálculo de la inercia equivalente en el eje del motor se tienen en cuenta todas las inercias del sistema llevadas hasta el eje de giro del motor.

Se llega al resultado de que la inercia equivalente tiene un valor de 0,10924 kg \* m<sup>2</sup>.

Una vez conocidos los parámetros necesarios se determina un tiempo de arranque de 0,2531 s, el cual es menor al tiempo de rotor bloqueado en caliente, 12 s. Por lo que, se obtiene un tiempo de arranque válido.

## 6.4. Selección de rodamientos

*Todos los cálculos referentes a este apartado, se encuentran detallados en el Anexo D.*

Para el dimensionado de los rodamientos encargados de soportar el husillo, se lleva a cabo un análisis de las cargas en los apoyos, tal como se muestra en la Figura 27. A partir de los resultados obtenidos, se selecciona el tipo de rodamiento más adecuado en función de dichas cargas. Finalmente, se consulta el catálogo de rodamientos *FAG*, en el que se recogen los parámetros necesarios para una correcta elección de las características del rodamiento.

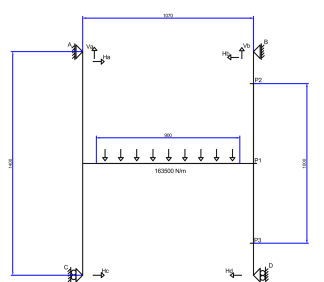


Figura 27: Estudio analítico de cargas.

### 6.4.1. Cálculo de carga

Debido a la simetría en el eje OY se puede simplificar el sistema y los cálculos.

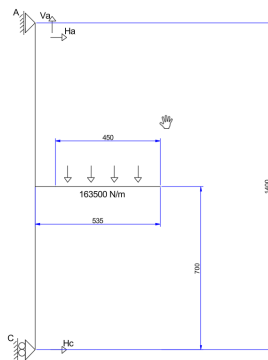


Figura 28: Simplificación de estudio analítico de cargas.

Se realiza el equilibrio de fuerzas axiales y radiales, con ello se calcula la fuerza axial (73,575 kN) y la fuerza radial (16,291 kN).

### 6.4.2. Cálculo de tiempo de vida

Se ha estimado una vida útil de 10 años para la máquina y un uso de 30 ciclos completos de compactación al día. A partir de esto, se obtiene un tiempo de vida de 1500 h, lo cual corresponde a 22,05 millones de vueltas.

### 6.4.3. Carga dinámica: rodamientos superiores

Se selecciona el tipo de rodamientos de rodillos cónicos ajustados, ya que estos soportan de manera adecuada las fuerzas axiales y radiales combinadas. Más concretamente el rodamiento **32310B**, y se pondrán dos en posición O, Figura 29.

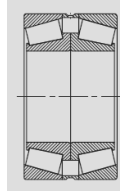


Figura 29: Rodamientos en posición O.

El rodamiento cuenta con las siguientes características:

- Diámetro interior:  $d = 50 \text{ mm}$
- Coeficiente de determinación de expresión para cálculo de capacidad de carga dinámica:  $e = 0,55$
- Parámetro para cálculo de capacidad de carga dinámica:  $Y = 1,1$
- Capacidad de carga dinámica:  $C = 166 \text{ kN}$
- Capacidad de carga estática:  $C_0 = 224 \text{ kN}$

Ahora se ha calculado si el conjunto de rodamientos es capaz de soportar la carga dinámica a la que va a estar sometido. Para calcular dicha capacidad se siguen las indicaciones del catálogo.

Tras los cálculos se concluye que la capacidad de carga dinámica es  $262,38 \text{ kN}$  y la capacidad máxima es  $284,69 \text{ kN}$ , por tanto, es válido.

### 6.4.4. Carga estática: rodamientos superiores

Se prosigue con la verificación de que el conjunto de rodamientos seleccionados es capaz de soportar la carga estática a la que va a estar sometido. Dado que la capacidad de carga estática es menor a la máxima, se verifica este parámetro y por tanto el rodamiento también cumple a carga estática..

#### 6.4.5. Carga dinámica: rodamientos inferiores

Para el conjunto de rodamientos inferiores se selecciona el tipo de rodamientos de rodillos cónicos ajustados, ya que estos soportan de manera adecuada las fuerzas radiales. Más concretamente el rodamiento **32005X**, y se pondrán dos rodamientos en posición O.

Cuenta con las siguientes características:

- Diámetro interior  $d = 25$  mm
- $Y = 0$

Tras los cálculos se concluye que la capacidad de carga dinámica es  $33,47$   $kN$  y la capacidad máxima es  $45,45$   $kN$ , por tanto, es válido.

#### 6.4.6. Carga estática: rodamientos inferiores

Se continua con la verificación de que el conjunto de rodamientos seleccionados es capaz de soportar la carga estática a la que va a estar sometido.

Para ello, primero se calcula la carga estática ejercida a los rodamientos, se obtiene un valor de  $16,291$   $kN$ . A continuación, con la carga estática se calcula la capacidad de carga estática,  $40,72$   $kN$ , que se compara con la capacidad de carga estática máxima que puede soportar,  $68$   $kN$ . Dado que la capacidad de carga estática es menor a la capacidad máxima, se verifica este parámetro.

## 6.5. Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión

*Todos los cálculos referentes a este apartado, se encuentran detallados en el Anexo F.*

Una parte fundamental del sistema, es la unión entre la *Tuerca* y la *Placa de compactación*, la cual se realiza mediante tornillos y tuercas, más concretamente en los cuatro orificios destinados a ello (Figura 30). Los tornillos sufrirán esfuerzos axiales y torsores, el momento torsor supone cortadura al compactar el cartón, mientras que la carga axial solo trata de separar la unión cuando la *Placa de compactación* sube. Esta tiene una masa de 234,30 kg, que supone menos del 2% de la fuerza que va a ejercer la máquina. Por tanto se considera despreciable la carga axial.

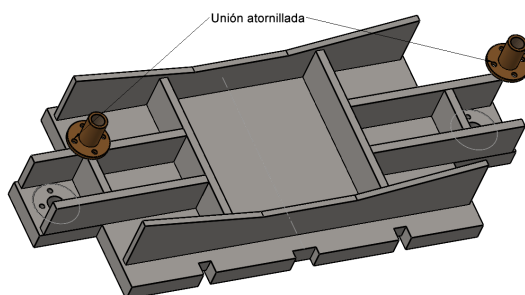


Figura 30: Unión placa y tuerca.

### 6.5.1. Unión a torsión

Cuando la *Placa de compactación* descienda, los tornillos sufrirán un esfuerzo torsor de 122,14 N \* m. A causa de esto, en cada uno de los cuatro tornillos se produce una fuerza cortante igual a 1011,57 N.

Para saber los esfuerzos que sufren cada uno de los tornillos, es necesario calcular el área resistente de cada tornillo. Esta es 84,26 mm<sup>2</sup>. También se necesita saber en cuantos planos trabajan, en este caso trabajan en un plano, ya que sujetan dos superficies.

Con todo esto se obtiene que cada tornillo se verá sometido a un esfuerzo de 12 MPa.

Se han seleccionado tornillos de las siguientes características:

- Tipo: Tornillo hexagonal
- Norma: ISO 4014 / ISO 4017
- Métrica: M12
- Paso: 1,75 mm
- Longitud: 60 mm
- Clase de resistencia: 4.8
- Material: Acero al carbono
- Módulo de Young: 210 GPa
- Resistencia a tracción mínima: 400 MPa
- Límite elástico mínimo: 320 MPa

Con estos datos se obtiene el coeficiente de seguridad a torsión de los tornillos, el cual es de 11,3, por tanto los tornillos cumplen a torsión. El pliego de condiciones exigía un coeficiente de seguridad mínimo de 1,5, por tanto cumple con la exigencia de la norma EN ISO 898-1

## 7. Sistema eléctrico

Para el correcto funcionamiento de la máquina se ha diseñado un sistema eléctrico. Este configura desde la propia red hasta el motor trifásico seleccionado. Permitiendo realizar todas las funciones requeridas con un nivel de seguridad adecuado a las condiciones establecidas.

Primeramente, se ha calculado la corriente consumida por el motor. Este dato permite hacer una correcta selección de los componentes integrados en el circuito. La corriente nominal consumida por el motor es 20,8 A. Teniendo en cuenta este parámetro, las acciones que se necesitan realizar y la protección que se debe asegurar, se diseña un sistema eléctrico con los dispositivos adecuados. El sistema cuenta con los siguientes componentes:

- **Diferencial**
- **Interruptor magnetotérmico**
- **Contactador**
- **Contactador inversor**
- **Sensor de puerta**
- **Variador de frecuencia**
- **Botones:**
  - Botón de bajada
  - Botón de subida
  - Botón de compactación
  - Botón de expulsión
  - Botón de emergencia
- **Fin de carrera**

*En el Anexo E. se explica detalladamente el funcionamiento y las características del sistema eléctrico.*

## 8. Estudio experimental de la placa de compactación

En el *Anexo G* se desarrolla un estudio experimental mediante simulación en *SolidWorks* de la placa de compactación, con el objetivo de validar su comportamiento estructural frente a las cargas de trabajo y optimizar su diseño. Considerando el material acero S355JR y una presión aplicada de 327 kPa, correspondiente a la fuerza de compactación definida en los anexos previos

Se analizan tres configuraciones de diseño. El primer diseño, con un espesor de 30 mm, presenta tensiones que superan el límite elástico del material, así como un factor de seguridad inferior al mínimo exigido, por lo que se descarta. En el segundo diseño, se incrementa el espesor a 40 mm, no obstante, aunque se reduce el nivel de tensiones, estas siguen superando el límite elástico y el factor de seguridad continúa siendo insuficiente, demostrando que el aumento de espesor por sí solo no resulta una solución adecuada

Finalmente, en el tercer diseño se mantiene el espesor de 40 mm y se incorpora una subestructura para aumentar la rigidez mediante nervios soldados, lo que mejora significativamente el reparto de tensiones y la rigidez global de la pieza. Los resultados muestran tensiones de Von Mises inferiores al límite elástico, un factor de seguridad mínimo superior a 1,5, desplazamientos máximos reducidos (inferiores al 1% del espesor) y deformaciones dentro de los valores admisibles del material, cumpliendo todos los criterios de resistencia y rigidez establecidos

En consecuencia, el *Anexo G* justifica la elección final de un diseño más rígido, validando experimentalmente la placa de compactación y demostrando que cumple los requisitos mecánicos y de seguridad exigidos para su correcta integración en la máquina compactadora.

## 9. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto se plantea como una oportunidad para poner en práctica las técnicas y conocimientos adquiridos a lo largo del Grado en Ingeniería Mecánica. El trabajo se ha orientado al diseño y cálculo de una compactadora de cartones que satisficiera los requisitos técnicos y normativos exigidos, al tiempo que aportara mejoras en términos de seguridad, fiabilidad y sostenibilidad en una empresa comprometida con la eficiencia energética.

El proceso de diseño se aborda de forma metódica, partiendo de un análisis previo del problema y de las condiciones que lo rodean. A través de un estudio analítico detallado, se dimensiona los distintos elementos que componen la compactadora, asegurando que cada uno de ellos sea capaz de soportar las cargas a las que se verá sometido durante su vida útil, garantizando así un funcionamiento seguro. Estos estudios han sido tanto analíticos como experimentales, mediante el uso de programas informáticos de simulación.

Con base en los resultados obtenidos, se procede al diseño de los componentes estructurales, adecuándose a las exigencias del conjunto. Se pone especial énfasis en el estudio de los elementos más sensibles del sistema, como la *Placa de compactación*, el *Husillo* o la *Tuerca*.

Paralelamente, se llevó a cabo la elección de los principales componentes comerciales necesarios para el accionamiento y la protección del sistema, tales como el motorreductor y los dispositivos de seguridad. Esta selección se realiza atendiendo tanto a criterios técnicos como a la disponibilidad en el mercado, con el objetivo de garantizar la viabilidad práctica del diseño.

Una vez finalizada la fase de cálculo, se desarrolla un modelo tridimensional completo mediante el uso de la herramienta de diseño asistida por ordenador, SOLIDWORKS. Este modelo permite generar la documentación gráfica necesaria como planos y resultados de simulaciones de cargas, así como verificar la coherencia geométrica del diseño.

Finalmente, se elabora el pliego de condiciones y el presupuesto correspondientes a la fabricación e instalación de la compactadora de cartones, de manera que el proyecto queda completamente definido desde el punto de vista técnico y económico.

En conjunto, este Trabajo de Fin de Grado supone la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante la formación académica, evidenciando la capacidad de abordar un problema real desde una perspectiva ingenieril.

## **10. Orden de prioridad de los documentos básicos**

Se establece un criterio de prioridad para resolver discrepancias entre los documentos fundamentales que conforman el proyecto, dando preeminencia en el siguiente orden. En caso de que una disposición haga mención a otra que haya sido modificada o anulada, se considerará que dicha alteración o anulación se aplica a la parte correspondiente de la primera disposición que haya sido afectada.

1. Pliego de condiciones
2. Plano
3. Mediciones de presupuesto
4. Memoria

# 11. Resumen del presupuesto

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

### COMPACTADORA DE CARTONES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Materia prima.....	4.803,69	27,58
2	Componentes eléctricos.....	4.950,59	28,42
3	Elementos sistema de transmisión.....	4.585,00	26,33
4	Elementos de unión.....	17,36	0,10
5	Mano de obra.....	2.772,50	15,92
6	Elementos varios.....	287,39	1,65
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>17.416,53</b>	
	21,00% I.V.A.....	3.657,47	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>21.074,00</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>21.074,00</b>	

Asciede el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTIUN MIL SETENTA Y CUATRO EUROS

Zaragoza, a 23 de enero de 2026.

## 12. Lugar, fecha y firma

Firma del autor en Zaragoza, a 26 de enero de 2026.

Daniel Navarro Moya

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

## 13. Bibliografía

### 13.1. Datos de cálculo:

#### 13.1.1. Densidad del cartón

[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacionambiental/temas/pre-vencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/papel-y-carton/que-caracteristicas-tiene.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacionambiental/temas/pre-vencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/fracciones/papel-y-carton/que-caracteristicas-tiene.html?utm_source=chatgpt.com)

### 13.2. Componentes comerciales:

#### 13.2.1. Tablas para determinar piernos

<chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/https://media.ad-eo.com/media/4549941/media.pdf>

#### 13.2.2. Bisagras librillo

<https://www.obramat.es/productos/bisagras-librillo-sobreponer-150-x-60-mm-2-uds-10419220.html>

### 13.3. Elementos eléctricos

<https://www.se.com/es/es/>

### 13.4. Elementos sistema de transmisión

#### 13.4.1. Catálogo cajas de reenvío

<https://www.tecnopower.es/wp-content/uploads/PowerGear.pdf>

#### 13.4.2. Catálogo motor

<https://es.scribd.com/document/371476322/Catalogo-Motores-Trifasicos-Weg-W22-IEC?utm>

### 13.5. Libros y apuntes

13.5.1. Criterios de diseño de máquinas (2022/2023). P. Canalís Martínez, J. Abad Blasco, D.Valladares Hernando.

13.5.2. Cálculo (y Selección) de Elementos de Máquinas (2023/2024). P. Canalís Martínez, J.Abad Blasco.

13.5.3. Sistemas mecánicos en máquinas (2023/2024). J. Abad Blasco.

13.5.4. Prontuario básico de estructuras simples.



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### **Anexos**

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025

# Índice

<b>Anexos</b>	<b>3</b>
<b>A. Cálculos del accionamiento</b>	<b>3</b>
A.1. Cálculo de masa final de cartón prensado . . . . .	3
A.2. Cálculo de la fuerza de prensado . . . . .	4
<b>B. Características y análisis del Husillo y Tuerca</b>	<b>5</b>
B.1. Datos del Husillo (Tr 40 x 8) . . . . .	5
B.2. Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8) . . . . .	6
B.3. Análisis de cargas de la rosca . . . . .	6
B.4. Comprobación auto retención de la rosca . . . . .	7
B.5. Cálculo resistente del núcleo del husillo . . . . .	8
B.6. Cálculo resistente del filete de la rosca . . . . .	9
B.6.1. Fallo a cortante . . . . .	10
B.6.2. Fallo a flexión . . . . .	10
B.6.3. Fallo a desgaste . . . . .	11
B.7. Fallo a pandeo del husillo . . . . .	12
<b>C. Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío</b>	<b>14</b>
C.1. Selección de la caja de reenvío 1 . . . . .	14
C.2. Selección de la caja de reenvío 2 . . . . .	15
C.3. Posicionamiento de las cajas de reenvío . . . . .	16
C.4. Parámetros del motor . . . . .	17
C.5. Selección y características del motor . . . . .	18
C.6. Comprobación validez del motor . . . . .	18
C.6.1. Par de inercia disponible . . . . .	18
C.6.2. Inercia equivalente . . . . .	19
C.6.3. Tiempo de arranque . . . . .	20
<b>D. Selección de rodamientos</b>	<b>21</b>
D.1. Cálculo de carga . . . . .	21
D.2. Cálculo de la duración de los rodamientos . . . . .	21
D.3. Carga dinámica: rodamientos superiores . . . . .	22
D.4. Carga estática: rodamientos superiores . . . . .	23
D.5. Carga dinámica: rodamientos inferiores . . . . .	23
D.6. Carga estática: rodamientos inferiores . . . . .	24

<b>E. Sistema eléctrico</b>	<b>25</b>
E.1. Cálculo de corriente consumida por el motor . . . . .	25
E.2. Componentes y funcionamiento del sistema eléctrico . . . . .	26
<b>F. Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión</b>	<b>29</b>
<b>G. Estudio experimental de la placa de compactación</b>	<b>32</b>
G.1. Primer diseño . . . . .	32
G.1.1. Tensión de Von Mises . . . . .	33
G.1.2. Factor de seguridad . . . . .	34
G.2. Segundo diseño . . . . .	35
G.2.1. Tensión de Von Mises . . . . .	36
G.2.2. Factor de seguridad . . . . .	37
G.3. Tercer diseño . . . . .	38
G.3.1. Tensión de Von Mises . . . . .	39
G.3.2. Factor de seguridad . . . . .	40
G.3.3. Desplazamientos . . . . .	40
G.3.4. Deformaciones . . . . .	41

# Anexos

## A. Cálculos del accionamiento

### A.1. Cálculo de masa final de cartón prensado

Para calcular la fuerza de prensado hay que determinar el volúmen de residuos que se van a compactar. Las dimensiones de la caja de prensado son:

$$- \text{Largo} = 900 \text{ mm} = 0,9 \text{ m}$$

$$- \text{Ancho} = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

$$- \text{Alto} = 750 \text{ mm} = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Alto} \quad (1)$$

$$V = 900 * 500 * 750 = 3,375 * 10^8 \text{ mm}^3 = 0,3375 \text{ m}^3$$

El cartón tiene una densidad media de  $60 \text{ kg/m}^3$  **BIBLIOGRAFÍA**, con el Volumen final se calcula la masa de cartón que tendrá cada bala compactada.

$$\text{Masa} = \text{Densidad} * \text{Volumen} \quad (2)$$

$$m = 60 * 0,3375 = 20,25 \text{ kg}$$

## A.2. Cálculo de la fuerza de prensado

El cartón presenta una resistencia a compactación de 15,000 *kg*. La superficie de prensado se calcula:

$$\text{Área de prensado} = \text{Largo} * \text{Ancho} \quad (3)$$

$$A = 0,9 * 0,5 = 0,45 \text{ m}^2$$

Ahora se calcula la presión que deberá ejercer la placa de compactación:

$$\text{Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Área}} \quad (4)$$

$$P = \frac{15000 * 9,81}{0,45} = 327,000 \text{ Pa} = 327 \text{ kPa}$$

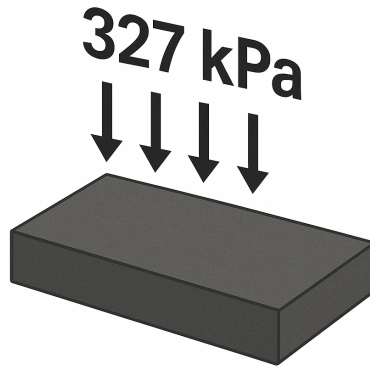


Figura 1: Placa de compactación.

## B. Características y análisis del Husillo y Tuerca

Dado que la placa de compactación es accionada por dos husillos y dos tuercas, se reparten la fuerza que deben ejercer cada una:

$$F = \frac{15000 * 9,81}{2} = 73575 \text{ N}$$

Se ha seleccionado un tipo de rosca trapezoidal, dadas las siguientes características a tener en cuenta:

- Tiene la capacidad de auto bloqueo gracias a su ángulo de avance pequeño, lo que actúa como freno mecánico, siendo un aliciente para la seguridad del usuario al manipular la máquina.
- Distribuye los esfuerzos de forma eficiente en cargas altas, lentas y repetitivas gracias a que la rosca cuenta con filetes anchos.
- Están normalizados DIN 103, ISO 2901.

### B.1. Datos del Husillo (Tr 40 x 8)

- Paso:  $p = 8 \text{ mm/vuelta}$
- Ángulo de avance:  $\alpha = 30$
- Diámetro interior del husillo:  $D_{int,H} = 36 \text{ mm}$
- Diámetro medio del husillo:  $D_{med,H} = 38 \text{ mm}$
- Diámetro exterior del husillo:  $D_{ext,H} = 40 \text{ mm}$
- Longitud del husillo:  $L_H = 1,000 \text{ mm}$
- Acero C45, templado, pavonado.
- Módulo de Young:  $E_H = 210 \text{ GPa}$
- Tensión admisible:  $\sigma_{adm,H} = 310 \text{ MPa}$
- Resistencia a tracción:  $\sigma_{trac} = 600 \text{ MPa}$

## B.2. Datos de la Tuerca (Tr 40 x 8)

- Paso:  $p = 8 \text{ mm/vuelta}$
- Ángulo de avance:  $\alpha = 30$
- Diámetro interior de la tuerca:  $D_{int,T} = 40 \text{ mm}$
- Diámetro medio de la tuerca:  $D_{med,T} = 38 \text{ mm}$
- Diámetro exterior de la tuerca:  $D_{ext,T} = 36 \text{ mm}$
- Longitud del husillo:  $L_T = 80 \text{ mm}$
- Bronce  $CuSn_{12}$ .
- Módulo de Young:  $E_T = 110 \text{ GPa}$
- Tensión admisible:  $\sigma_{adm,T} = 220 \text{ MPa}$

## B.3. Análisis de cargas de la rosca

Las rosca se trata de una entrada simple ya que el paso resulta igual que el avance.  $p = L = 8 \text{ mm/vuelta}$ .

Hay que tener en cuenta, que al tratar de compactar el cartón, lo que se hace es bajar la carga, de ahí se obtienen las direcciones de cada fuerza (Fig 2). Para poder calcular el par que va a recibir la rosca es necesario conocer el *coeficiente de fricción de pares roscados*. Para ello se hace uso de la siguiente tabla (Fig 3) que aporta dicho coeficiente en función de los materiales del husillo y la tuerca.

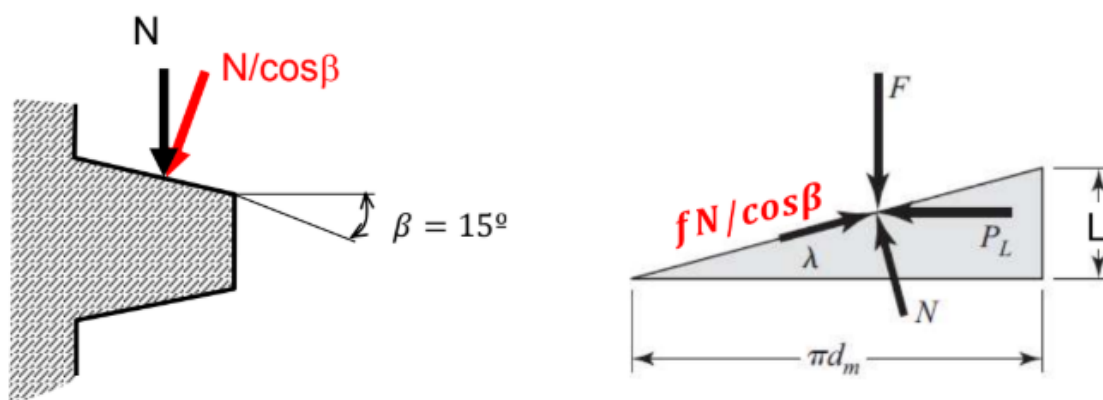


Figura 2: Rosca trapezoidal, dirección de las fuerzas al bajar la carga.

Material del tornillo	Material de la tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Hierro fundido
Acero, seco	0.15-0.25	0.15-0.23	0.15-0.19	0.15-0.25
Acero, aceite para máquina	0.11-0.17	0.10-0.16	0.10-0.15	0.11-0.17
Bronce	0.08-0.12	0.04-0.06	—	0.06-0.09

Figura 3: Coeficiente de fricción.

- Material del husillo/tornillo: Acero C45 + lubricación.
- Material de la tuerca: Bronce

Así pues, el coeficiente de fricción resulta ser 0,10 – 0,16. Se toma un valor de  $f = 0,15$ . A través de la ecuación 5 se calcula el par a transmitir:

$$T_L = F * \frac{D_{med,H}}{2} * \frac{\frac{\pi * f * D_{med,H}}{\cos \beta} - L}{(\pi * D_{med,H}) + \frac{f * L}{\cos \beta}} \quad (5)$$

$$T_L = 73575 * \frac{38}{2} * \frac{\frac{\pi * 0,15 * 38}{\cos 15} - 8}{(\pi * 38) + \frac{0,15 * 8}{\cos 15}} = 122,136,16 \text{ N} * mm = 122,14 \text{ N} * m$$

#### B.4. Comprobación auto retención de la rosca

La auto retención de la rosca es una característica de seguridad fundamental del mecanismo, por lo que hay que comprobar si se cumplirá, para ello:

$$\frac{\pi * f * D_{med,H}}{\cos \beta} > L \quad (6)$$

$$\frac{\pi * 0,15 * 38}{\cos 15} = 18,54mm/vuelta > L = 8mm/vuelta$$

Dado que la condición de auto retención se cumple, no es necesario cambiar las características del mecanismo husillo/tuerca.

## B.5. Cálculo resistente del núcleo del husillo

A continuación, se va a calcular si el núcleo del husillo aguanta los esfuerzos de torsión y axil a los que va a estar sometido al comprimir el cartón.

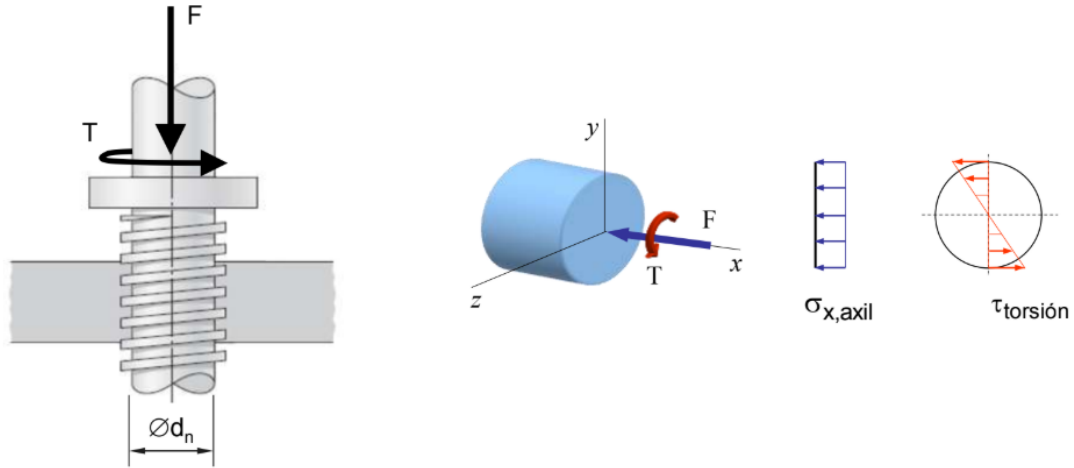


Figura 4: Cálculo resistente del núcleo del husillo.

Para que el núcleo del husillo aguante las cargas debe cumplir lo siguiente:

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_{x,axil}^2 + 3 * \tau_{torsion}^2} < \sigma_{adm} \quad (7)$$

$$\sigma_{x,axil} = \frac{F}{\pi * D_{int,H}^2 * 0,25} = \frac{73575}{\pi * 36^2 * 0,25} = 72,28 \text{ MPa} \quad (8)$$

$$\tau_{torsion} = \frac{T_L}{\pi * D_{int,H}^3 * \frac{1}{16}} = \frac{122140}{\pi * 36^3 * \frac{1}{36}} = 13,33 \text{ MPa} \quad (9)$$

Utilizando la ecuación 7:

$$\sqrt{72,28^2 + 3 * 13,33^2} = 75,88 \text{ MPa} < \sigma_{adm,H} = 310 \text{ MPa}$$

Dado que cumple la condición, el núcleo del husillo es correcto.

## B.6. Cálculo resistente del filete de la rosca

A continuación, se va a calcular si los filetes de la rosca del husillo aguantan la fuerza y el par al que van a ser sometidos al comprimir el cartón. Se va a comprobar fallo a cortante, flexión y desgaste.

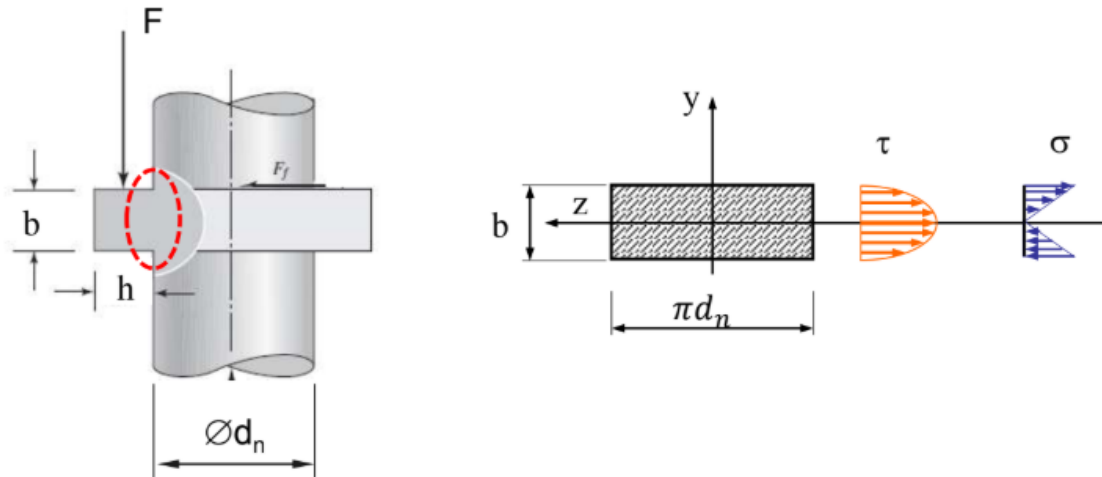


Figura 5: Cálculo resistente del filete de la rosca.

En primer lugar se van a calcular los distintos parámetros necesarios para las comprobaciones:

$$h = D_{ext,H} - D_{int,H} = 40 - 36 = 4 \text{ mm} \quad (10)$$

$$b = \frac{p}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ mm} \quad (11)$$

Número de roscas en contacto:  $n_T$

$$n_T = \frac{L_T}{p} = \frac{80}{8} = 10 \text{ roscas en contacto} \quad (12)$$

### B.6.1. Fallo a cortante

Se debe cumplir la siguiente condición:  $\tau_{max} < \tau_{adm}$

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} * \frac{F}{\pi * D_{int,H} * b * n_T} = \frac{3}{2} * \frac{73575}{\pi * 36 * 4 * 10} = 24,39 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\sigma_{adm} = \sigma_{VonMises} = \sqrt{3} * \tau_{adm} \quad (14)$$

$$310 = \sqrt{3} * \tau_{adm} / \tau_{adm} = 178,98 \text{ MPa}$$

La condición se cumple,  $\tau_{max} = 24,39 \text{ MPa} < \tau_{adm} = 178,98 \text{ MPa}$  por tanto no hay fallo a cortante.

### B.6.2. Fallo a flexión

Se debe cumplir la siguiente condición:  $\sigma_{x,max} < \sigma_{adm}$

$$\sigma_{x,max} = \frac{F * \frac{h}{2}}{\frac{\pi * D_{int,H} * b^2}{6} * n_T} = \frac{73575 * \frac{4}{2}}{\frac{\pi * 36 * 4^2}{6} * 10} = 48,79 \text{ MPa} \quad (15)$$

La condición se cumple,  $\sigma_{x,max} = 48,79 \text{ MPa} < \sigma_{adm} = 310 \text{ MPa}$  por tanto no hay fallo a flexión.

### B.6.3. Fallo a desgaste

Material tornillo	Material tuerca	$P_{adm}$ (MPa)	Velocidad
Acero	Bronce	17÷24	Baja velocidad
Acero	Bronce	11÷17	$\leq 0.1$ m/s
	Hierro fundido	12÷17	$\leq 0.08$ m/s
Acero	Bronce	5÷9	0.2-0.4m/s
	Hierro fundido	4÷6.5	0.2-0.4m/s
Acero	Bronce	1÷1.5	$\geq 0.5$ m/s

Figura 6: Presión admisible y velocidad de avance.

- Material del husillo/tornillo: Acero C45 + lubricación.
- Material de la tuerca: Bronce

Así pues, según se ve en la Figura 6 y teniendo en cuenta los materiales del husillo y la tuerca, la presión admisible resulta ser 17 – 24 MPa. Se toma un valor de  $P_{adm} = 21$  MPa y una velocidad de avance de  $v = 0,05$  m/s.

$$\sigma_{contacto} = \frac{F}{\pi * D_{med,H} * \frac{3}{4} * h * n_T} = \frac{73575}{\pi * 38 * \frac{3}{4} * 4 * 10} = 20,54 \text{ MPa} \quad (16)$$

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$n_T = 10 > \frac{F}{\pi * D_{med,H} * 0,75 * h * P_{adm}} = \frac{73575}{\pi * 38 * 0,75 * 4 * 21} = 9,78 \text{ roscas en contacto} \quad (17)$$

La condición se cumple. No hay fallo a desgaste.

## B.7. Fallo a pandeo del husillo

Para que el husillo no presente ningún fallo a pandeo, se debe cumplir la siguiente condición:

$$F < \frac{F_k * f_c}{c} \quad (18)$$

Para calcular la carga máxima admisible a pandeo ( $F_k$ ), se utiliza la tabla de la Figura 7, con la cual se entra con los parámetros de diámetro nominal del husillo ( $D_{nom,H}$ ) y longitud del tornillo ( $L_H$ ).

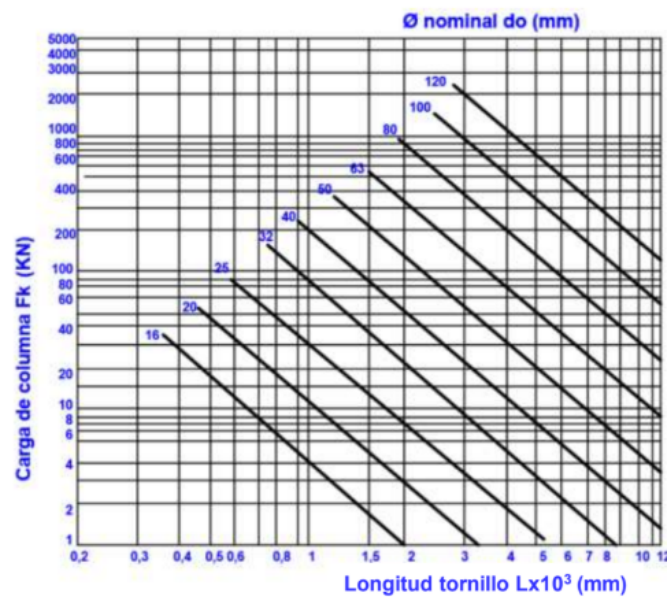


Figura 7: Carga máxima admisible a pandeo.

- $L_H = 1200 \text{ mm}$
- $D_{nom,H} = 40 \text{ mm}$

Por lo tanto,  $F_k = 150 \text{ KN}$





Tipo de montaje	$f_c$
	0,25
	1
	2
	4

Figura 8: Factor corrector condiciones de montaje.

Según el montaje, el factor corrector según condiciones de montaje es  $f_c = 4$ , ya que se ponen dos rodamientos en cada extremo del husillo. El término C, se trata del coeficiente de seguridad:  $1,25/C/2$ , se coge un valor arbitrario de  $C = 1,75$  A partir de la ecuación 18:

$$F = 73575 \text{ N} < \frac{150 * 10^3 * 4}{1,75} = 342857,14 \text{ N}$$

La condición se cumple, por tanto no hay fallo a pandeo.

## C. Parámetros del Motor y de la Caja de Reenvío

### C.1. Selección de la caja de reenvío 1

Dado que el mecanismo de la compactadora de cartones se compone de dos conjuntos husillo/tuerca, cada par colocado en un extremo de la placa de compactación, a la salida de la caja de reenvío debe haber el siguiente par:

$$T_{salida,caja} = 2 * T_L = 2 * 122,14 = 244,28 \text{ N} * m \quad (19)$$

PowerGear			Unidad	P54	P65	P75	P90	P110	P140	P170	P210	P240	P280	P360	P450
Par de salida	i=1:1	T <sub>2N</sub>	Nm	15	25	45	78	150	360	585	1300	2150	3200	3750	6600
		T <sub>2B</sub>	Nm	23	38	68	117	225	540	878	1950	3225	4800	5625	9900
		T <sub>2Not</sub>	Nm	30	50	90	156	300	720	1170	2600	4300	6400	7500	13200
	i=1,5:1	T <sub>2N</sub>	Nm	15	25	45	78	150	360	585	1300	2150	3200	3550	7000
		T <sub>2B</sub>	Nm	23	38	68	117	225	540	878	1950	3225	4800	5325	10500
		T <sub>2Not</sub>	Nm	30	50	90	156	300	720	1170	2600	4300	6400	7100	14000
	i=2:1	T <sub>2N</sub>	Nm	12	24	42	68	150	330	544	1220	2010	3050	3500	7000
		T <sub>2B</sub>	Nm	18	36	63	102	225	495	816	1830	3015	4575	5250	10500
		T <sub>2Not</sub>	Nm	24	48	84	136	300	660	1088	2440	4020	6100	7000	14000
	i=3:1	T <sub>2N</sub>	Nm	12	18	33	54	120	270	450	1020	1650	2850	3350	7700
		T <sub>2B</sub>	Nm	18	27	50	81	180	405	675	1530	2475	4275	5025	10500
		T <sub>2Not</sub>	Nm	24	36	66	108	240	540	900	2040	3300	5700	6700	14000
	i=4:1	T <sub>2N</sub>	Nm	-	16	28	52	100	224	376	860	1410	2300	2900	6600
		T <sub>2B</sub>	Nm	-	24	42	78	150	336	564	1290	2115	3450	4350	9900
		T <sub>2Not</sub>	Nm	-	32	56	104	200	448	752	1720	2820	4600	5800	13200
	i=5:1	T <sub>2N</sub>	Nm	-	14	25	40	85	196	320	740	1210	2000	2600	6000
		T <sub>2B</sub>	Nm	-	21	38	60	128	294	480	1110	1815	3000	3900	9000
		T <sub>2Not</sub>	Nm	-	28	50	80	170	392	640	1480	2420	4000	5200	12000
Velocidad nominal	i=1:1	n1	rpm	2500	2150	2000	1700	1400	1100	1000	800	700	650	650	550
	i=1,5:1, 2:1	n1	rpm	3000	2650	2500	2000	1600	1400	1300	1050	950	850	850	800
	i=3:1, 4:1, 5:1	n1	rpm	3500	3150	3000	2500	2100	2000	1800	1600	1350	1200	1200	1100

Figura 9: Caja de reenvío 1.

Se selecciona la caja de reenvío *PowerGear P170*, que dispone de las siguientes características:

- Relación de transmisión:  $i = 4 : 1$
- Par nominal de salida:  $P_{2N} = 376 \text{ N} * m$
- Par de aceleración máximo de salida:  $P_{2B} = 564 \text{ N} * m$
- Par de emergencia:  $P_{2Not} = 752 \text{ N} * m$
- Velocidad nominal:  $n_{nom,C} = 1800 \text{ rpm}$
- Velocidad máxima:  $n_{max,C} = 3000 \text{ rpm}$
- Rendimiento:  $\eta_C = 98 \%$
- Vida útil:  $> 15000 \text{ h}$
- Peso:  $38,5 \text{ Kg}$

## C.2. Selección de la caja de reenvío 2

Una vez la primera caja de reenvío haya trasladado el par a cada lado, la dirección de la rotación debe volver a cambiar  $90^\circ$ . Para ello se seleccionan dos cajas de reenvío, uno para cada par husillo/tuerca. Como la reducción de la velocidad angular se produce en la primera caja de reenvío, estas dos cajas de reenvío tendrán una relación de transmisión de 1:1. Además, deberán tener un par de salida de:

$$T_{salida,caja} = 122,14 \text{ N} * m \quad (20)$$

PowerGear			Unidad	P54	P65	P75	P90	P110	P140	P170	P210	P240	P280	P360	P450	
Par de salida	i=1:1	T <sub>2N</sub>	Nm	15	25	45	78	150	360	585	1300	2150	3200	3750	6600	
		T <sub>2B</sub>	Nm	23	38	68	117	225	540	878	1950	3225	4800	5625	9900	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	30	50	90	156	300	720	1170	2600	4300	6400	7500	13200	
	i=1,5:1	T <sub>2N</sub>	Nm	15	25	45	78	150	360	585	1300	2150	3200	3550	7000	
		T <sub>2B</sub>	Nm	23	38	68	117	225	540	878	1950	3225	4800	5325	10500	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	30	50	90	156	300	720	1170	2600	4300	6400	7100	14000	
	i=2:1	T <sub>2N</sub>	Nm	12	24	42	68	150	330	544	1220	2010	3050	3500	7000	
		T <sub>2B</sub>	Nm	18	36	63	102	225	495	816	1830	3015	4575	5250	10500	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	24	48	84	136	300	660	1088	2440	4020	6100	7000	14000	
	i=3:1	T <sub>2N</sub>	Nm	12	18	33	54	120	270	450	1020	1650	2850	3350	7700	
		T <sub>2B</sub>	Nm	18	27	50	81	180	405	675	1530	2475	4275	5025	10500	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	24	36	66	108	240	540	900	2040	3300	5700	6700	14000	
	i=4:1	T <sub>2N</sub>	Nm	-	16	28	52	100	224	376	860	1410	2300	2900	6600	
		T <sub>2B</sub>	Nm	-	24	42	78	150	336	564	1290	2115	3450	4350	9900	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	-	32	56	104	200	448	752	1720	2820	4600	5800	13200	
	i=5:1	T <sub>2N</sub>	Nm	-	14	25	40	85	196	320	740	1210	2000	2600	6000	
		T <sub>2B</sub>	Nm	-	21	38	60	128	294	480	1110	1815	3000	3900	9000	
		T <sub>2Net</sub>	Nm	-	28	50	80	170	392	640	1480	2420	4000	5200	12000	
	Velocidad nominal	i=1:1	n1	rpm	2500	2150	2000	1700	1400	1100	1000	800	700	650	650	550
		i=1,5:1, 2:1	n1	rpm	3000	2650	2500	2000	1600	1400	1300	1050	950	850	850	800
		i=3:1, 4:1, 5:1	n1	rpm	3500	3150	3000	2500	2100	2000	1800	1600	1350	1200	1200	1100

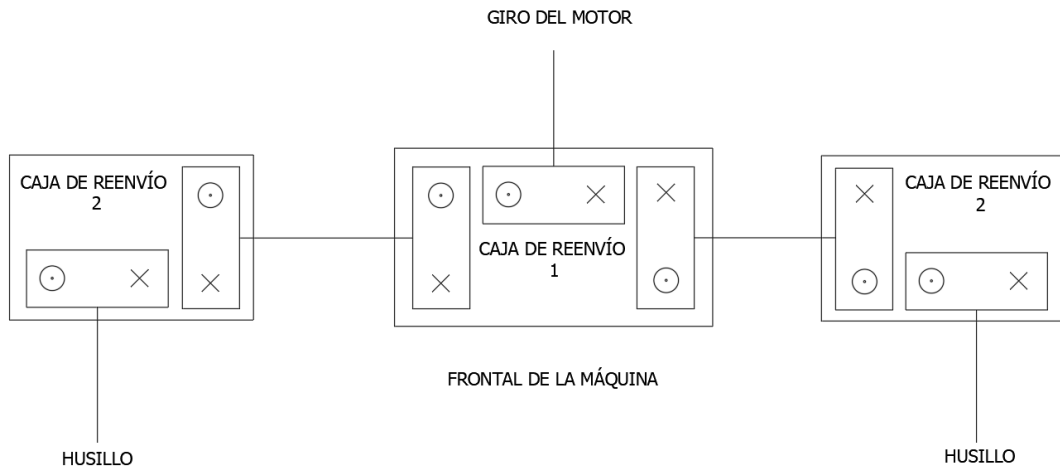
Figura 10: Caja de reenvío 2.

Se selecciona la caja de reenvío *PowerGear P110*, que dispone de las siguientes características:

- Relación de transmisión:  $i = 1 : 1$
- Par nominal de salida:  $P_{2N} = 150 \text{ N} * m$
- Par de aceleración máximo de salida:  $P_{2B} = 225 \text{ N} * m$
- Par de emergencia:  $P_{2Net} = 300 \text{ N} * m$
- Velocidad nominal:  $n_{nom,C} = 1400 \text{ rpm}$
- Velocidad máxima:  $n_{max,C} = 4500 \text{ rpm}$
- Rendimiento:  $\eta_C = 98 \%$
- Vida útil:  $> 15000 \text{ h}$
- Peso:  $13 \text{ Kg}$

### C.3. Posicionamiento de las cajas de reenvío

Para que los husillos giren en la misma dirección, es importante colocar las cajas de reenvío en la posición adecuada, en la Figura 11, se refleja un esquema que marca las direcciones de cada caja respecto al motor.



0

Figura 11: Posiciones del sistema de transmisión.

Otro detalle importante a tener en cuenta, es escoger la distribución correcta de las cajas de reenvío, en la Figura 12 y 13 se muestra la distribución de cada una.

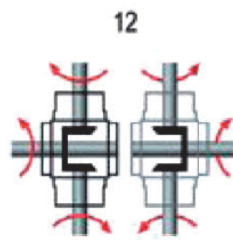


Figura 12: Distribución caja 1.

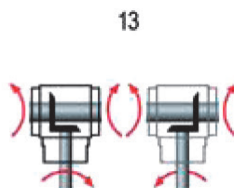


Figura 13: Distribución caja 2.

#### C.4. Parámetros del motor

Conocido el par que ha de tener la caja de reenvío a la salida, que es el par que debe transmitir a los dos husillos/tuercas, y a partir de otros parámetros, se averigua el par necesario que deberá aportar el motor:

$$\frac{T_{salida,caja}}{T_{motor}} = i * \eta_C \quad (21)$$

$$\frac{244,28}{T_{motor}} = 4 * 0,98 / T_{motor} = 62,3 \text{ N} * m$$

Se ha consultado la norma UNE-EN 16500:2014/2015 que regula los requisitos de seguridad de las prensas compactadoras verticales de residuos y la norma ISO 12100 que regula la seguridad de las máquinas, los principios generales de diseño y la evaluación y reducción de riesgos. Ninguna norma especifica ningún límite numérico exacto de velocidad de movimiento para partes móviles en este tipo de máquinas.

En maquinaria europea es común limitar la velocidad a  $100 \text{ mm/s}$ , en este caso como se trabaja con altas presiones, se va a limitar a una velocidad de avance de  $50 \text{ mm/s}$  que coincide con la velocidad de avance del husillo seleccionada en el anexo B.6.3. Con esto, se puede calcular la potencia que ha de tener el motor:

$$v = \frac{n_{husillo} * p}{60} / 0,05 = \frac{n_{husillo} * 8 * 10^{-3}}{60} / n_{husillo} = 367,5 \text{ rpm} \quad (22)$$

$$i = \frac{n_{motor}}{n_{husillo}} / 4 = \frac{n_{motor}}{367,5} / n_{motor} = 1470 \text{ rpm} \quad (23)$$

$$P_{motor} = \frac{T_{motor} * n_{motor}}{9550} = \frac{62,32 * 1470}{9550} = 9,60 \text{ Kw} \quad (24)$$

El motor deberá tener una potencia de  $9,60 \text{ kW}$  y que su velocidad de giro nominal se acerque a  $1470 \text{ rpm}$ .

## C.5. Selección y características del motor

Tras analizar los parámetros que debe tener el motor en el anexo C.4, se ha escogido el motor *Weg W22 IE2 Trifásico* que cuenta con las siguientes características:

- Frecuencia:  $50 \text{ Hz}$
- Polos: 4
- Potencia:  $11 \text{ kW}$
- Par nominal:  $T_{nom,M} = 71,5 \text{ N} * m$
- Par de arranque:  $T_{arranque,M} = 200\% (143 \text{ N} * m)$
- Par máximo:  $T_{max,M} = 250\% (178,75 \text{ N} * m)$
- Velocidad nominal:  $v_{nom,M} = 1470 \text{ rpm}$
- Momento de inercia:  $J_M = 0,1048 \text{ kg} * m^2$
- Tiempo de rotor bloqueado:  $21 \text{ s (enfrió)}, 12 \text{ s (encaliente)}$

## C.6. Comprobación validez del motor

Para realizar esta comprobación, hay que comprobar si el tiempo de arranque es inferior al tiempo de rotor bloqueado, tanto en frío como en caliente.

### C.6.1. Par de inercia disponible

$$T_{arranque,M} = \frac{T_{motor} + T_{inercia}}{\eta_M} \quad (25)$$

De esta ecuación se saca el par de inercia  $T_{inercia}$ , lo demás es conocido a excepción del rendimiento del motor. Para calcularlo, se sabe que la potencia útil requerida es de  $9,60 \text{ kW}$ , y que la potencia nominal del motor es de  $11 \text{ kW}$ , esto significa que el motor estará trabajando al  $87,20\%$  de su capacidad. Tomando el catálogo del motor:

- $75\%$  de capacidad —  $90,20\%$  de rendimiento.
- $100\%$  de capacidad —  $89,80\%$  de rendimiento.

Interpolando, se saca que el rendimiento  $\eta_M$  para el  $85,82\%$  de la capacidad del motor es igual a  $90,03\%$ .

A partir de la ecuación 25:

$$143 = \frac{62,32 + T_{inercia}}{0,9003}$$
$$T_{inercia} = 66,43 \text{ N} * m$$

### C.6.2. Inercia equivalente

A continuación, se calcula la inercia equivalente en el eje del motor a causa de todas las inercias del sistema.

$$I_{equivalente} = I_{eje,motor} + I_{caja,1} + \frac{I_{caja,2} * 2}{i_{caja,1/motor}^2} + \frac{I_{husillo} * 2}{i_{caja,1/motor}^2} + \frac{I_{masa}}{i_{caja,1/motor}} \quad (26)$$

$$- I_{eje,motor} = 0,1048 \text{ kg} * m^2$$

$$- I_{caja,1} = 0,00245 \text{ kg} * m^2$$

$$- I_{caja,2} = 0,00125 \text{ kg} * m^2$$

$$I_{husillo} = \frac{Masa \text{ del husillo} * Radio \text{ del husillo}^2}{2} = \frac{12,527 \text{ 0,02}^2}{2} = 0,0025 \text{ kg} * m^2$$

$$I_{masa} = \frac{Masa \text{ a mover} * Avance \text{ del husillo}^2}{4 * \pi^2} = \frac{15000 * (8 * 10^{-3})^2}{4 * \pi^2} = 0,02432 \text{ kg} * m^2$$

A partir de la ecuación 26:

$$I_{equivalente} = 0,1048 + 0,00245 + \frac{0,00125 * 2}{4^2} + \frac{0,0025 * 2}{4^2} + \frac{0,02432}{4^2} = 0,10924 \text{ kg} * m^2$$

### C.6.3. Tiempo de arranque

Por último, se comprueba si el tiempo de arranque es inferior al tiempo de rotor bloqueado que indica el catálogo del moto. Para ello, calculamos la aceleración angular del motor en el arranque mediante la ecuación 28

$$M_{inercia} = I_{equivalente} * \alpha \quad (27)$$

$$66,43 = 0,10924 * \alpha$$

$$\alpha = 608,11 \text{ rad/s}^2$$

Para calcular el tiempo de arranque se hace el cociente de la velocidad angular nominal del motor  $w$ , partido de la aceleración angular en el arranque  $\alpha$ .

$$t_{arranque} = \frac{\omega}{\alpha} \quad (28)$$

$$t_{arranque} = \frac{1470 * \frac{2*\pi}{60}}{608,11} = 0,2531 \text{ s} < 12 \text{ s} = \textit{Tiempo de rotor bloqueado en caliente}$$

Por tanto, el motor es válido para el mecanismo estudiado.

## D. Selección de rodamientos

Para calcular los rodamientos necesarios para sujetar el husillo, se realiza un estudio analítico de cargas en los apoyos. Posteriormente, se selecciona el tipo de rodamientos más adecuado en función de las cargas y se toma el catálogo que indica los parámetros a valorar para seleccionar de forma adecuada las características del rodamiento.

### D.1. Cálculo de carga

Como se aprecia en la **FIGURA**, se trata de un sistema simétrico en el eje OY, esto permite simplificar el sistema y los cálculos.

Equilibrio de fuerzas radiales:  $\sum$  Fuerzas radiales = 0

$$F_{r,A} + F_{r,C} = 0 \quad (29)$$

Equilibrio de fuerzas axiales:  $\sum$  Fuerzas axiales = 0

$$F_{a,A} = 163500 * 0,45 = 73575 \text{ N} = 73,575 \text{ kN} = F_a \quad (30)$$

Para calcular las fuerzar radiales, se realiza equilibrio de momentos en el eje OZ del apoyo A:  $\sum$  Momentos en el eje OZ = 0

$$F_{r,C} * 1,4 = 163500 * 0,45 * 0,31 = 16291,61 = 16,291 \text{ kN} = F_r \quad (31)$$

### D.2. Cálculo de la duración de los rodamientos

A continuación se calcula el tiempo de vida aproximado de los rodamientos. Se va a tener en cuenta una duración de 10 años de la máquina, y que se realizará un total de 30 ciclos de compactación completos al día.

$$L_h = \frac{10 \text{ años} * 365 \text{ días/año} * 30 \text{ ciclos/día} * 48 \text{ s/ciclo}}{60 \text{ s/min} * 60 \text{ min/h}} = 1460 \text{ h} \quad (32)$$

Se redondea a 1500 h.

$$L = \frac{L_h * n * 60}{10^6} \quad (33)$$

Considerando que el husillo gira a  $n = 367,5 \text{ rpm}$ , y mediante la ecuación 33:

$$L = \frac{1500 * 367,5 * 60}{10^6} = 22,05 \text{ millones de vueltas}$$

### D.3. Carga dinámica: rodamientos superiores

Se va a seleccionar rodamiento de rodillos cónicos ajustados. Más concretamente el rodamiento 32310B, se pondrán dos rodamientos de este tipo en posición O. El rodamiento cuenta con las siguientes características:

- Diámetro interior:  $d = 50 \text{ mm}$
- Coeficiente de determinación de expresión para cálculo de capacidad de carga dinámica:  $e = 0,55$
- Parámetro para cálculo de capacidad de carga dinámica:  $Y = 1,1$
- Capacidad de carga dinámica:  $C_{catálogo} = 166 \text{ kN}$
- Capacidad de carga estática:  $C_0 = 224 \text{ kN}$

Seguidamente, se calcula si el conjunto de rodamientos seleccionados cumplen la carga dinámica a la que se ven sometidos. Para ello, se usan las indicaciones del catálogo.

$$Cociente = \frac{F_a}{F_r} = \frac{73575}{16291,61} = 4,52 \quad (34)$$

Siguiendo con las indicaciones del catálogo se comprueba que:

$$\frac{F_a}{F_r} > e$$

Por tanto, la carga dinámica se calcula con la siguiente expresión:

$$P = (0,4 * F_r) + (Y * F_a) = (0,67 * 16,291) + (1,1 * 73,575) = 91,85 \text{ kN} \quad (35)$$

A continuación calculamos que es la capacidad de carga dinámica:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^a \quad (36)$$

Debido al tipo de rodamiento seleccionado, tipo cónico  $a = \frac{10}{3}$

$$33,075 = \left(\frac{C}{91,85}\right)^{\left(\frac{10}{3}\right)} / C = 262,38 \text{ kN}$$

Se calcula  $C_{max}$  de acuerdo a lo establecido en el catálogo:

$$C_{max} = 1,715 * C_{catálogo} = 1,715 * 166 = 284,69 \text{ kN}$$

Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos, la capacidad de carga dinámica a la que se ve sometido el conjunto de rodamientos superiores es menor a la capacidad de carga que puede soportar.

#### D.4. Carga estática: rodamientos superiores

El cálculo de la carga estática se realiza mediante la siguiente expresión:

$$C_0 = P_0 * K \quad (37)$$

Donde la carga estática  $P_0$ , se calcula de la siguiente manera

$$P_0 = (F_r) + (2 * Y_0 * F_a) = (16, 291) + (2 * 0, 6 * 73, 575) = 104, 58 \text{ kN} \quad (38)$$

Debido a las cargas elevadas

$$K = 2, 5$$

Por lo tanto, utilizando la ecuación (37):

$$C_0 = 104, 58 * 2, 5 = 261, 45 \text{ kN}] C_{0,eq} = C_{0,catalogo} * 2 = 224 * 2 = 448 \text{ kN} \quad (39)$$

Se comprueba que la capacidad de carga estática a la que va a estar sometido el conjunto de rodamientos superiores es menor que la capacidad que puede soportar, según el catálogo.

#### D.5. Carga dinámica: rodamientos inferiores

Se va a seleccionar rodamiento de rodillos cónicos ajustados. Más concretamente el rodamiento 32005X, se pondrán dos rodamientos de este tipo en posición O, además cuenta con las siguientes características:

- Diámetro interior  $d = 25 \text{ mm}$
- $Y = 0$

$$P = F_r + 1, 12 * Y * F_a = 16291, 61 \text{ N} = 16, 291 \text{ kN} \quad (40)$$

Siguiendo con las indicaciones del catálogo se comprueba que:

$$\frac{F_a}{F_r} = 0 < e$$

A continuación se calcula la capacidad de carga dinámica,

$$11, 025 = \left( \frac{C}{16, 29} \right) \left( \frac{10}{3} \right) \quad (41)$$

$$C = 33,47 \text{ kN} \quad (42)$$

$C_{max}$  según el catálogo:

$$C_{max} = 1,715 * C_{catálogo} = 1,715 * 26,5 = 45,45 \text{ kN}$$

Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos, la capacidad de carga dinámica a la que se ve sometido el conjunto de rodamientos inferiores es menor a la capacidad de carga que puede soportar.

## D.6. Carga estática: rodamientos inferiores

El cálculo de la carga estática se realiza mediante la siguiente expresión:

$$C_0 = P_0 * K \quad (43)$$

Donde la carga estática  $P_0$ , se calcula de la siguiente manera

$$P_0 = (F_r) + (2 * Y_0 * F_a) = 16,291 \text{ kN} \quad (44)$$

Debido a las cargas elevadas

$$K = 2,5$$

entonces,

$$C_0 = 16,291 * 2,5 = 40,72 \text{ kN}$$

$$C_{0,eq} = C_{0,catálogo} * 2 = 34 * 2 = 68 \text{ kN} \quad (45)$$

Se comprueba que la capacidad de carga estática a la que va a estar sometido el conjunto de rodamientos inferiores es menor que la capacidad que puede soportar, según el catálogo.

## E. Sistema eléctrico

El control de la compactadora de cartón se realiza mediante un sistema eléctrico. En el presente anexo se detallan los componentes y el funcionamiento del sistema eléctrico integrado en la máquina, el cual permite un control preciso para garantizar la seguridad del usuario.

### E.1. Cálculo de corriente consumida por el motor

Para una correcta selección de los componentes eléctricos que se integran en el circuito interno se calculará la corriente demandada por el motor trifásico.

Para el cálculo se conocen los siguientes datos:

- $P_{nominal,motor} = 11 \text{ kW}$
- $U_{nominal,motor} = 400 \text{ V}$
- $\cos(\phi) = 0,85$
- $\eta = 0,898$

Potencia consumida por el motor:

$$P_{consumida} = \frac{P_{nominal,motor}}{\eta} = \frac{11 * 10^3}{0,898} = 12249,44 \text{ W} \quad (46)$$

Intensidad entrante al motor:

$$P_{consumida} = \sqrt{3} * U_{nominal} * I_{nominal,motor} * \cos(\phi) \quad (47)$$

entonces,

$$I_{nominal,motor} = \frac{12249,44}{\sqrt{3} * 400 * 0,85} = 20,8 \text{ A} \quad (48)$$

## E.2. Componentes y funcionamiento del sistema eléctrico

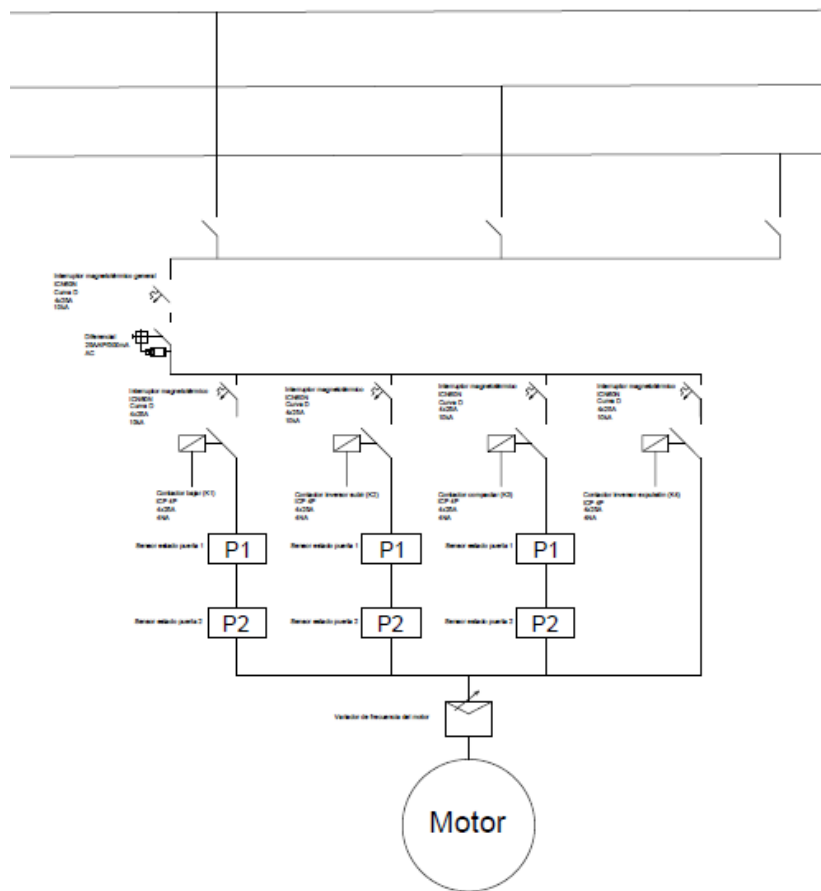


Figura 14: Esquema unifilar sistema eléctrico.

- **Diferencial:** Es un dispositivo destinado para la protección de la máquina. El interruptor diferencial mide continuamente la corriente de entrada y de salida del circuito, cuando este detecta una corriente superior a 300 mA, actúa desconectando el suministro eléctrico.
- **Interruptor magnetotérmico:** Es un componente diseñado para la seguridad de la instalación eléctrica y sus equipos. Cuando la corriente supera valores de 20 A se abre impidiendo el paso de la corriente, y con ello el funcionamiento de la máquina.
- **Contactor:** El contactor permite conectar y desconectar cargas eléctricas de potencia. Al activarse, la bobina interna se energiza y acciona los contactos principales, cerrando o abriendo el circuito, posibilitando la activación del motor.
- **Contactor inversor:** Es un sistema que se compone de dos contactores

interconectados que permiten cambiar el sentido de giro del motor, para que este pueda realizar las funciones de la compactadora. Cabe destacar, que por seguridad, los contactores inversores de este sistema llevan implementado un cerrojo mecánico, evitando así posibles cortocircuitos entre los contactores.

- **Sensor de puerta:** Destinado a representar el estado de las puertas existentes en la compactadora. Son dispositivos que detectan la condición física de un elemento, convirtiéndola en una señal eléctrica, que permitirá, o no, el paso de la corriente.
- **Variador de frecuencia:** El regulador de frecuencia gestiona la velocidad, el par y el arranque del motor, facilitando la mejor gestión y optimización del mismo. Está ajustado para que cuando el motor supere un límite fijado de par (130 %) corte la corriente para que el motor pare y no se queme. Esto se hace ajustando el umbral de corriente del variador.
- **Botones:** Activan los contactores habilitando el flujo de la corriente. La máquina lleva incorporada 5 botones:
  - Botón de bajada
  - Botón de subida
  - Botón de compactación
  - Botón de expulsión
  - Botón de emergencia
- **Fin de carrera:** Es un dispositivo electromecánico que detecta cuando un elemento móvil alcanza el límite de su recorrido. En este sistema se encuentran directamente conectados a los contactores, permitiendo la apertura de los mismos cuando se activa el fin de carrera correspondiente. Esta máquina consta de tres: superior, inferior y de compactación.

Una vez detallados los componentes que constituyen el circuito de la compactadora de cartón, se da paso a la explicación del funcionamiento interno.

Primero, se realiza el encendido de la prensa, cerrando los interruptores conectados a las líneas principales. Además, se debe considerar que tanto el diferencial como los interruptores magnetotérmicos son dispositivos normalmente cerrados a diferencia de los contactores, los cuales están normalmente abiertos. Por lo tanto, para el análisis del funcionamiento se tendrán en cuenta estos datos.

#### 1. Activación botón de bajada:

Cuando se pulsa el botón de bajada se cierra el contactor de bajada (k1), a continuación la corriente pasa a los dispositivos sensores de las puertas (P1 y P2), donde dependiendo de las condiciones en las que se encuentren la corriente podrá seguir avanzando, o no. En el caso de que ambas puertas estén cerradas, el motor se activará bajando la placa de compactación hasta el fin de carrera inferior.

#### 2. Activación botón de subida:

Cuando se pulsa el botón de subida se cierra el contactor inversor de subida (K2), a continuación la corriente pasa a los dispositivos sensores de las puertas (P1 y P2), donde dependiendo de las condiciones en las que se encuentren la corriente podrá seguir avanzando, o no. En el caso de que ambas puertas estén cerradas, el motor se activará subiendo la placa de compactación hasta el fin de carrera superior.

#### 3. Activación botón de compactación:

Cuando se pulsa el botón de compactación se cierra el contactor de bajada(K3), entonces la corriente pasa a los dispositivos sensores, donde dependiendo de las condiciones físicas de las puertas la corriente podrá seguir avanzando, o no. En caso de que ambas puertas estén cerradas el motor se acciona y la placa de compactación baja la mitad del recorrido total, dado que este circuito se encuentra regulado por un fin de carrera situado a 750 mm de la base, dando así forma a la bala de cartón.

#### 4. Activación botón de expulsión:

Cuando se pulsa el botón de expulsión se cierra el contactor inversor de subida(K4). Permitiendo la activación del motor para subir completamente la placa de compactación, bajo cualquier condición de las puertas. Esto se debe a que la compactadora se encuentra en modo expulsión de residuos, y por tanto las puertas deben estar abiertas, para que la bala pueda salir. El variador de frecuencia limitará la frecuencia que destina al motor para que se produzca un movimiento lento y controlado.

#### 5. Activación botón de emergencia:

El botón de emergencia está conectado a todos los contactores del circuito, lo cual permite que su accionamiento detenga el paso de la corriente por medio de la apertura de todos los contactores. Este botón está equipado con un sistema de bloqueo mecánico que el operario deberá manipular para anular el enclavamiento y poder volver a usar la máquina.

## F. Unión atornillada de la tuerca con la placa de presión

Una parte fundamental del sistema de transmisión es la unión entre la tuerca y la placa de compactación. Esto se debe a que la unión va a sufrir grandes esfuerzos que pueden comprometer el sistema. Los tornillos sufrirán esfuerzos axiales y torsores, el momento torsor supone cortadura al compactar el cartón, mientras que la carga axial solo trata de separar la unión cuando la *Placa de compactación* sube. Esta tiene una masa de 234,30 kg, que supone menos del 2% de la fuerza que va a ejercer la máquina. Por tanto se considera despreciable la carga axial.

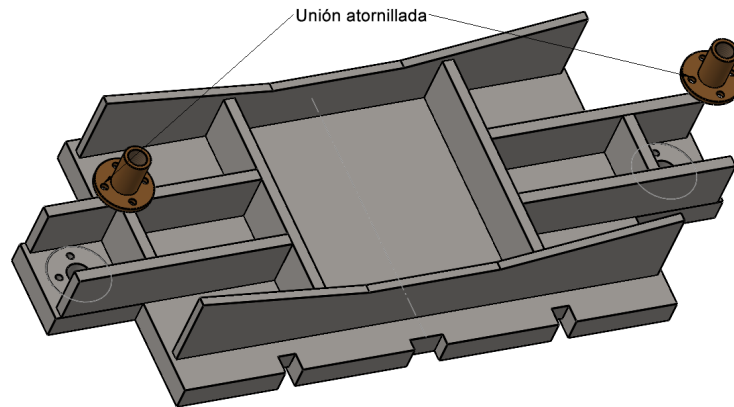


Figura 15: Tuerca.

En la Figura 16 se representa la distribución de la unión, la cual se va a realizar mediante tornillo - arandela - tuerca.

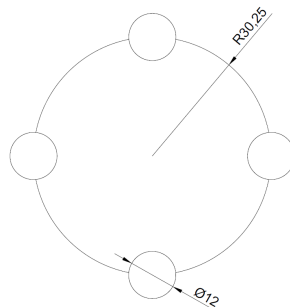


Figura 16: Esquema colocación de tornillos entre tuerca y placa de presión.

El conjunto de tornillos va a sufrir un momento torsor en cada tuerca de:

$$m_x = 122,14 \text{ Nm}$$

La fuerza resultante en cada tornillo debido a la torsión es de:

$$F_A'' = F_B'' = F_C'' = F_D'' = \frac{m_x * r}{4 * r^2} = \frac{122,14}{4 * 30,25 * 10^{-3}} = 1011,57 \text{ N} \quad (49)$$

Seguidamente, se calcula la tensión provocada a cada tornillo debido a la fuerza de torsión que sufren, para ello se usa la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F''}{n * A_r} \quad (50)$$

Donde  $A_r$  es el área resistente del tornillo, que se calcula mediante la expresión:

$$A_r = \pi * \left(\frac{d_{resistente}}{2}\right)^2 = \pi * \left(\frac{d_{nom} - 0,9381 * p}{2}\right)^2 = \pi * \left(\frac{12 - 0,9381 * 1,75}{2}\right)^2 = 84,26 \text{ mm}^2 \quad (51)$$

Por tanto, la tensión resultante en cada tornillo es igual: (Ecuación 50)

$$\tau = \frac{F''}{n * A_r} = \frac{1011,57}{1 * 84,26} = 12 \text{ MPa}$$

Se valora tornillería de calidad mínima 4,8, que soporta una tensión mínima de fluencia de 340  $\text{MPa}$ , según el catálogo se recomienda usar  $\sigma_{adm} = 272 \text{ MPa}$ .

$$C_{coef,seguridad} = \frac{\sigma/2}{\tau} = \frac{272/2}{12} = 11,3 \quad (52)$$

## G. Estudio experimental de la placa de compactación

El elemento más sensible a colapsar es la *Placa de compactación*, además también es el más complejo de estudiar por su geometría. Para poder estudiar el elemento de forma detallada y dar con un diseño que cumpla todas las especificaciones requeridas, se estudia mediante el programa de simulación 3D *SolidWorks*.

La *Placa de compactación* está hecha de acero S355JR, es un acero estructural al carbono de uso general definido en la norma UNE-EN 10025-2, ampliamente utilizado en estructuras y componentes mecánicos. Presenta un límite elástico mínimo de 355 MPa, junto con una buena resistencia a tracción y un módulo de elasticidad cercano a 210 GPa.

### G.1. Primer diseño

Se opta por un diseño sencillo, para comprobar como se desarrollan las tensiones, deformaciones y desplazamientos, y evaluar el coeficiente de seguridad con el que trabaja la pieza.

Este diseño tiene dimensiones de 900x500mm en la parte en contacto con el cartón, y cuenta con un espesor de 30mm. (Figura 17)

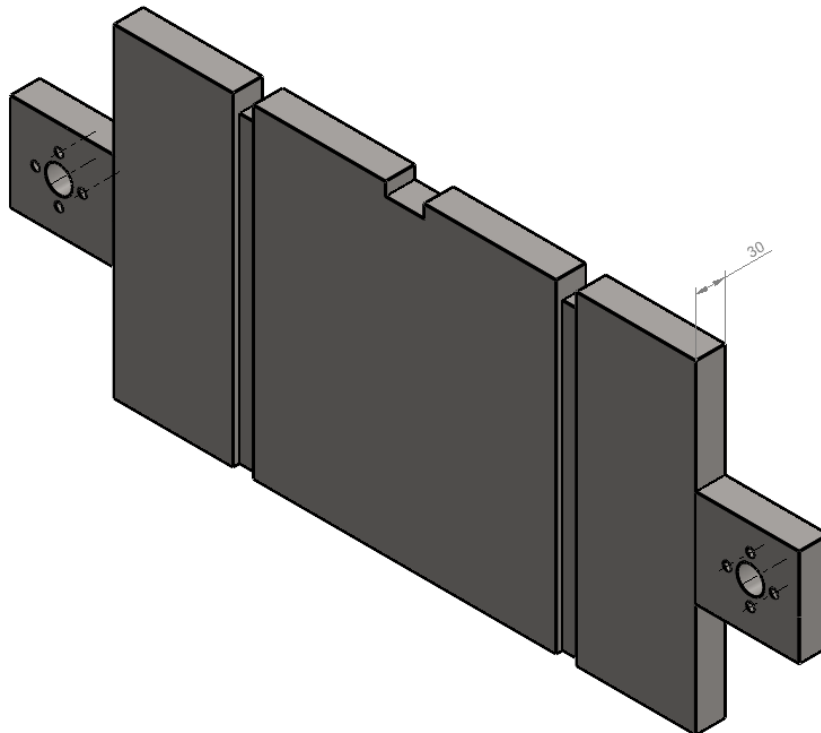


Figura 17: Diseño 1.

A la hora de hacer el estudio, se selecciona un estudio estático. Tal y como se muestra en la Figura 18, en los extremos de la parte superior, justo donde contacta con la *Tuerca*, se fijan como geometría fija, y en la parte inferior se aplica la presión de  $327 \text{ kPa}$ . Además se crea una malla fina estándar mediante triángulos.

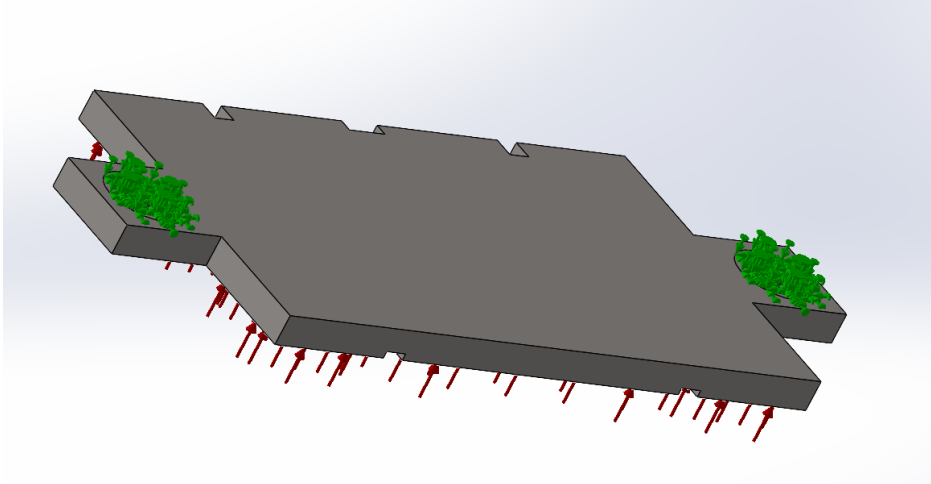


Figura 18: Parámetros del estudio 1.

### G.1.1. Tensión de Von Mises

El límite elástico del material es de  $275 \text{ MPa}$ , como se puede ver en la simulación, las zonas rojas superan el límite elástico  $813,8 \text{ MPa} > 275 \text{ MPa}$ , por lo que este diseño no cumple.

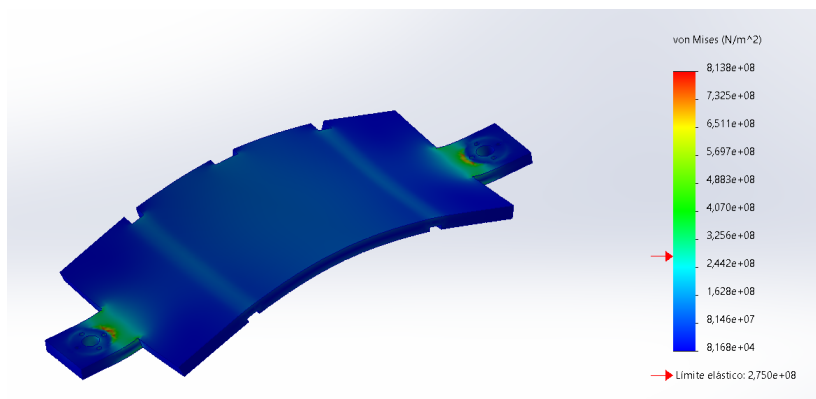


Figura 19: Tensión de Von Mises, diseño 1.

Dado que las tensiones superan el límite elástico, la pieza sufre una deformación plástica en la zona en la que se engancha la tuerca, tal y como se ve en la Figura 19, entonces no se realizan los estudios de deformación y desplazamiento, porque estos serían incorrectos.

### G.1.2. Factor de seguridad

Tal y como se aprecia en la simulación (Figura 20), el factor de seguridad mínimo de la pieza está por debajo del indicado por el pliego de condiciones,  $0,3379 < 1,5$ .

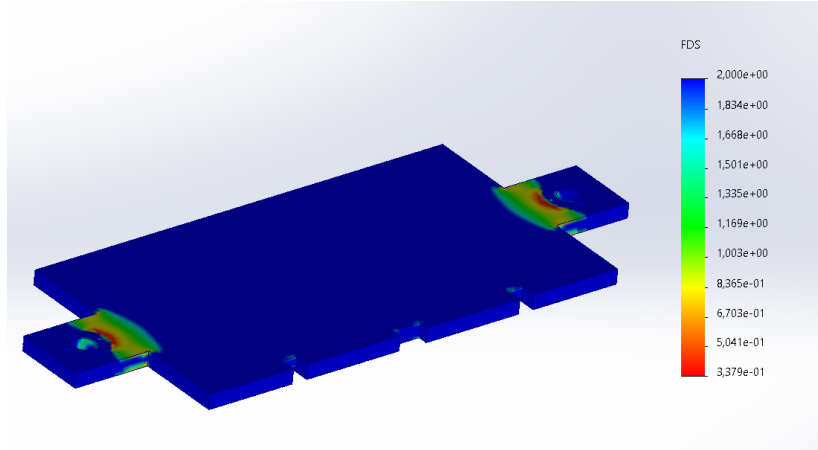


Figura 20: Factor de seguridad, diseño 1.

## G.2. Segundo diseño

Se opta por incrementar el espesor de la pieza anterior de 30mm a 40mm, para comprobar como se desarrollan las tensiones, deformaciones y desplazamientos, y evaluar el coeficiente de seguridad con el que trabaja la pieza.

Este diseño tiene dimensiones de 900x500mm en la parte en contacto con el cartón, y cuenta con un espesor de 40mm. (Figura 21

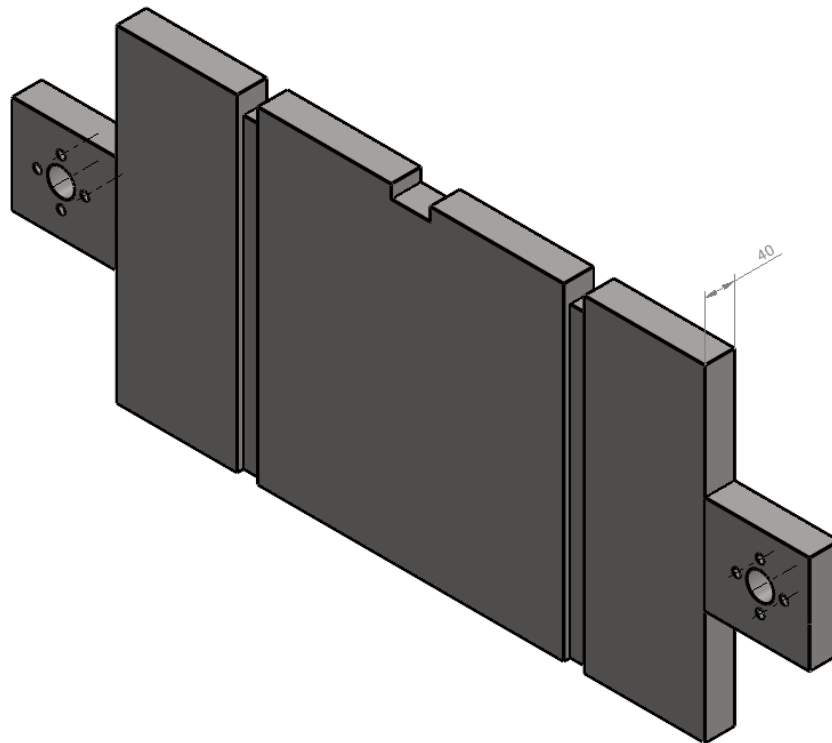


Figura 21: Diseño 2.

A la hora de hacer el estudio, se selecciona un estudio estático. Tal y como se muestra en la Figura 22, en los extremos de la parte superior, justo donde contacta con la *Tuerca*, se fijan como geometría fija, y en la parte inferior se aplica la presión de  $327\text{ kPa}$ . Además se crea una malla fina estándar mediante triángulos.

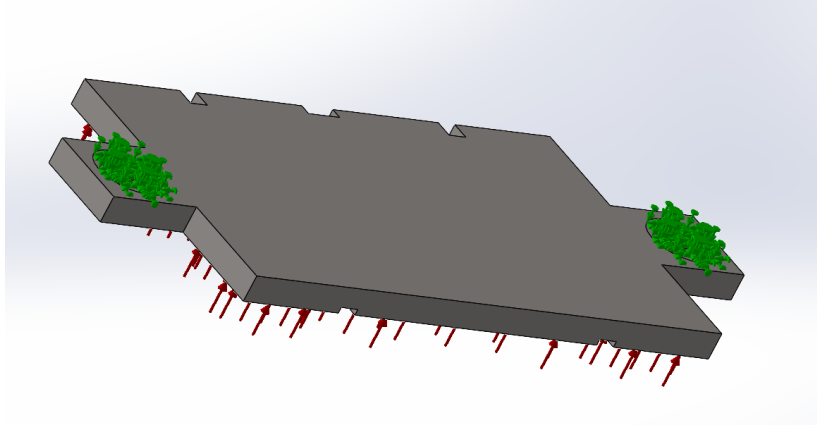


Figura 22: Parámetros del estudio 2.

### G.2.1. Tensión de Von Mises

El límite elástico del material es de  $275\text{ MPa}$ , como se puede ver en la simulación, las zonas rojas superan el límite elástico  $541,1\text{ MPa} > 275\text{ MPa}$ , por lo que este diseño no cumple. Aumentar el espesor, por si solo, no supone una mejora total del diseño.

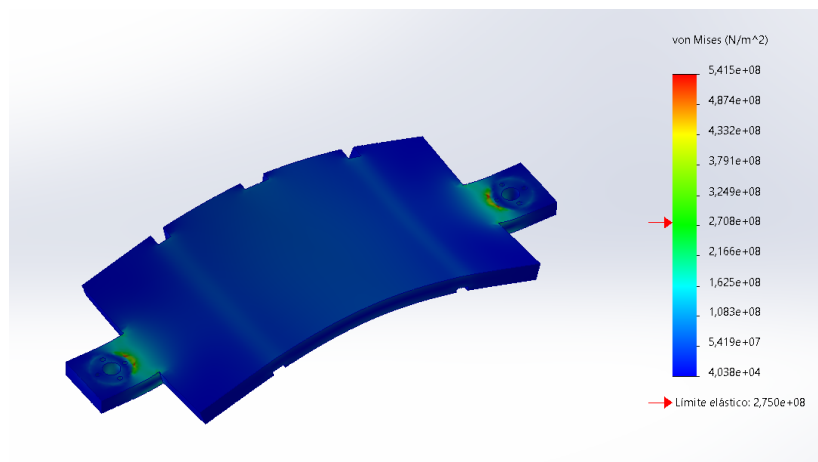


Figura 23: Tensión de Von Mises, diseño 2.

Dado que las tensiones superan el límite elástico, la pieza sufre una deformación plástica en la zona en la que se engancha la tuerca, tal y como se ve en la Figura 23, entonces no se realizan los estudios de deformación y desplazamiento, porque estos serían incorrectos.

### G.2.2. Factor de seguridad

Tal y como se aprecia en la simulación (Figura 24), el factor de seguridad mínimo de la pieza está por debajo del indicado por el pliego de condiciones,  $0,5078 < 1,5$ .

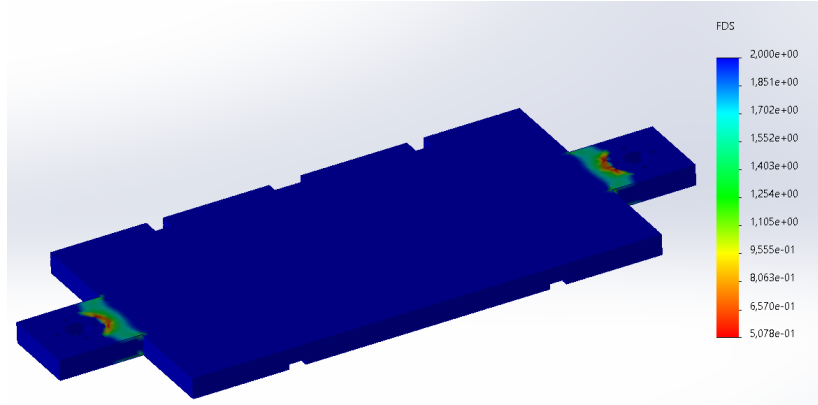


Figura 24: Factor de seguridad, diseño 2.

### G.3. Tercer diseño

Se opta por mantener el espesor de la pieza anterior, 40mm, además de crear una subestructura soldada encima de la *Placa de compactación*. Esto mejorará de forma muy eficaz el comportamiento mecánico de una pieza sin aumentar excesivamente el peso ni el material, debido a que está formado por nervios (Figura 25).

La subestructura está hecha para aumentar la rigidez y mejorar el reparto de tensiones. Con estas variaciones se pretende comprobar como se desarrollan las tensiones, deformaciones y desplazamientos, y evaluar el coeficiente de seguridad con el que trabaja la pieza.

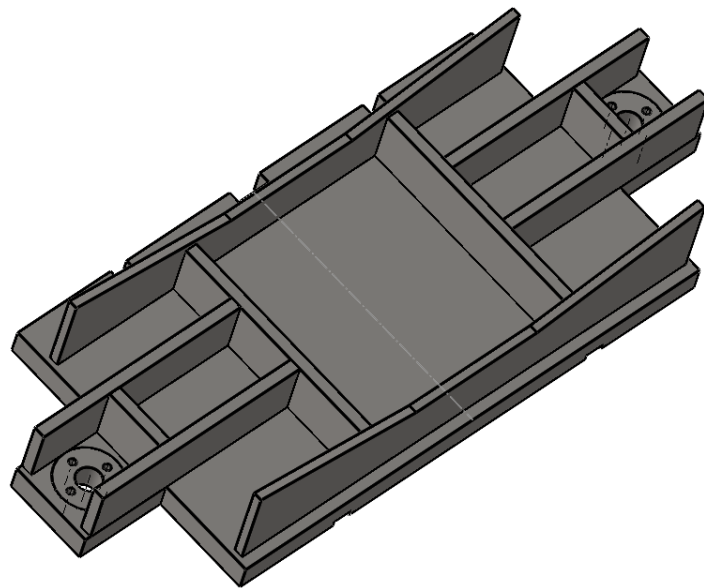


Figura 25: Diseño 3.

A la hora de hacer el estudio, se selecciona un estudio estático. Tal y como se muestra en la Figura 26, en los extremos de la parte superior, justo donde contacta con la *Tuerca*, se fijan como geometría fija, y en la parte inferior se aplica la presión de  $327\text{ kPa}$ . Además se crea una malla fina basada en curvatura de combinados, la más apropiada para ensamblajes, mediante triángulos.

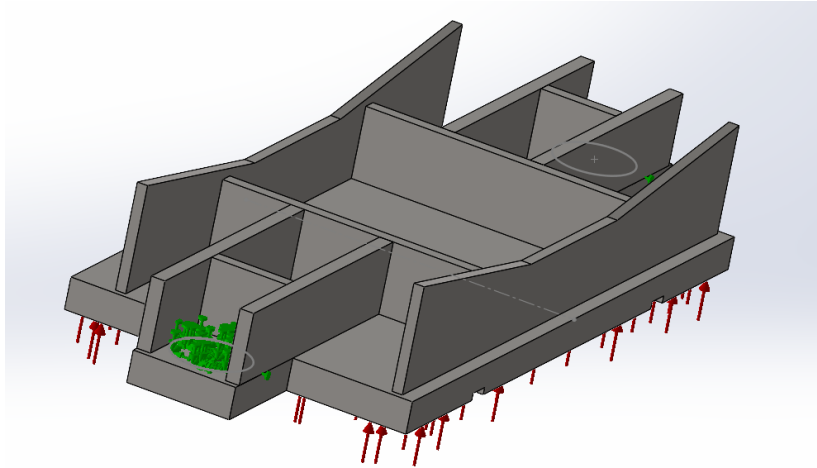


Figura 26: Parámetros del estudio 3.

### G.3.1. Tensión de Von Mises

El límite elástico del material es de  $275\text{ MPa}$ , como se puede ver en la simulación, las zonas rojas no superan el límite elástico  $174,8\text{ MPa} > 275\text{ MPa}$ , dado que todas las tensiones están por debajo del límite elástico del material, el diseño sí cumple.

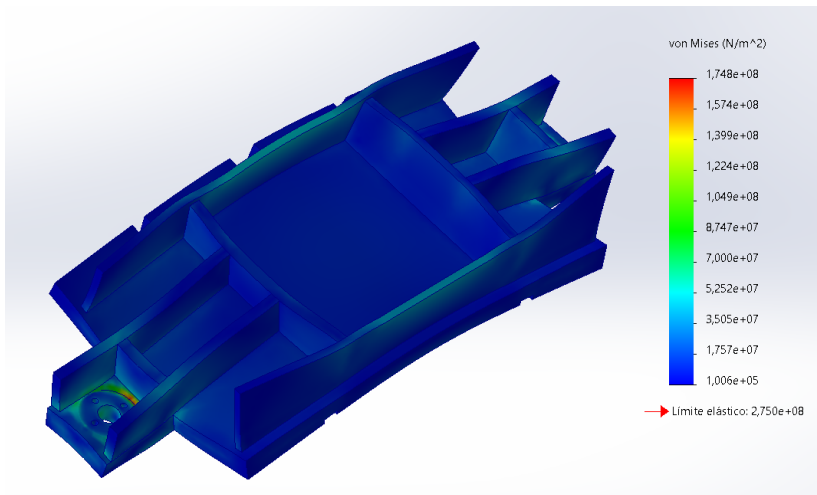


Figura 27: Tensión de Von Mises, diseño 3.

### G.3.2. Factor de seguridad

Tal y como se aprecia en la simulación (Figura 28), el factor de seguridad mínimo de la pieza está por debajo del indicado por el pliego de condiciones,  $1,573 < 1,5$ .

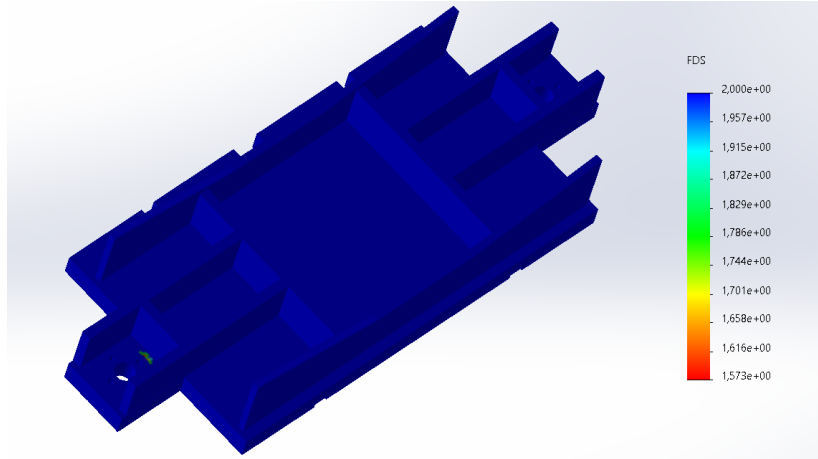


Figura 28: Factor de seguridad, diseño 3.

Dado que las tensiones están por debajo del límite elástico, se comprueba el comportamiento a rigidez de la pieza, estudiando los desplazamientos y deformaciones de la misma.

### G.3.3. Desplazamientos

Como se puede comprobar se producen desplazamientos de hasta  $0,2953 \text{ mm}$  que suponen menos del 1% del espesor, son desplazamientos muy bajos y despreciables.

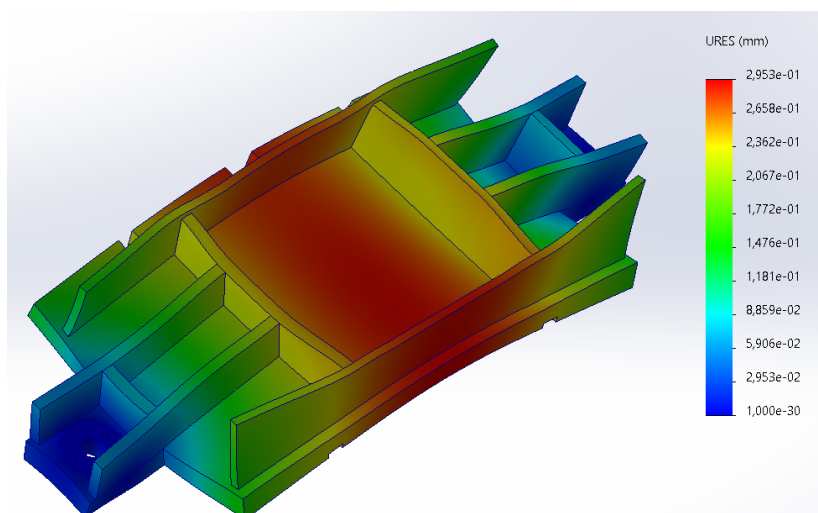


Figura 29: Desplazamientos, diseño 3.

### G.3.4. Deformaciones

Para comprobar si cumplen las deformaciones, hay que calcular la deformación admisible del material que compone la *Placa de compactación*.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_f}{C_s} \quad (53)$$

El S355JR tiene una tensión de fluencia de  $\sigma_f = 355 \text{ MPa}$ , y se toma un valor de coeficiente de seguridad de  $C_s = 1,5$  tal y como marca el pliego de condiciones.

$$\sigma_{adm} = \frac{355}{1,5} = 236,67 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{E} \quad (54)$$

$$\epsilon_{adm} = \frac{236,67/1,5}{210000} = 0,00113$$

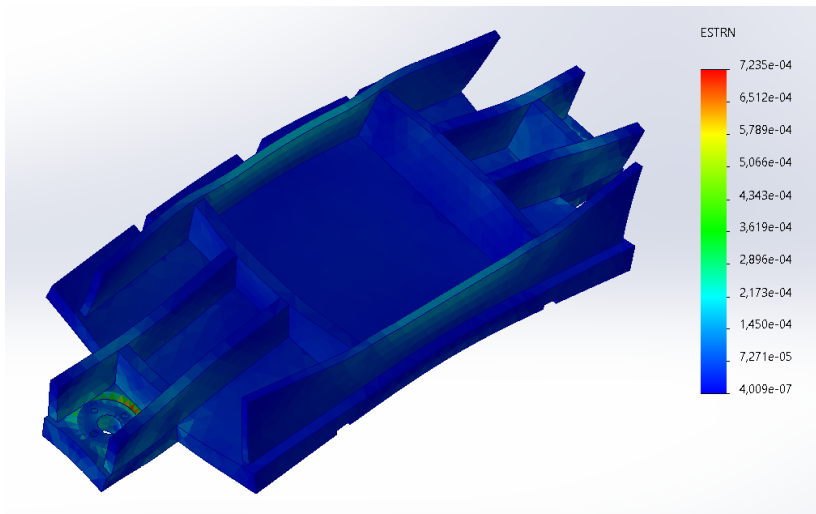


Figura 30: Deformaciones equivalentes, diseño 3.

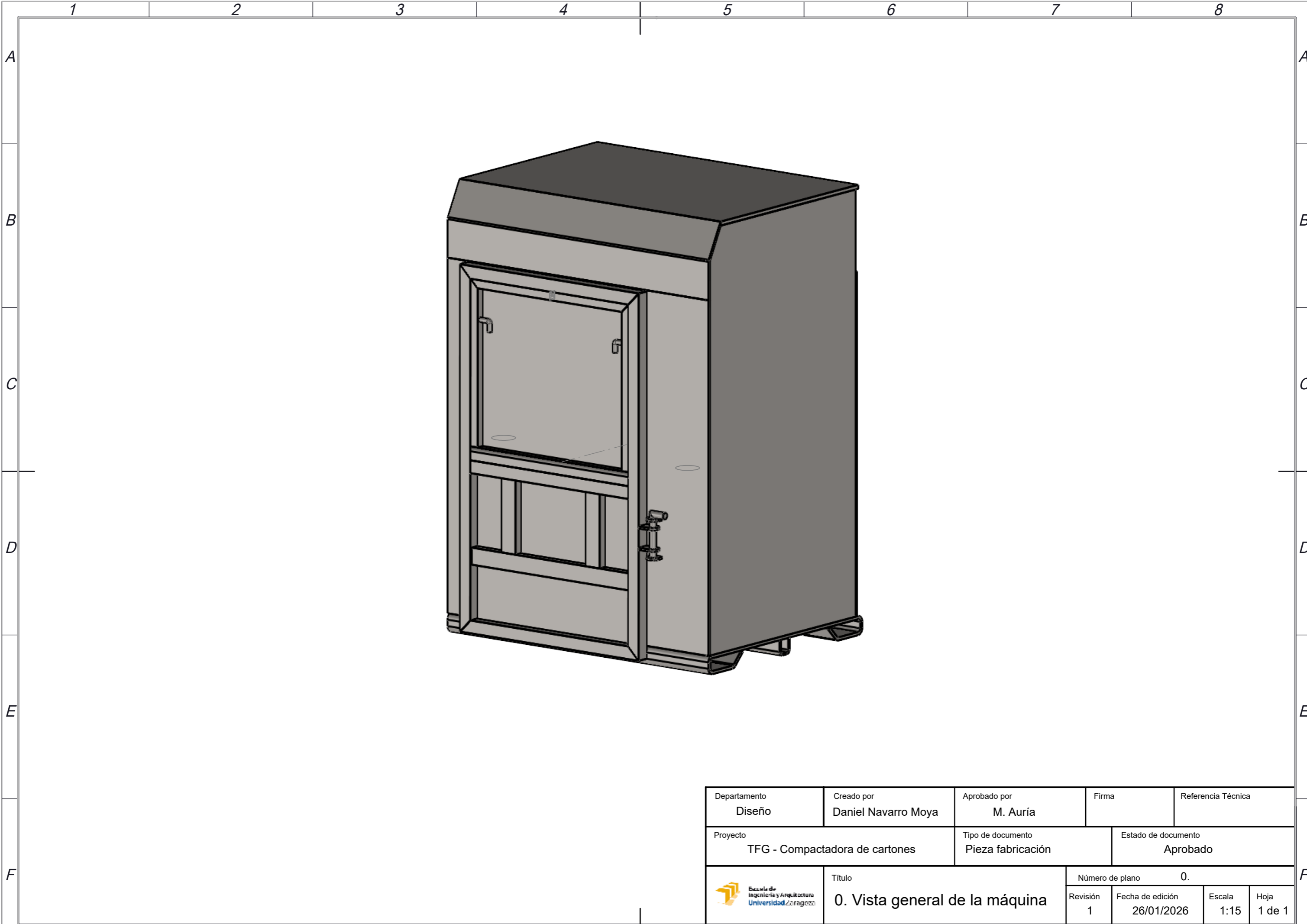
Como se ve en la Figura 30, en las zonas rojas la pieza sufre deformaciones de hasta  $0,0007234 < 0,0013$ , por tanto cumple a deformaciones.


# ÍNDICE PLANOS

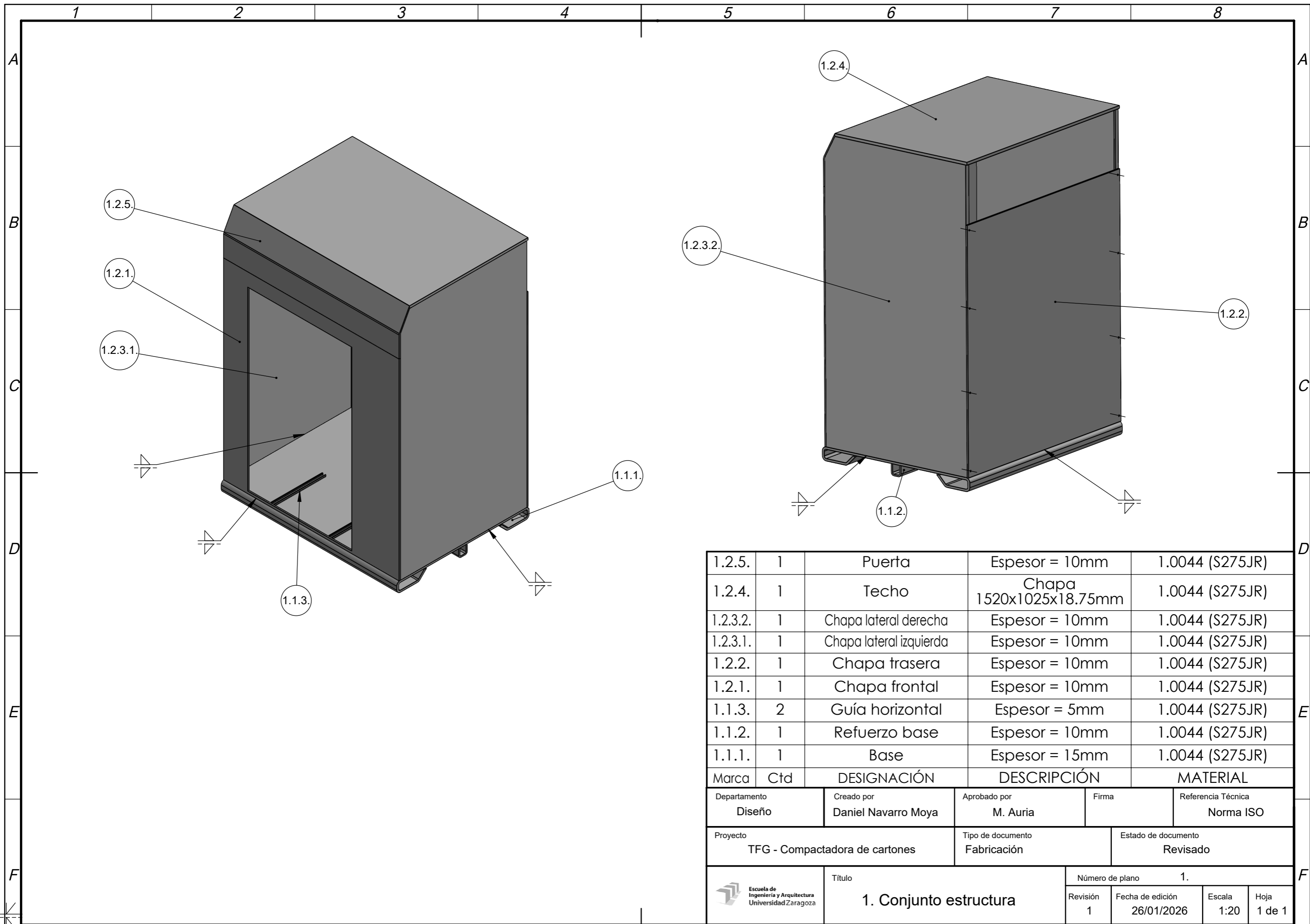
1. Conjunto estructura.....	1
1.1. Conjunto base y refuerzo.....	2
1.1.1. Base.....	3
1.1.2. Refuerzo base.....	4
1.1.3. Guía horizontal.....	5
1.1.4. Sujeción cincha base.....	6
1.2. Conjunto chapas exteriores.....	7
1.2.1. Pared frontal.....	8
1.2.2. Chapa trasera.....	9
1.2.3.1. Chapa lateral izquierda.....	10
1.2.3.2. Chapa lateral derecha.....	11
1.2.4. Chapa superior.....	
1.2.5. Puerta.....	12
2A Conjunto caja de compactación.....	13
2B. Posicionamiento caja de compactación.....	14
2.1. Conjunto pared trasera y guías.....	15
2.1.1. Pared trasera.....	16
2.1.2. Guía vertical.....	17
2.2. Tapa y soporte fleje.....	
2.2.1. Tapa.....	18
2.2.2. Soporte fleje.....	19
2.3. Paredes laterales.....	20
3. Compuerta.....	21
3.1. Conjunto compuerta superior.....	22
3.1.1. Placa superior fleje.....	23
3.1.2. Barra lateral.....	
3.1.3. Barra superior.....	
3.2. Conjunto compuerta inferior.....	24
3.2.1. Placa inferior.....	25
3.2.2. Listón lateral.....	
3.2.3. Listón superior e inferior.....	
3.2.4. Listón horizontal superior.....	
3.2.5. Listón horizontal inferior.....	
3.2.6. Listón vertical.....	
4. Mecanismo.....	26
4.1. Tuerca.....	27
4.2. Husillo.....	28
4.3. Placa de presión.....	29
5. Subestructura.....	30
5.1. Plataforma.....	31
5.2. Patas.....	
5.3. Uniones.....	
5.4. Sujeción cincha.....	32
6. Pomos.....	
6.1. Pomo compuerta superior.....	33

6.2. Compuerta inferior.....	
6.2.1. Cerradura compuerta.....	<b>34</b>
6.2.2. Cerradura chapa frontal.....	<b>35</b>
6.2.3. Pasador inferior.....	<b>36</b>

Los planos que no tienen número de página son elementos comerciales indicados en la lista de materiales.

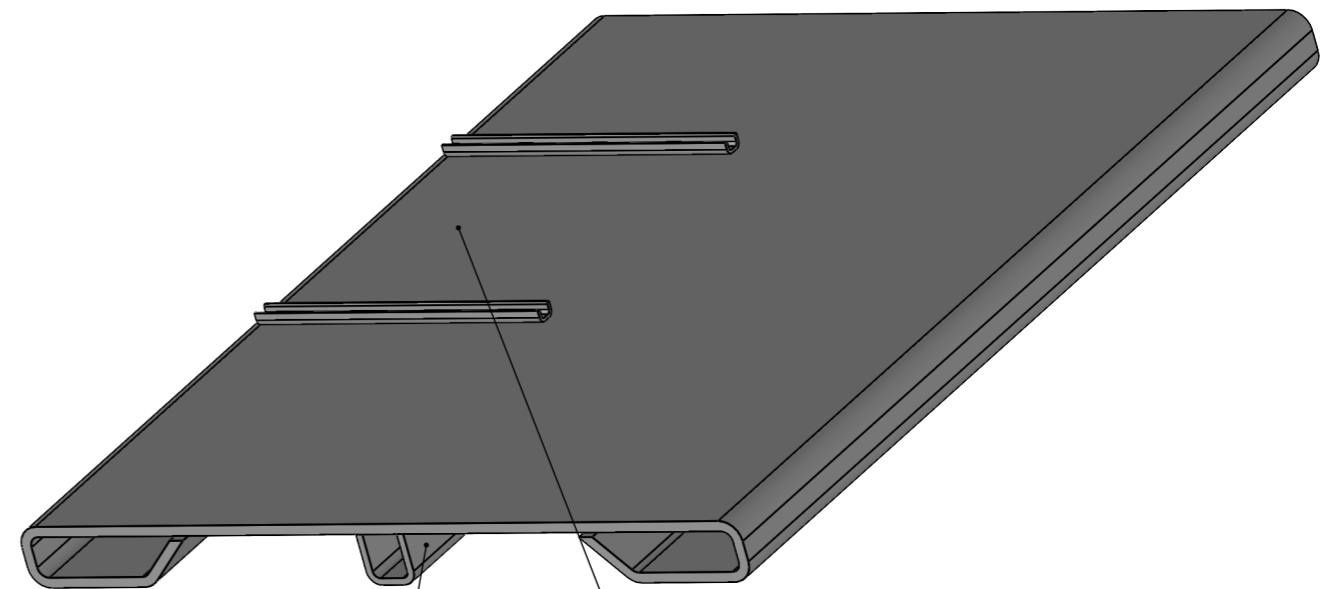
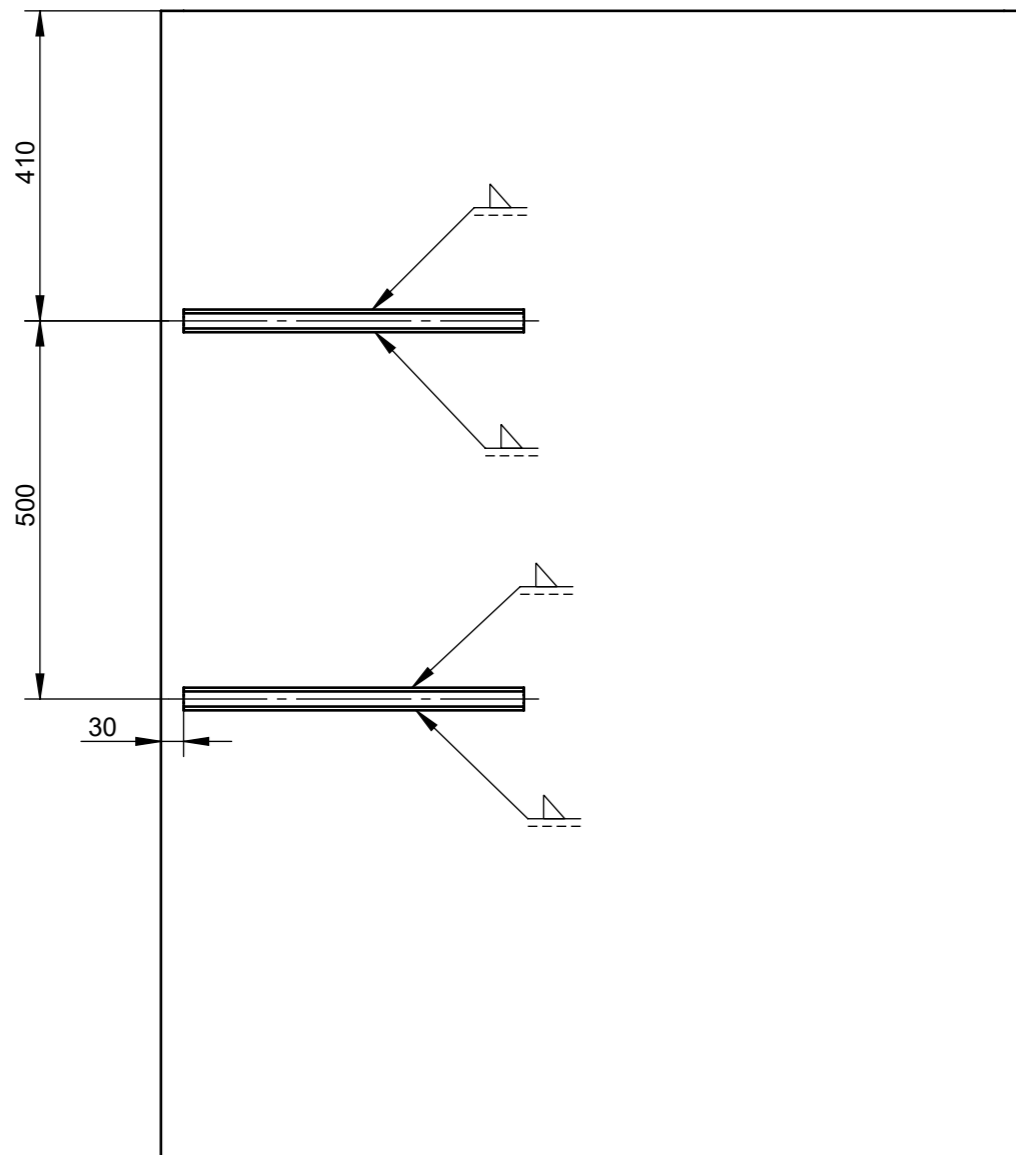
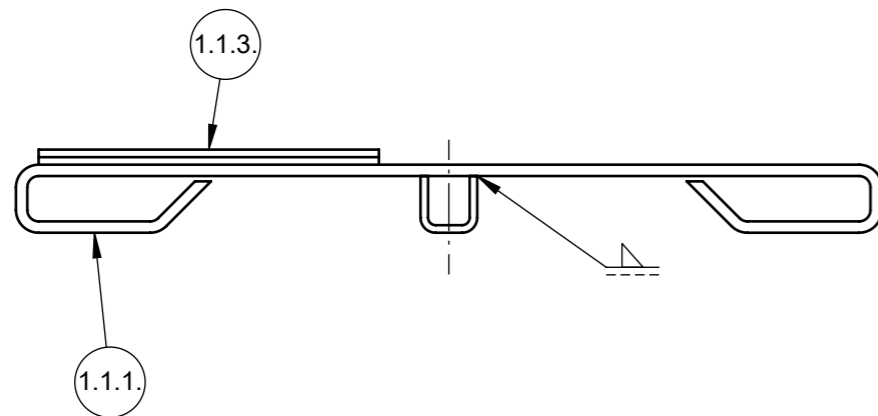


Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Pieza fabricación	Estado de documento Aprobado	
	Título 0. Vista general de la máquina		Número de plano 0.	
	Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:15	Hoja 1 de 1



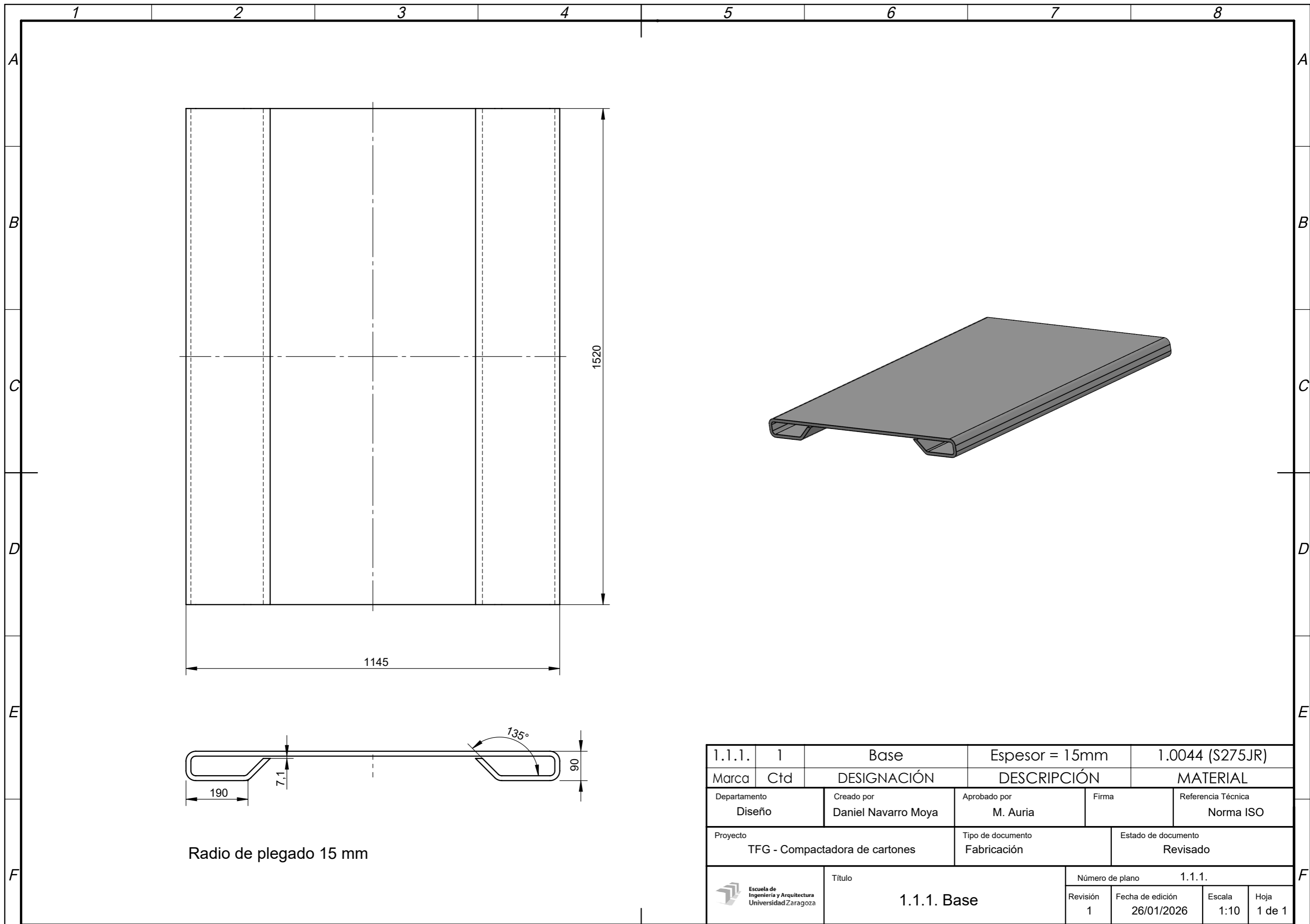
1.2.5.	1	Puerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.2.4.	1	Techo	Chapa 1520x1025x18.75mm	1.0044 (S275JR)
1.2.3.2.	1	Chapa lateral derecha	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.2.3.1.	1	Chapa lateral izquierda	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.2.2.	1	Chapa trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.2.1.	1	Chapa frontal	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.3.	2	Guía horizontal	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
1.1.2.	1	Refuerzo base	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.1.	1	Base	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)

Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado
		Título 1. Conjunto estructura		Número de plano 1.
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:20

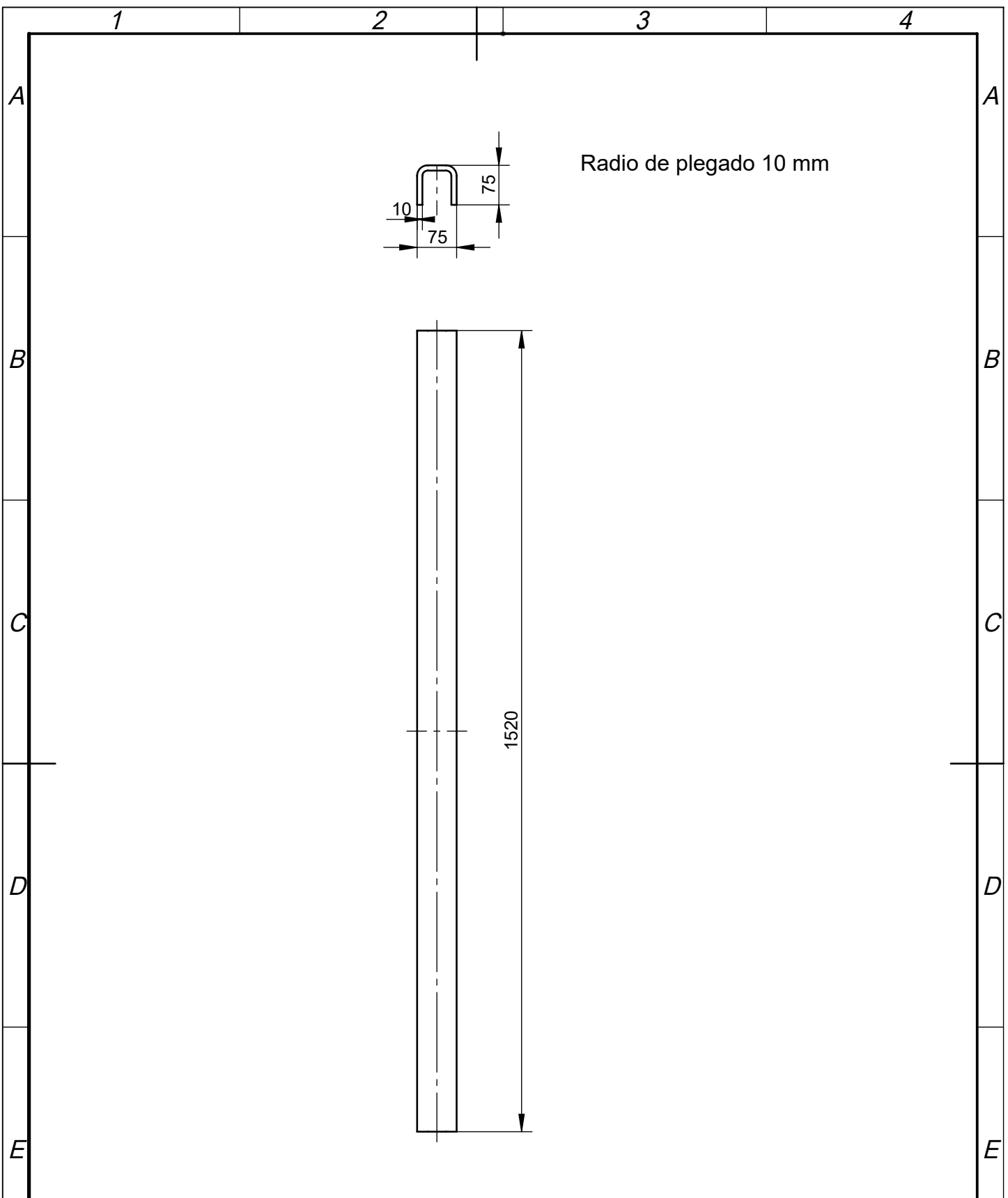



Soldar pieza "1.1.4. Sujeción cincha base" entre las dos "1.1.3. Guía horizontal" a una distancia del extremo de la "1.1.1. Base" de 80mm.

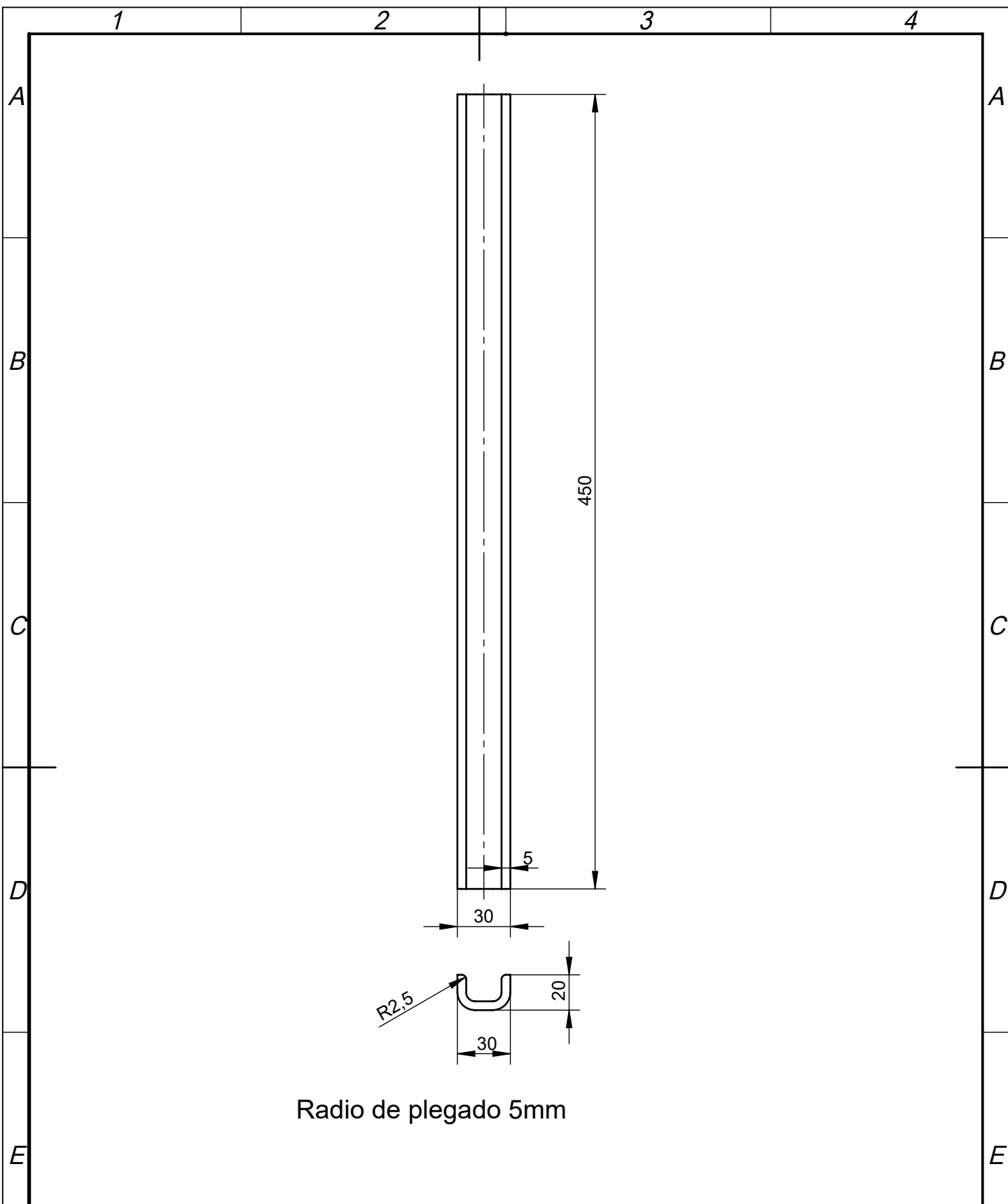
1.1.3.	2	Guía horizontal	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
1.1.2.	1	Refuerzo base	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.1.	1	Base	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
MARCA	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Plano de conjunto	Estado de documento Revisado
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 1.1. Conjunto base		Número de plano 1.1.
				Revisión 1



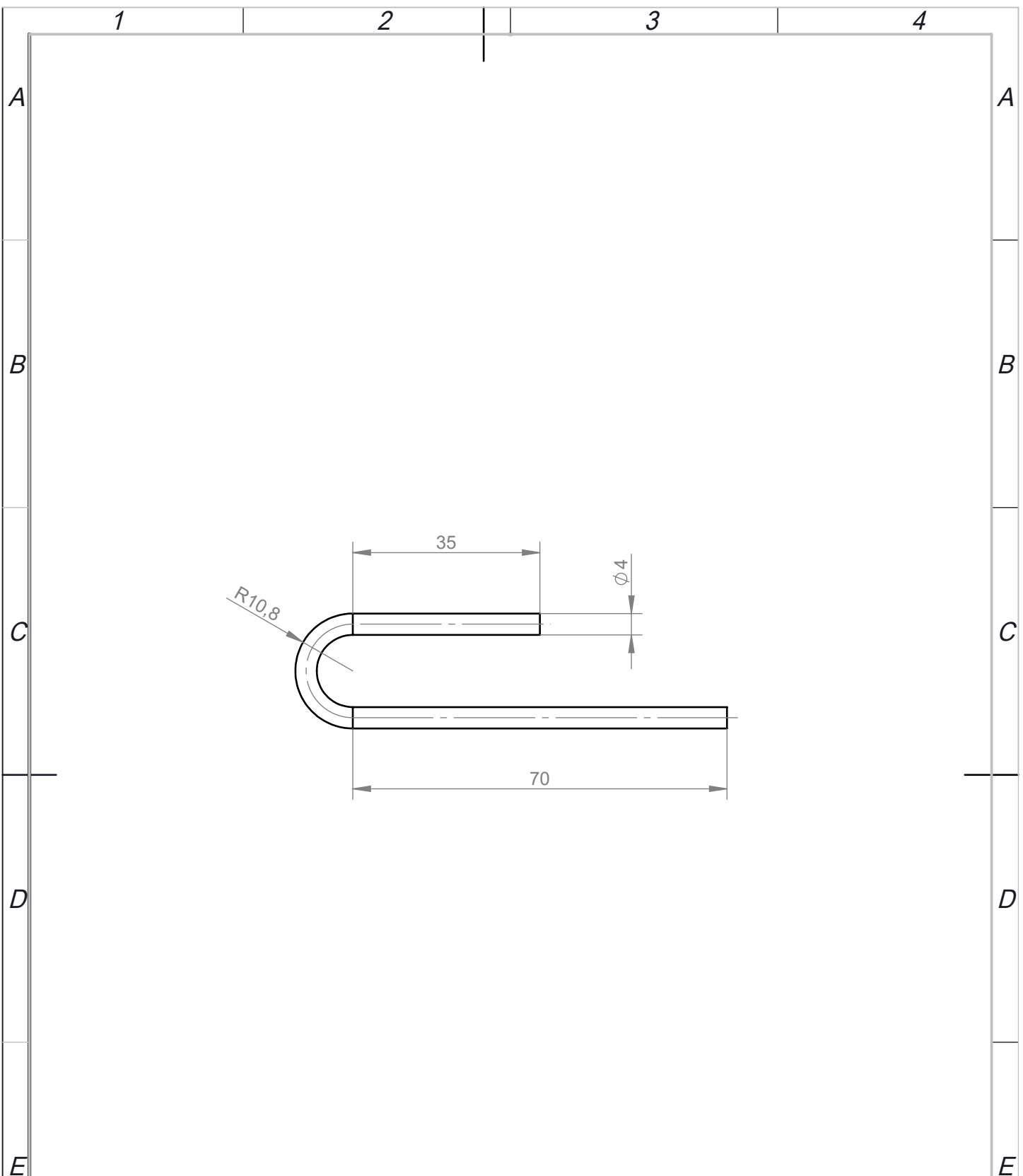
1.1.1.	1	Base	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título 1.1.1. Base		Número de plano 1.1.1.
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10



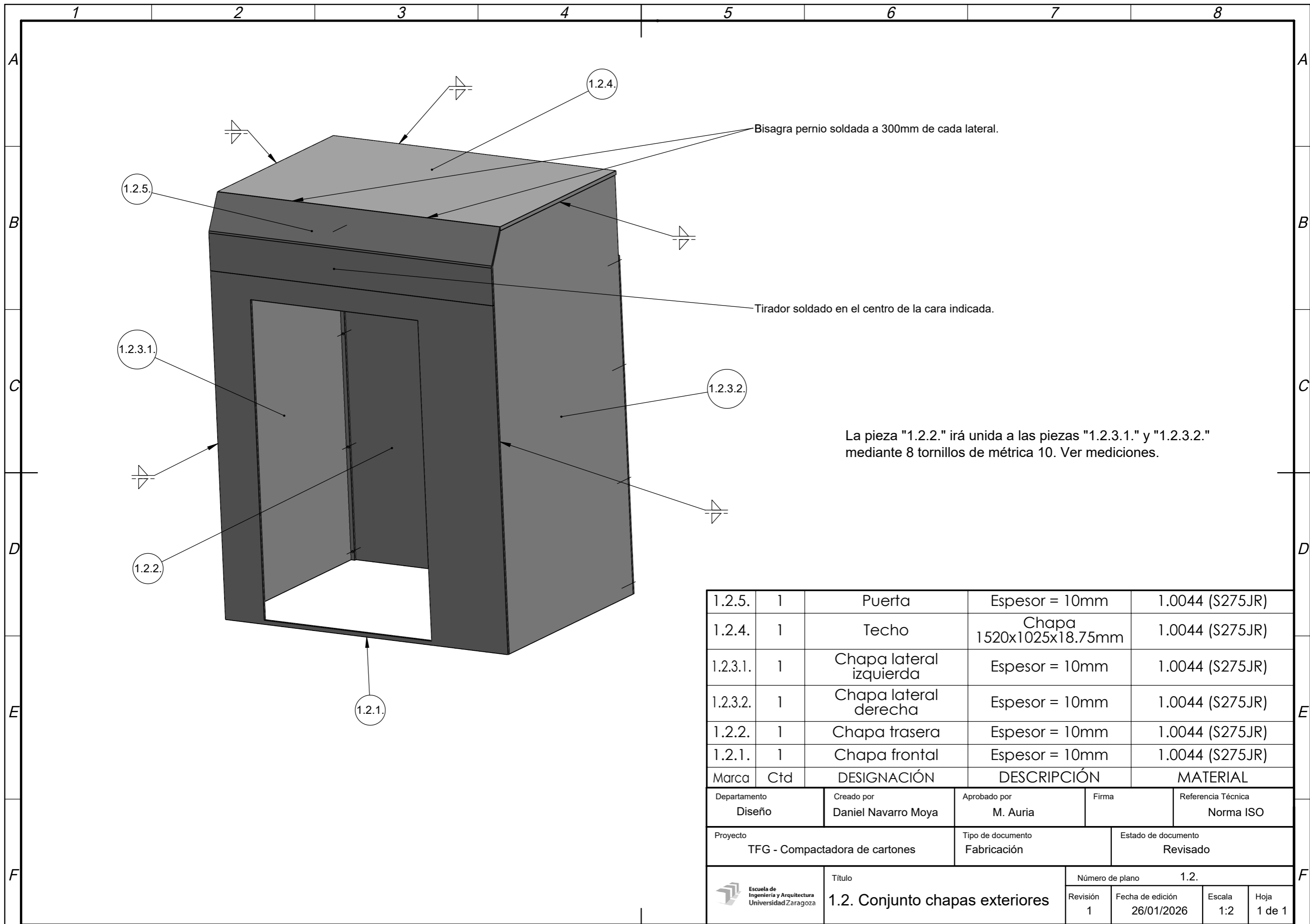
1.1.2.	1	Refuerzo base	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya		Aprobado por M. Auria	Firma
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
	Título 1.1.2. Refuerzo base		Número de plano 1.1.2.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



1.1.3.	2	Guía horizontal	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título <b>1.1.3. Guía vertical</b>		Número de plano 1.1.3.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



1.1.4.	1	Sujeción cincha base	Barra plegada $\varnothing 4$ mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Pieza fabricación	Estado de documento Aprobado	
		Título 1.1.4. Sujeción cincha base		Número de plano 1.1.4.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

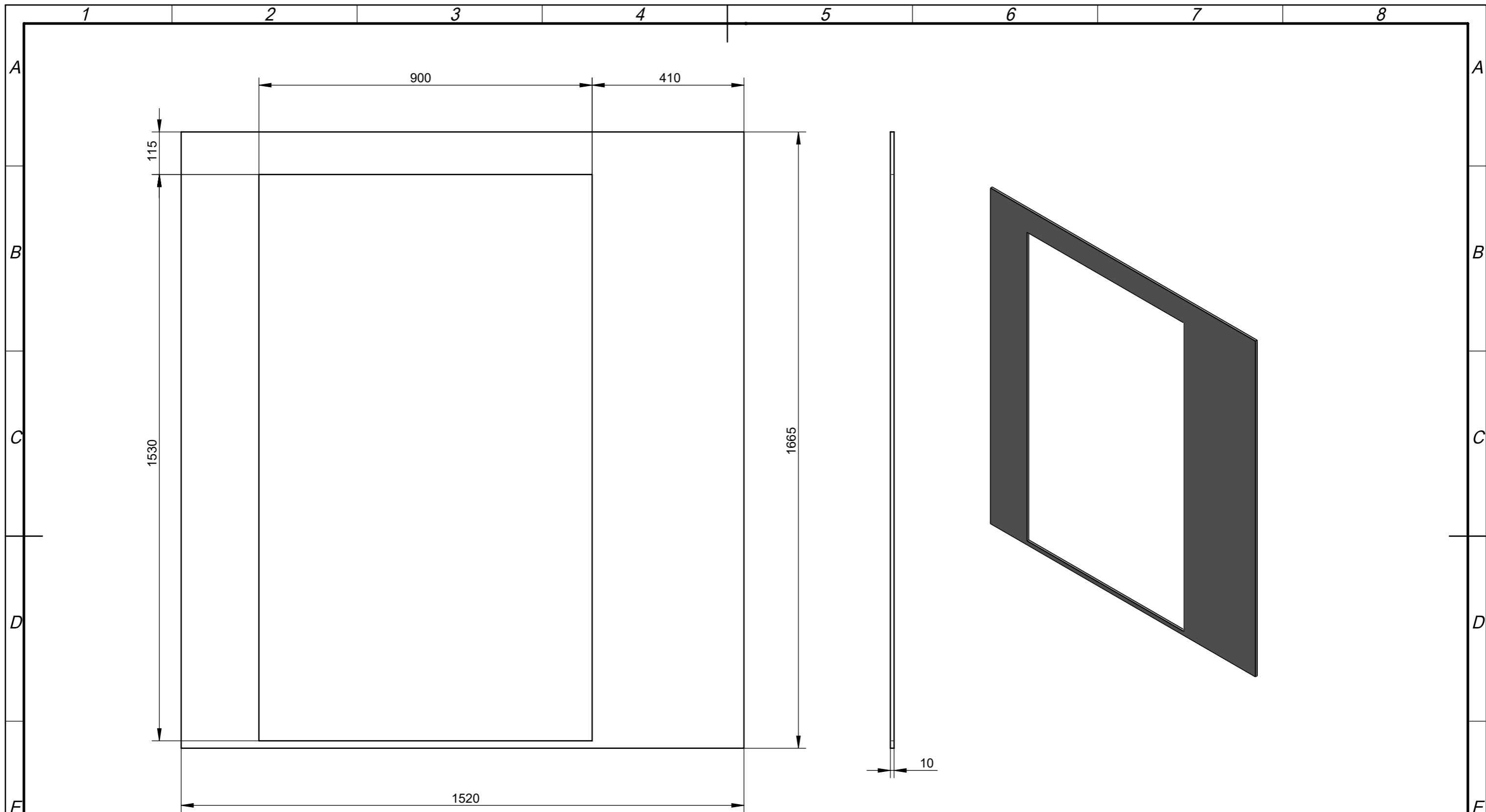


Bisagra pernio soldada a 300mm de cada lateral.

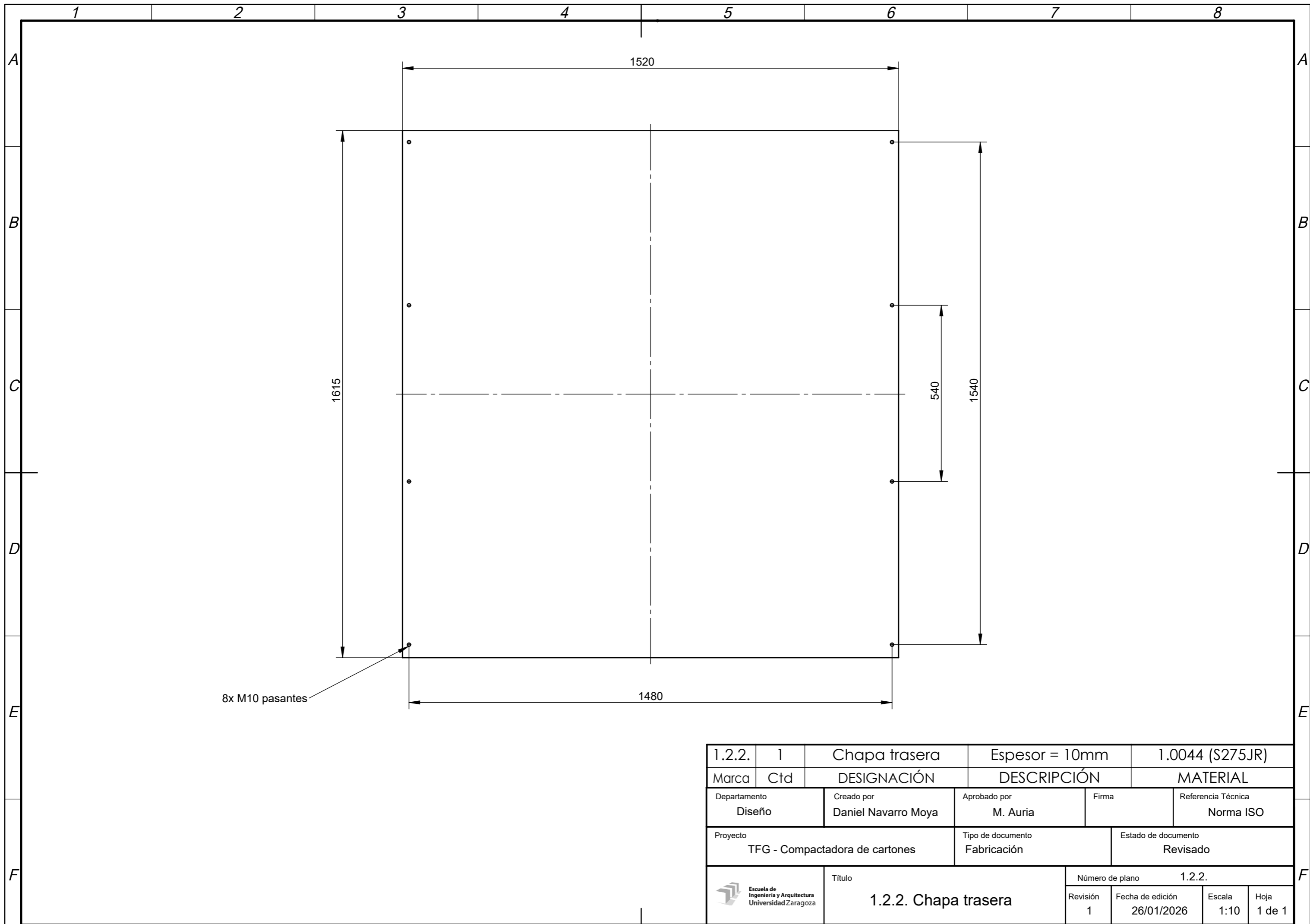
Tirador soldado en el centro de la cara indicada.

La pieza "1.2.2." irá unida a las piezas "1.2.3.1." y "1.2.3.2." mediante 8 tornillos de métrica 10. Ver mediciones.


1.2.5.	1	Puerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
1.2.4.	1	Techo	Chapa 1520x1025x18.75mm	1.0044 (S275JR)	
1.2.3.1.	1	Chapa lateral izquierda	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
1.2.3.2.	1	Chapa lateral derecha	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
1.2.2.	1	Chapa trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
1.2.1.	1	Chapa frontal	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado	
		Título 1.2. Conjunto chapas exteriores		Número de plano 1.2.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

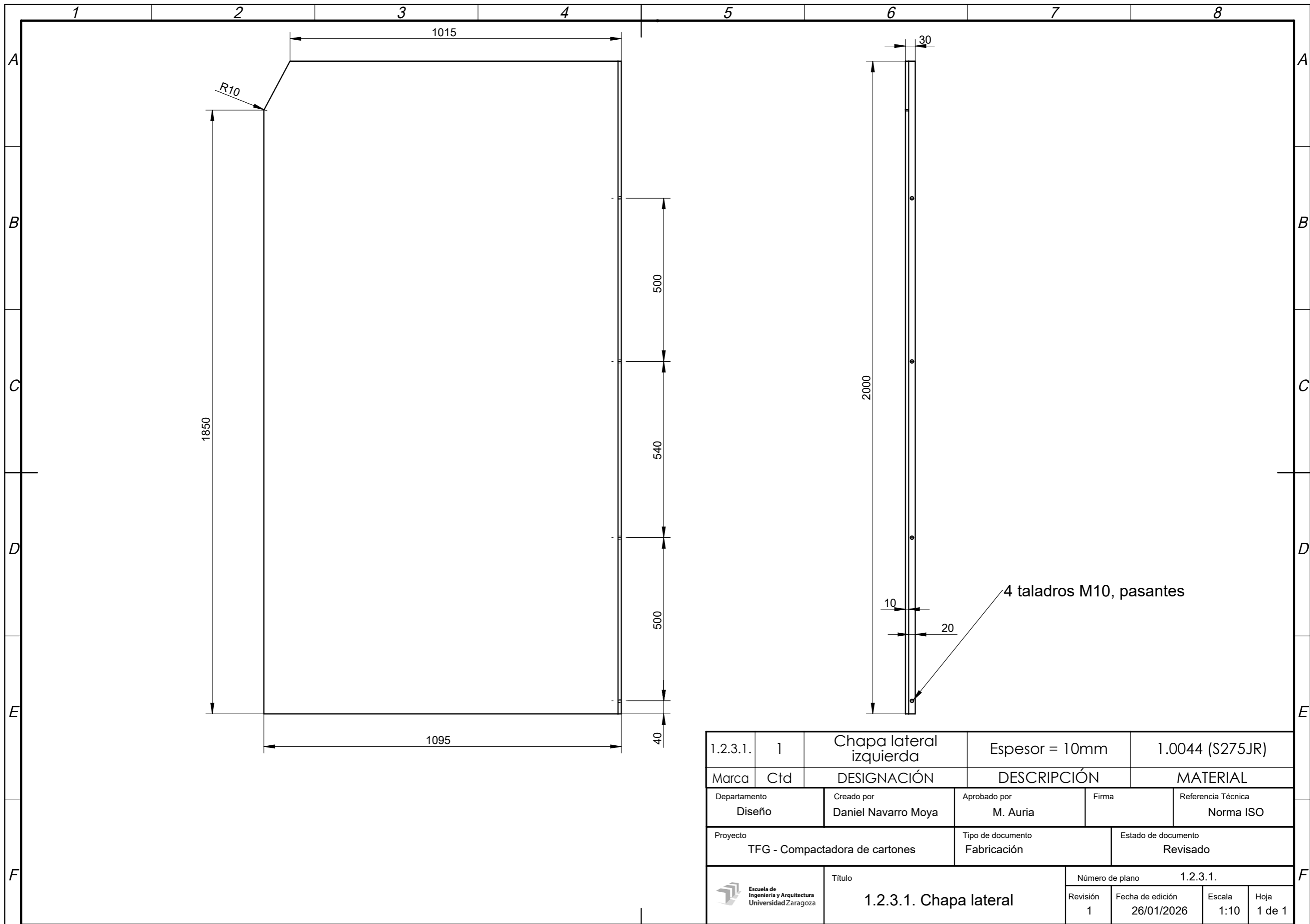


1.2.1.	1	Chapa frontal	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título 1.2.1. Pared frontal		Número de plano 1.2.1.
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10

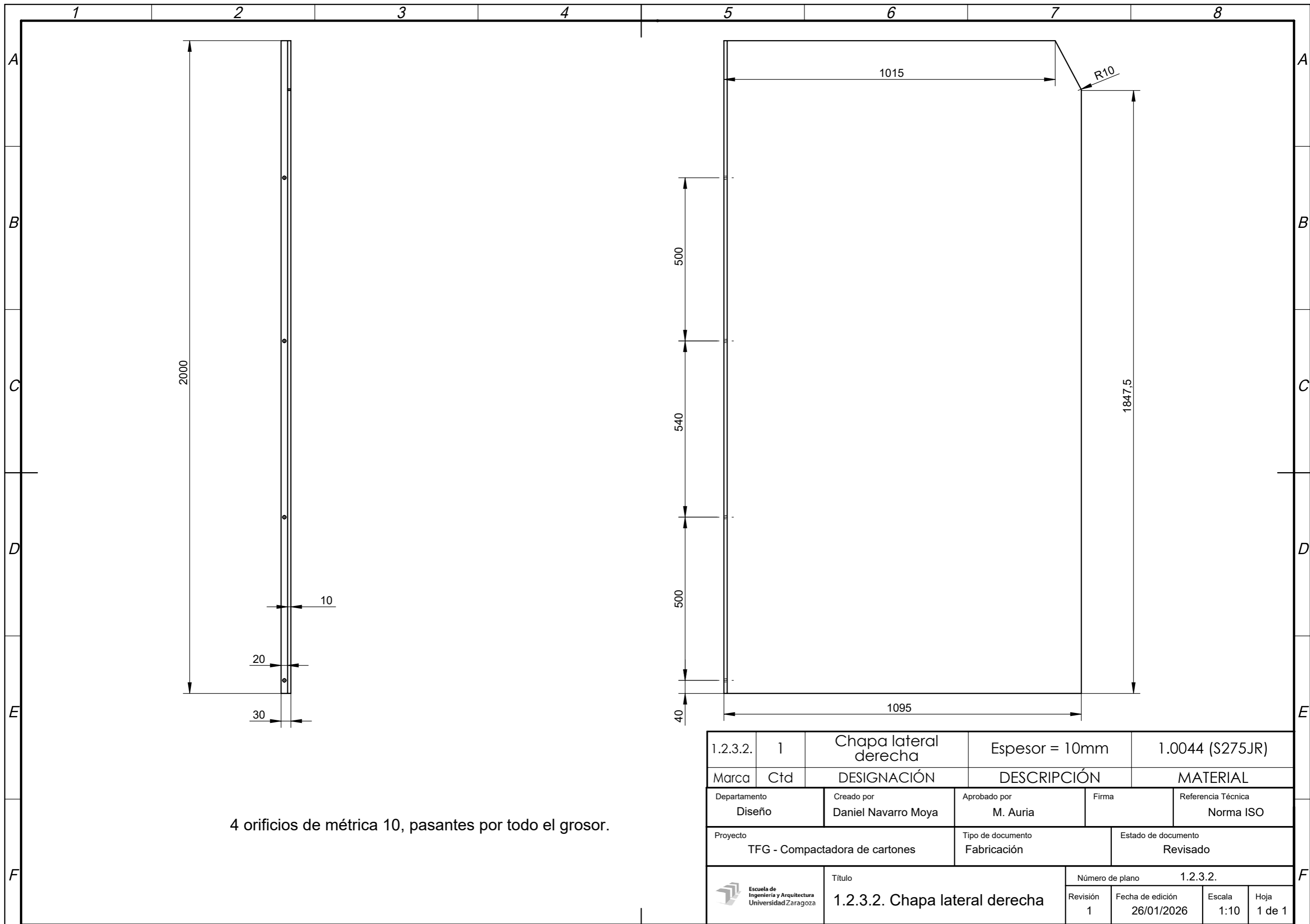


8x M10 pasantes


1.2.2.	1	Chapa trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO	
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
		Título 1.2.2. Chapa trasera		Número de plano 1.2.2.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

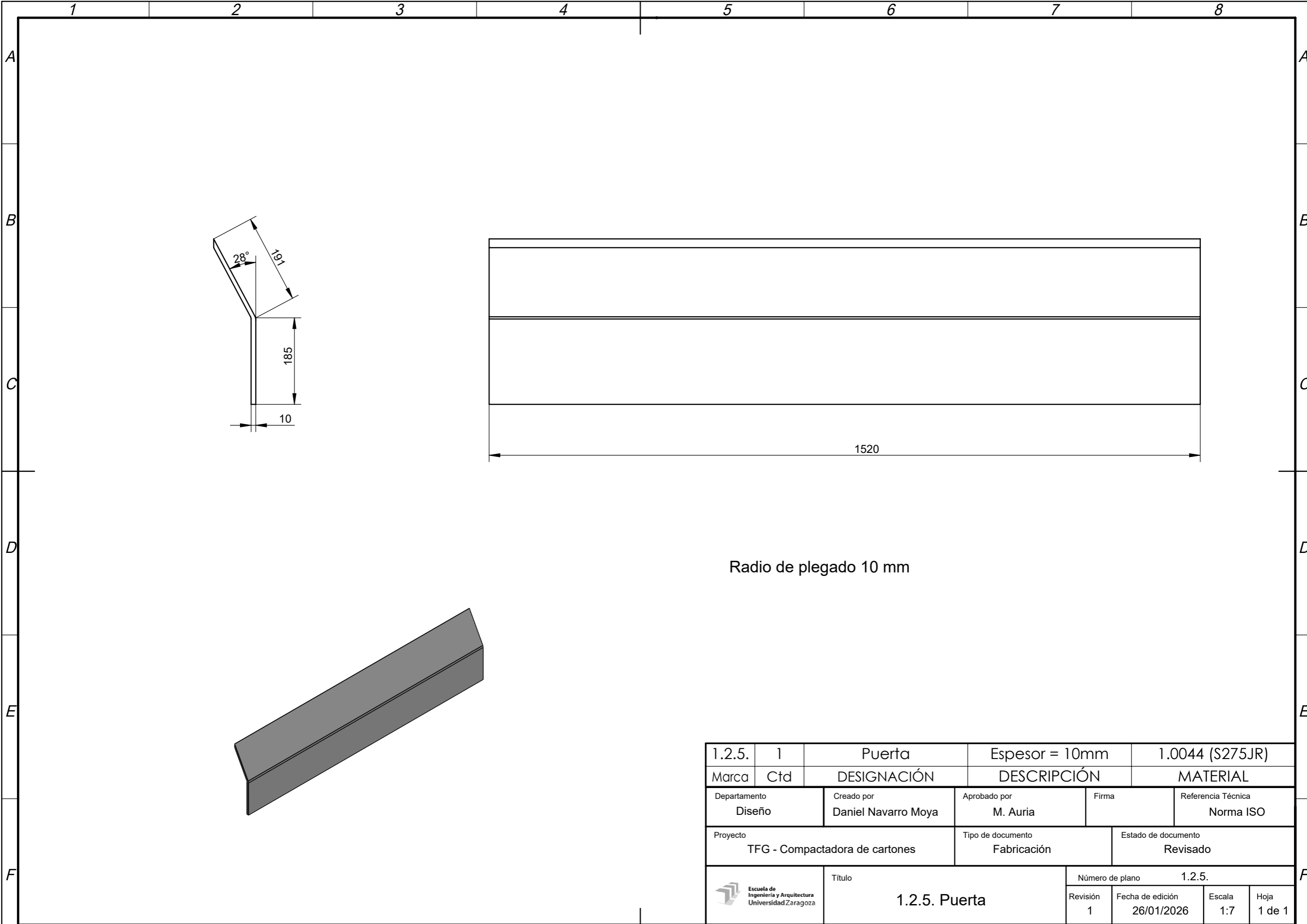


1.2.3.1.	1	Chapa lateral izquierda	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO	
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
		Título 1.2.3.1. Chapa lateral		Número de plano 1.2.3.1.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



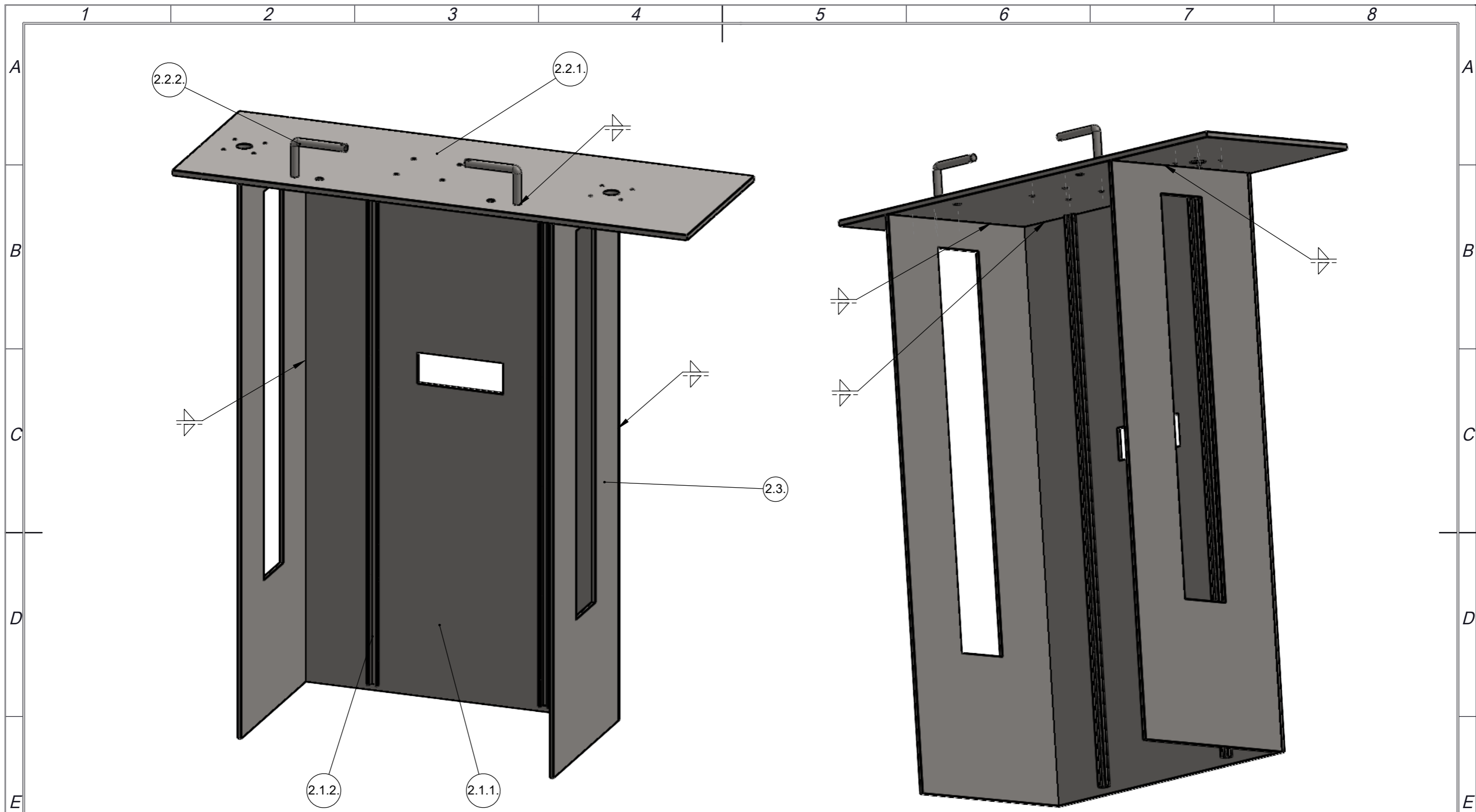
4 orificios de métrica 10, pasantes por todo el grosor.

1.2.3.2.	1	Chapa lateral derecha	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
	Título 1.2.3.2. Chapa lateral derecha		Número de plano 1.2.3.2.	
	Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1




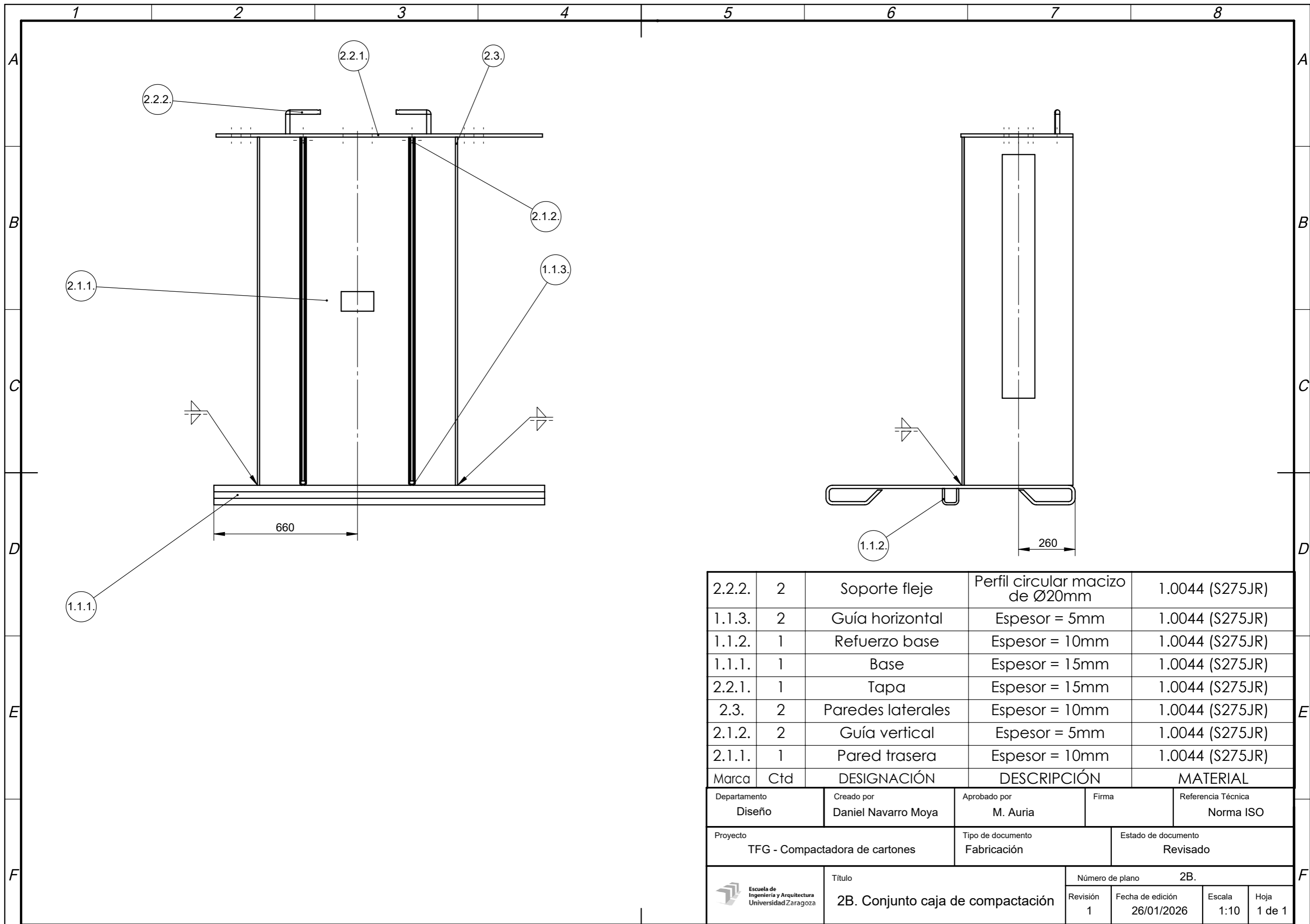
Radio de plegado 10 mm

1.2.5.	1	Puerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título 1.2.5. Puerta		Número de plano 1.2.5.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026




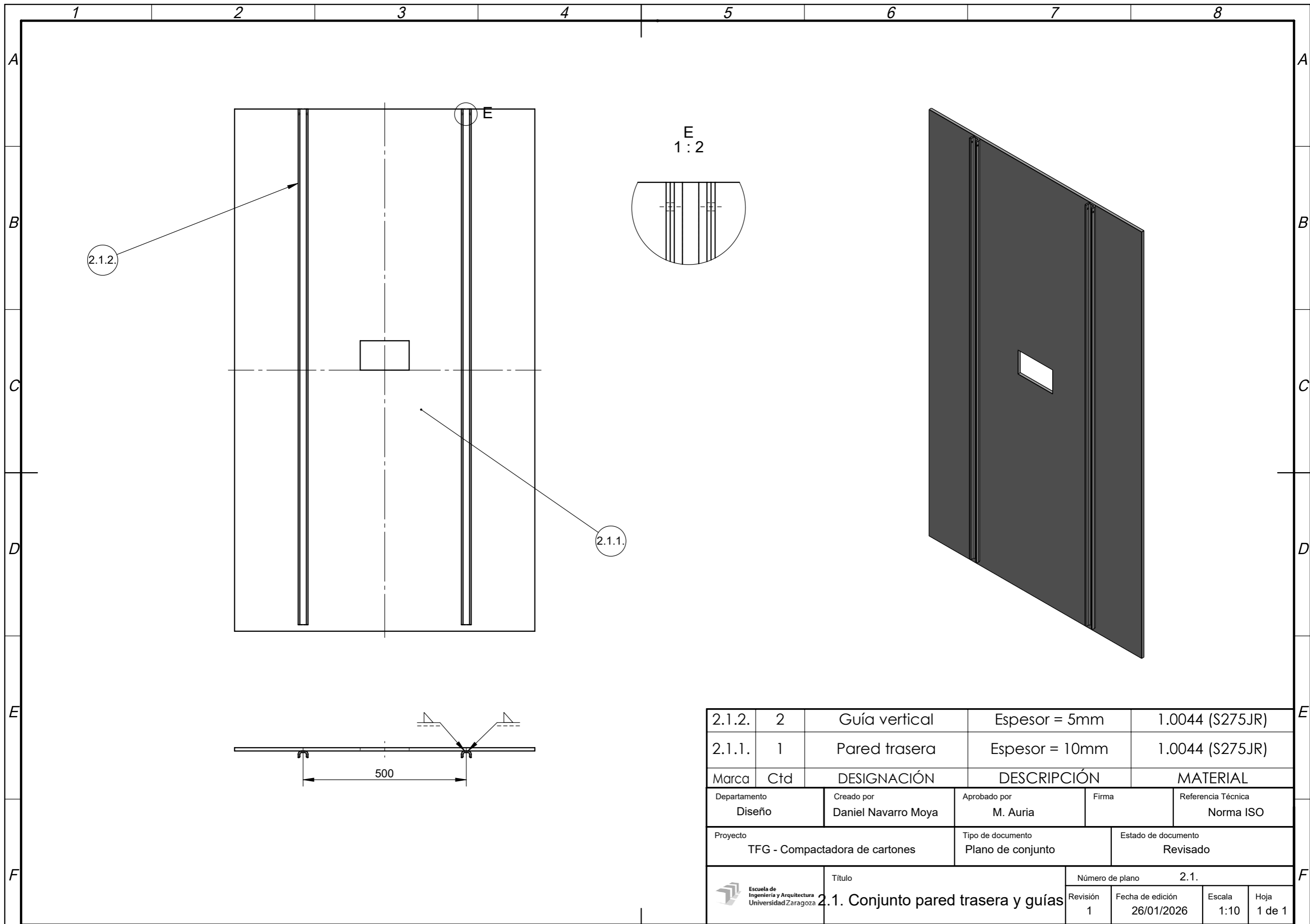
2.2.2.	2	Soporte fleje	Perfil circular macizo de Ø20mm	1.0044 (S275JR)
2.3.	2	Paredes laterales	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
2.2.1.	1	Tapa	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
2.1.2.	2	Guía vertical	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
2.1.1.	1	Pared trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Plano de conjunto		Estado de documento Aprobado
		Título 2A. Conjunto caja de compactación		Número de plano 2A.
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1	

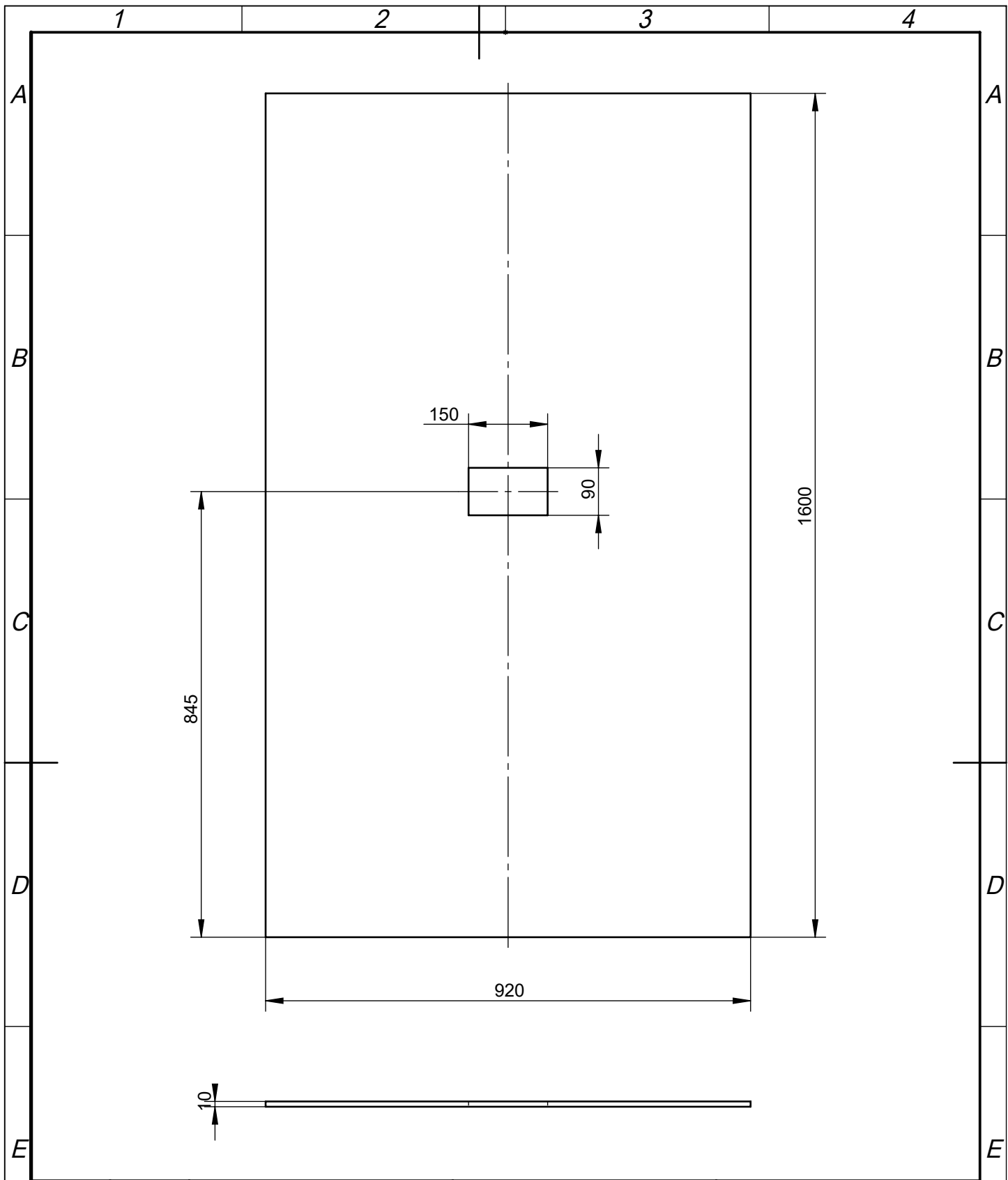


2.2.2.	2	Soporte fleje	Perfil circular macizo de Ø20mm	1.0044 (S275JR)
1.1.3.	2	Guía horizontal	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
1.1.2.	1	Refuerzo base	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.1.	1	Base	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
2.2.1.	1	Tapa	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
2.3.	2	Paredes laterales	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
2.1.2.	2	Guía vertical	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
2.1.1.	1	Pared trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

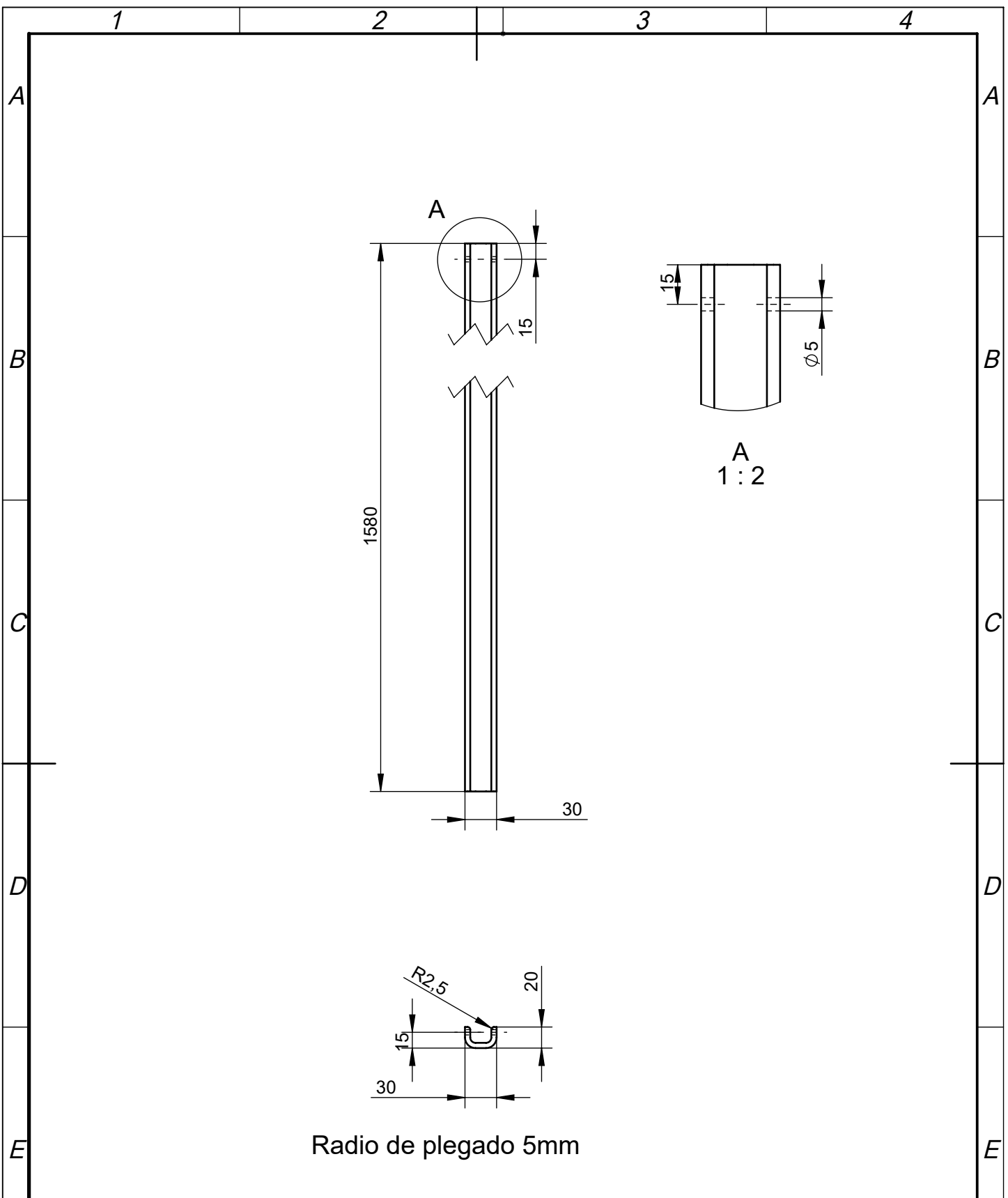
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
 Título 2B. Conjunto caja de compactación		Número de plano 2B.		
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10



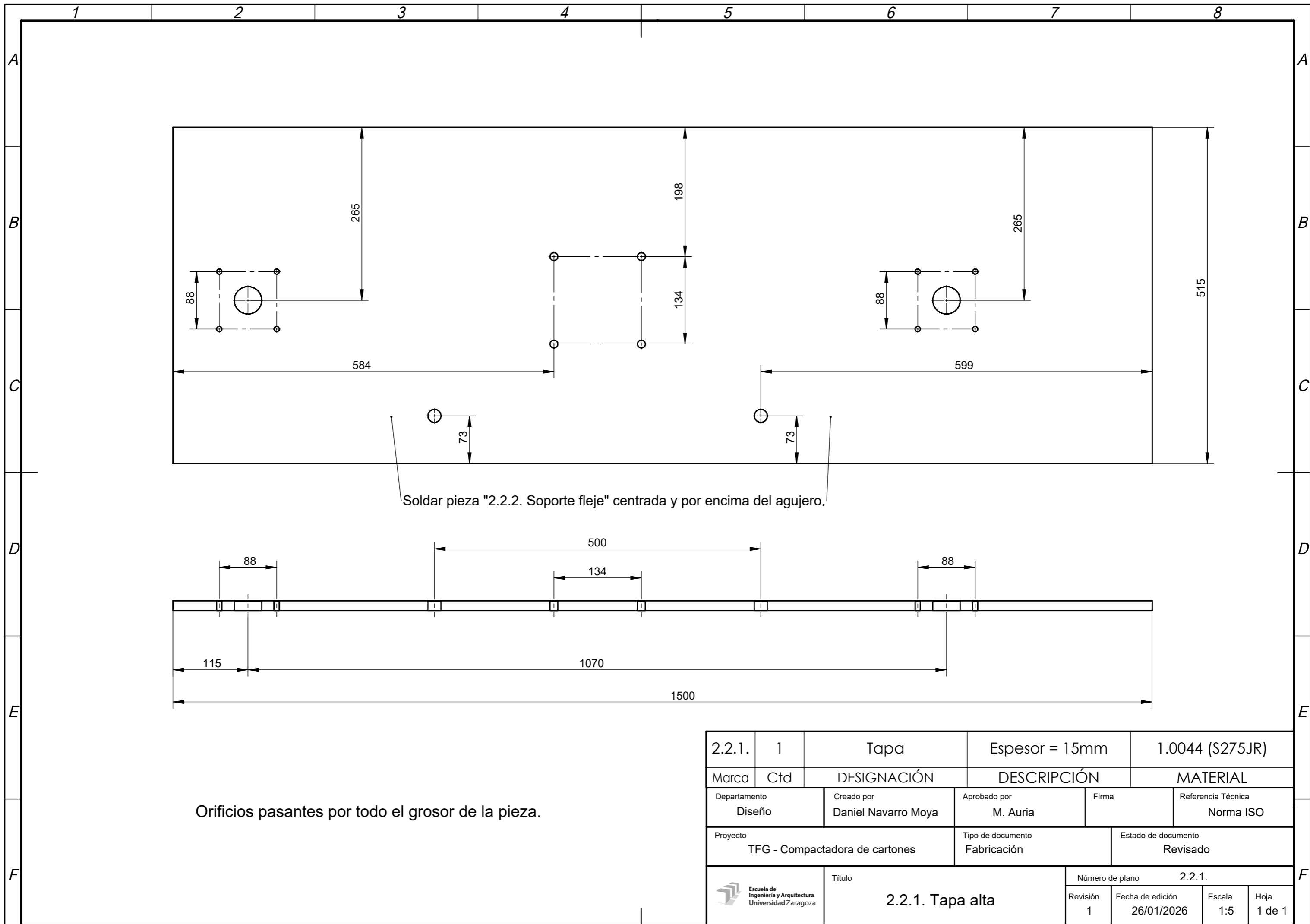
2.1.2.	2	Guía vertical	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
2.1.1.	1	Pared trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Plano de conjunto		Estado de documento Revisado
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 2.1. Conjunto pared trasera y guías		
		Número de plano 2.1.		Revisión 1
			Escala 1:10	Hoja 1 de 1



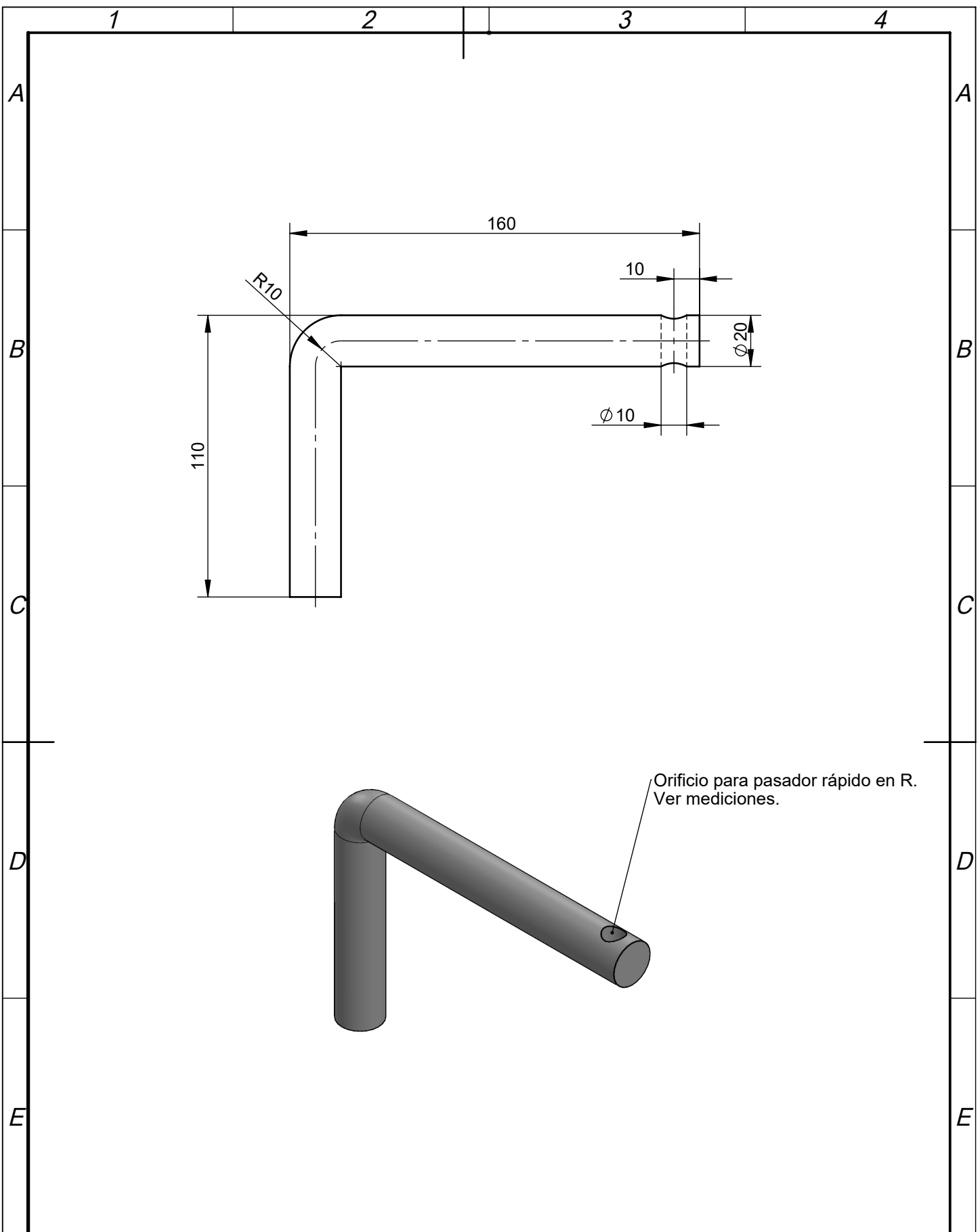
2.1.1.	1	Pared trasera	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
	Título 2.1.1. Pared trasera		Número de plano 2.1.1.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



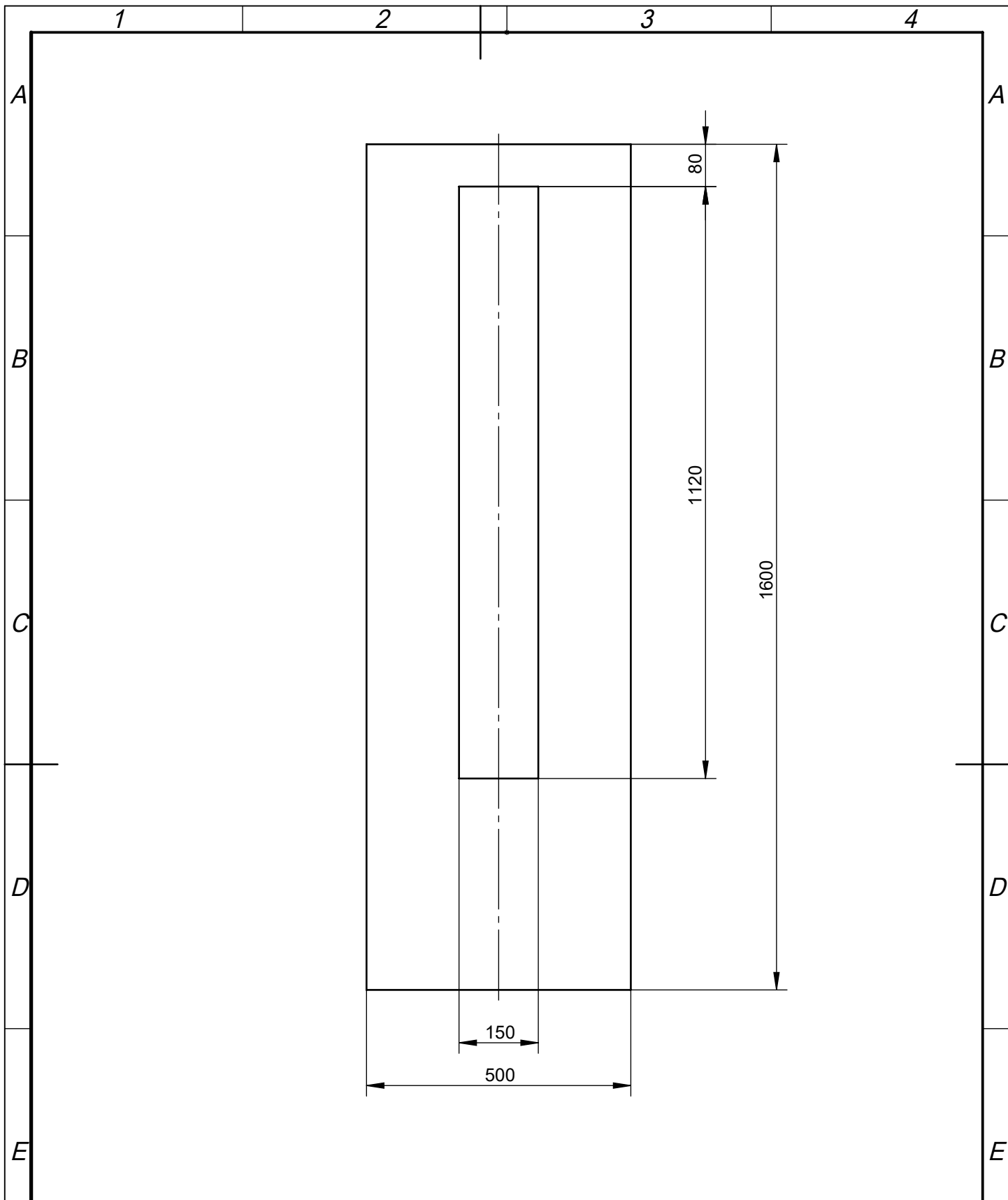
2.1.2.	2	Guía vertical	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título 2.1.2. Guías verticales		Número de plano 2.1.2.
				Revisión 1



2.2.1.	1	Tapa	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO	
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
		Título 2.2.1. Tapa alta		Número de plano 2.2.1.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

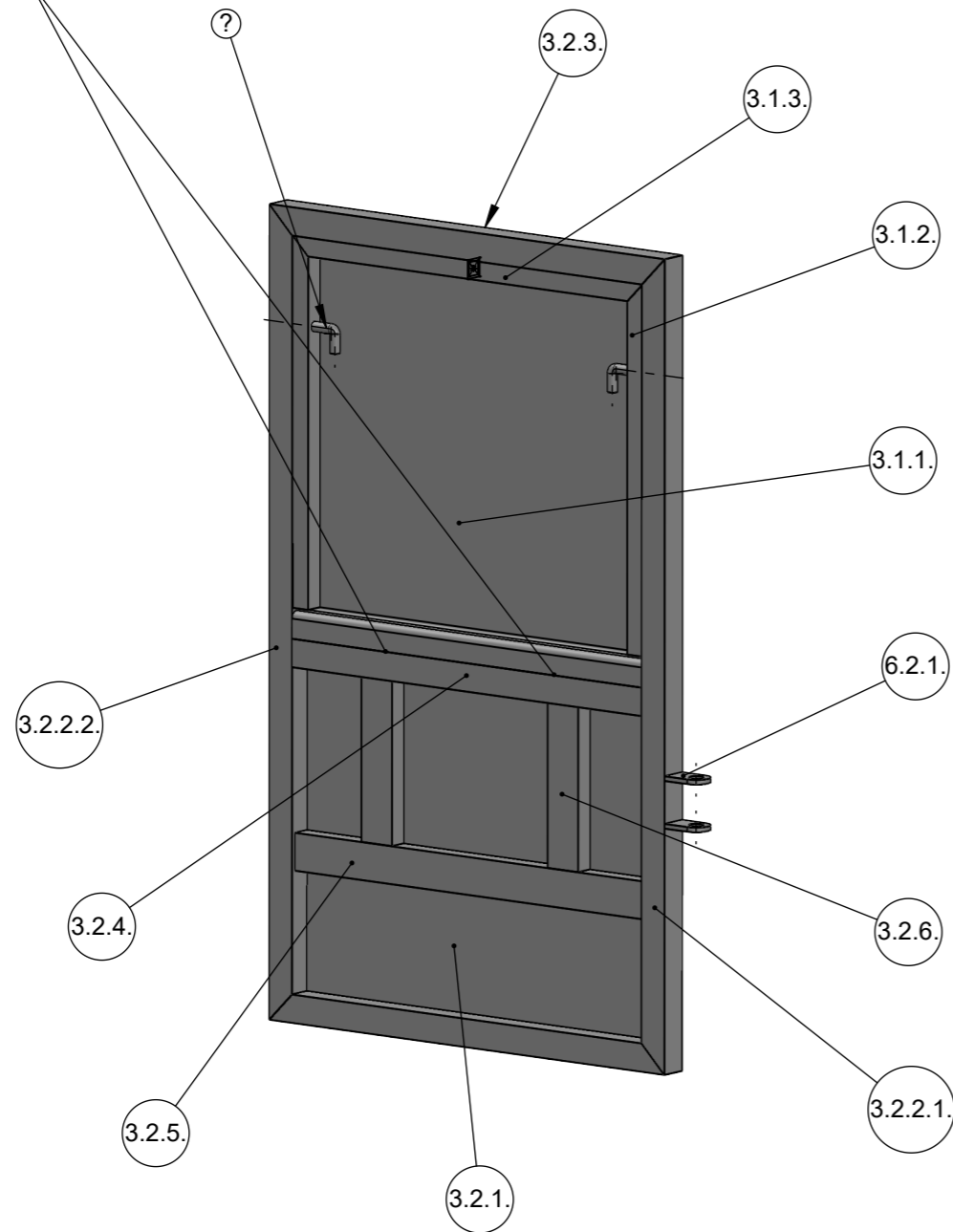


Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
	Título <b>2.2.2. Soporte fleje</b>	Número de plano 2.2.2.		
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:2



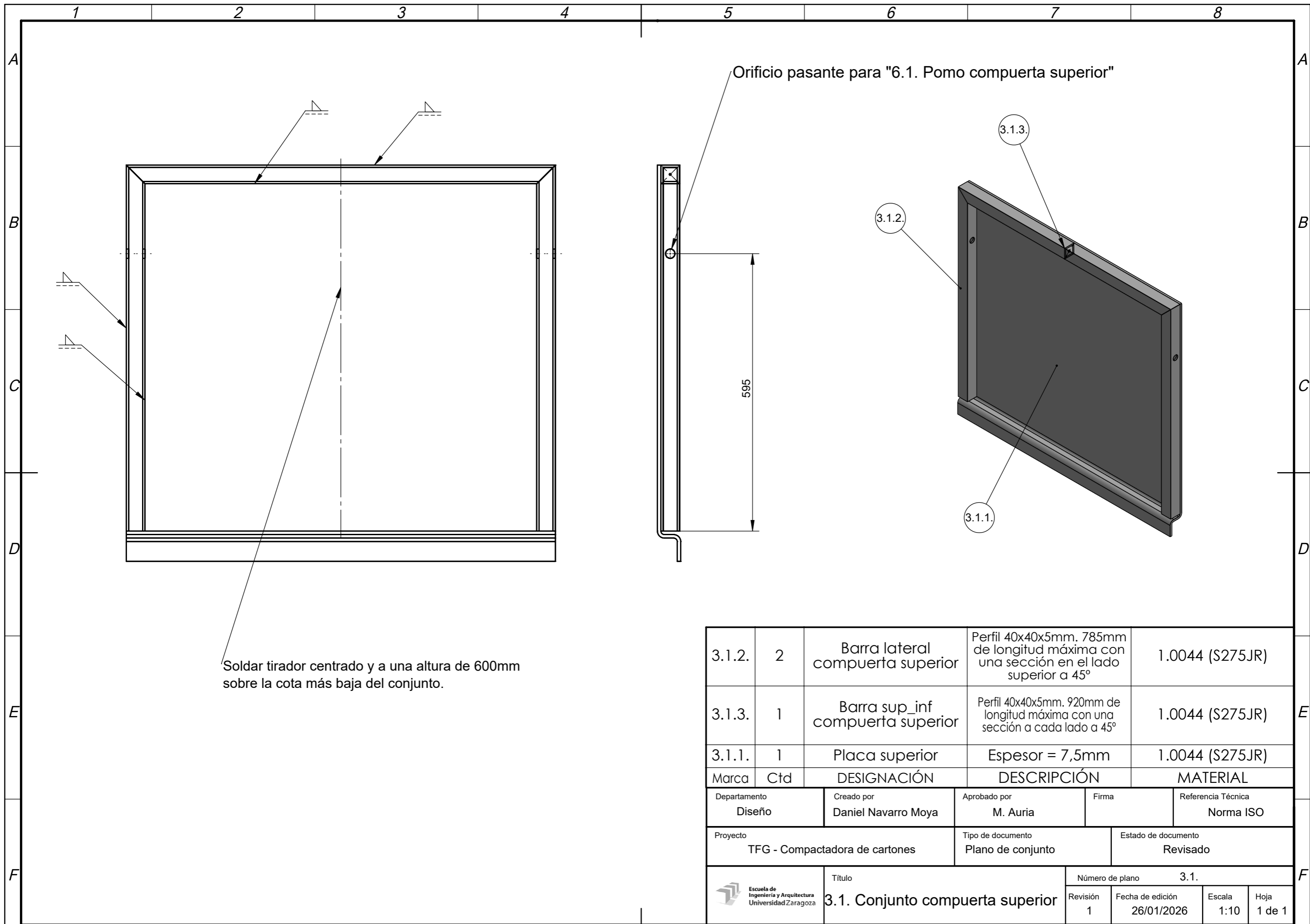
2.3.	1	Paredes laterales	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
	Título <b>2.3. Paredes laterales</b>		Número de plano 2.3.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

Bisagra pierno soldada a 150mm de cada extremo.  
Ver mediciones...



6.2.1.	2	Cerradura compuerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
6.1.	2	Pomo compuerta superior	Perfil circular macizo de Ø20mm	1.0044 (S275JR)
3.2.6.	2	Listón vertical	Perfil en U, con dimensiones exteriores 40mm de alto, 80mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.5.	1	Listón horizontal inferior	Perfil en U, con dimensiones exteriores 40mm de alto, 80mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.4.	1	Listón horizontal superior	Perfil en U, con dimensiones exteriores 50mm de alto, 60mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.3.	2	Listón superior e inferior	Perfil 60x60x5mm. 1040mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.2.2.	1	Listón lateral izda	Perfil 60x60x5mm. 1720mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.2.1.	1	Listón lateral dcha	Perfil 60x60x5mm. 1720mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.1.	1	Placa inferior	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
3.1.3.	1	Barra sup_inf compuerta superior	Perfil 40x40x5mm. 920mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.1.2.	2	Barra lateral compuerta superior	Perfil 40x40x5mm. 785mm de longitud máxima con una sección en el lado superior a 45°	1.0044 (S275JR)
3.1.1.	1	Placa superior	Espesor = 7,5mm	1.0044 (S275JR)

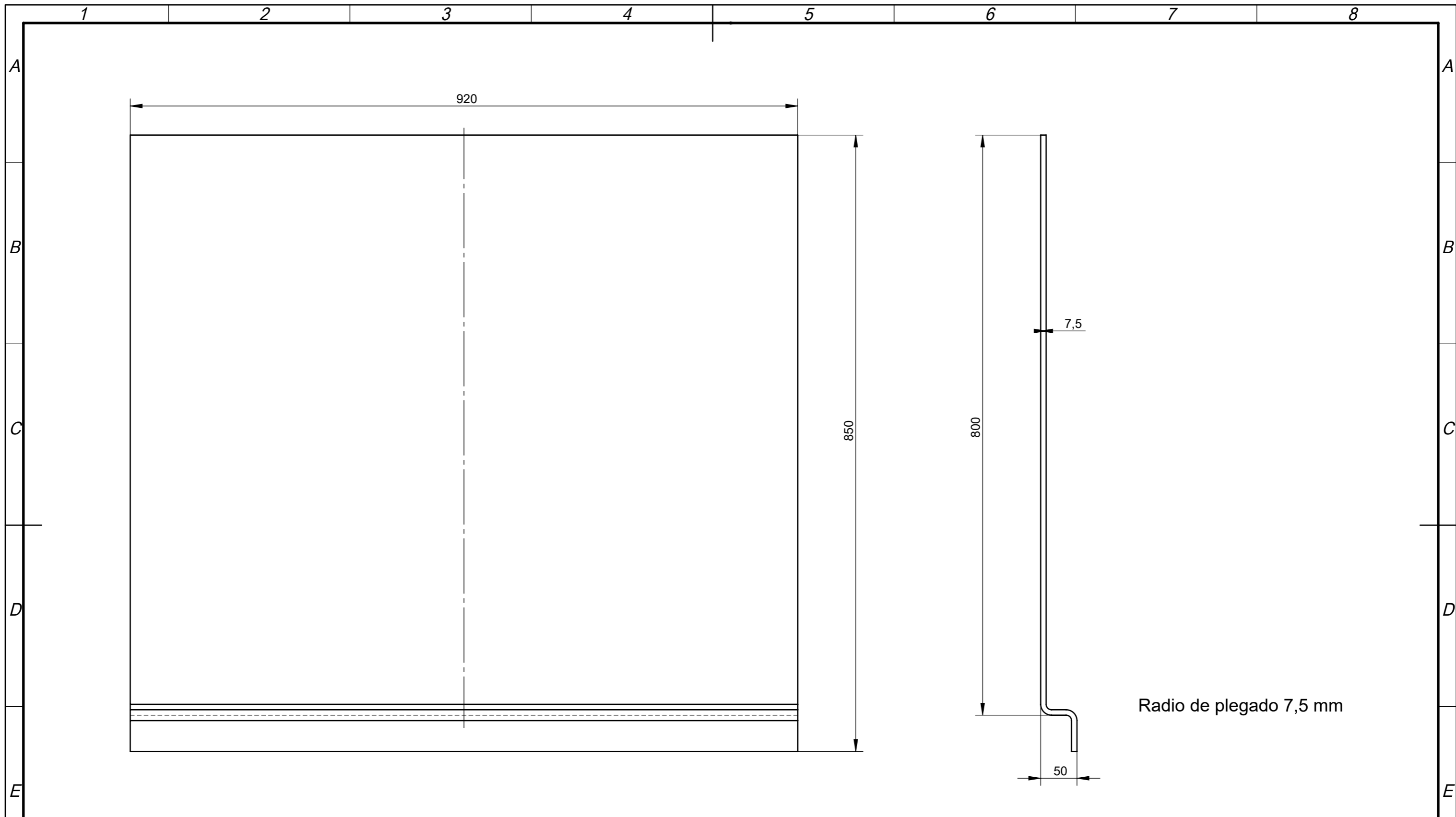
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 3. Compuerta		Número de plano 3.
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1	



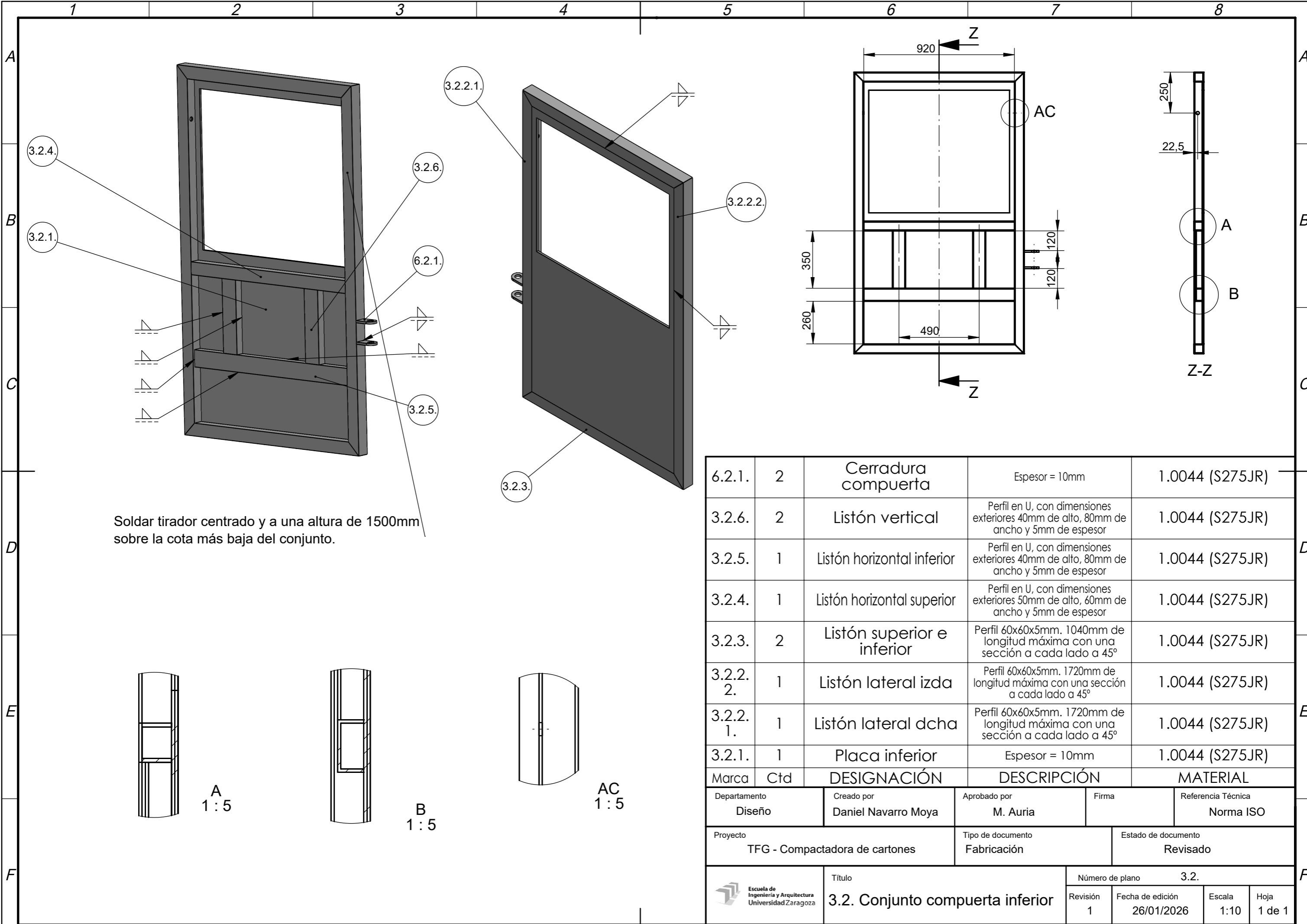
Soldar tirador centrado y a una altura de 600mm sobre la cota más baja del conjunto.

Orificio pasante para "6.1. Pomo compuerta superior"

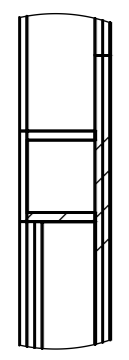
3.1.2.	2	Barra lateral compuerta superior	Perfil 40x40x5mm. 785mm de longitud máxima con una sección en el lado superior a 45°	1.0044 (S275JR)
3.1.3.	1	Barra sup_inf compuerta superior	Perfil 40x40x5mm. 920mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.1.1.	1	Placa superior	Espesor = 7,5mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Plano de conjunto	Estado de documento Revisado
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 3.1. Conjunto compuerta superior		Número de plano 3.1.
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1	



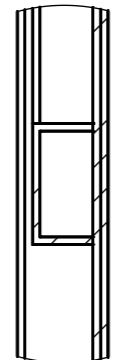
3.1.1.	1	Placa superior	Espesor = 7,5mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 3.1.1. Placa superior		Número de plano 3.1.1.
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:5



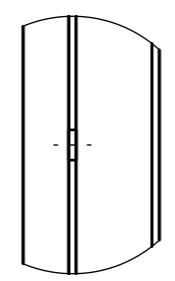
Soldar tirador centrado y a una altura de 1500mm sobre la cota más baja del conjunto.



A  
1:5



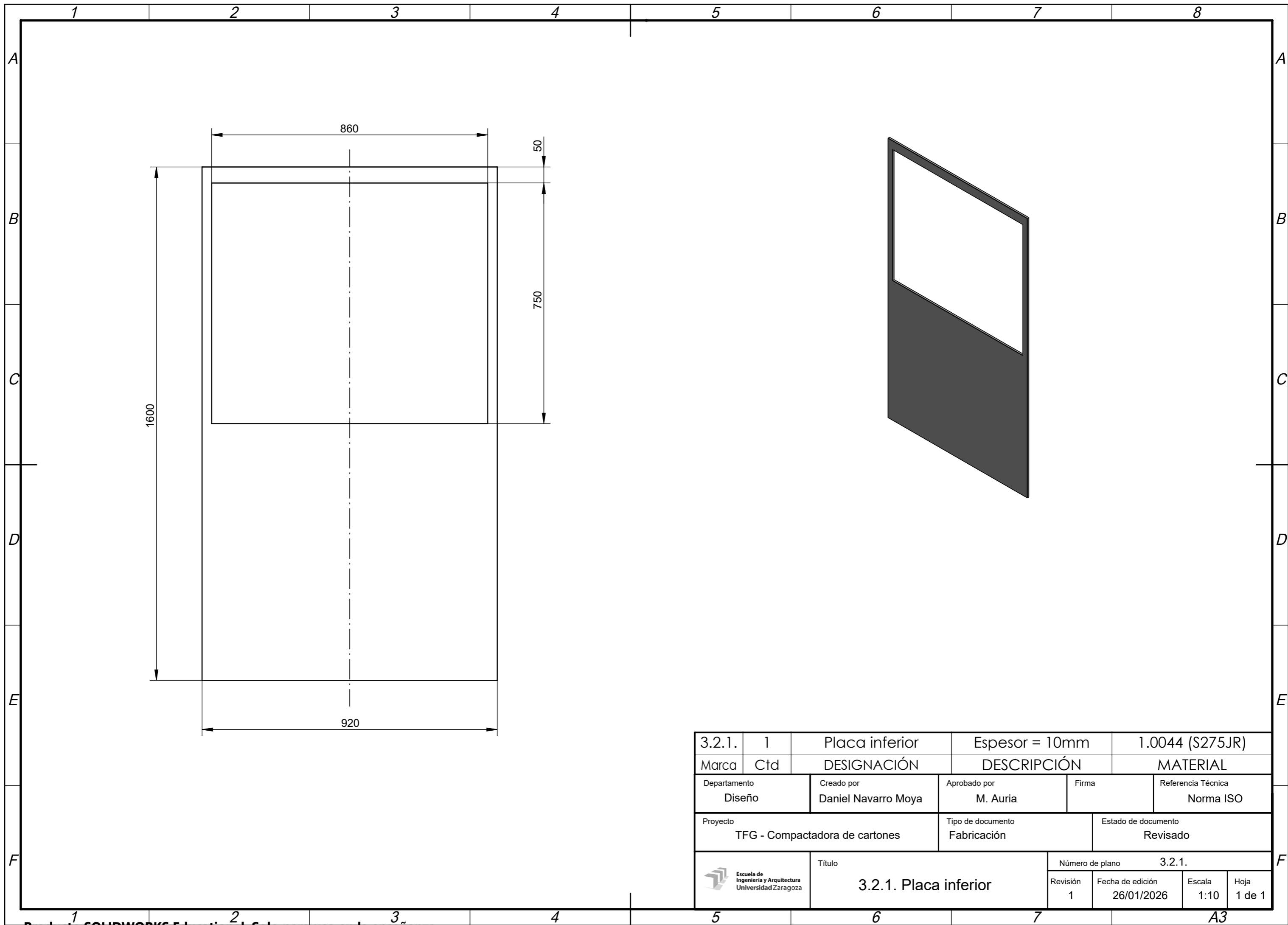
B  
1:5



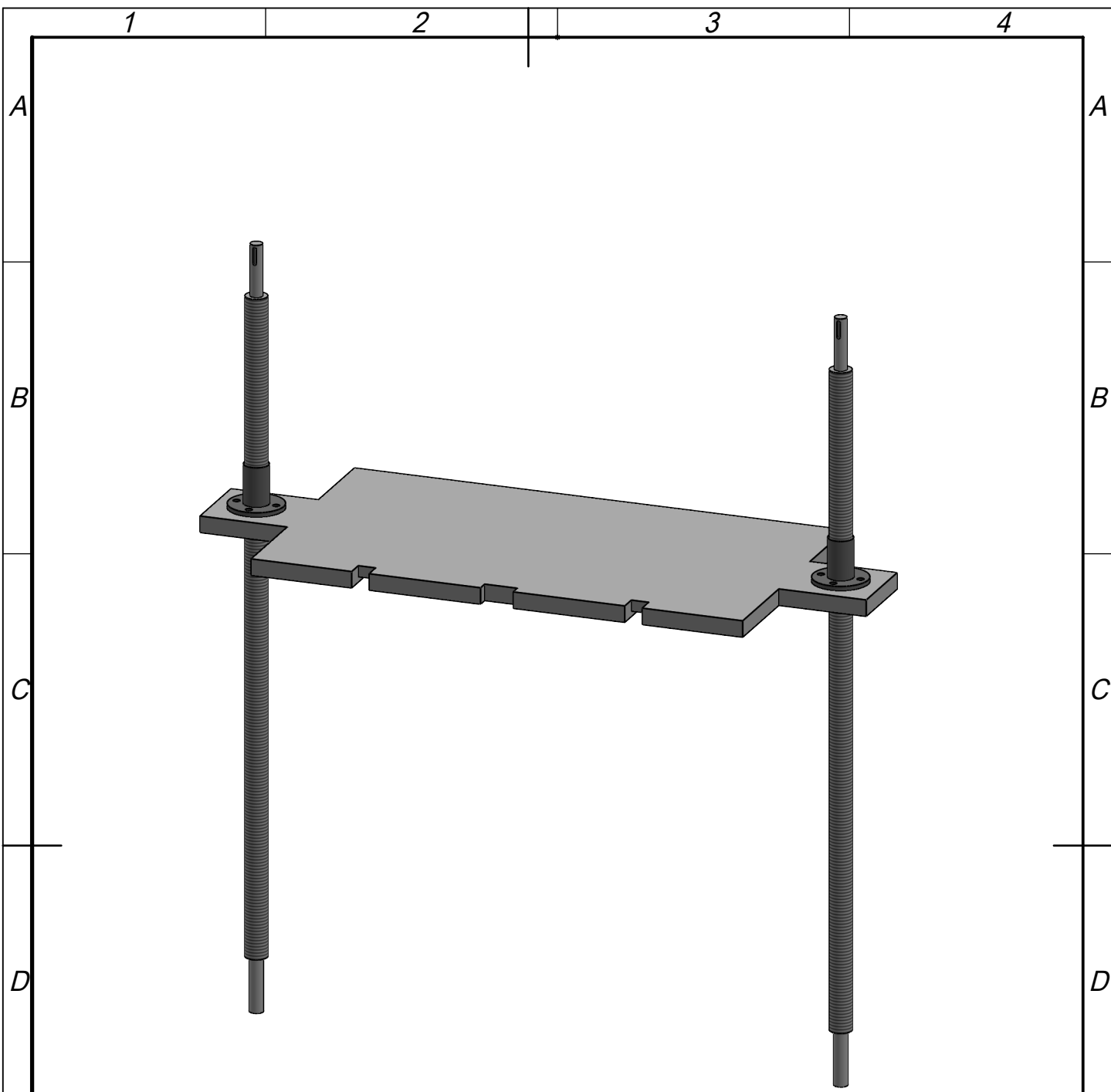
AC  
1:5

6.2.1.	2	Cerradura puerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
3.2.6.	2	Listón vertical	Perfil en U, con dimensiones exteriores 40mm de alto, 80mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.5.	1	Listón horizontal inferior	Perfil en U, con dimensiones exteriores 40mm de alto, 80mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.4.	1	Listón horizontal superior	Perfil en U, con dimensiones exteriores 50mm de alto, 60mm de ancho y 5mm de espesor	1.0044 (S275JR)
3.2.3.	2	Listón superior e inferior	Perfil 60x60x5mm. 1040mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.2. 2.	1	Listón lateral izda	Perfil 60x60x5mm. 1720mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.2. 1.	1	Listón lateral dcha	Perfil 60x60x5mm. 1720mm de longitud máxima con una sección a cada lado a 45°	1.0044 (S275JR)
3.2.1.	1	Placa inferior	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)

Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 3.2. Conjunto compuerta inferior		Número de plano 3.2.
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1	

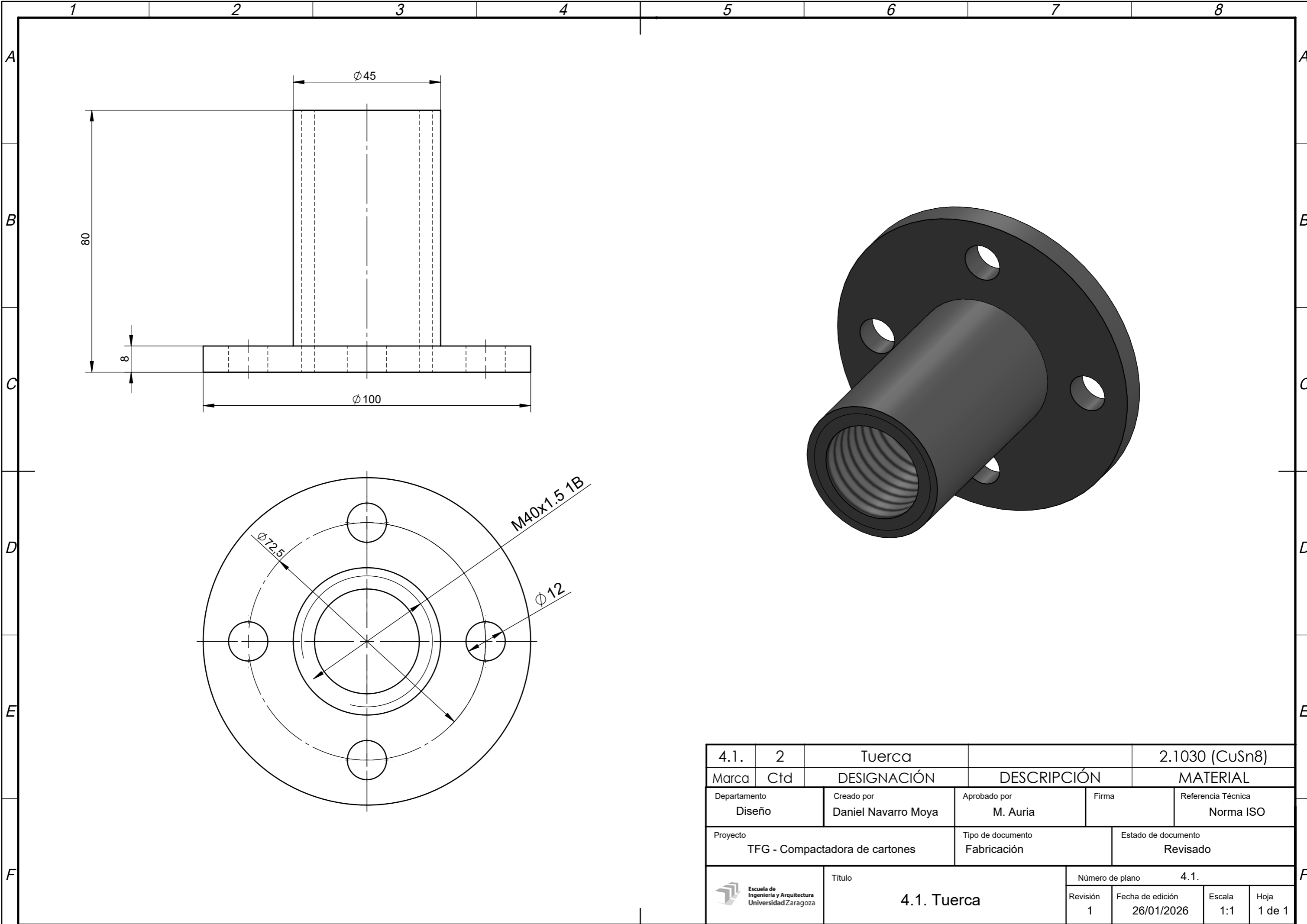


3.2.1.	1	Placa inferior	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO	
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 3.2.1. Placa inferior		Número de plano 3.2.1.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

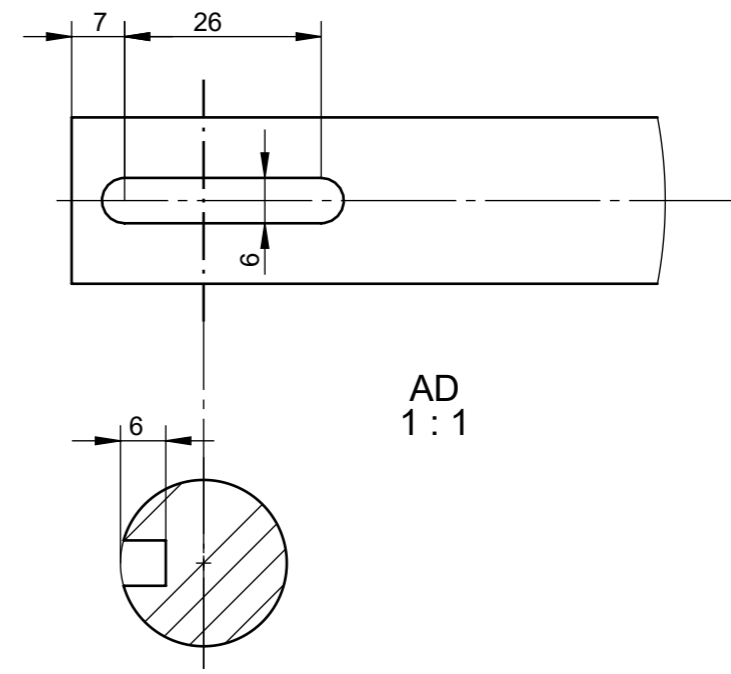
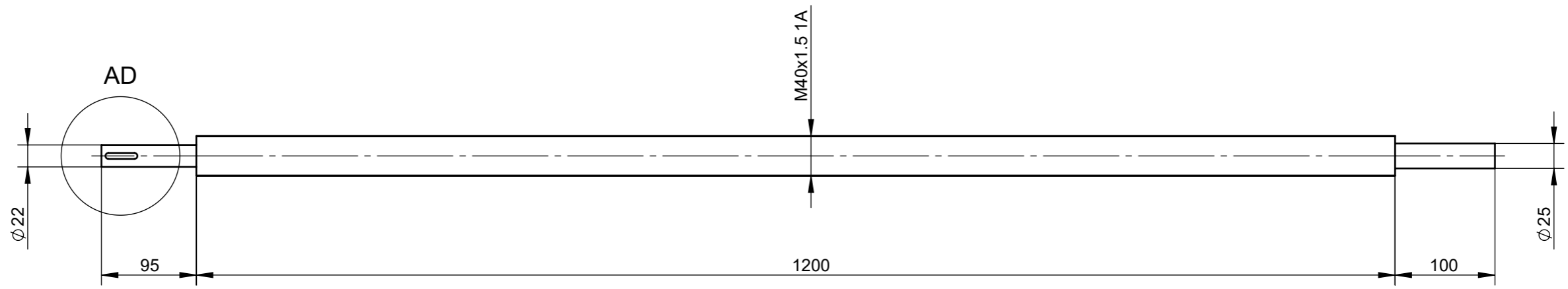


Unión entre piezas "4.1. Tuerca" y "4.2. Husillo" mediante conjunto tuerca - tornillo de métrica 12. Ver mediciones.

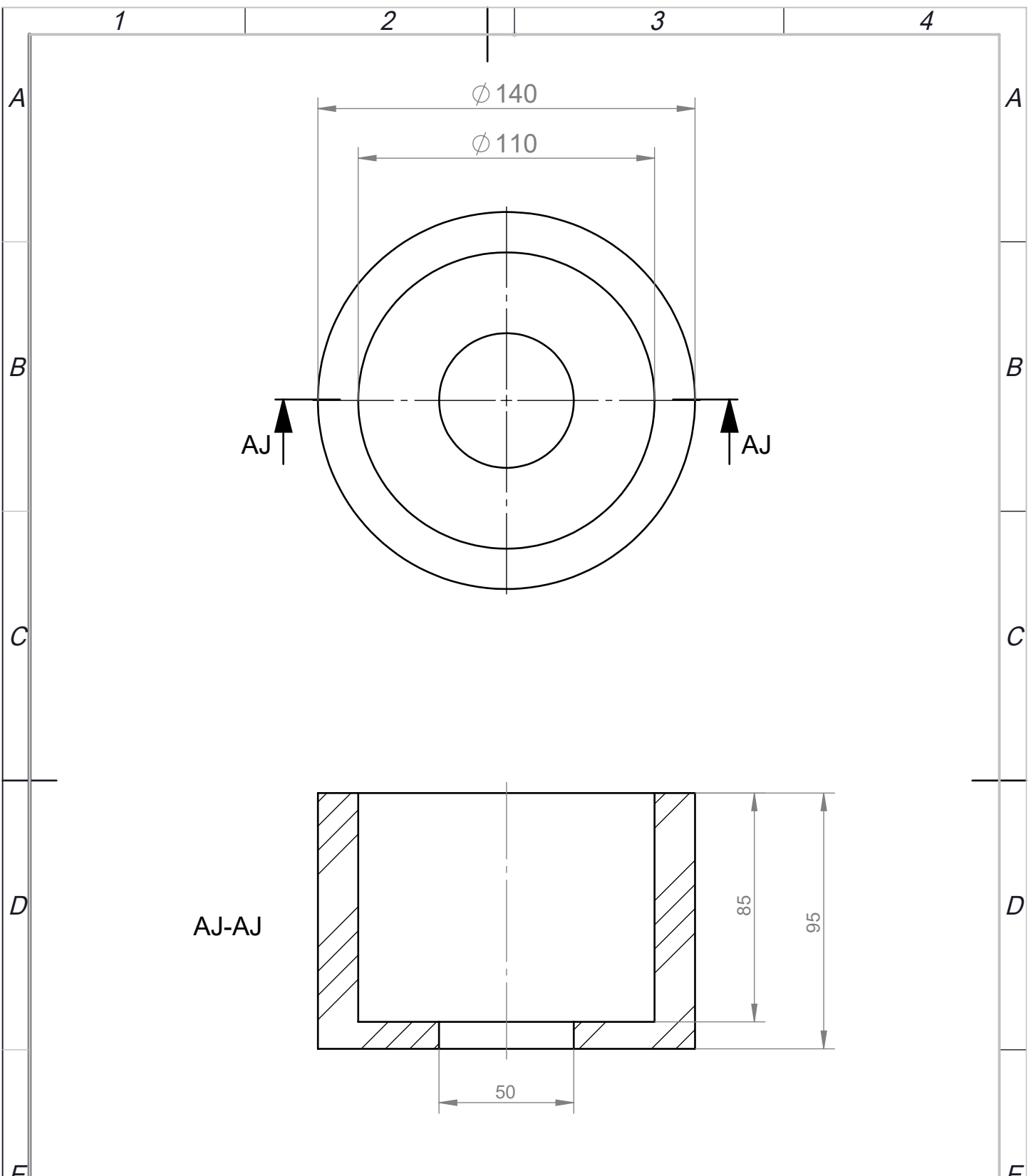
4.3.	1	Placa de presión		1.0044 (S275JR)	
4.2.	2	Husillo		1.0503 (C45)	
4.1.	2	Tuerca		2.1030 (CuSn8)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Plano de conjunto	Estado de documento Revisado	
		Título <b>4. Mecanismo</b>		Número de plano 4.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



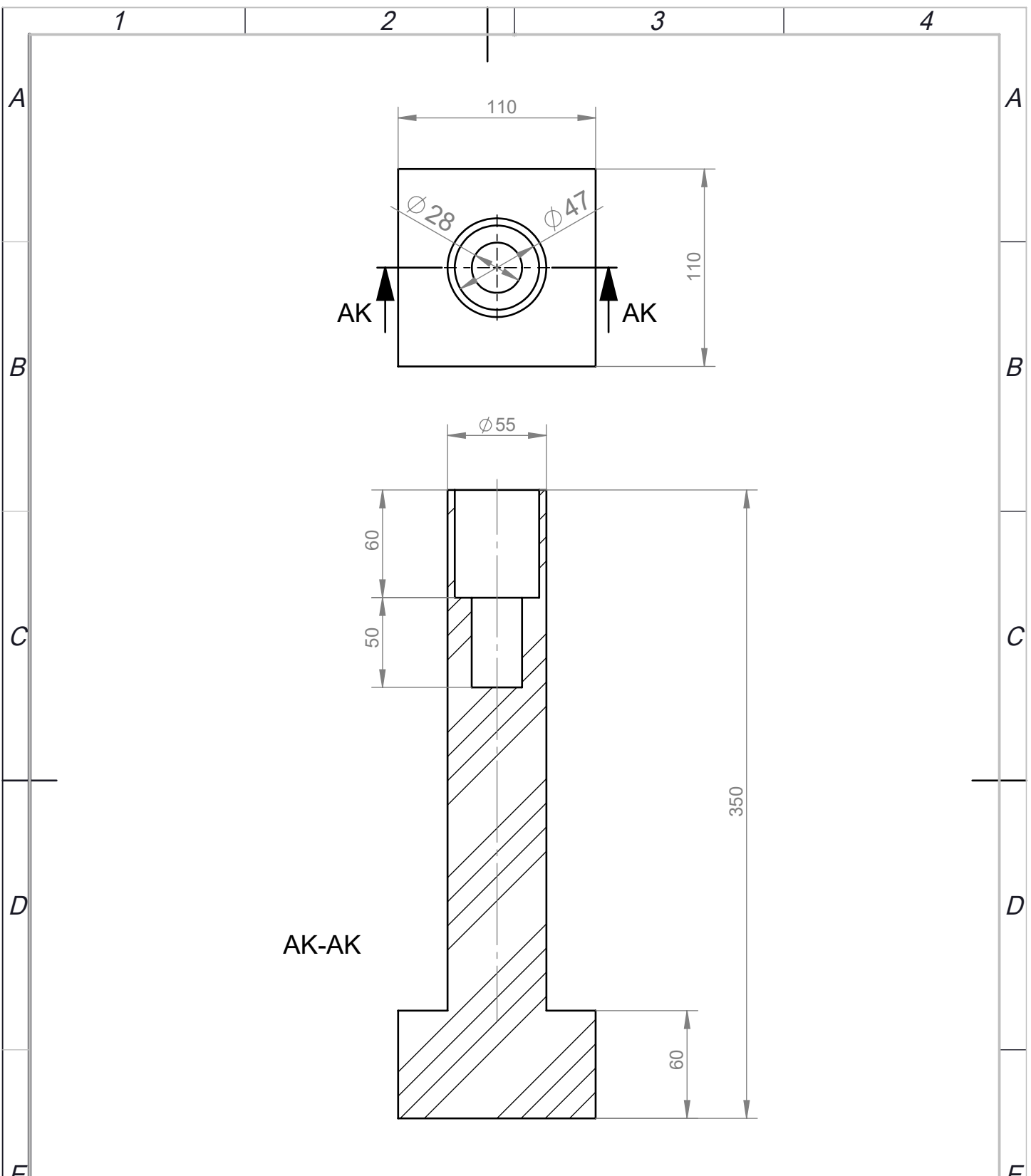
4.1.	2	Tuerca		2.1030 (CuSn8)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
		Título 4.1. Tuerca		Número de plano 4.1.
		Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:1



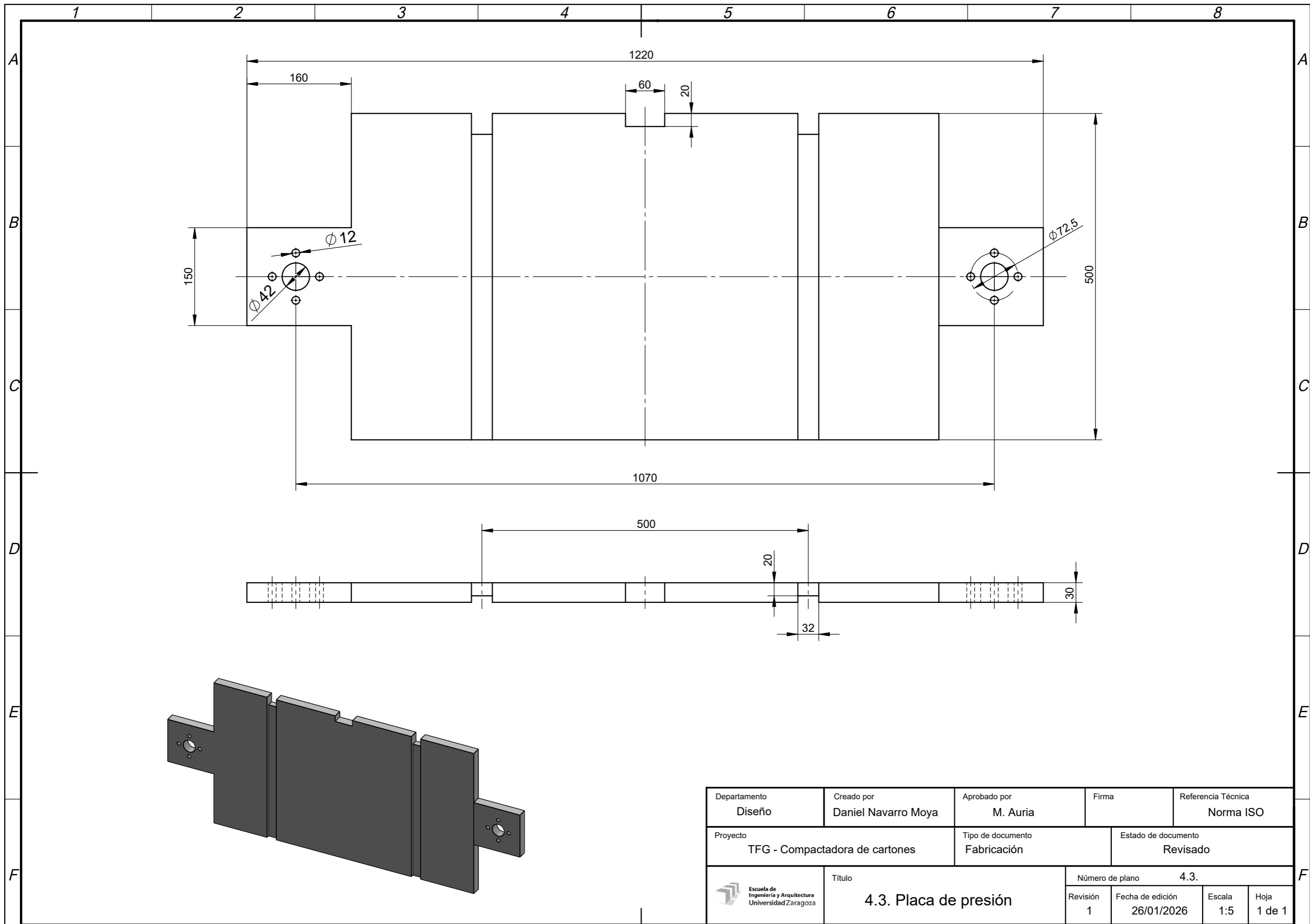
4.2.	2	Husillo		1.0503 (C45)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO	
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
		Título 4.2. Husillo		Número de plano 4.2.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026




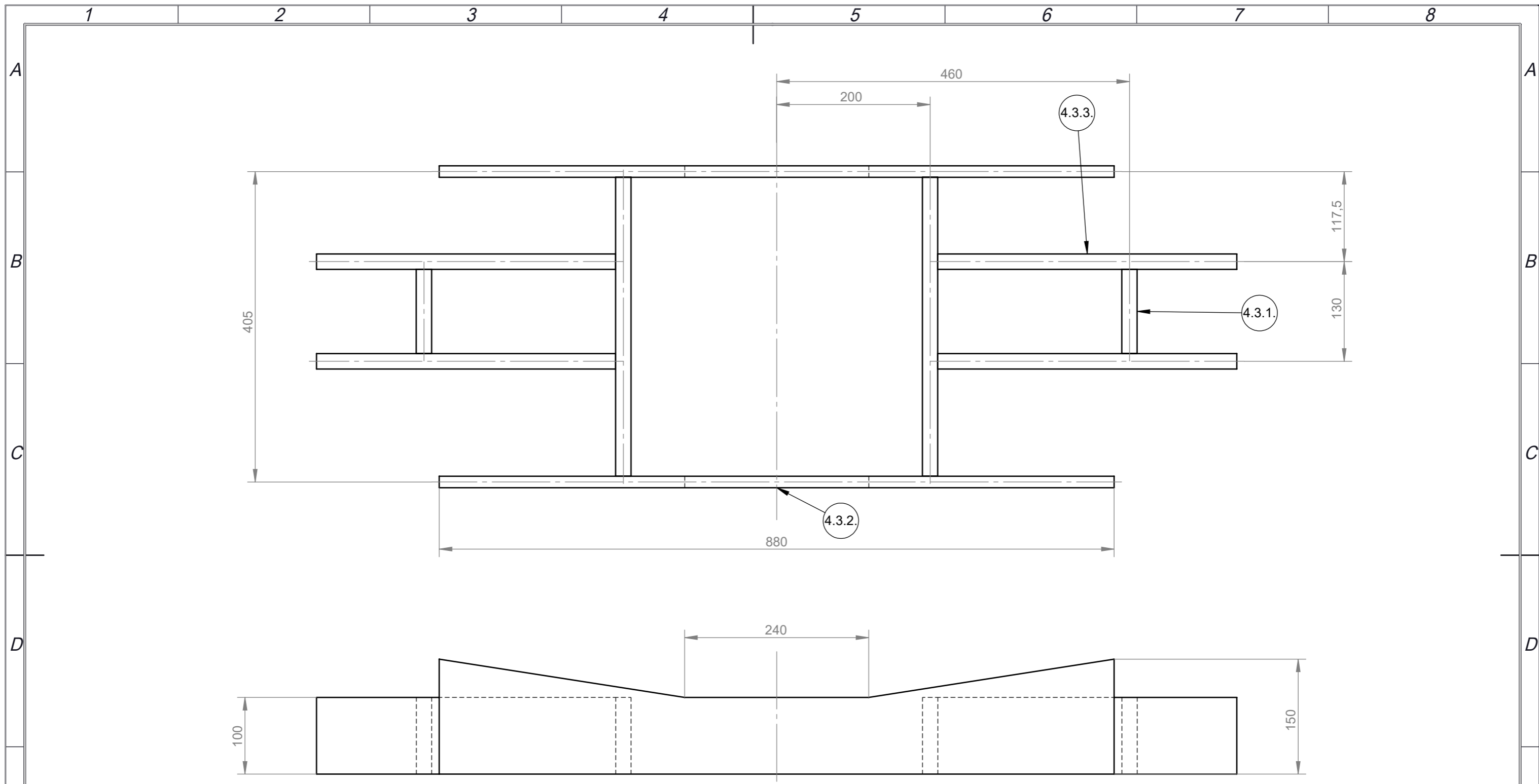
4.2.1.	1	Sujección rodamientos superiores	Sujección rodamientos parte superior	1.0045 (S355JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Pieza fabricación		Estado de documento Aprobado	
	Título 4.2.1. Soporte superior husillo		Número de plano 101	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026




4.2.2.	1	Sujección rodamientos inferiores	Sujección rodamientos parte superior	1.0045 (S355JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Pieza fabricación		Estado de documento Aprobado	
	Título 4.2.2. Soporte inferior husillo		Número de plano 4.2.2.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026

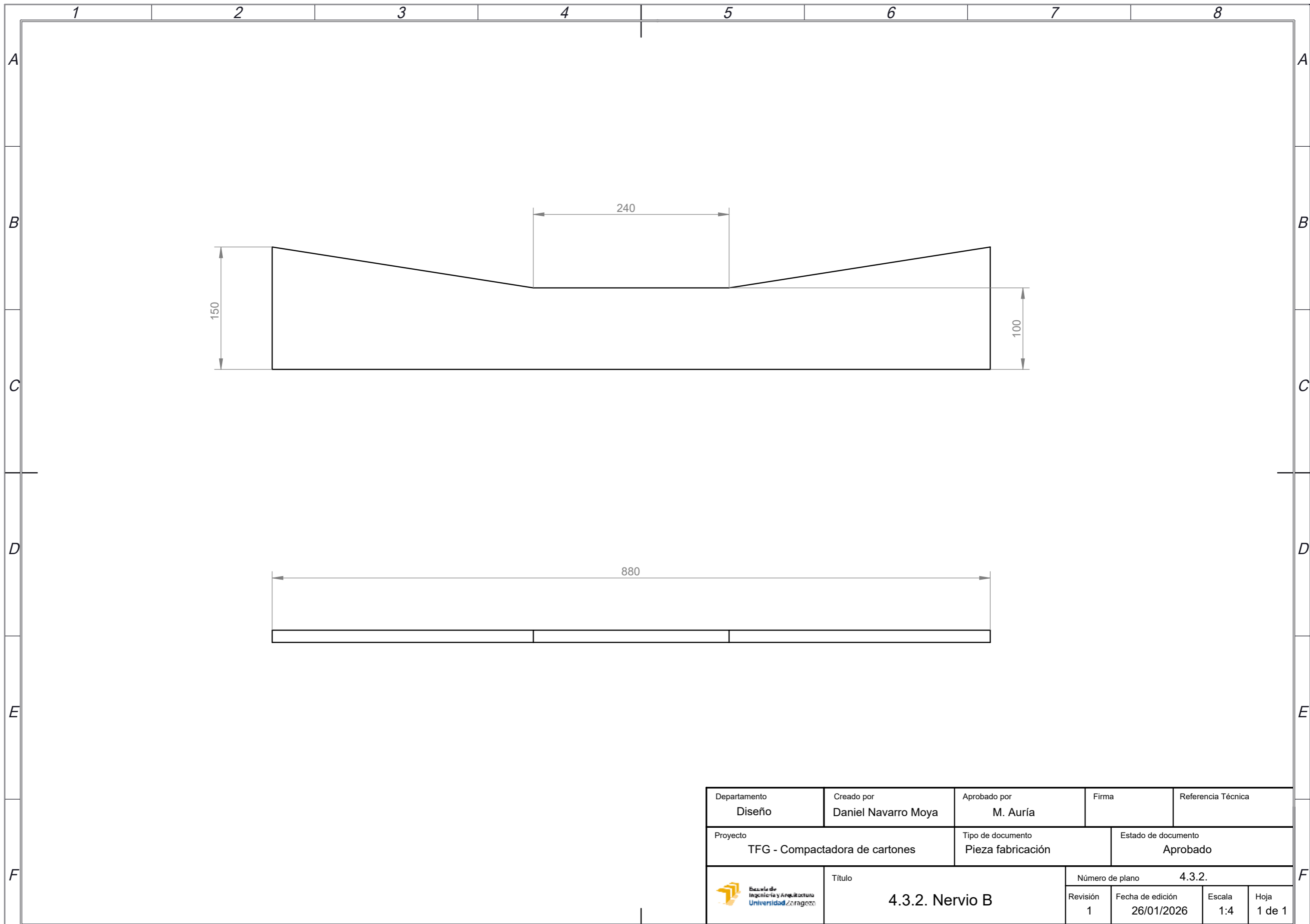



Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado
 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 4.3. Placa de presión		
		Número de plano 4.3.		Revisión 1
			Escala 1:5	Hoja 1 de 1

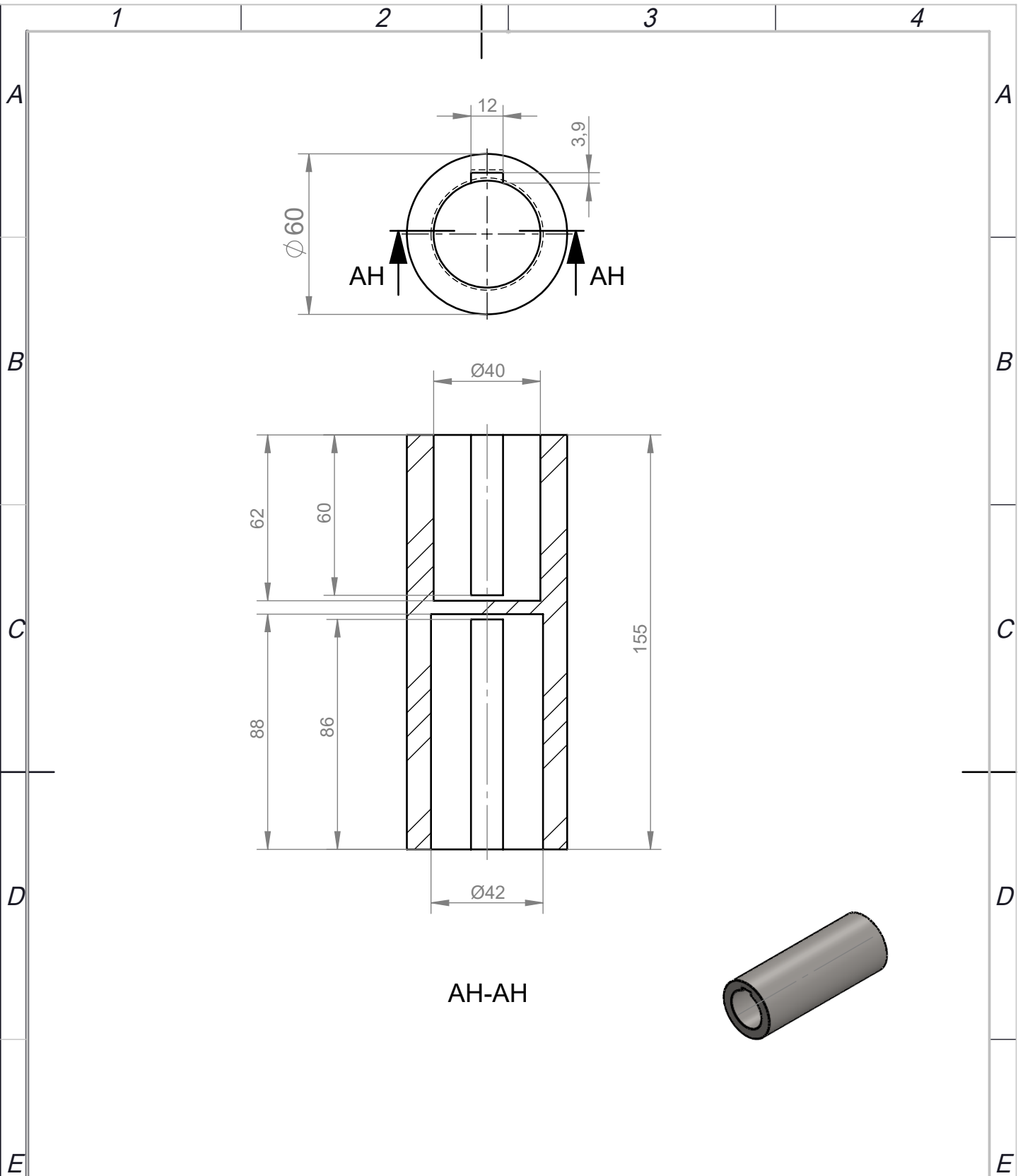


4.3.1.	2	Nervio_A	Chapa rectangular 100x110x20mm	1.0045 (S355JR)
4.3.3.	6	Nervio_C	Chapa rectangular 100x390x20mm	1.0045 (S355JR)
4.3.2.	2	Nervio_B	Espesor = 15mm	1.0045 (S355JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

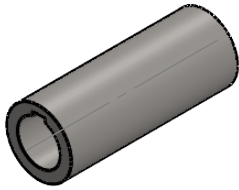
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Pieza fabricación		Estado de documento Aprobado
		Título 4.4. Refuerzo base		
		Número de plano 4.4..		
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:5	Hoja 1 de 1	



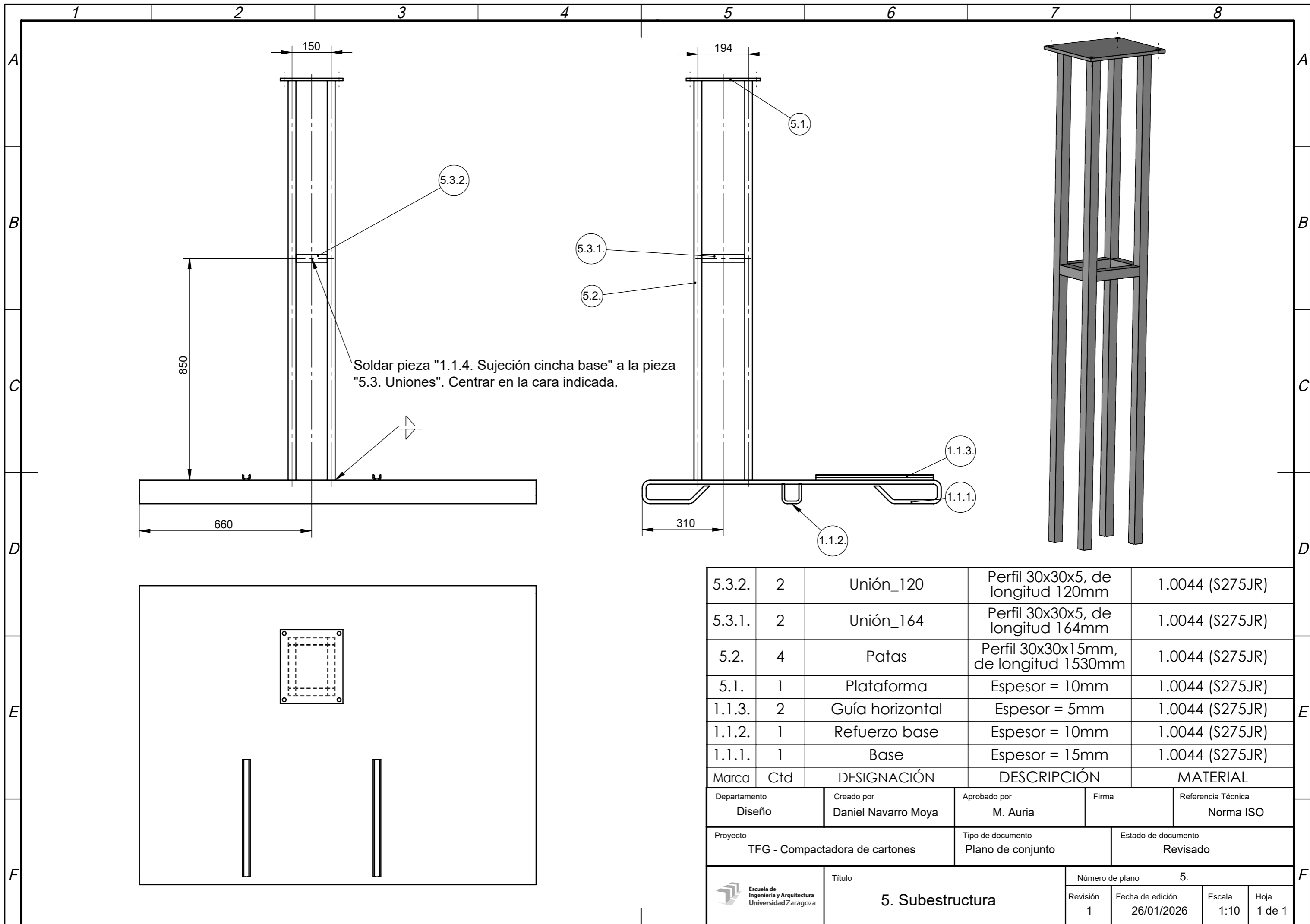
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Pieza fabricación	Estado de documento Aprobado	
	Título 4.3.2. Nervio B		Número de plano 4.3.2.	
	Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:4	Hoja 1 de 1



AH-AH



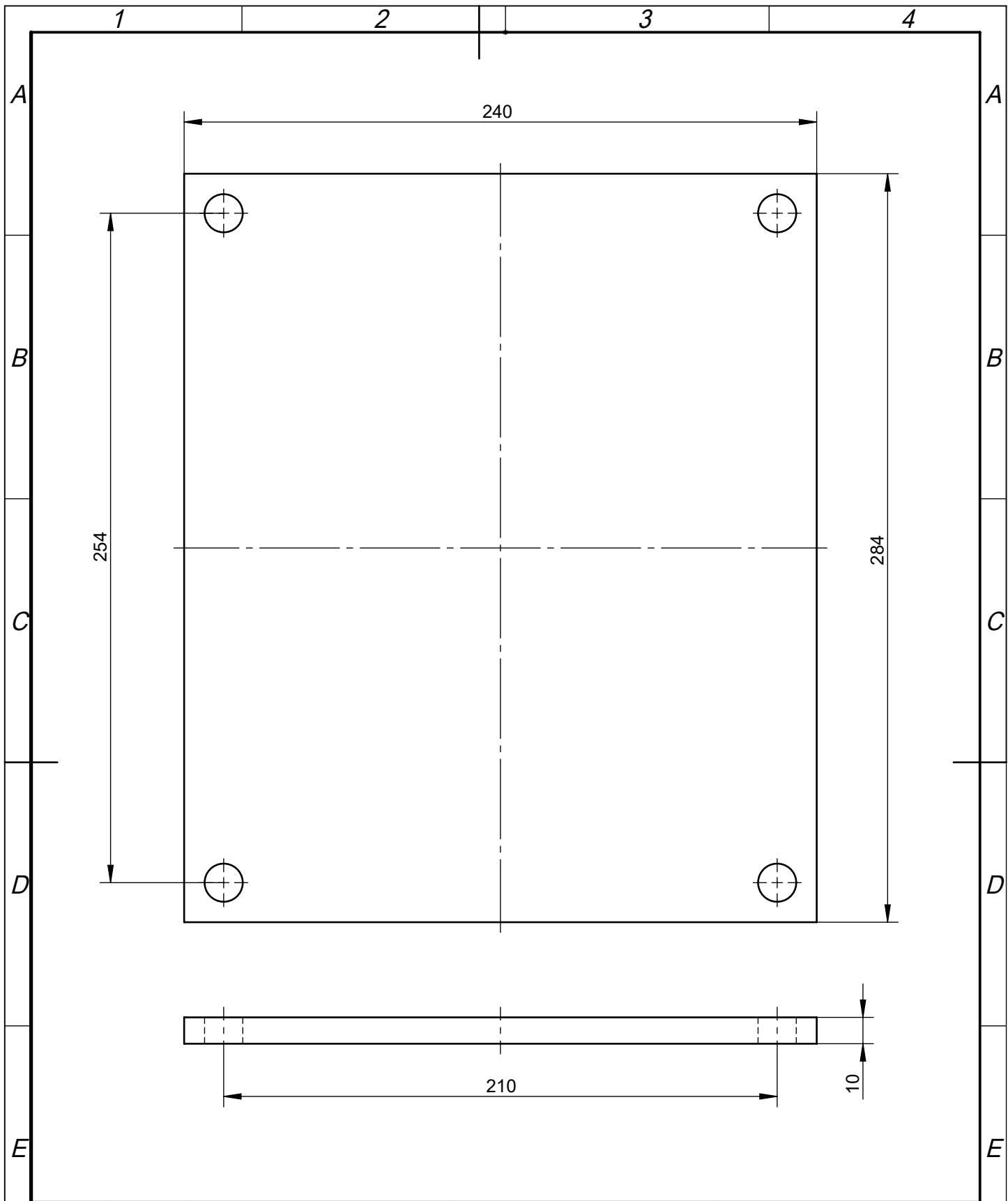
4.4.	1	Unión motor - caja 1	Acoplamiento $\varnothing_{nom} = 60mm$	1.7225 (42CrMo4)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auría	Firma	Referencia Técnica
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Pieza fabricación		Estado de documento Aprobado
	Título 4.6. Acoplamiento motor - caja 1		Número de plano 4.6.	
	Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:2	Hoja 1 de 1




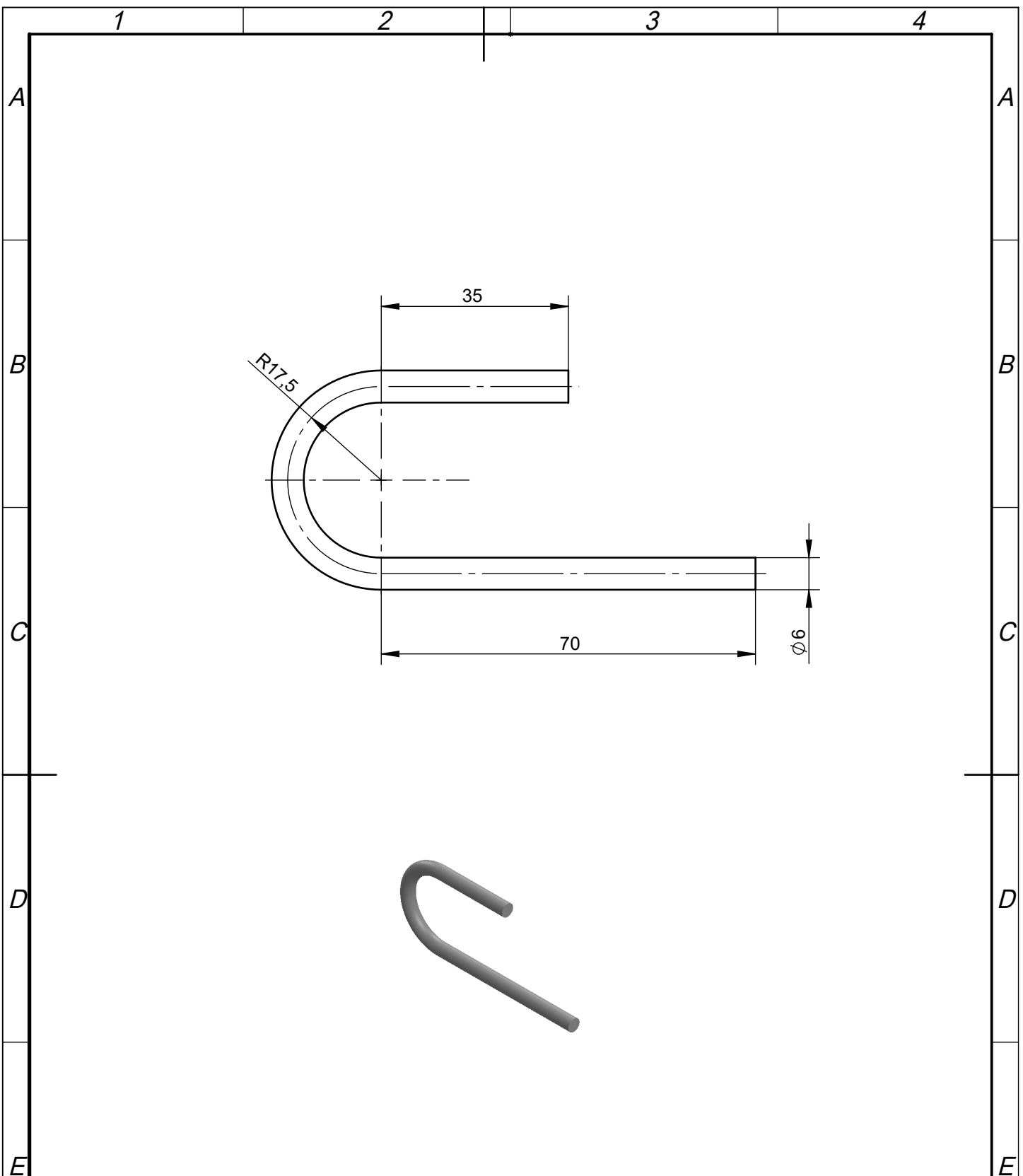
Soldar pieza "1.1.4. Sujeción cincha base" a la pieza "5.3. Uniones". Centrar en la cara indicada.

5.3.2.	2	Unión_120	Perfil 30x30x5, de longitud 120mm	1.0044 (S275JR)
5.3.1.	2	Unión_164	Perfil 30x30x5, de longitud 164mm	1.0044 (S275JR)
5.2.	4	Patas	Perfil 30x30x15mm, de longitud 1530mm	1.0044 (S275JR)
5.1.	1	Plataforma	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.3.	2	Guía horizontal	Espesor = 5mm	1.0044 (S275JR)
1.1.2.	1	Refuerzo base	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
1.1.1.	1	Base	Espesor = 15mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL

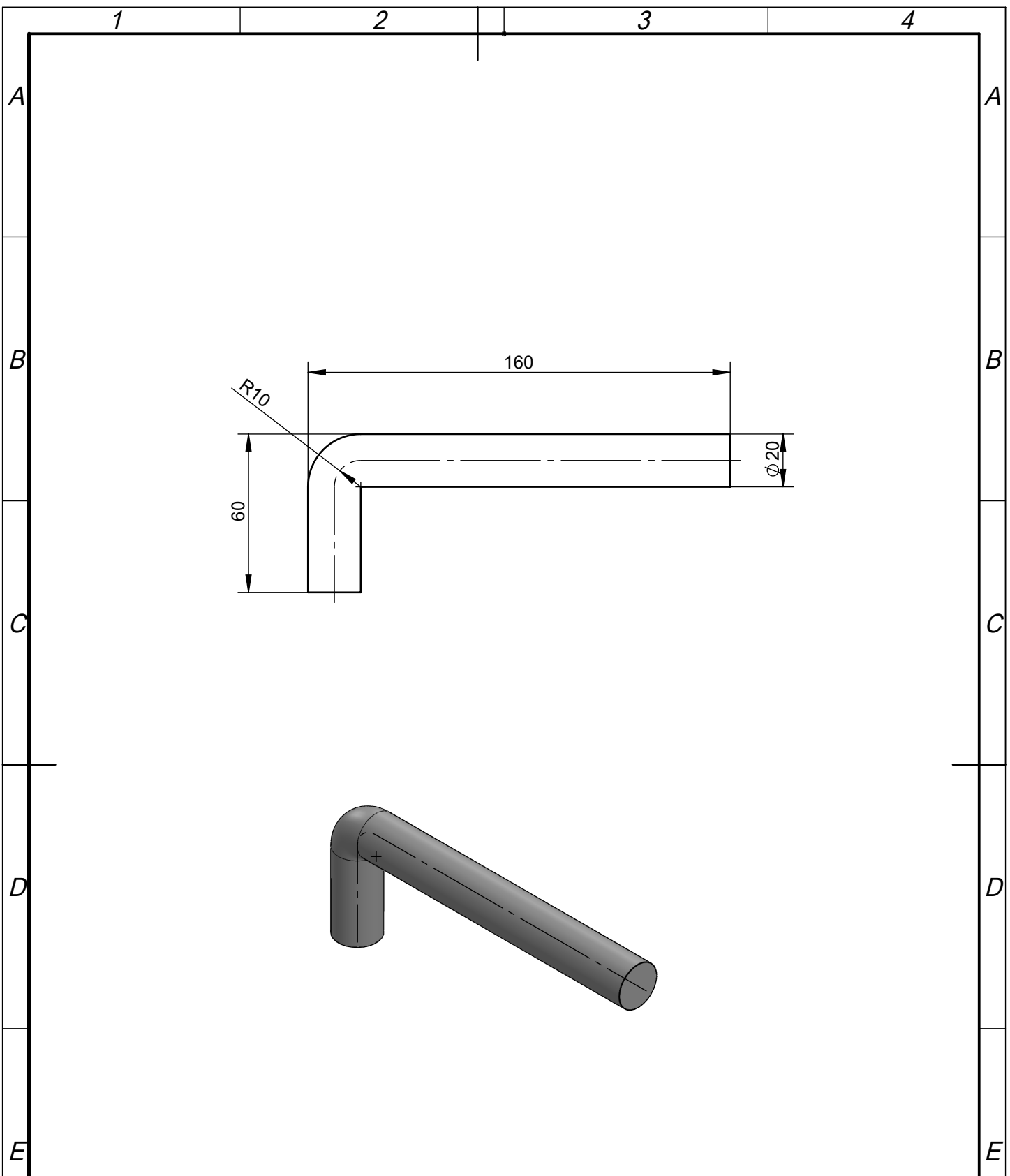
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones		Tipo de documento Plano de conjunto		Estado de documento Revisado
Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza		Título 5. Subestructura		Número de plano 5.
Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026	Escala 1:10	Hoja 1 de 1	




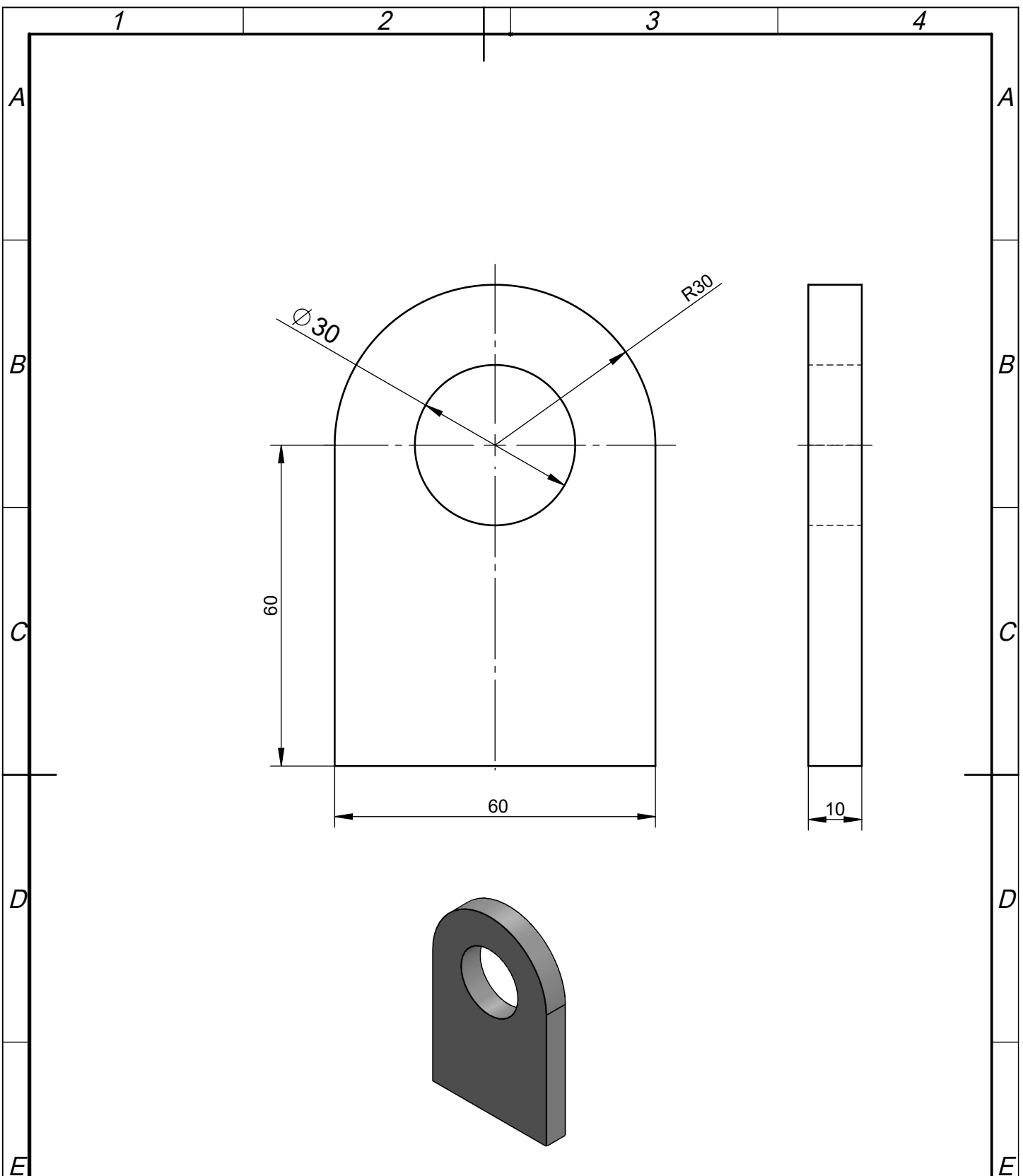
5.1.	1	Plataforma	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado	
		Título 5.1. Plataforma		Número de plano 5.1.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



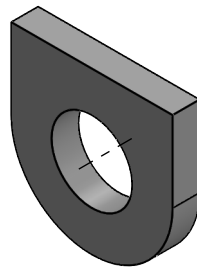
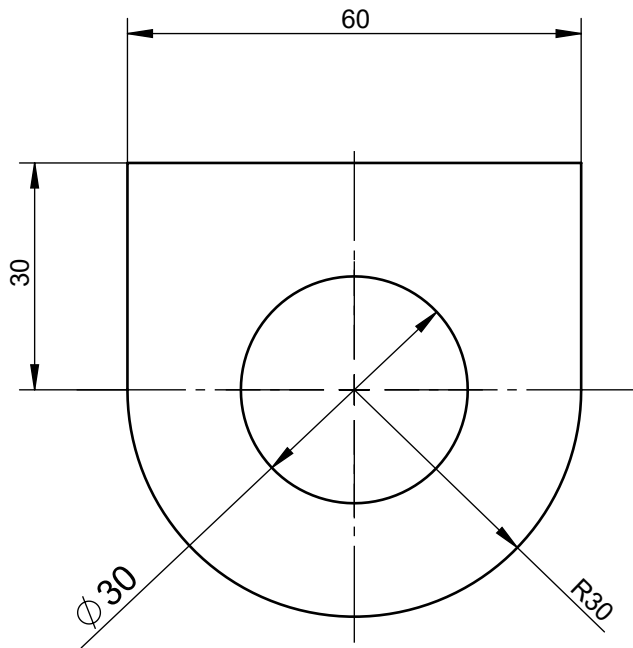
5.4.	1	Sujeción cincha	Barra plegada $\varnothing 6$ mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado	
		Título 5.4. Sujeción cincha		Número de plano 5.4.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



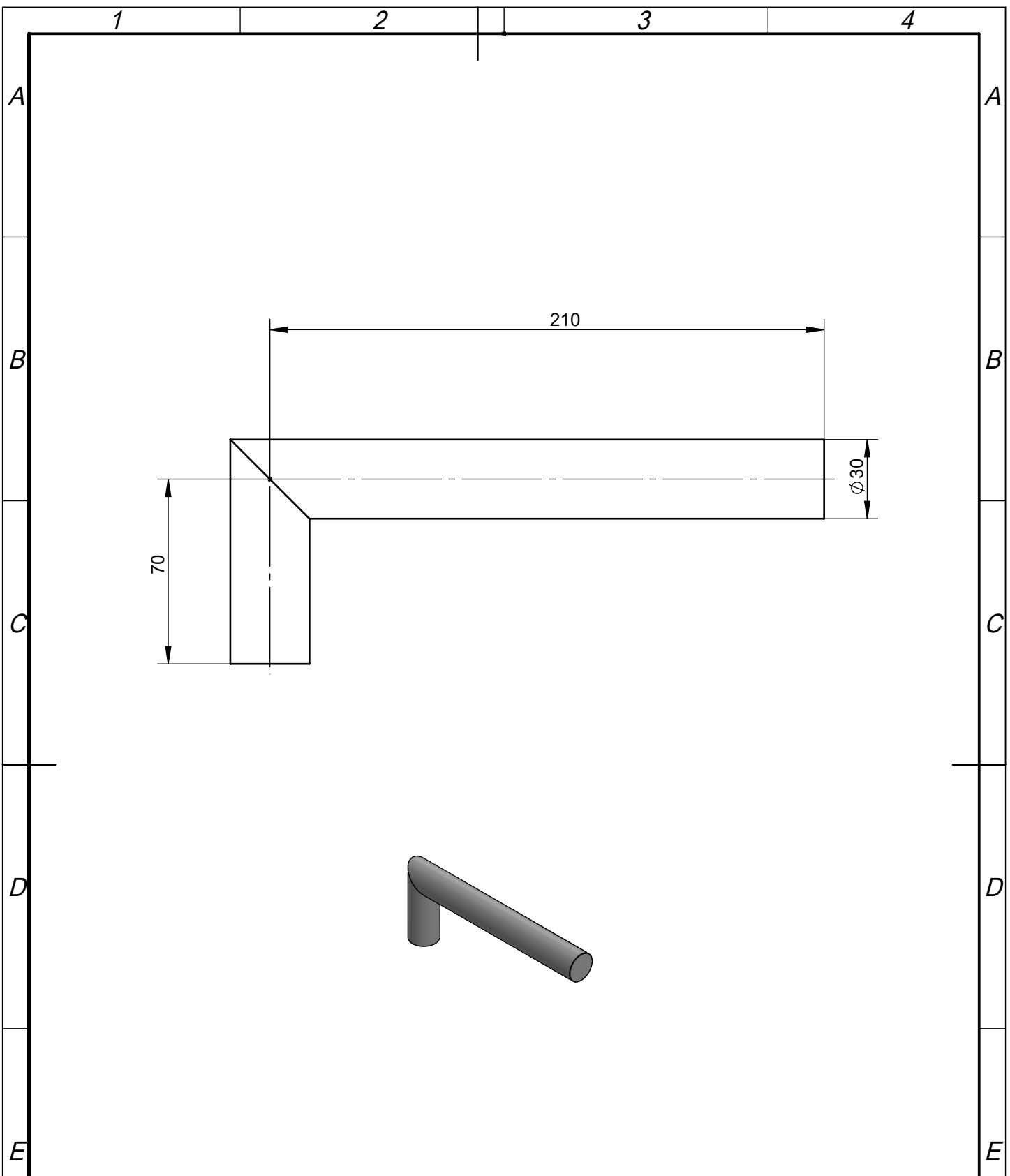
6.1.	1	Pomo compuerta superior	Perfil circular macizo de $\varnothing 20\text{mm}$	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
	Título 6.1. Pomo compuerta superior		Número de plano 6.1.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026




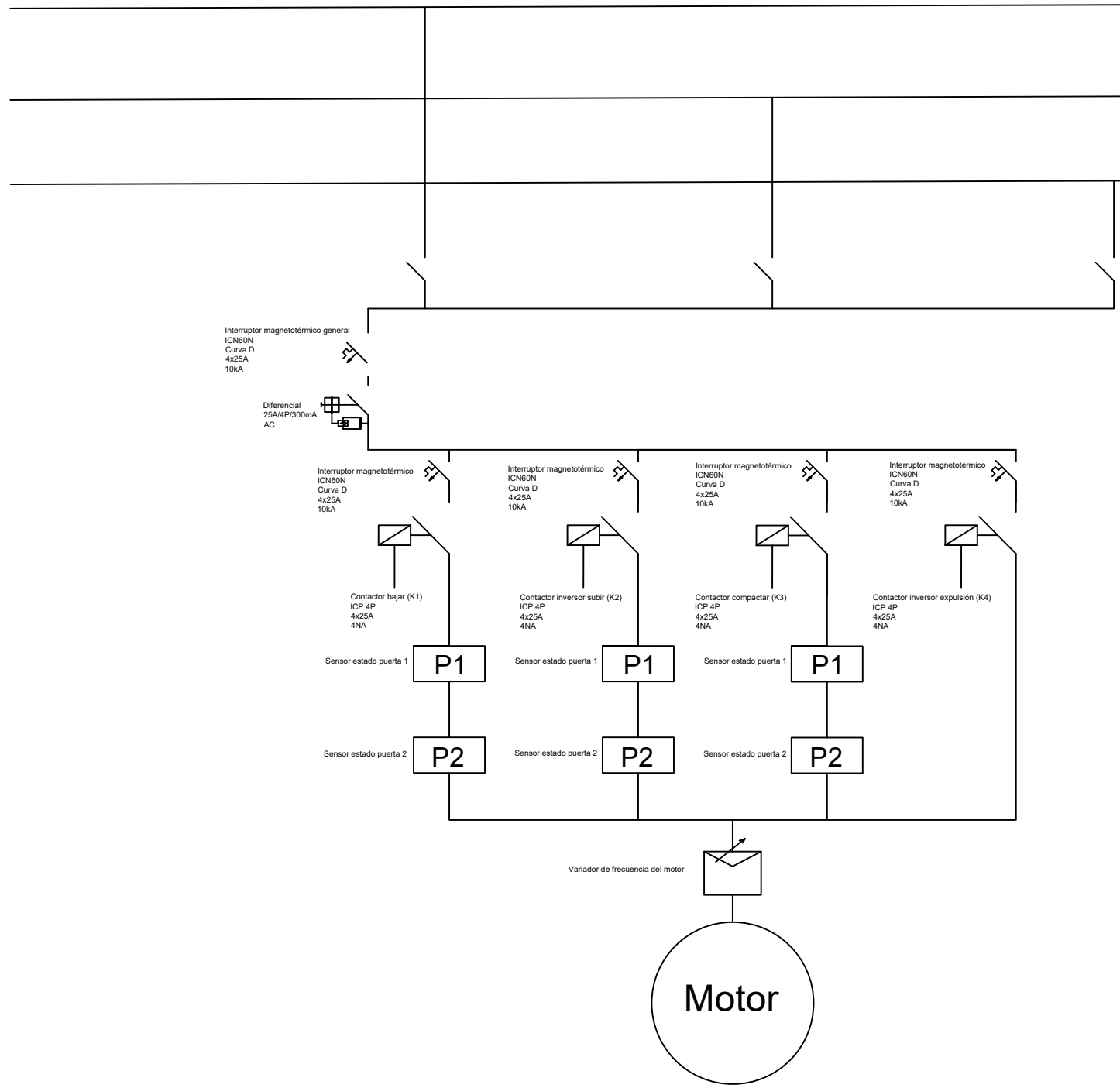
6.2.1.	1	Cerradura compuerta	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado	
		Título 6.2.1. Cerradura compuerta		Número de plano 6.2.1.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026




6.2.2.	1	Cerradura chapa frontal	Espesor = 10mm	1.0044 (S275JR)
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Departamento Diseño	Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones	Tipo de documento Fabricación		Estado de documento Revisado	
	Título 6.2.2. Cerradura chapa frontal		Número de plano 6.2.2.	
			Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



6.2.3.	1	Pasador inferior	Perfil circular macizo de Ø30mm	1.0044 (S275JR)	
Marca	Ctd	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
Departamento Diseño		Creado por Daniel Navarro Moya	Aprobado por M. Auria	Firma	Referencia Técnica Norma ISO
Proyecto TFG - Compactadora de cartones			Tipo de documento Fabricación	Estado de documento Revisado	
		Título 6.2.3. Pasador inferior		Número de plano 6.2.3.	
				Revisión 1	Fecha de edición 26/01/2026



 Polígono Malpica, Calle E, Parcela 6g A 50016 Zaragoza (Spain) T +34 976 570 970 info78@seventyeight.es www.seventyeight.es	PROYECTO <b>LOEWE PASEO DE GRACIA</b>	ESCALA 1/100
	NOMBRE PLANO <b>PLANO DE DISTRIBUCIÓN</b>	FECHA JULIO 2021
DIRECCIÓN DEL PROYECTO <b>PASEO DE GRACIA, BARCELONA</b>	NOMBRE Y FASE PROYECTO <b>LOEWE PASEO DE GRACIA</b> FASE DE REMODELACIÓN	
NOMBRE DEL CLIENTE: <b>LOEWE</b>		



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### **Pliego de condiciones**

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025

# Índice

<b>Pliego de condiciones</b>	<b>2</b>
<b>1. Pliego de Condiciones Generales</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivo del pliego . . . . .	2
1.2. Régimen Jurídico y Normativa de Aplicación . . . . .	3
<b>2. Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares</b>	<b>6</b>
2.1. Características exigidas a los equipos y materiales . . . . .	6
2.1.1. Motor . . . . .	6
2.1.2. Caja de reenvío . . . . .	7
2.1.3. Husillo . . . . .	7
2.1.4. Tuerca . . . . .	8
2.1.5. Placa de compactación . . . . .	8
2.1.6. Base de la estructura . . . . .	9
2.1.7. Compuertas . . . . .	9
2.1.8. Carcasa exterior . . . . .	9
2.1.9. Accionamiento . . . . .	10
2.1.10. Tornillos y Tuercas . . . . .	10
2.1.11. Bisagras . . . . .	10
2.1.12. Sistema eléctrico . . . . .	11
2.2. Control, inspecciones y pruebas . . . . .	11
2.3. Seguridad . . . . .	12
2.4. Conclusión . . . . .	13
<b>3. Lugar, fecha y firma</b>	<b>14</b>

# 1. Pliego de Condiciones Generales

## 1.1. Objetivo del pliego

El presente pliego de condiciones es el resumen de las características que se deberán cumplir en el diseño de la compactadora de reiduos descrita en la memoria. Para cualquier especificación no incluida en este pliego se deberá de tener en cuenta la normativa correspondiente.

El proyecto de esta compactadora de residuos está compuesto de la siguiente documentación:

- Pliego de condiciones.
- Planos.
- Mediciones.
- Presupuesto.
- Memoria.
- Anexos.

Se entiende por documentación aquella que es de obligada cumplimiento, incluidas las modificaciones autorizadas. El resto de documentación o datos del proyecto son informativos.

Este documento tiene como finalidad definir y reglamentar las condiciones bajo las cuales se debe realizar la fabricación de la compactadora de residuos, asegurando el cumplimiento de todos los requisitos de seguridad conforme a la normativa vigente. El pliego de condiciones de este sistema mecánico abarca los siguientes aspectos:

- **Adquisición y Manejo de Materiales:** Se requiere la obtención de las materias primas, materiales y componentes adecuados, garantizando su correcta manipulación y utilización durante el proceso de fabricación.
- **Medidas de Seguridad y Salud:** Deben implementarse todas las medidas de seguridad y salud necesarias, en relación con el uso de equipos, máquinas e instalaciones, tal como lo exige la legislación vigente.
- **Especificaciones de Funcionamiento y Calidad:** El producto final debe cumplir con las especificaciones de funcionamiento, seguridad y calidad descritas en la memoria y los planos del proyecto.

Para la fabricación del mecanismo, será necesario que este pase las pruebas de homologación correspondientes, de acuerdo a lo detallado en la memoria del proyecto. Por lo tanto, todos los cálculos y modificaciones realizadas deben tener como objetivo cumplir con los requisitos legales en términos de comportamiento y seguridad.

## **1.2. Régimen Jurídico y Normativa de Aplicación**

Constituye objeto del presente documento todas las normas, reglamentos y leyes de carácter general que sean aplicables tanto en el desarrollo como en la ejecución del proyecto que se presenta. Concretamente son las que a continuación se enumeran:

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- **Real Decreto 485/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- **Real Decreto 487/1997**, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- **Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (Actualizaciones: RD 2177/2004).
- **Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- **Real Decreto 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

La compactadora de residuos se verá sujeta a la siguiente normativa:

- **Directiva de Máquinas 2006/42/CE**.
- **UNE-EN 16486:2015+A1:2021**: “Máquinas para compactar residuos o materia reciclable. Compactadores. Requisitos de seguridad”.

- **UNE-EN 16500:2014:** Máquinas para compactar residuos o fracciones reciclables.
- **UNE-EN 349:1993+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- **UNE-EN 1005-1:2001+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 1: Términos y definiciones.
- **UNE-EN 1005-2:2003+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 2: Manejo de máquinas y de sus componentes.
- **UNE-EN 1005-3:2002+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 3: Límites de fuerza recomendados para la utilización de máquinas.
- **UNE-EN 1005-4:2005+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.
- **UNE-EN 1037:1995+A1:2008:** Seguridad de las máquinas. Prevención de una puesta en marcha imprevista.
- **UNE-EN 60204-1:2006:** Seguridad de las máquinas, Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: requisitos generales.
- **UNE-EN 62262:2002:** Grados de protección proporcionados por as envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos.
- **ISO 4871:2009:** Acústica. Declaración y verificación de los valores de emisión sonora de máquinas y equipos.
- **UNE-EN-ISO 13850:2008:** Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño.
- **DIN 103** Referente a roscas trapezoidales.
- **ISO 6336** Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos.

Su diseño y métodos de fabricación han de conducir a un producto final que satisfaga toda la normativa citada. Si el conjunto incumple la normativa vigente, será desechado y su diseño revisado. El cumplimiento de los requisitos mínimos de seguridad permitirá

la elaboración del documento de declaración de conformidad y de la obtención del correspondiente marcado CE.

Basándose en la normativa vigente, a la hora de diseñar una compactadora de residuos, hay que fijarse en la **UNE-EN 16486:2015+A1:2021**. En ella se explica la normativa y las características de prestación del producto. En esta norma se exigen unos requisitos mecánicos, como la resistencia y durabilidad mecánica y unos requisitos de seguridad.

La norma **UNE-EN 16486:2015+A1:2021** no establece coeficientes de seguridad concretos (numéricos) para los cálculos estructurales de la compactadora de residuos. Lo que si establece es que:

- Exigir que la máquina sea diseñada con suficiente resistencia y estabilidad frente a las cargas de compactación y uso previsto.
- Indicar que deben seguirse normas europeas de diseño mecánico generales.
- Obligar a que se realicen evaluaciones de riesgo y que el fabricante garantice que no hay fallo por fatiga, pandeo o rotura en condiciones normales de uso.

Dado que la norma **UNE-EN 16486:2015+A1:2021** no establece coeficientes de seguridad concretos, para el diseño de la máquina se van a usar valores normales de otras normas:

- **Estructura metálica (placa de presión y base):** entre 1,5 y 2,0 respecto a los esfuerzos máximos previstos. EN 1993 (Eurocódigo 3, Diseño de estructuras de acero).
- **Sistema de retención (dispositivos de enclavamiento):** deben soportar la fuerza máxima ejercida por el sistema de compactación con un margen mínimo de 2. EN ISO 14120 (Guardas – Requisitos generales para el diseño y construcción).
- **Tornillería y uniones mecánicas:** 1,5–2,0 sobre la carga límite del tornillo. EN ISO 898-1 (Propiedades mecánicas de los tornillos de acero al carbono y aleado).
- **Husillo y tuerca:** la norma DIN 103 (Referente a roscas trapezoidales) establece que el husillo debe verificarse frente a compresión, pandeo y tensiones combinadas (axial + torsión). *Compresión pura* > 1,5, *pandeo* > 2 y *tensiones combinadas* > 1,5.
- **Caja de reenvío:** la norma ISO 6336 (Cálculo de la capacidad de carga de engranajes cilíndricos) establece un factor de servicio de transmisiones con este tipo de engranajes > 1,5.

## 2. Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares

### 2.1. Características exigidas a los equipos y materiales

En esta sección se detallan las propiedades técnicas y las condiciones que deben reunir los equipos y materiales empleados en la construcción de la compactadora de residuos. Los elementos aquí indicados deberán ajustarse a los criterios de calidad, seguridad y operatividad fijados tanto por la normativa aplicable como por las especificaciones del proyecto.

#### 2.1.1. Motor

Se trata de un componente fundamental para el funcionamiento de la compactadora de cartones, de tal manera, deberá tener las siguientes características: (Cálculos pertinentes al motor, consultar memoria).

- Tipo de motor: motor eléctrico trifásico, con alimentación  $400\text{ V} - 50\text{ Hz}$ .
- Grado de protección: IP55 o superior.
- Clase de aislamiento: F.
- Materiales: la carcasa debe estar constituida por fundición o aluminio industrial, el eje por acero tratado y los bobinados por cobre electrolítico con barnizado aislante.
- Potencia nominal: debe ser suficiente para garantizar el correcto funcionamiento de la compactadora.
- Par motor: debe ser suficiente para dar un correcto servicio al mecanismo. Dadas las pérdidas en la transmisión, el par que debe entregar el motor será como mínimo de  $244,28\text{ N} \cdot \text{m}$
- Velocidad: debe cumplir la condición de que el husillo avance a una velocidad de  $0,05\text{ m/s}$ , para garantizar un funcionamiento seguro y controlado.
- Velocidad angular: no debe exceder las  $1440\text{ rpm}$ , de esta manera el mecanismo completará un ciclo completo en  $48\text{ s}$ .
- Eficiencia energética: debe cumplir con los estándares de eficiencia energética de la clase IE2 para minimizar el consumo eléctrico.

### 2.1.2. Caja de reenvío

Se trata del elemento que realiza la transmisión entre el motor y los elementos que accionan la placa de presión. Adapta la velocidad y el par del motor a los requerimientos del sistema de compactación. En este caso son elementos comerciales. (Cálculos pertinentes a las cajas de reenvío, consultar memoria).

- Material: cada una de las cajas de reenvío debe poder soportar el par de entrada exigido ( $224,24 N * m$  para la *Caja de reenvío 1* y  $122,12 N * m$  para la *Caja de reenvío 2*).
- Relación de transmisión: para la *Caja de reenvío 1* debe ser 1:4, asegurando la reducción necesaria para dar un correcto servicio al mecanismo. La *Caja de reenvío 2* tiene una relación de transmisión 1:1, transmitiendo así el par necesario al husillo.
- Dirección: cada caja de reenvío se coloca en la dirección adecuada para asegurar que el sentido de giro de salida sea el adecuado para cada posición del mecanismo.

### 2.1.3. Husillo

Se trata del elemento conectado a la última caja de reenvío. Al girar actúa sobre la tuerca, transformando el movimiento de rotación en un desplazamiento lineal de la placa de compactación. (Cálculos pertinentes al dimensionamiento del husillo, consultar memoria).

- Material: debe estar fabricado en un material que cumpla con las exigencias del mecanismo, como acero C45 o materiales de igual o superiores características.
- Tipo de rosca: debe ser trapezoidal para asegurar un freno mecánico automático cuando el mecanismo se encuentre en reposo.
- Diseño: debe ser adecuado para soportar la carga de compactación, permitir el movimiento de la placa de compactación sin obstáculos y realizar el freno mecánico al estar el sistema en reposo. Las dimensiones están definidas en los planos.

#### **2.1.4. Tuerca**

Se trata del elemento que une el husillo con la placa de compactación. Actúa directamente sobre la placa de compactación, transmitiendo toda la fuerza hacia esta. (Cálculos pertinentes al dimensionamiento de la tuerca, consultar memoria).

- Material: debe estar fabricado en un material que cumpla con las exigencias del mecanismo, como bronce CuSn12 o materiales de igual o superiores características.
- Tipo de rosca: debe ser trapezoidal para asegurar un freno mecánico automático cuando el mecanismo se encuentre en reposo.
- Diseño: debe ser adecuado para soportar la carga de compactación, permitir el movimiento de la placa de compactación sin obstáculos y realizar el freno mecánico al estar el sistema en reposo. Las dimensiones están definidas en los planos.

#### **2.1.5. Placa de compactación**

Elemento que se encuentra en contacto directo con el residuo a compactar y que se encarga de transmitir el esfuerzo de compactación producido por el sistema. (Dimensionamiento y características de la placa de compactación, consultar memoria).

- Material: debe ser duradero y resistente a esfuerzos cíclicos. Como mínimo tendrá una tensión de fluencia de 355 MPa.
- Diseño: debe garantizar una distribución uniforme de la carga. Además, garantiza un movimiento lineal guiado y correctamente alineado con el eje del husillo, evitando así esfuerzos excéntricos.
- Durabilidad: al estar en contacto con residuos, contará con un recubrimientos industrial anticorrosivo.

### **2.1.6. Base de la estructura**

Elemento estructural principal, se encarga de soportar el peso propios de la compactadora, así como las cargas que se transmiten al suelo. (Dimensionamiento y características de la placa de compactación, consultar memoria).

- Material: debe ser duradero y resistente a esfuerzos cíclicos. Como mínimo tendrá una tensión de fluencia de 355 MPa.
- Diseño: debe ser capaz de absorber las cargas estáticas y dinámicas generadas durante el proceso de compactación, evitando desplazamientos, vibraciones excesivas o deformaciones permanentes. Se garantiza la planitud de las superficies de apoyo.
- Durabilidad: al estar es contacto con residuos, contará con un recubrimientos industrial anticorrosivo.

### **2.1.7. Compuertas**

Son elemento móviles destinados a la carga y descarga de los residuos. (Dimensionamiento y características de la placa de compactación, consultar memoria).

- Material: debe contar con un buen comportamiento frente a impactos y cargas repetidas.
- Diseño: debe asegurar el confinamiento de la parte interior de la caja de compactación en cada instante de uso. Además, debe asegurar un bloqueo seguro evitando así aperturas involuntarias.
- Durabilidad: debe contar con una alta resistencia a la fatiga, debido a su repetido uso para la apertura y cierre de la máquina. La zona en contacto con residuos contará con un recubrimiento industrial anticorrosivo.

### **2.1.8. Carcasa exterior**

Conjunto de elementos destinados a hermetizar los elementos móviles y eléctricos del sistema, creando una delimitación de seguridad al usuario.

- Material: debe tener un buen comportamiento frente a impactos y una alta resistencia a la corrosión.
- Diseño: debe asegurar el confinamiento de la parte interior de la máquina en cada instante de uso. Además, no contará con aristas vivas que puedan dañar al usuario.

- Condición de diseño: tendrá un sistema de apertura sencillo pero seguro para que técnicos competentes tengan acceso a todos los componentes.

#### **2.1.9. Accionamiento**

Se refiere a todos los elementos que sirven como base para soportar los distintos componentes del mecanismo. El motor es soportado por una subestructura y apoya sobre una placa de acero, estando sujeto por tornillos. Las cajas de reenvío también se encuentran apoyadas sobre una base de acero y sujetas mediante tornillos. Por último, el husillo apoya en su parte inferior sobre una sujeción que soporta los rodamientos y permite el giro del mismo. (Dimensionamiento de los elementos del accionamiento, consultar planos).

- Material: debe asegurar el correcto funcionamiento del mecanismo, siendo capaz de absorber las posibles perturbaciones causadas por las cargas generadas por el conjunto.
- Diseño: definido en los planos.

#### **2.1.10. Tornillos y Tuercas**

Se trata de elementos de unión que aseguran el correcto posicionamiento de las piezas en el sistema.

- Material: deben ser de acero de calidad 4.8 como mínimo, contando así con una tensión de fluencia mínima de  $340\text{ MPa}$ .
- Dimensiones: deben cumplir con las especificaciones de diseño para garantizar una fijación segura.
- Resistencia mecánica: deben de ser capaces de soportar las cargas aplicadas sin deformarse o romperse.

#### **2.1.11. Bisagras**

Elementos de unión para las distintas puertas de la máquina. (Especificaciones de las bisagras, consultar memoria).

- Material: deben estar hechas de acero u otro material resistente y soldable.
- Dimensiones: deben soportar el peso del elemento a unir.
- Durabilidad: deben soportar la constante apertura y cierre de las distintas puertas de la máquina.

### **2.1.12. Sistema eléctrico**

Encargado de alimentar, controlar y proteger el conjunto de la máquina, garantizando un funcionamiento seguro, fiable y conforme a la normativa vigente. (Especificaciones del sistema, esquema unifilar y memoria).

- Tipo de alimentación: red trifásica  $400\text{ V} - 50\text{ Hz}$
- Manejo y control: mediante pulsadores.
- Cuadro eléctrico: debe integrar los dispositivos de protección frente a cortocircuitos, sobrecargas y fallos eléctricos, así como los elementos de mando, señalización y parada de emergencia. (Consultar esquema unifilar).

## **2.2. Control, inspecciones y pruebas**

Se realizarán todos los análisis, comprobaciones, ensayos y verificaciones que resulten necesarios sobre los materiales, componentes o partes del conjunto, de acuerdo con las indicaciones del director del proyecto. Dichas pruebas podrán efectuarse en un laboratorio designado por él si así lo determina.

Previo a su utilización en la obra, todos los materiales deberán ser inspeccionados y validados por el director del proyecto o por la persona que este designe.

Las características técnicas y condiciones de aplicación de los materiales ya se encuentran descritas en apartados anteriores, por lo que no se permitirá emplear ningún material sin la aprobación correspondiente.

Cualquier suministro que no alcance los requisitos de calidad, protección o aislamiento, o que presente defectos, tendrá que retirarse de inmediato. Esta revisión inicial no supone su aceptación definitiva, y el director podrá ordenar la retirada de cualquier material que posteriormente se demuestre defectuoso.

En fábrica, los equipos serán sometidos a pruebas destinadas a garantizar la ausencia de fallos mecánicos.

Se llevará a cabo una inspección visual de cada dispositivo y se verificará el correcto funcionamiento de todos sus elementos móviles.

Asimismo, todas las protecciones deberán calibrarse y ajustarse conforme a los valores facilitados por el fabricante.

Las pruebas podrán desarrollarse en presencia del técnico responsable del proyecto.

## 2.3. Seguridad

De acuerdo con lo establecido en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en las normas aplicables, deberán cumplirse una serie de medidas de seguridad durante la fabricación, instalación y uso de la compactadora de residuos.

En primer lugar, cualquier intervención en equipos eléctricos se realizará siempre sin tensión, asegurando previamente la ausencia de corriente mediante instrumentos de medición y comprobación adecuados. Durante estas operaciones, deberán estar presentes al menos dos trabajadores, equipados con guantes y herramientas aislantes.

Cuando se utilicen aparatos o herramientas eléctricas, estos deberán estar correctamente conectados a tierra en caso necesario, disponer de un aislamiento de clase II, o bien funcionar con tensiones de seguridad inferiores a 50 V obtenidas mediante transformadores adecuados. Tras finalizar los trabajos, no se restablecerá la alimentación eléctrica hasta verificar que no existen riesgos.

El personal que intervenga en zonas con tensión eléctrica, o en su proximidad, deberá llevar ropa sin piezas metálicas, evitar objetos inflamables o metálicos, emplear herramientas transportadas en bolsas aisladas y utilizar calzado protector con propiedades dieléctricas.

Asimismo, se observarán todas las disposiciones generales y obligatorias en materia de seguridad, higiene y salud en el trabajo, junto con las ordenanzas municipales que resulten aplicables. El producto terminado deberá ser seguro para los operarios que lo utilicen, cumpliendo con los requisitos de seguridad y salud que exige el marcado CE.

En cuanto al diseño de la compactadora, se considerarán las siguientes condiciones:

No deberá presentar bordes afilados, aristas vivas ni salientes que puedan provocar cortes o accidentes.

La carcasa se mantendrá cerrada de forma que se impida el acceso directo al motorreductor.

Los componentes eléctricos deberán encontrarse bien aislados y protegidos frente al contacto humano, además de quedar resguardados contra la penetración de agua, suciedad, insectos y otros agentes externos.

## **2.4. Conclusión**

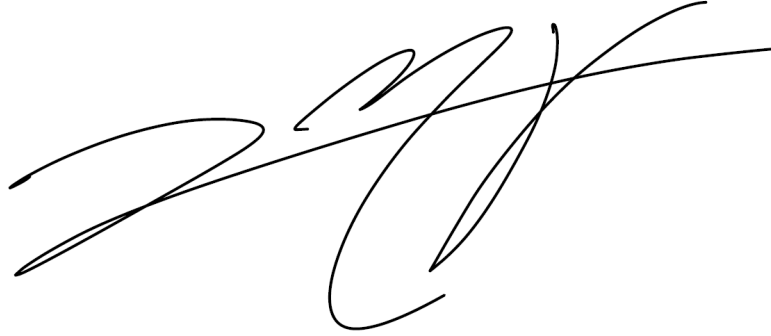
Tras analizar en detalle lo expuesto en los apartados anteriores, junto con la documentación que respalda este proyecto, puede afirmarse que se ha presentado una descripción completa del diseño y del proceso de fabricación, en conformidad con la normativa vigente y las recomendaciones aplicables.

Definidos el objetivo y la utilidad del proyecto, se confía en que obtenga la aprobación de la administración y las autorizaciones necesarias para su tramitación y posterior ejecución. No obstante, se mantiene plena disposición para atender cualquier aclaración o modificación que las autoridades competentes estimen conveniente.

### 3. Lugar, fecha y firma

Firma del autor en Zaragoza, a 26 de enero de 2026.

Daniel Navarro Moya

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### **Mediciones**

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025

# Índice mediciones

1. Materia prima .....	1
2. Componentes eléctricos .....	3
3. Elementos sistema de transmisión .....	6
4. Elementos de unión .....	7
5. Mano de obra .....	8
6. Elementos varios .....	9

# RESUMEN DE PARTIDAS ORDENADAS POR CAPÍTULOS (Pres)

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	MEDICIÓN
<b>01</b>	<b>Materia prima</b>	
<b>01.01.</b>	<b>Chapas metálicas</b>	
01.01.01	ud Chapa de acero S275RJ - 1000x1000x7.5mm.....( 01.01.01 )	1,00
01.01.02	ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x18.75mm .....( 01.01.02 )	1,00
01.01.03	ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1000x10mm.....( 01.01.03 )	3,00
01.01.04	ud Chapa de acero S275RJ - 2000x2000x10mm.....( 01.01.04 )	2,00
01.01.05	ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x10mm.....( 01.01.05 )	3,00
01.01.06	ud Chapa de acero S355RJ - 2000x2000x15mm.....( 01.01.06 )	3,00
01.01.07	ud Chapa de acero S355RJ - 1500x500x40mm .....( 01.01.07 )	1,00
01.01.08	ud Chapa de acero S355RJ - 1000x500x20mm .....( 01.01.08 )	2,00
<b>01.02.</b>	<b>Perfiles metálicos</b>	
01.02.01	ud Perfil circular macizo de acero C45, Ø45mm y longitud 1500mm.....( 01.02.01 )	2,00
01.02.02	ud Perfil circular macizo de bronce CuSn12, Ø100mm, longitud 100mm .....( 01.02.02 )	2,00
01.02.03	ml Perfil hueco de acero S275JR - 40x40x5mm.....( 01.02.03 )	2,00
01.02.04	ml Perfil hueco de acero S275JR - 60x60x5mm.....( 01.02.04 )	4,00
01.02.06	ml Perfil hueco de acero S275JR - 30x0x15mm.....( 01.02.05 )	9,00
01.02.07	ml Perfil en U de acero S275JR - 50x60x5.....( 01.02.06 )	1,00
01.02.08	ml Perfil en U de acero S275JR - 40x80x5.....( 01.02.07 )	3,00
01.02.09	ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø30mm.....( 01.02.08 )	1,00
01.02.10	ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø20mm.....( 01.02.09 )	1,00
01.02.11	ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø90mm.....( 01.02.10 )	1,00
01.02.12	ud Perfil cuadrado macizo 150x150x500 de acero S355JR.....( 01.02.11 )	1,00
01.02.13	ud Perfil circular macizo de acero S355JR, Ø150mm.....( 01.02.12 )	1,00
01.02.14	ud Perfil circular macizo de acero 42CrMo4, Ø60mm y longitud 1000mm.....( 01.02.13 )	1,00
<b>02</b>	<b>Componentes eléctricos</b>	
<b>02.01</b>	<b>Distribución eléctrica</b>	
02.01.01	ud Armario eléctrico.....( 02.01.01 )	1,00
02.01.02	ud CGBT.....( 02.01.02 )	1,00
02.01.03	ud Variador de frecuencia.....( 02.01.03 )	1,00
<b>02.02</b>	<b>Cableado</b>	
02.02.01	ml Tubo corrugado Ø25.....( 02.02.01 )	10,00
02.02.02	ml CABLEADO RZ1-K 0,6/1 KV DE 5x6 mm <sup>2</sup> .....( 02.02.02 )	20,00
<b>02.04</b>	<b>Sensores</b>	
02.04.01	ud Fin de carrera.....( 02.03.01 )	3,00
<b>02.03</b>	<b>Cuadro de mando</b>	
02.03.01	ud Pulsador seta de emergencia Ø40 con enclavamiento.....( 02.04.01 )	1,00
02.03.02	ud Pulsador marcha "arriba".....( 02.04.02 )	1,00
02.03.03	ud Pulsador marcha "abajo".....( 02.04.03 )	1,00
02.03.05	ud Pulsador marcha "compactación".....( 02.04.04 )	1,00
02.03.06	ud Pulsador marcha "expulsión".....( 02.04.05 )	1,00
02.03.07	ud Botonera.....( 02.04.06 )	1,00
<b>02.05</b>	<b>Otros</b>	
02.05.01	ud Legalización y certificación.....( 02.05.01 )	1,00
<b>03</b>	<b>Elementos sistema de transmisión</b>	
03.01	ud Motor WEG W22 - 11 kW.....( 03.01 )	1,00
03.02	ud Power Jear, modelo P110.....( 03.02 )	2,00
03.03	ud Power Jear, modelo P170.....( 03.03 )	1,00
03.04	ud Rodamiento 32310B.....( 03.04 )	8,00
03.05	ud Rodamiento 32005X.....( 03.05 )	4,00
<b>04</b>	<b>Elementos de unión</b>	
<b>04.01</b>	<b>Bisagras</b>	
04.01.01	ud Bisagra pierno soldable.....( 04.01.01 )	5,00
04.01.02	ud Bisagra librillo soldable.....( 04.01.02 )	2,00

## RESUMEN DE PARTIDAS ORDENADAS POR CAPÍTULOS (Pres)

### COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	MEDICIÓN
<b>05</b>	<b>Mano de obra</b>	
05.01	h Operaciones de medida y preparación de materiales.....( 05.01 )	10,00
05.02	h Operaciones de mecanizado.....( 05.02 )	20,00
05.03	h Operaciones de soldadura.....( 05.03 )	18,00
05.04	h Operaciones de montaje y ensamblado.....( 05.04 )	15,00
05.05	h Operaciones eléctricas.....( 05.05 )	5,00
<b>06</b>	<b>Elementos varios</b>	
06.01	ml Chincha.....( 06.01 )	1,50
06.02	ud Rollo fleje PET 12mm.....( 06.02 )	2,00
06.03	ud Tirador soldable.....( 06.03 )	3,00
06.04	ud Rejilla de ventilación 1500x400.....( 06.04 )	1,00
06.05	kg Grasa (MoS2).....( 06.05 )	1,00



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Diseño de una máquina compactadora de cartones  
Cardboard compactor desing

### **Presupuesto**

Autor

Daniel Navarro Moya

Directores

Paula Canalís Martínez

Jose Manuel Auría Apilluelo

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
2025

# Índice presupuesto

1. Precios unitarios .....	1
2. Presupuestos parciales .....	3
2.1. Materia prima .....	3
2.2. Componentes eléctricos .....	5
2.3. Elementos sistema de transmisión .....	9
2.4. Elementos de unión .....	10
2.5. Mano de obra .....	10
2.6. Elementos varios .....	11
3. Presupuesto de ejecución material .....	12
4. Presupuesto de ejecución por contrata impuestos incluidos .....	13
5. Lugar, fecha y firma .....	14

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 01 Materia prima</b>			
<b>SUBCAPÍTULO 01.01. Chapas metálicas</b>			
01.01.01	ud	<b>Chapa de acero S275RJ - 1000x1000x7.5mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 1000 × 1000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	71,00
			SETENTA Y UN EUROS
01.01.02	ud	<b>Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x18.75mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1500 × 18,75 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	455,00
			CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS
01.01.03	ud	<b>Chapa de acero S275RJ - 2000x1000x10mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	173,00
			CIENTO SETENTA Y TRES EUROS
01.01.04	ud	<b>Chapa de acero S275RJ - 2000x2000x10mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 2000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	345,00
			TRESCIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS
01.01.05	ud	<b>Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x10mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1500 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	260,00
			DOSCIENTOS SESENTA EUROS
01.01.06	ud	<b>Chapa de acero S355RJ - 2000x2000x15mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S355JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 2000 × 15 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	565,00
			QUINIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS
01.01.07	ud	<b>Chapa de acero S355RJ - 1500x500x40mm</b> Suministro de chapa de acero estructural al carbono S355JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 1500 × 500 × 40 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	378,00
			TRESCIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS
01.01.08	ud	<b>Chapa de acero S355RJ - 1000x500x20mm</b>	126,00
			CIENTO VEINTISEIS EUROS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>SUBCAPÍTULO 01.02. Perfiles metálicos</b>			
01.02.01	ud	<b>Perfil circular macizo de acero C45, Ø45mm y longitud 1500mm</b> Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 45 mm y longitud 1500mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	70,00
		SETENTA EUROS	
01.02.02	ud	<b>Perfil circular macizo de bronce CuSn12, Ø100mm, longitud 100mm</b> Suministro de barra redonda maciza de bronce CuSn12, de diámetro 100 mm y longitud 100mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	138,00
		CIENTO TREINTA Y OCHO EUROS	
01.02.03	ml	<b>Perfil hueco de acero S275JR - 40x40x5mm</b> Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 40 × 40 × 5 mm, , incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	6,90
		SEIS EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS	
01.02.04	ml	<b>Perfil hueco de acero S275JR - 60x60x5mm</b> Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 60 × 60 × 5 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	10,80
		DIEZ EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS	
01.02.06	ml	<b>Perfil hueco de acero S275JR - 30x0x15mm</b> Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 30 × 30 × 15 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	3,41
		TRES EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS	
01.02.07	ml	<b>Pirfil en U de acero S275JR - 50x60x5</b> Perfil en U de chapa, fabricado en acero estructural S275JR, con dimensiones 50 mm de altura, 60 mm de ancho y 5 mm de espesor, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	15,10
		QUINCE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS	
01.02.08	ml	<b>Pirfil en U de acero S275JR - 40x80x5</b> Perfil en U de chapa, fabricado en acero estructural S275JR, con dimensiones 40 mm de altura, 80 mm de ancho y 5 mm de espesor, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	16,80
		DIECISEIS EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS	
01.02.09	ml	<b>Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø30mm</b> Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 30 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	8,30
		OCHO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS	
01.02.10	ml	<b>Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø20mm</b> Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 20 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	3,70
		TRES EUROS con SETENTA CÉNTIMOS	
01.02.11	ml	<b>Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø90mm</b> Suministro de barra redonda maciza de acero S275JR, de diámetro 90 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	73,50
		SETENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS	
01.02.12	ud	<b>Perfir cuadrado macizo 150x150x500 de acero S355JR</b> Suministro de barra cuadrada maciza de acero S355JR, de 150x150x500mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	62,00
		SESENTA Y DOS EUROS	
01.02.13	ud	<b>Perfil circular macizo de acero S355JR, Ø150mm</b> Suministro de barra redonda maciza de acero S355JR, de diámetro 150 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.	48,00
		CUARENTA Y OCHO EUROS	
01.02.14	ud	<b>Perfil circular macizo de acero 42CrMo4, Ø60mm y longitud 1000mm</b>	31,30
		TREINTA Y UN EUROS con TREINTA CÉNTIMOS	

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 02 Componentes eléctricos</b>			
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Distribución eléctrica</b>			
02.01.01	ud	<b>Armario eléctrico</b> Armario mural de acero, PanelSeT CRN 300x250x150 puerta ciega con placa de montaje.	144,36
			CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
02.01.02	ud	<b>CGBT</b> Suministro de Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) según plano según esquema unifilar aportado. Incluye aparata Schneider o de similares características. Incluso p.p de cable, bornas, punteras, obturadores y demás material necesario.	1.899,49
			MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
02.01.03	ud	<b>Variador de frecuencia</b> Suministro de variador de frecuencia destinado al control de un motor eléctrico trifásico, permitiendo la regulación de velocidad, el arranque y parada progresivos, la inversión de giro y la protección del motor frente a sobrecargas, sobreintensidades y fallos eléctricos. Incluye funciones básicas de parametrización, compatibilidad con señales de mando externas (pulsadores, finales de carrera o PLC) y cumplimiento de normativa eléctrica vigente.  Adecuado para aplicaciones industriales, mejorando la eficiencia energética, la seguridad de funcionamiento y la vida útil del conjunto motor-mecanismo.	1.612,90
			MIL SEISCIENTOS DOCE EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Cableado</b>			
02.02.01	mI	<b>Tubo corrugado Ø25</b> Suministro de tubo de PVC corrugado Ø25 mm, incluyendo p.p. de cajas de conexión, material de soportación y pequeño material.	1,75
			UN EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
02.02.02	mI	<b>CABLEADO RZ1-K 0,6/1 KV DE 5x6 mm<sup>2</sup></b> Suministro de cableado RZ1-K(AS) 0,6/1kV-Cu 3x2,5mm <sup>2</sup> . (Multipolar // RZ1-K(AS) según la ITC-BT-28). Características constructivas: UNE-21123-4; Conductor de Cu: Clase 5; Aislamiento: XLPE; Cubierta: Poliolefina especial flexible, termoplástica libre de halógenos; color VERDE; no propagador del incendio UNE-EN 50266-2-4 (IEC-60332-3-24); libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 (IEC 60754-1); baja corrosividad (IEC 60754-2); baja emisión de humos opacos (Transmitancia superior 90% , UNE-EN 61034-2 (IEC 61034-2)); temperatura máxima de utilización: 90° C.	7,77
			SIETE EUROS con SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Sensores</b>			
02.04.01	ud	<b>Fin de carrera</b> Suministro de fin de carrera electromecánico para la detección de posición y limitación de recorrido de elementos móviles de la máquina. Permite el control automático del movimiento, evitando sobrecarreras y garantizando la seguridad y protección del sistema mecánico y del motor.  Dispositivo de alta fiabilidad, apto para uso industrial, con contactos normalmente abiertos y/o normalmente cerrados, carcasa resistente y cumplimiento de la normativa eléctrica vigente.	45,06
			CUARENTA Y CINCO EUROS
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cuadro de mando</b>			
02.03.01	ud	<b>Pulsador seta de emergencia Ø40 con enclavamiento</b> Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.  Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.	52,06
			CINCUENTA Y DOS EUROS con SEIS CÉNTIMOS
02.03.02	ud	<b>Pulsador marcha "arriba"</b> Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.  Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.	28,47
			VEINTIOCHO EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
02.03.03	ud	<b>Pulsador marcha "abajo"</b> Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.  Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.	28,47
			VEINTIOCHO EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
02.03.05	ud	<b>Pulsador marcha "compactación"</b> Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.  Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.	28,47
			VEINTIOCHO EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS
02.03.06	ud	<b>Pulsador marcha "expulsión"</b> Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.  Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.	28,47
			VEINTIOCHO EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS

## CUADRO DE PRECIOS 1

### COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
02.03.07	ud	<b>Botonera</b> Suministro de botonera eléctrica de control para mando manual de la máquina. Cuenta con 6 orificios par instalación de pulsadores. Caja estanca de uso industrial, con grado de protección adecuado, cableado interno y elementos de seguridad conforme a normativa eléctrica vigente.  Diseñada para garantizar una operación segura, fiable y ergonómica, permitiendo el control directo del equipo en condiciones de trabajo industriales.	50,00

CINCUENTA EUROS

### SUBCAPÍTULO 02.05 Otros

02.05.01	ud	<b>Legalización y certificación</b>	500,00
----------	----	-------------------------------------	--------

QUINIENTOS EUROS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 03 Elementos sistema de transmisión</b>			
03.01	ud	<b>Motor WEG W22 - 11 kW</b> Se considera el suministro de motor eléctrico trifásico de corriente alterna, serie W22, clase de eficiencia IE2, con potencia nominal de 11 kW, apto para servicio industrial en maquinaria de compactación. El motor dispone de carcasa cerrada, grado de protección IP55, ventilación exterior y alimentación 400 V – 50 Hz.	1.525,00
		MIL QUINIENTOS VEINTICINCO EUROS	
03.02	ud	<b>Power Jear, modelo P110</b> Suministro de caja de reenvío industrial del fabricante Power Jear, modelo P110, adecuada para transmisión de par en maquinaria de compactación, con carcasa metálica, lubricación permanente y capacidad de carga acorde a la potencia instalada.	650,00
		SEISCIENTOS CINCUENTA EUROS	
03.03	ud	<b>Power Jear, modelo P170</b> Suministro de caja de reenvío industrial del fabricante Power Jear, modelo P170, adecuada para transmisión de par en maquinaria de compactación, con carcasa metálica, lubricación permanente y capacidad de carga acorde a la potencia instalada.	1.150,00
		MIL CIENTO CINCUENTA EUROS	
03.04	ud	<b>Rodamiento 32310B</b> Suministro de rodamientos de rodillos ajustados, marca FAG, con diámetro interior de 50 mm y diámetro exterior de 110 mm, destinados a la absorción combinada de cargas radiales y axiales, especialmente adecuados para aplicaciones con esfuerzos elevados y necesidad de ajuste preciso. Permiten el reglaje del juego interno, mejorando la rigidez del conjunto, la precisión de guiado y la vida útil del sistema mecánico.  Fabricados conforme a estándares industriales, aptos para montaje en maquinaria pesada o de uso continuo, garantizando fiabilidad, durabilidad y correcto funcionamiento en condiciones exigentes.	55,00
		CINCUENTA Y CINCO EUROS	
03.05	ud	<b>Rodamiento 32005X</b> Suministro de rodamientos de rodillos ajustados, con diámetro interior de 25 mm y diámetro exterior de 47 mm, destinados a la absorción combinada de cargas radiales y axiales, especialmente adecuados para aplicaciones con esfuerzos elevados y necesidad de ajuste preciso. Permiten el reglaje del juego interno, mejorando la rigidez del conjunto, la precisión de guiado y la vida útil del sistema mecánico.  Fabricados conforme a estándares industriales, aptos para montaje en maquinaria pesada o de uso continuo, garantizando fiabilidad, durabilidad y correcto funcionamiento en condiciones exigentes.	42,50
		CUARENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS	

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 04 Elementos de unión</b>			
<b>SUBCAPÍTULO 04.01 Bisagras</b>			
04.01.01	ud	<b>Bisagra pierno soldable</b> Suministro de bisagra pierno soldable metálica de alta resistencia, fabricada en acero Q235, apta para puertas de Ø30mm y 150mm de longitud. Diseñada para un movimiento suave y duradero, con buena capacidad de carga y resistencia al desgaste. Incluye tomillería y ajuste básico para correcto funcionamiento.	2,38
			DOS EUROS con TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS
04.01.02	ud	<b>Bisagra librillo soldable</b> Suministro de bisagra pierno soldable metálica de alta resistencia, fabricada en acero, apta para puertas de 150x60mm. Diseñada para un movimiento suave y duradero, con buena capacidad de carga y resistencia al desgaste. Incluye tomillería y ajuste básico para correcto funcionamiento.	2,73
			DOS EUROS con SETENTA Y TRES CÉNTIMOS
<b>SUBCAPÍTULO 04.02 Tornillería y tuercas</b>			
04.02.01	ud	<b>Tornillería M12x60</b> Suministro de tornillos, tuercas y arandelas métricas M12, con longitud de tornillo 60 mm y calidad mínima 4.8, destinados a operaciones de fijación y ensamblaje de los distintos componentes de la máquina. Fabricados en acero al carbono, garantizando una resistencia mecánica adecuada, correcta durabilidad y compatibilidad con aplicaciones industriales generales.  Incluye el conjunto completo de fijación (tornillo + tuerca + arandela), conforme a normativa métrica estándar.	0,75
			CERO EUROS con SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS
04.02.02	ud	<b>Tornillería M12x30</b> Suministro de tornillos, tuercas y arandelas métricas M12, con longitud de tornillo 30 mm y calidad mínima 4.8, destinados a operaciones de fijación y ensamblaje de los distintos componentes de la máquina. Fabricados en acero al carbono, garantizando una resistencia mecánica adecuada, correcta durabilidad y compatibilidad con aplicaciones industriales generales.  Incluye el conjunto completo de fijación (tornillo + tuerca + arandela), conforme a normativa métrica estándar.	0,68
			CERO EUROS con SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
04.02.03	ud	<b>Tornillería M8x25</b> Suministro de tornillos, tuercas y arandelas métricas M8, con longitud de tornillo 25 mm y calidad mínima 4.8, destinados a operaciones de fijación y ensamblaje de los distintos componentes de la máquina. Fabricados en acero al carbono, garantizando una resistencia mecánica adecuada, correcta durabilidad y compatibilidad con aplicaciones industriales generales.  Incluye el conjunto completo de fijación (tornillo + tuerca + arandela), conforme a normativa métrica estándar.	0,63
			CERO EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS
04.02.04	ud	<b>Tornillería M14.5x30</b> Suministro de tornillos, métricas M14.5, con longitud de tornillo 30 mm y calidad mínima 4.8, destinados a operaciones de fijación y ensamblaje de los distintos componentes de la máquina. Fabricados en acero al carbono, garantizando una resistencia mecánica adecuada, correcta durabilidad y compatibilidad con aplicaciones industriales generales.	0,81
			CERO EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
04.02.05	ud	<b>Tornillería M10x20</b> Suministro de tornillos, tuercas y arandelas métricas M14.5, con longitud de tornillo 30 mm y calidad mínima 4.8, destinados a operaciones de fijación y ensamblaje de los distintos componentes de la máquina. Fabricados en acero al carbono, garantizando una resistencia mecánica adecuada, correcta durabilidad y compatibilidad con aplicaciones industriales generales.  Incluye el conjunto completo de fijación (tornillo + tuerca + arandela), conforme a normativa métrica estándar.	<b>0,65</b>
			CERO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS
04.02.06	ud	<b>Pasador en R</b> Suministro de pasador elástico tipo R, con diámetro máximo 10 mm, destinado a la fijación y aseguramiento rápido, permitiendo un montaje y desmontaje sencillo sin herramientas. Fabricado en acero elástico, adecuado para uso industrial, garantizando una retención segura, resistencia mecánica suficiente y fiabilidad en aplicaciones de mantenimiento frecuente.	<b>0,60</b>
			CERO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

# CUADRO DE PRECIOS 1

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 05 Mano de obra</b>			
05.01	h	<b>Operaciones de medida y preparación de materiales</b> Comprende las operaciones de marcado, corte de chapas y perfiles, así como el desbarbado y preparación de cantos previos a la soldadura.	30,00
		TREINTA EUROS	
05.02	h	<b>Operaciones de mecanizado</b> Abarca las operaciones de torneado y fresado necesarias para la fabricación del husillo, tuerca, y mecanizados auxiliares en placas y soportes, partiendo de material medido y preparado.	50,00
		CINCUENTA EUROS	
05.03	h	<b>Operaciones de soldadura</b> Incluye el punteado, alineación, soldadura MIG/MAG de bastidor, refuerzos, soportes y compuertas, así como el repaso básico de cordones.	45,00
		CUARENTA Y CINCO EUROS	
05.04	h	<b>Operaciones de montaje y ensamblado</b> Incluye el ensamblaje del conjunto mecánico, montaje del sistema husillo-tuerca, instalación del motor y la caja de reenvío, así como las alineaciones y ajustes funcionales.	30,00
		TREINTA EUROS	
05.05	h	<b>Operaciones eléctricas</b> Comprende el montaje del cuadro eléctrico, cuadro de mando, cableado de potencia y mando, conexión del motor, dispositivos de seguridad y verificación funcional del sistema eléctrico.	42,50
		CUARENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS	

## CUADRO DE PRECIOS 1

### COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO 06 Elementos varios</b>			
06.01	ml	<b>Chincha</b> Suministro de cincha para compactadora, fabricada en poliéster de alta resistencia.	3,58
			TRES EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
06.02	ud	<b>Rollo fleje PET 12mm</b> Suministro de rollo de fleje de material plástico tipo PET, adecuado para compactadoras de cartón, con ancho de 12mm y longitud estándar de suministro.	55,00
			CINCUENTA Y CINCO EUROS
06.03	ud	<b>Tirador soldable</b> Suministro de tirador metálico soldable destinado a la manipulación manual de puertas, compuertas o elementos móviles de la máquina. Fabricado en acero, diseñado para soldadura directa a estructura metálica, garantizando una fijación robusta, alta resistencia mecánica y durabilidad en entornos industriales.  – Longitud total: 120 mm – Altura (saliente): 40 mm – Diámetro de barra: 12 mm – Espesor de pletinas de anclaje: 5 mm	12,58
			DOCE EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS
06.04	ud	<b>Rejilla de ventilación 1500x400</b> Suministro de rejilla de ventilación metálica con dimensiones 1500 x 400 mm, destinada a la ventilación natural de cuadros eléctricos o carenados de maquinaria. Fabricada en acero, diseñada para permitir un adecuado flujo de aire y favorecer la disipación térmica, protegiendo los componentes internos frente al sobrecalentamiento.  Apta para montaje fijo en cerramientos o estructuras metálicas, con diseño robusto para uso industrial y cumplimiento de normativa aplicable.	115,63
			CIENTO QUINCE EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS
06.05	kg	<b>Grasa (MoS2)</b> Suministro de lubricante industrial con disulfuro de molibdeno (MoS2), apto para la lubricación de husillos, roscas, guías y elementos mecánicos sometidos a altas cargas y bajas velocidades. Mejora la reducción de fricción y desgaste, garantizando protección en condiciones de lubricación límite y prolongando la vida útil de los componentes.	18,65
			DIECIOCHO EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Materia prima</b>									
<b>SUBCAPÍTULO 01.01. Chapas metálicas</b>									
01.01.01	<p><b>ud Chapa de acero S275RJ - 1000x1000x7.5mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 1000 × 1000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	71,00	71,00
01.01.02	<p><b>ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x18.75mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1500 × 18,75 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	455,00	455,00
01.01.03	<p><b>ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1000x10mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						3,00	173,00	519,00
01.01.04	<p><b>ud Chapa de acero S275RJ - 2000x2000x10mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 2000 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						2,00	345,00	690,00
01.01.05	<p><b>ud Chapa de acero S275RJ - 2000x1500x10mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S275JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 1500 × 10 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						3,00	260,00	780,00
01.01.06	<p><b>ud Chapa de acero S355RJ - 2000x2000x15mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S355JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 2000 × 2000 × 15 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						3,00	565,00	1.695,00
01.01.07	<p><b>ud Chapa de acero S355RJ - 1500x500x40mm</b></p> <p>Suministro de chapa de acero estructural al carbono S355JR, conforme a UNE-EN 10025, con dimensiones 1500 × 500 × 40 mm, suministrada en formato plano, en estado laminado en caliente, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	378,00	378,00
01.01.08	<p><b>ud Chapa de acero S355RJ - 1000x500x20mm</b></p>						2,00	126,00	252,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 01.01. Chapas metálicas.....</b>									<b>4.840,00</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 01.02. Perfiles metálicos</b>									
01.02.01	<p><b>ud Perfil circular macizo de acero C45, Ø45mm y longitud 1500mm</b></p> <p>Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 45 mm y longitud 1500mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						2,00	70,00	140,00
01.02.02	<p><b>ud Perfil circular macizo de bronce CuSn12, Ø100mm, longitud 100mm</b></p> <p>Suministro de barra redonda maciza de bronce CuSn12, de diámetro 100 mm y longitud 100mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						2,00	138,00	276,00
01.02.03	<p><b>ml Perfil hueco de acero S275JR - 40x40x5mm</b></p> <p>Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 40 × 40 × 5 mm, , incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						2,00	6,90	13,80
01.02.04	<p><b>ml Perfil hueco de acero S275JR - 60x60x5mm</b></p> <p>Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 60 × 60 × 5 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						4,00	10,80	43,20
01.02.06	<p><b>ml Perfil hueco de acero S275JR - 30x0x15mm</b></p> <p>Suministro de perfil cuadrado hueco de acero estructural S275JR, conforme a EN 10219, de 30 × 30 × 15 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						9,00	3,41	30,69
01.02.07	<p><b>ml Perfil en U de acero S275JR - 50x60x5</b></p> <p>Perfil en U de chapa, fabricado en acero estructural S275JR, con dimensiones 50 mm de altura, 60 mm de ancho y 5 mm de espesor, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	15,10	15,10
01.02.08	<p><b>ml Perfil en U de acero S275JR - 40x80x5</b></p> <p>Perfil en U de chapa, fabricado en acero estructural S275JR, con dimensiones 40 mm de altura, 80 mm de ancho y 5 mm de espesor, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						3,00	16,80	50,40
01.02.09	<p><b>ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø30mm</b></p> <p>Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 30 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	8,30	8,30
01.02.10	<p><b>ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø20mm</b></p> <p>Suministro de barra redonda maciza de acero C45, de diámetro 20 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	3,70	3,70
01.02.11	<p><b>ml Perfil circular macizo de acero S275JR, Ø90mm</b></p> <p>Suministro de barra redonda maciza de acero S275JR, de diámetro 90 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	73,50	73,50
01.02.12	<p><b>ud Perfil cuadrado macizo 150x150x500 de acero S355JR</b></p> <p>Suministro de barra cuadrada maciza de acero S355JR, de 150x 150x500mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.</p>						1,00	62,00	62,00

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
01.02.13	ud Perfil circular macizo de acero S355JR, Ø150mm Suministro de barra redonda maciza de acero S355JR, de diámetro 150 mm, incluyendo, transporte, lista para su posterior mecanizado o corte.						1,00	48,00	48,00
01.02.14	ud Perfil circular macizo de acero 42CrMo4, Ø60mm y longitud 1000mm						1,00	31,30	31,30
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 01.02. Perfiles metálicos.....</b>									<b>795,99</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 Materia prima.....</b>									<b>4.803,69</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 Componentes eléctricos</b>									
<b>SUBCAPÍTULO 02.01 Distribución eléctrica</b>									
02.01.01	ud Armario eléctrico Armario mural de acero, PanelSeT CRN 300x250x150 puerta ciega con placa de montaje.						1,00	144,36	144,36
02.01.02	ud CGBT Suministro de Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) según plano según esquema unifilar aportado. Incluye aparata Schneider o de similares características. Incluso p.p de cable, bornas, punteras, obturadores y demás material necesario.						1,00	1.899,49	1.899,49
02.01.03	ud Variador de frecuencia Suministro de variador de frecuencia destinado al control de un motor eléctrico trifásico, permitiendo la regulación de velocidad, el arranque y parada progresivos, la inversión de giro y la protección del motor frente a sobrecargas, sobreintensidades y fallos eléctricos. Incluye funciones básicas de parametrización, compatibilidad con señales de mando externas (pulsadores, finales de carrera o PLC) y cumplimiento de normativa eléctrica vigente.  Adecuado para aplicaciones industriales, mejorando la eficiencia energética, la seguridad de funcionamiento y la vida útil del conjunto motor-mecanismo.						1,00	1.612,90	1.612,90
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.01 Distribución eléctrica.....</b>									<b>3.656,75</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.02 Cableado</b>									
02.02.01	ml Tubo corrugado Ø25 Suministro de tubo de PVC corrugado Ø25 mm, incluyendo p.p. de cajas de conexión, material de soportación y pequeño material.						10,00	1,75	17,50
02.02.02	ml CABLEADO RZ1-K 0,6/1 KV DE 5x6 mm2 Suministro de cableado RZ1-K(AS) 0,6/1kV-Cu 3x2,5mm2. (Multipolar // RZ1-K(AS) según la ITC-BT-28). Características constructivas: UNE-21123-4; Conductor de Cu: Clase 5; Aislamiento: XLPE; Cubierta: Poliolefina especial flexible, termoplástica libre de halógenos; color VERDE; no propagador del incendio UNE-EN 50266-2-4 (IEC-60332-3-24); libre de halógenos: UNE-EN 50267-2-1 (IEC 60754-1); baja corrosividad (IEC 60754-2); baja emisión de humos opacos (Transmitancia superior 90% , UNE-EN 61034-2 (IEC 61034-2)); temperatura máxima de utilización: 90° C.						20,00	7,77	155,40
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.02 Cableado.....</b>									<b>172,90</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO 02.04 Sensores</b>									
02.04.01	<p><b>ud Fin de carrera</b></p> <p>Suministro de fin de carrera electromecánico para la detección de posición y limitación de recorrido de elementos móviles de la máquina. Permite el control automático del movimiento, evitando sobrecarreras y garantizando la seguridad y protección del sistema mecánico y del motor.</p> <p>Dispositivo de alta fiabilidad, apto para uso industrial, con contactos normalmente abiertos y/o normalmente cerrados, carcasa resistente y cumplimiento de la normativa eléctrica vigente.</p>						3,00	45,00	135,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.04 Sensores.....</b>									<b>405,00</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.03 Cuadro de mando</b>									
02.03.01	<p><b>ud Pulsador seta de emergencia Ø40 con enclavamiento</b></p> <p>Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.</p> <p>Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.</p>						1,00	52,06	52,06
02.03.02	<p><b>ud Pulsador marcha "arriba"</b></p> <p>Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.</p> <p>Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.</p>						1,00	28,47	28,47
02.03.03	<p><b>ud Pulsador marcha "abajo"</b></p> <p>Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.</p> <p>Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.</p>						1,00	28,47	28,47
02.03.05	<p><b>ud Pulsador marcha "compactación"</b></p> <p>Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración. Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.</p> <p>Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.</p>						1,00	28,47	28,47

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
02.03.06	<p><b>ud Pulsador marcha "expulsión"</b></p> <p>Suministro de botón pulsador eléctrico para maniobra y control del sistema, destinado a funciones de arranque, parada o accionamiento puntual según configuración.</p> <p>Diseño robusto para uso industrial, con contacto normalmente abierto y/o normalmente cerrado, alta fiabilidad mecánica y eléctrica, y apto para montaje en cuadro o panel de control.</p> <p>Cumple con la normativa eléctrica vigente y garantiza una operación segura, precisa y duradera en entornos industriales.</p>						1,00	28,47	28,47
02.03.07	<p><b>ud Botonera</b></p> <p>Suministro de botonera eléctrica de control para mando manual de la máquina. Cuenta con 6 orificios par instalación de pulsadores.</p> <p>Caja estanca de uso industrial, con grado de protección adecuado, cableado interno y elementos de seguridad conforme a normativa eléctrica vigente.</p> <p>Diseñada para garantizar una operación segura, fiable y ergonómica, permitiendo el control directo del equipo en condiciones de trabajo industriales.</p>						1,00	50,00	50,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.03 Cuadro de mando.....</b>									<b>215,94</b>
<b>SUBCAPÍTULO 02.05 Otros</b>									
02.05.01	<p><b>ud Legalización y certificación</b></p>						1,00	500,00	500,00
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 02.05 Otros.....</b>									<b>500,00</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 02 Componentes eléctricos.....</b>									<b>4.950,59</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 Elementos sistema de transmisión</b>									
03.01	<p><b>ud Motor WEG W22 - 11 kW</b></p> <p>Se considera el suministro de motor eléctrico trifásico de corriente alterna, serie W22, clase de eficiencia IE2, con potencia nominal de 11 kW, apto para servicio industrial en maquinaria de compactación. El motor dispone de carcasa cerrada, grado de protección IP55, ventilación exterior y alimentación 400 V – 50 Hz.</p>						1,00	1.525,00	1.525,00
03.02	<p><b>ud Power Jear, modelo P110</b></p> <p>Suministro de caja de reenvío industrial del fabricante Power Jear, modelo P110, adecuada para transmisión de par en maquinaria de compactación, con carcasa metálica, lubricación permanente y capacidad de carga acorde a la potencia instalada.</p>						2,00	650,00	1.300,00
03.03	<p><b>ud Power Jear, modelo P170</b></p> <p>Suministro de caja de reenvío industrial del fabricante Power Jear, modelo P170, adecuada para transmisión de par en maquinaria de compactación, con carcasa metálica, lubricación permanente y capacidad de carga acorde a la potencia instalada.</p>						1,00	1.150,00	1.150,00
03.04	<p><b>ud Rodamiento 32310B</b></p> <p>Suministro de rodamientos de rodillos ajustados, marca FAG, con diámetro interior de 50 mm y diámetro exterior de 110 mm, destinados a la absorción combinada de cargas radiales y axiales, especialmente adecuados para aplicaciones con esfuerzos elevados y necesidad de ajuste preciso. Permiten el reglaje del juego interno, mejorando la rigidez del conjunto, la precisión de guiado y la vida útil del sistema mecánico.</p> <p>Fabricados conforme a estándares industriales, aptos para montaje en maquinaria pesada o de uso continuo, garantizando fiabilidad, durabilidad y correcto funcionamiento en condiciones exigentes.</p>						8,00	55,00	440,00
03.05	<p><b>ud Rodamiento 32005X</b></p> <p>Suministro de rodamientos de rodillos ajustados, con diámetro interior de 25 mm y diámetro exterior de 47 mm, destinados a la absorción combinada de cargas radiales y axiales, especialmente adecuados para aplicaciones con esfuerzos elevados y necesidad de ajuste preciso. Permiten el reglaje del juego interno, mejorando la rigidez del conjunto, la precisión de guiado y la vida útil del sistema mecánico.</p> <p>Fabricados conforme a estándares industriales, aptos para montaje en maquinaria pesada o de uso continuo, garantizando fiabilidad, durabilidad y correcto funcionamiento en condiciones exigentes.</p>						4,00	42,50	170,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 03 Elementos sistema de transmisión.....</b>									<b>4.585,00</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 Elementos de unión</b>									
<b>SUBCAPÍTULO 04.01 Bisagras</b>									
04.01.01	ud Bisagra pierno soldable								
	Suministro de bisagra pierno soldable metálica de alta resistencia, fabricada en acero Q235, apta para puertas de Ø30mm y 150mm de longitud. Diseñada para un movimiento suave y duradero, con buena capacidad de carga y resistencia al desgaste. Incluye tomillería y ajuste básico para correcto funcionamiento.						5,00	2,38	11,90
04.01.02	ud Bisagra librillo soldable								
	Suministro de bisagra pierno soldable metálica de alta resistencia, fabricada en acero, apta para puertas de 150x60mm. Diseñada para un movimiento suave y duradero, con buena capacidad de carga y resistencia al desgaste. Incluye tomillería y ajuste básico para correcto funcionamiento.						2,00	2,73	5,46
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO 04.01 Bisagras.....</b>									<b>17,36</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO 04 Elementos de unión.....</b>									<b>17,36</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 05 Mano de obra</b>									
05.01	<b>h Operaciones de medida y preparación de materiales</b> Comprende las operaciones de marcado, corte de chapas y perfiles, así como el desbarbado y preparación de cantos previos a la soldadura.						10,00	30,00	300,00
05.02	<b>h Operaciones de mecanizado</b> Abarca las operaciones de torneado y fresado necesarias para la fabricación del husillo, tuerca, y mecanizados auxiliares en placas y soportes, partiendo de material medido y preparado.						20,00	50,00	1.000,00
05.03	<b>h Operaciones de soldadura</b> Incluye el punteado, alineación, soldadura MIG/MAG de bastidor, refuerzos, soportes y compuertas, así como el repaso básico de cordones.						18,00	45,00	810,00
05.04	<b>h Operaciones de montaje y ensamblado</b> Incluye el ensamblaje del conjunto mecánico, montaje del sistema husillo-tuerca, instalación del motor y la caja de reenvío, así como las alineaciones y ajustes funcionales.						15,00	30,00	450,00
05.05	<b>h Operaciones eléctricas</b> Comprende el montaje del cuadro eléctrico, cuadro de mando, cableado de potencia y mando, conexión del motor, dispositivos de seguridad y verificación funcional del sistema eléctrico.						5,00	42,50	212,50
<b>TOTAL CAPÍTULO 05 Mano de obra.....</b>									<b>2.772,50</b>

# PRESUPUESTO Y MEDICIONES

## COMPACTADORA DE CARTONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 06 Elementos varios</b>									
06.01	<b>ml Chincha</b> Suministro de cincha para compactadora, fabricada en poliéster de alta resistencia.						1,50	3,58	5,37
06.02	<b>ud Rollo fleje PET 12mm</b> Suministro de rollo de fleje de material plástico tipo PET, adecuado para compactadoras de cartón, con ancho de 12mm y longitud estándar de suministro.						2,00	55,00	110,00
06.03	<b>ud Tirador soldable</b> Suministro de tirador metálico soldable destinado a la manipulación manual de puertas, compuertas o elementos móviles de la máquina. Fabricado en acero, diseñado para soldadura directa a estructura metálica, garantizando una fijación robusta, alta resistencia mecánica y durabilidad en entornos industriales.  – Longitud total: 120 mm – Altura (saliente): 40 mm – Diámetro de barra: 12 mm – Espesor de pletinas de anclaje: 5 mm						3,00	12,58	37,74
06.04	<b>ud Rejilla de ventilación 1500x400</b> Suministro de rejilla de ventilación metálica con dimensiones 1500 × 400 mm, destinada a la ventilación natural de cuadros eléctricos o carenados de maquinaria. Fabricada en acero, diseñada para permitir un adecuado flujo de aire y favorecer la disipación térmica, protegiendo los componentes internos frente al sobrecalentamiento.  Apta para montaje fijo en cerramientos o estructuras metálicas, con diseño robusto para uso industrial y cumplimiento de normativ a aplicable.						1,00	115,63	115,63
06.05	<b>kg Grasa (MoS2)</b> Suministro de lubricante industrial con disulfuro de molibdeno (MoS2), apto para la lubricación de husillos, roscas, guías y elementos mecánicos sometidos a altas cargas y bajas velocidades. Mejora la reducción de fricción y desgaste, garantizando protección en condiciones de lubricación límite y prolongando la vida útil de los componentes.						1,00	18,65	18,65
<b>TOTAL CAPÍTULO 06 Elementos varios.....</b>									<b>287,39</b>
<b>TOTAL.....</b>									<b>17.416,53</b>

## RESUMEN (PRES)

### COMPACTADORA DE CARTONES

CAPÍTULO	RESUMEN	PRES	%
<b>V_CT25_206_00COMPACTADORA DE CARTONES</b>			
01	Materia prima.....	4.803,69	27,58
02	Componentes eléctricos.....	4.950,59	28,42
03	Elementos sistema de transmisión.....	4.585,00	26,33
04	Elementos de unión.....	17,36	0,10
05	Mano de obra.....	2.772,50	15,92
06	Elementos varios.....	287,39	1,65
<b>Total .....</b>		<b>17.416,53</b>	<b>100,00</b>

# RESUMEN DE PRESUPUESTO

## COMPACTADORA DE CARTONES

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Materia prima.....	4.803,69	27,58
2	Componentes eléctricos.....	4.950,59	28,42
3	Elementos sistema de transmisión.....	4.585,00	26,33
4	Elementos de unión.....	17,36	0,10
5	Mano de obra.....	2.772,50	15,92
6	Elementos varios.....	287,39	1,65
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>17.416,53</b>	
	21,00% I.V.A.....	3.657,47	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>21.074,00</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>21.074,00</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTIUN MIL SETENTA Y CUATRO EUROS

Zaragoza, a 23 de enero de 2026.

El promotor

La dirección facultativa

## 11. Lugar, fecha y firma

Firma del autor en Zaragoza, a 26 de enero de 2026.

Daniel Navarro Moya

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.