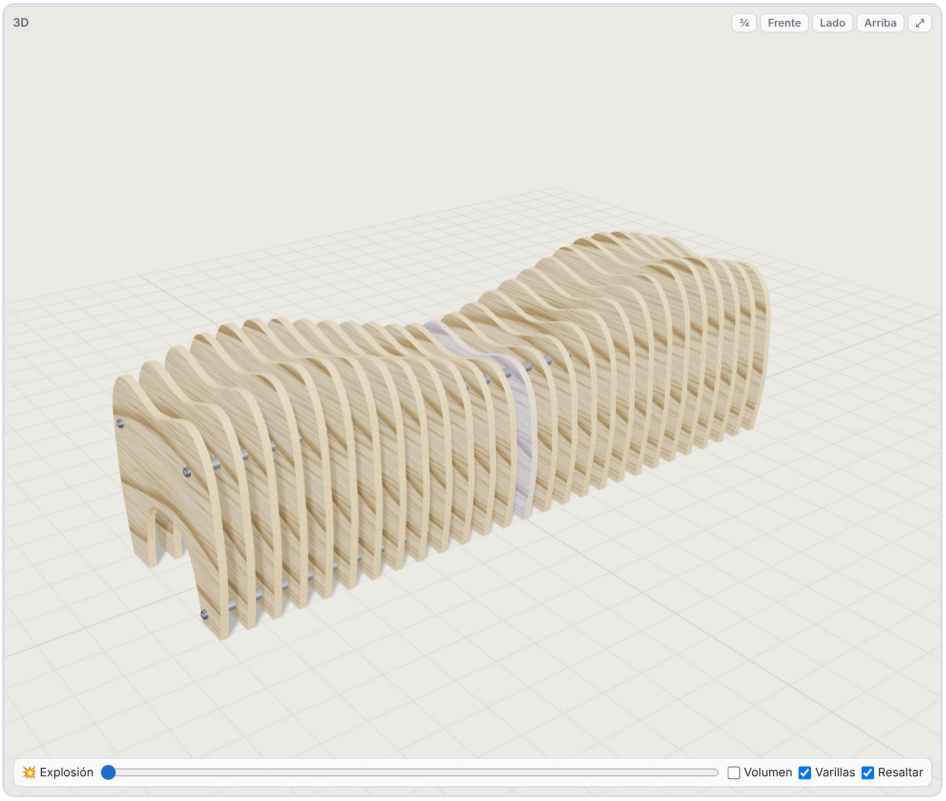
Made-rebanadas

Manual de uso · versión 1.5 · Muebles orgánicos hechos con costillas de tablero, sin internet · Por Eloi A.A.



1. Qué es
2. Abrir el programa
3. La pantalla
4. Cómo se define la forma
5. Paso 1 · La plantilla
6. Paso 2 · Retocar los perfiles
7. Paso 3 · Las costillas
8. Paso 4 · Las varillas
9. Otro tipo de mueble: retícula entrelazada
10. Planta curva (arco y S)
11. Rebanadas radiales: lámparas y columnas
12. Paneles de pared
13. Figuras, rótulos y estanterías de pared
14. Figuras de pie desde un modelo 3D
15. Piezas planas: sillas, taburetes y bancos
16. Huecos: recortes, hornacinas, baldas y armarios
17. Comprobaciones
18. La vista 3D
19. Paso 5 · Fabricar: tableros, DXF y SVG
20. Despiece y lista de compra
21. Maqueta a escala
22. Plano de montaje en PDF
23. Anidador de tableros
24. Guardar, abrir y ejemplos
25. Atajos de teclado
26. Consejos de taller
27. Limitaciones de esta versión

1. Qué es

Made-rebanadas sirve para diseñar muebles de formas orgánicas (bancos ondulados, tumbonas, poufs, mesas, estanterías) hechos con **rebanadas**: una serie de piezas planas de tablero, llamadas **costillas**,

puestas una detrás de otra con un pequeño hueco entre ellas. Cada costilla es una **sección** de la forma 3D, como si cortaras el volumen del mueble en lonchas.

Hay cinco tipos de mueble. En el de **costillas con varillas**, las costillas se unen con **varillas pasantes** (varilla roscada, tubo de acero o espiga de madera), con **separadores** que mantienen el hueco o, con la espiga, encoladas. En la **retícula entrelazada**, unas costillas y unos largueros se cruzan y encajan con ranuras a media madera (sección 9). Las **radiales** (lámparas y columnas) van alrededor de un eje (sección 11) y los **paneles de pared** son lamas sobre rastreles (sección 12). Las **piezas planas** (sillas, taburetes, bancos de lamas) son tableros con su propia forma que encajan a media madera o con espigas en cajas pasantes (sección 15). Además, las costillas con varillas pueden seguir una **planta curva**, en arco o en S (sección 10). El programa calcula el contorno de cada pieza, comprueba que las varillas caben en todas, coloca las piezas en los tableros y prepara el **DXF** para cortarlas en la CNC.

Funciona en el navegador (Chrome, Edge o Firefox), con doble clic, sin instalar nada y sin conexión a internet.

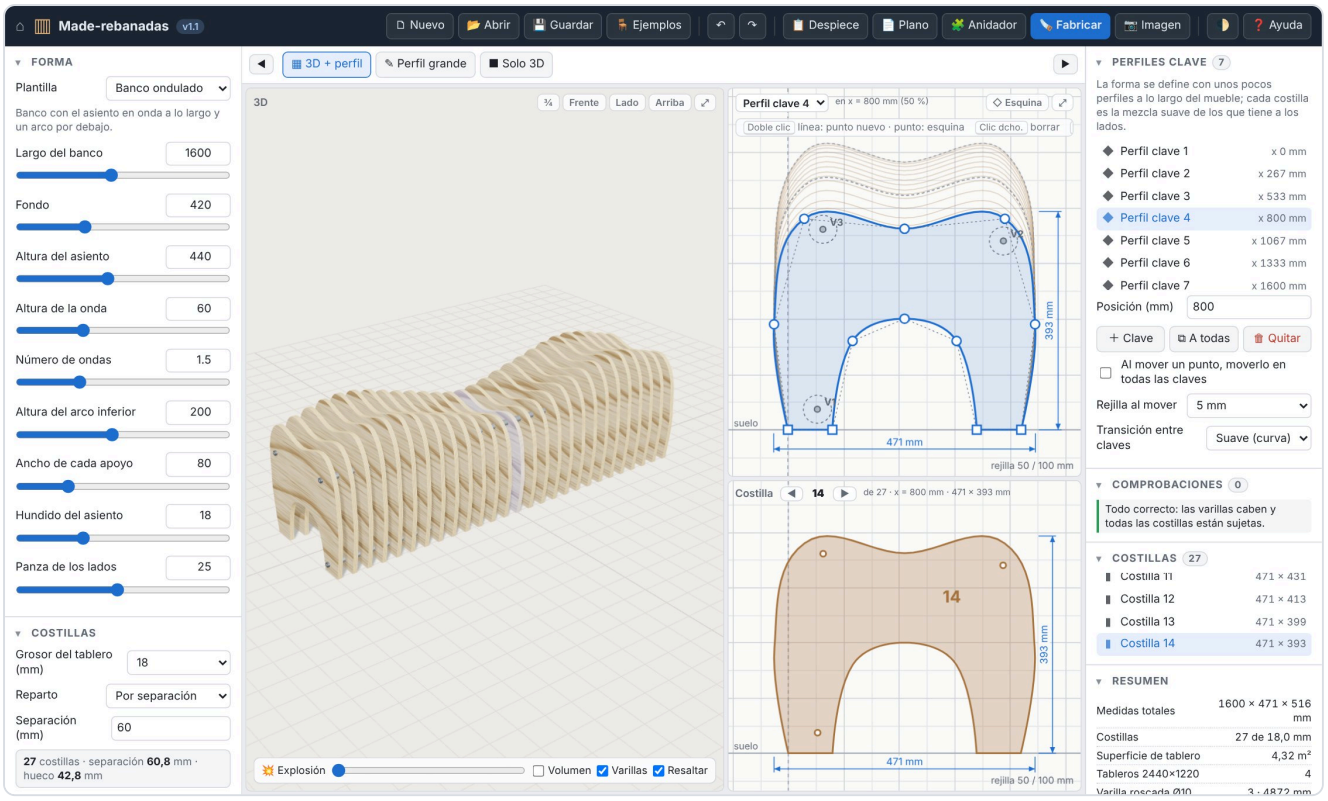
---

2. Abrir el programa

1. Descomprime el archivo `.zip` en una carpeta.
2. Abre `Made_Rebanadas.html` con doble clic (o `index.html`, la portada).

> Copia siempre **la carpeta completa**: el programa necesita la carpeta `assets` (código, Three.js, texturas de madera y ejemplos) y la carpeta `ayuda` (este manual).

3. La pantalla



De izquierda a derecha: forma, costillas y varillas · vista 3D · editor del perfil y costilla seleccionada · perfiles clave, comprobaciones, lista de costillas y resumen.

Zona	Para qué sirve
Barra superior	Nuevo, Abrir, Guardar, Ejemplos, Deshacer/Rehacer, Despiece, **Plano** (PDF de montaje), **Anidador**, **Fabricar**, Imagen PNG, modo claro/oscuro y Ayuda.
Panel izquierdo	**Forma** (plantilla y sus medidas), **Costillas** (grosor, separación, material), **Uniones** (varillas y separadores) y **Maqueta a escala**.
Vista 3D	El mueble con sus costillas reales. Gira con el botón izquierdo, desplaza con el derecho y acerca con la rueda. Clic en una costilla para seleccionarla.
Editor de perfil	El perfil clave que estás editando, con sus puntos, las varillas y la silueta de todas las costillas.
Costilla	La costilla seleccionada tal y como se va a cortar: contorno, agujeros, número y medidas.
Panel derecho	Perfiles clave, comprobaciones, lista de costillas y resumen (medidas, tableros, varillas, separadores).

Los botones ▦ **3D + perfil**, ✎ **Perfil grande** y ■ **Solo 3D** cambian el reparto de las vistas. Los botones ◀ ▶ ocultan los paneles laterales y los títulos de cada apartado (▾) lo pliegan.

4. Cómo se define la forma

El programa trabaja con tres ejes, en milímetros:

- **X, el largo**: la dirección en la que se reparten las costillas.
- **Y, el alto**, y **Z, el fondo**: el plano de cada costilla. En el editor de perfil, el fondo es la horizontal (**u**) y el alto la vertical (**v**).

La forma se define con unos pocos **perfiles clave** colocados a lo largo del mueble. Cada costilla está en una posición X y su contorno es **la mezcla suave de los dos perfiles clave que tiene a los lados**. Así, con 5 o 7 perfiles se obtienen 30 costillas distintas que cambian poco a poco, que es lo que da el aspecto orgánico.

Todos los perfiles clave tienen **los mismos puntos** (el punto 3 de un perfil se mezcla con el punto 3 del siguiente). Por eso, al añadir o borrar un punto, se añade o se borra en todos los perfiles a la vez.

> Cada perfil es una curva cerrada que pasa por sus puntos. Un punto puede ser **curva** (círculo, pasa suave) o **esquina** (cuadrado). Entre dos esquinas seguidas el tramo es **recto**: así se hacen las bases que apoyan en el suelo.

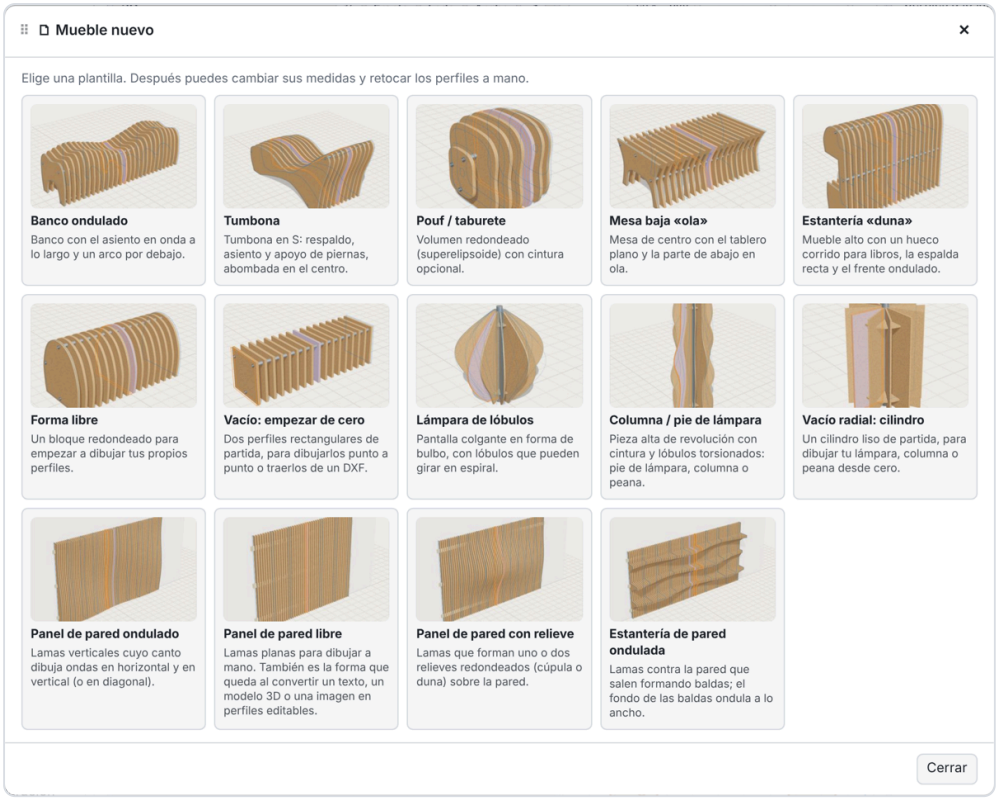
5. Paso 1 · La plantilla

Elige primero el **Tipo de mueble** (costillas con varillas, retícula, radial, panel de pared o piezas planas): la lista de plantillas cambia con él.



Empieza con 🗋 **Nuevo** o eligiendo una **Plantilla** en el panel izquierdo. La ventana enseña todas las plantillas en cuadrícula, cada una con una foto pequeña del mueble que genera; también se abre desde

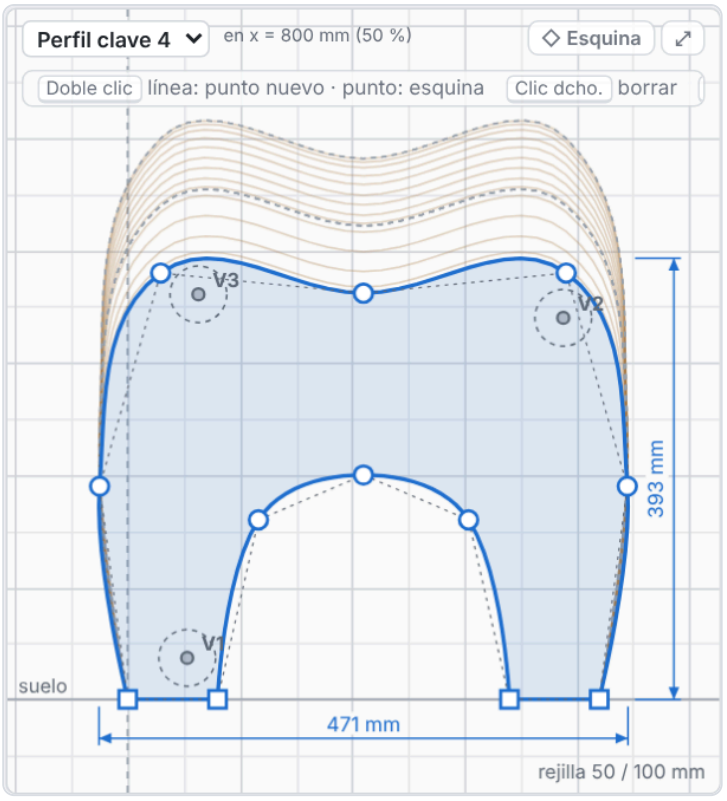
el panel izquierdo con 🗔 **Ver las plantillas con fotos…**, bajo el selector de plantilla. Cada plantilla crea los perfiles clave a partir de unas medidas que cambias con el deslizador o escribiendo el número:



Plantilla	Medidas que se pueden cambiar
Banco ondulado	Largo, fondo, altura del asiento, altura y número de ondas, arco inferior, ancho de los apoyos, hundido del asiento y panza de los lados.
Tumbona	Ancho, largo de la cabeza a los pies, alturas del respaldo, asiento y pies, curva de las rodillas, grueso bajo el asiento y abombado.
Pouf / taburete	Largo, fondo, altura, forma (de huevo a cubo blando), cintura y base aplanada.
Mesa baja «ola»	Largo, fondo, altura, arco inferior y su variación en ola, apoyos, vuelo del tablero y curva de los lados.
Estantería «duna»	Largo, fondo, altura, ondulación del frente, profundidad, alto y altura del hueco.
Forma libre	Largo, fondo y altura de un bloque redondeado para dibujar tus propios perfiles.
Vacío: empezar de cero	Largo, fondo, altura y **cuántos perfiles clave** quieres de partida (rectangulares), sin ninguna forma hecha: para dibujar el mueble punto a punto (añade puntos con doble clic, marca esquinas) o traer los perfiles de un **DXF** (apartado 6) y repartir claves con **+ Clave**.
Lámpara de lóbulos / Columna *(radial)*	Altura, radio mayor, radio abajo y arriba, altura de la panza, lóbulos, su profundidad y giro en espiral.
Vacío radial: cilindro *(radial)*	Altura y radio de un cilindro liso, para dibujar una lámpara, columna o peana desde cero (el «vacío» de los radiales; también eliges cuántos perfiles clave. En los paneles de pared, ese papel lo hace **Panel de pared libre**, que igualmente deja elegir sus perfiles clave, de 2 a 15).
Panel ondulado / con relieve *(pared)*	Ancho y alto del panel, fondo mínimo, relieve y ondas (o posición y anchura de los relieves).
Estantería de pared ondulada *(pared)*	Ancho, alto, número de baldas, fondo máximo y mínimo, ondas y desfase, grueso de la balda, fondo de la lama y alto de la ménsula.
Texto o modelo 3D *(pared)*	Con «Origen de la forma»: texto en relieve o una figura STL/OBJ (apartado 13).

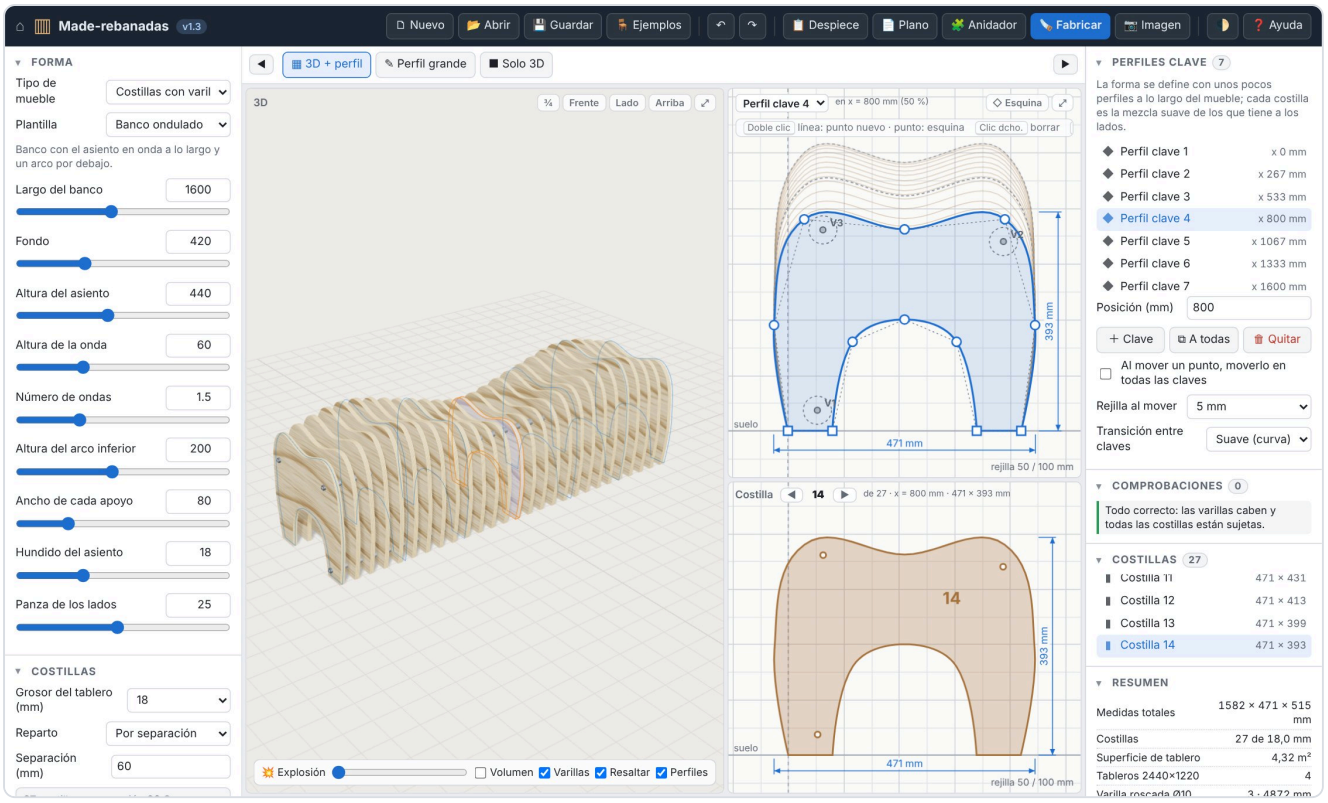
> Si ya has retocado los perfiles a mano y cambias una medida de la plantilla, la forma **se vuelve a generar** y se pierden los retoques (el programa te avisa antes). Solo el **largo** se puede cambiar sin perderlos: los perfiles clave se estiran a la nueva medida.

6. Paso 2 · Retocar los perfiles



Perfil clave en azul con sus puntos (● curva, ■ esquina), otros perfiles clave en gris discontinuo, la silueta de todas las costillas en marrón claro y las varillas V1, V2, V3 con su zona de seguridad.

Qué quieres hacer	Cómo
Elegir el perfil clave	**Pinchando su línea en la vista 3D** (los perfiles clave se dibujan en azul y el que se edita, en naranja), el desplegable del título del editor, la lista **Perfiles clave** del panel derecho, o `RePág` / `AvPág`.
Mover un punto	Arrástralo. Se ajusta a la **rejilla al mover** (5 mm por defecto); con `Mayús` se mueve libre.
Poner un punto a cota exacta	Haz clic en el punto: arriba, junto al título del editor, salen sus dos coordenadas. Escribe la medida y pulsa Intro (con «moverlo en todas las claves», se mueve lo mismo en todas). En las piezas planas, las casillas llevan el nombre de sus ejes (z / y, x / y o x / z).
Mover el punto en todos los perfiles	Marca **Al mover un punto, moverlo en todas las claves**: el punto se desplaza lo mismo en todos los perfiles y la forma conserva sus ondas.
Añadir un punto	**Doble clic sobre la línea** del perfil. Se añade en todos los perfiles clave, en el mismo sitio de la curva.
Esquina o curva	**Doble clic sobre el punto**, tecla `E` o botón ◇ **Esquina**.
Borrar un punto	**Clic derecho** sobre él, o selecciónalo y pulsa `Supr` (mínimo 3 puntos).
Traer un perfil de un DXF o SVG	📐 **Perfil desde un DXF o SVG…** (panel derecho): lee un contorno cerrado dibujado en LibreCAD, Inkscape o el CAD de clase (DXF de texto o SVG) y lo pone en el perfil seleccionado o en todos. El contorno se reparte en los puntos que ya tienen los perfiles; en cada esquina viva cae un punto (y se marca como esquina si va a todos). Las medidas pueden ser las del dibujo o escalarse al alto del perfil de ahora.
Moverte por el dibujo	Arrastra en vacío para desplazar y usa la rueda para acercar. ⤢ o `F` encuadra.



En la vista 3D, los perfiles clave son líneas azules: pincha una para editarla (se pone naranja). La casilla **Perfiles** de la vista 3D las muestra u oculta.

Perfiles clave



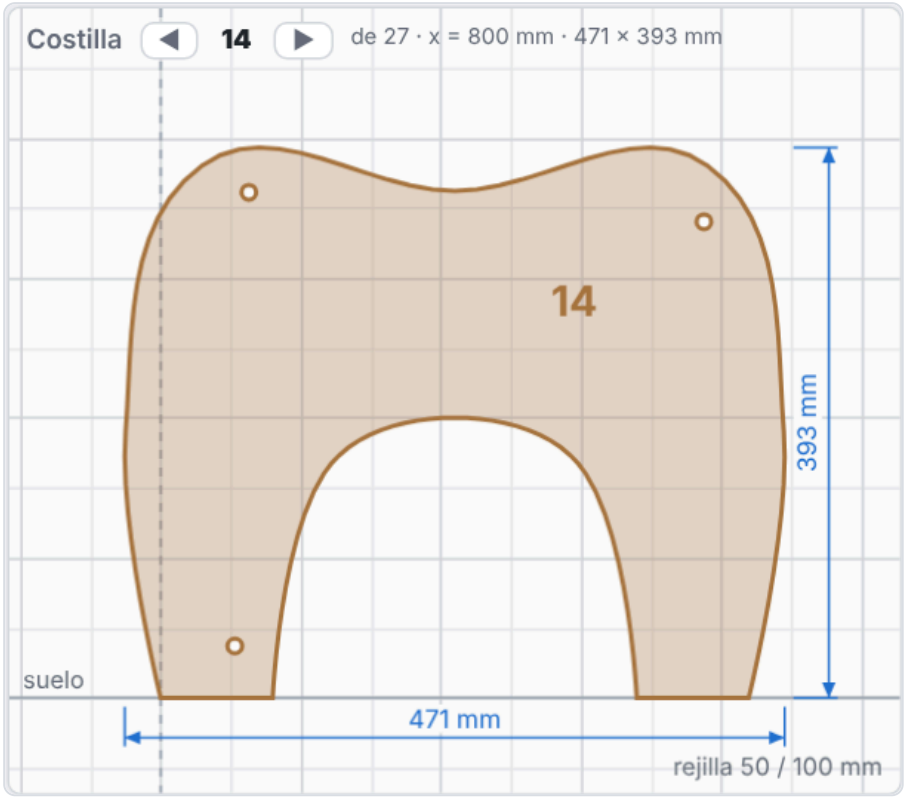
- **Posición (mm)**: dónde está el perfil a lo largo del mueble.
- **+ Clave**: añade un perfil clave justo en la costilla seleccionada, con la forma que ya tenía. Úsalo para retocar una zona concreta del mueble.
- **⧉ A todas**: copia el perfil actual en todas las claves (el mueble queda igual de punta a punta).
- **🗑 Quitar**: borra el perfil clave.
- **Transición entre claves**: *suave* hace una curva que pasa por todos los perfiles; *lineal* va en línea recta de uno a otro.

La base de cada costilla se **aplana** en el suelo (v = 0) para que apoye bien, aunque la curva baje más. Con **Cortar plano arriba** se hace lo mismo en una altura, para un asiento o un tablero de mesa planos; la línea roja discontinua del editor marca ese corte.

7. Paso 3 · Las costillas

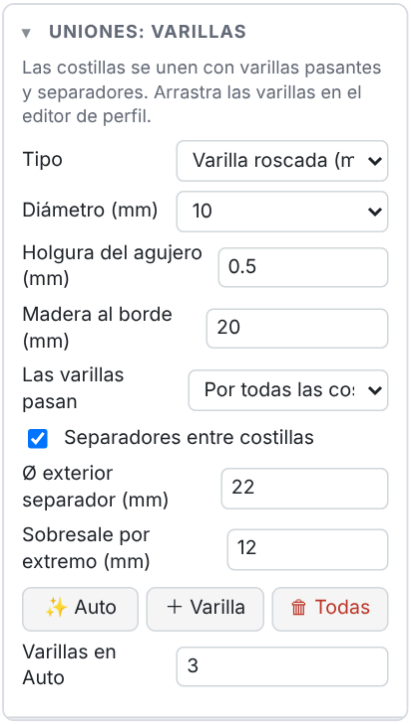


- **Grosor del tablero**: 10 a 30 mm, u otro.
- **Reparto**: *por separación* (de centro a centro, el programa ajusta el número para llenar el largo) o *por número* de costillas.
- El recuadro gris resume el reparto: número de costillas, separación real y **hueco** entre ellas (separación − grosor). Con hueco 0 las costillas quedan **apiladas**.
- **Material**: contrachapados (abedul, chopo, pino, chapa de roble o nogal), alistonado de pino, MDF crudo (el que sale por defecto) o MDF lacado del color que quieras. Las caras de madera llevan **veta real** (maderas escaneadas de Poly Haven, CC0, con su color, relieve y rugosidad, recoloreadas al tono de cada material), así que el 3D se parece mucho al mueble acabado.



La costilla seleccionada, como se va a cortar: contorno, agujeros de las varillas, número de montaje y medidas. Cambia de costilla con ◀ ▶, las flechas ← → o un clic en el 3D.

8. Paso 4 · Las varillas



- **Tipo y diámetro**: varilla roscada métrica (M6 a M25), espiga o redondo de madera, o tubo de acero (ver la tabla de abajo).
- **Holgura del agujero**: cuánto más grande es el agujero que la varilla (0,5 mm: Ø 10 → broca de 10,5).
- **Madera al borde**: lo mínimo que tiene que quedar entre el agujero y el borde de la costilla.
- **Las varillas pasan por todas las costillas** o **solo donde caben** (para formas como el pouf, en las que las costillas de los extremos son muy pequeñas).
- **Separadores**: tubos entre costillas que mantienen el hueco; su Ø exterior. Con espiga de madera no hay separadores.
- **Sobresale por extremo**: lo que sale la varilla para la arandela y la tuerca (con tubo no cuenta: va enrasado con las tapas).

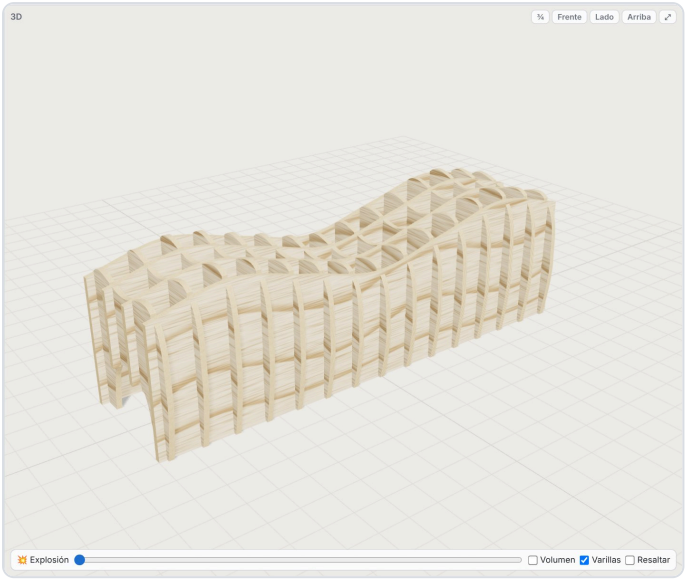
Tipo	Cómo se monta	En el 3D	Lista de compra
Varilla roscada	Separadores entre costillas; en cada extremo, arandela y tuerca (mejor ciega). Se aprieta y el mueble queda rígido. La más barata y fácil de ajustar.	Gris galvanizado con rosca, arandela y tuerca hexagonal.	Varillas, separadores, tuercas y arandelas.
Tubo de acero	Separadores entre costillas; en cada extremo, una tapa roscada (embellecedor con tornillo que rosca dentro del tubo). El tubo no sobresale. Queda más limpio que la varilla.	Acero brillante con tapas redondas abombadas.	Tubos, separadores y tapas roscadas.
Espiga de madera	Sin separadores: cada costilla se encola a la espiga, con un taco del ancho del hueco como plantilla. Todo madera; no se puede desmontar.	Espiga de madera del mismo diámetro en todo el largo.	Espigas (redondo de madera) y cola.

✨ **Auto** busca sitio para el número de varillas indicado: prueba miles de posiciones y se queda con las que caben en todas las costillas, lo más separadas posible (así el mueble no se retuerce). **+ Varilla** añade una: después haz clic en el editor de perfil donde la quieras. Las varillas se arrastran en el editor y se borran con clic derecho o `Supr`.

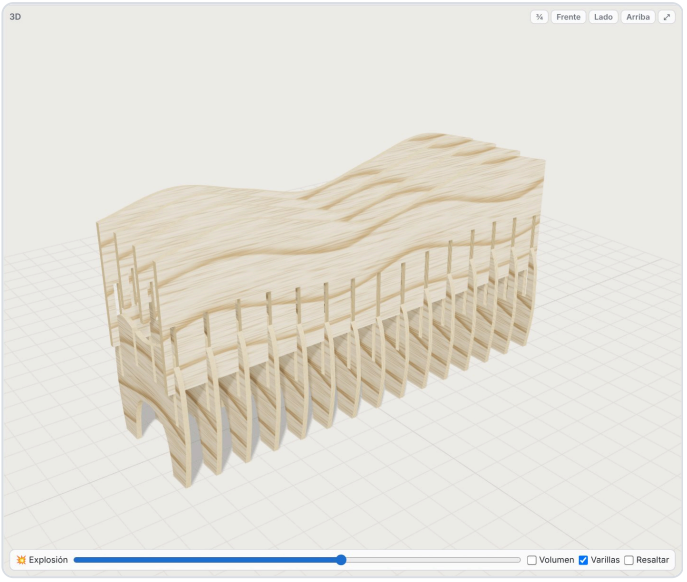
> El círculo discontinuo alrededor de cada varilla es la **zona de seguridad** (agujero + madera al borde). Si una varilla se sale de alguna costilla, se pinta en **rojo** en el editor y en el 3D.

9. Otro tipo de mueble: retícula entrelazada

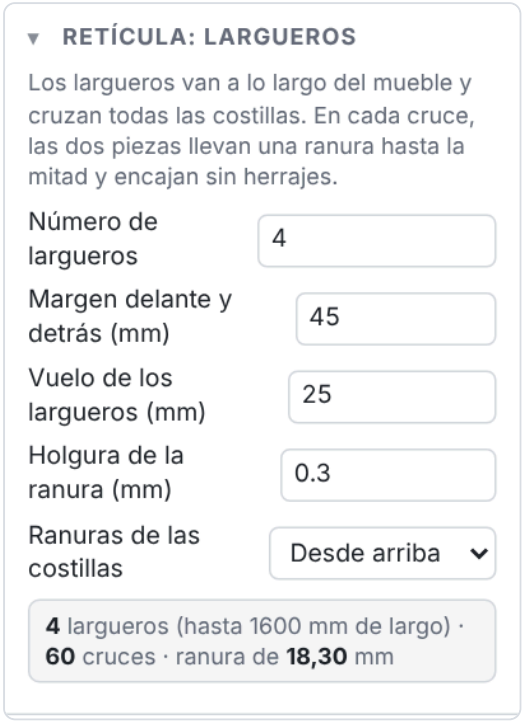
En **Forma → Tipo de mueble** puedes elegir entre **Costillas con varillas** (lo explicado hasta aquí) y **Retícula (ranuras a media madera)**, también llamada *waffle*. En la retícula, además de las costillas hay unos **largueros** que van a lo largo del mueble y cruzan todas las costillas. En cada cruce, las dos piezas llevan una ranura hasta la mitad y encajan sin herrajes ni varillas.



Banco en retícula: 15 costillas y 4 largueros.

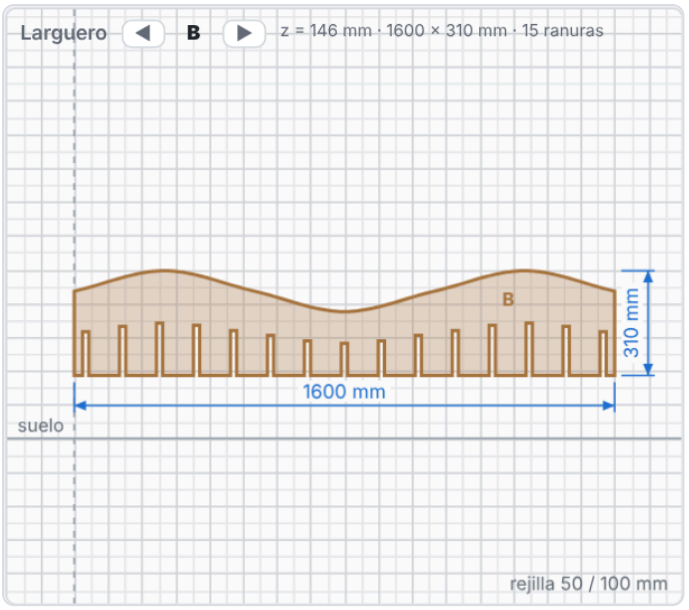


💥 Explosión en la retícula: los largueros suben para ver cómo encajan.

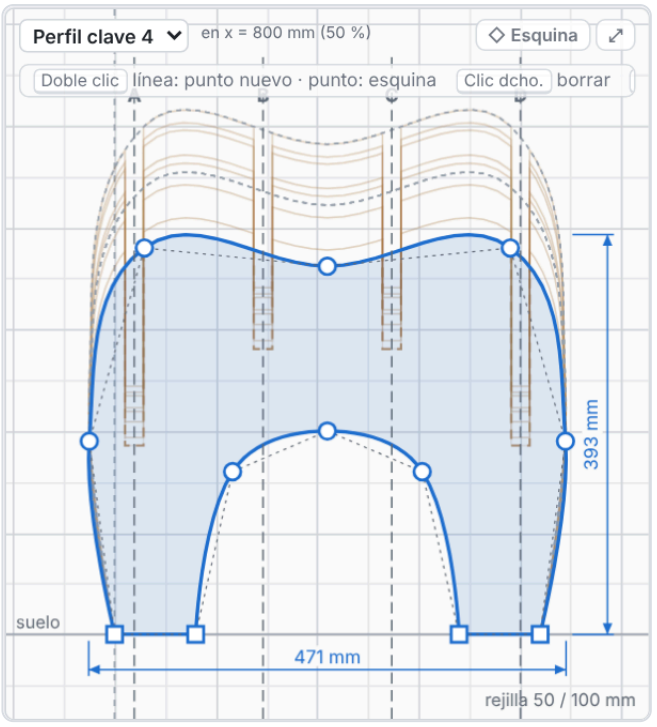


- **Número de largueros** y **margen** delante y detrás: los largueros se reparten por igual en el fondo del mueble, dentro de la zona común a las costillas principales.
- **Vuelo**: lo que sobresalen los largueros por delante de la primera costilla y por detrás de la última, para que sus ranuras no se salgan de la pieza.
- **Holgura de la ranura**: lo que la ranura es más ancha que el tablero (0,2 a 0,5 mm en CNC; 0 a 0,2 mm en láser).
- **Ranuras de las costillas**: desde arriba (los largueros, desde abajo, se encajan bajándolos) o al revés.

El apartado de varillas se oculta. En la lista de piezas aparecen las costillas (con número) y los largueros (con letra: A, B, C…). Si la forma tiene huecos, un larguero puede salir partido en varias piezas (B1, B2…); los trozos demasiado pequeños para encajar se quitan solos.



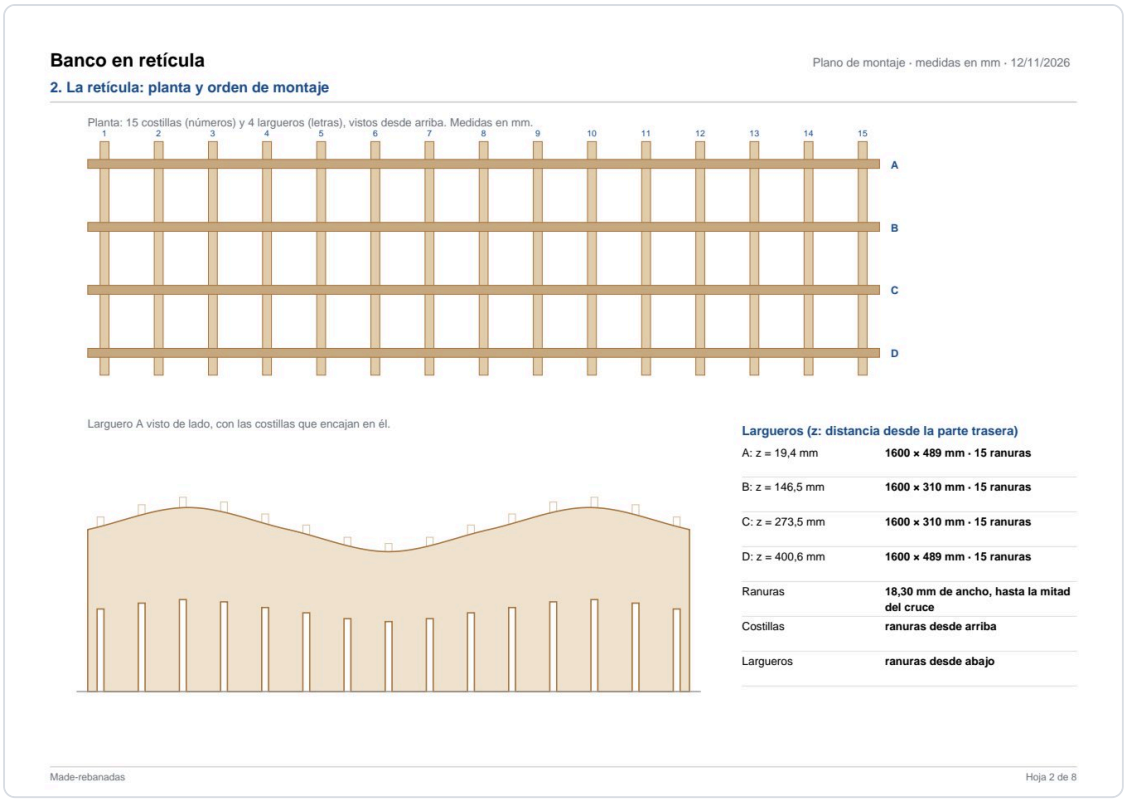
Un larguero, con una ranura desde abajo por cada costilla.



En el editor de perfil, cada larguero es una línea discontinua con su letra.

Comprobaciones de la retícula: costillas sin ningún larguero, largueros que cruzan menos de 2 costillas, cruces muy bajos (unión floja), largueros que se pisan y ranuras imposibles (cuando el borde es casi vertical en el cruce: cambia el margen o el número de largueros).

Fabricar, el DXF, el SVG, el despiece, el CSV de cortes, el Anidador y la maqueta funcionan igual, con las ranuras ya dibujadas en el contorno (capa CORTE). En la maqueta, las ranuras se hacen con el grosor de la maqueta más su holgura. El **plano** trae la planta de la retícula, los largueros acotados y los pasos de montaje propios:

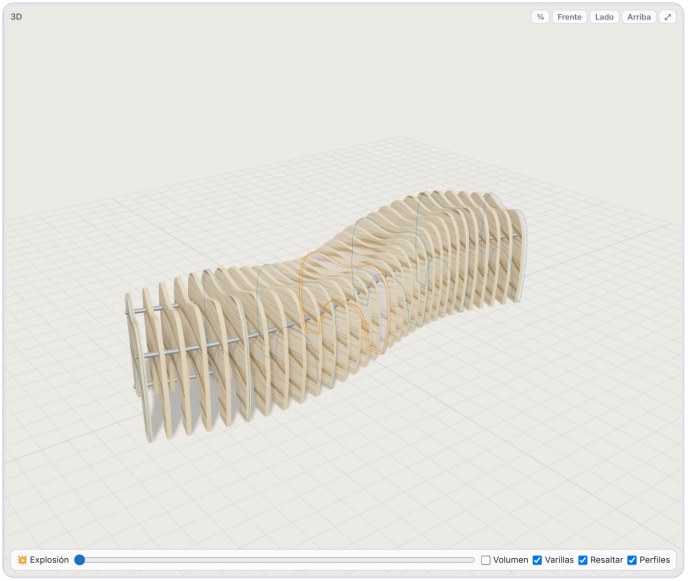


> Con una fresa redonda las esquinas interiores de las ranuras quedan redondeadas y la otra pieza no llega al fondo. Activa el **hueso de perro** en Fabricar (sección 19): el programa lo dibuja solo con el Ø de tu fresa. Se ve también en la vista 3D y en la vista de la pieza (acerca la rueda del ratón al fondo de una ranura): un pequeño círculo en cada esquina.

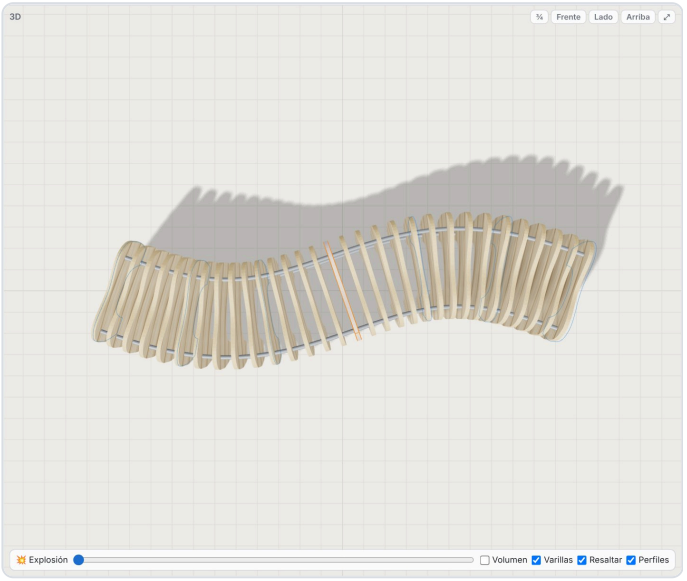
---

10. Planta curva (arco y S)

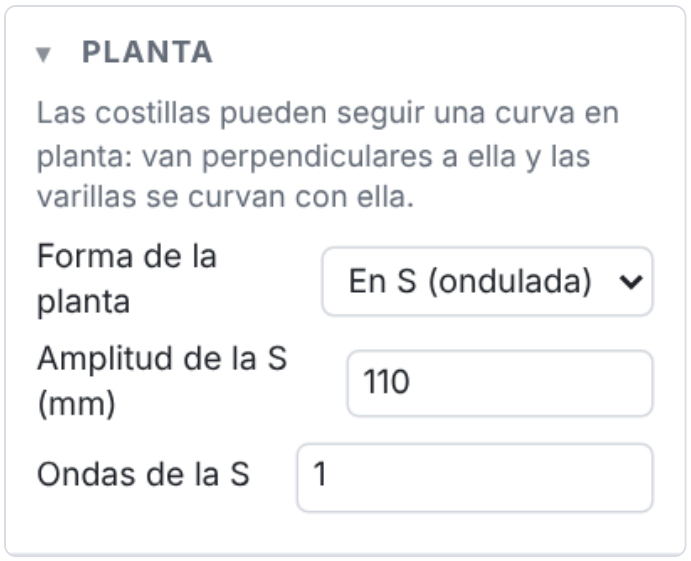
Con **Costillas con varillas**, el apartado **Planta** permite que el mueble siga una curva vista desde arriba. Las costillas van **perpendiculares a la curva**, abiertas en abanico, y las varillas la siguen.



Banco en S: las costillas se abren hacia fuera de cada curva.



Visto desde arriba, con las varillas curvadas.



- **Recta**: como siempre.
- **Arco**: el eje del mueble es un arco del **radio** que digas, curvado hacia delante o hacia detrás. Sirve para bancos que rodean una mesa, una chimenea o un árbol.
- **En S**: el eje ondula con la **amplitud** y el número de **ondas** que pongas.
- La separación entre costillas se mide en el eje de la curva; por fuera de la curva quedan más separadas y por dentro, más juntas.

Como las costillas no son paralelas, cada **separador** tiene un largo distinto: el despiece da el intervalo y el plano trae la lista de todos, costilla a costilla. El programa avisa si las costillas se tocan por el lado de dentro de la curva y dice el **radio mínimo** al que hay que curvar cada varilla.



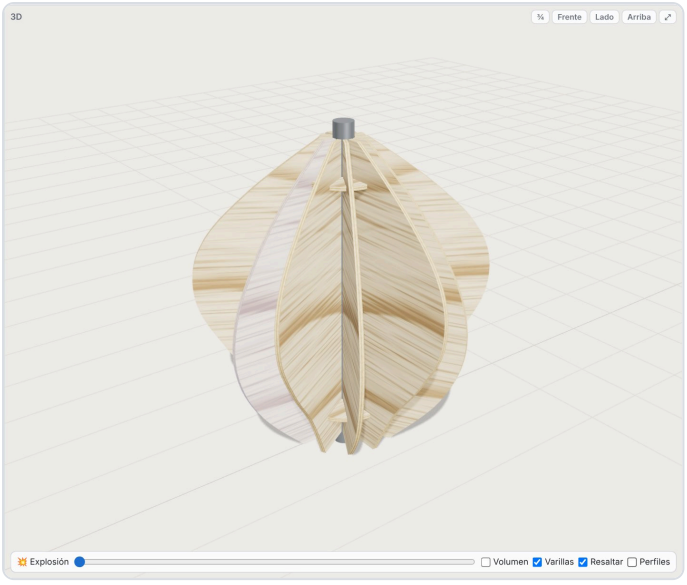
Hoja 2 del plano: planta con las costillas y las varillas, y los largos de los separadores.

> Curva las varillas antes de montar, con una curvadora de tubo o a mano sobre una plantilla de tablero cortada con el mismo radio. Si la curva es muy cerrada, usa varilla más fina (M8 o M6).

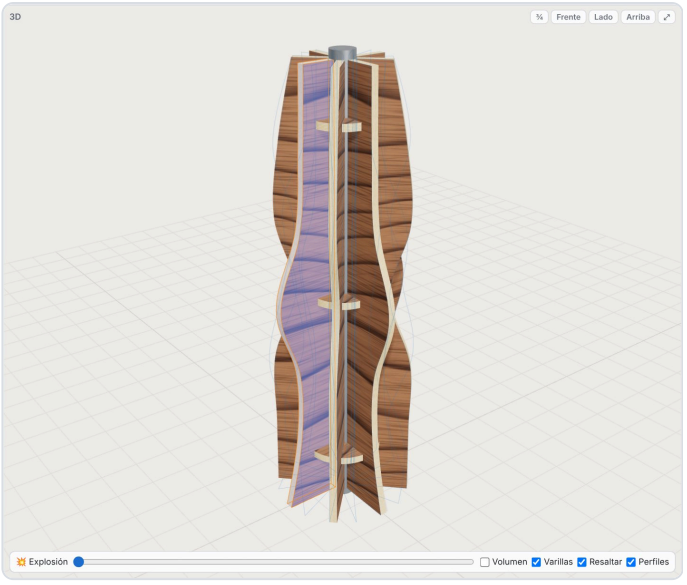
11. Rebanadas radiales: lámparas y columnas

Con **Tipo de mueble → Radial**, las costillas no van una detrás de otra sino **alrededor de un eje vertical**, como los gajos de una naranja. Cada costilla es media sección de la pieza (desde el eje hacia fuera). Los

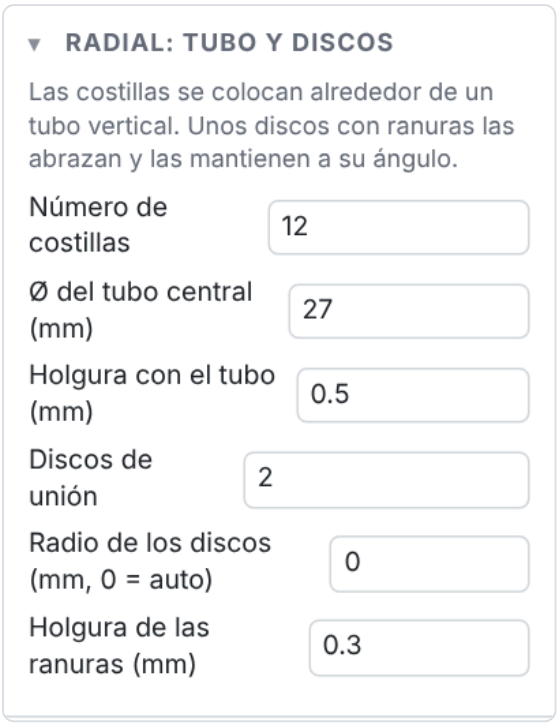
perfiles clave se colocan por **ángulo** (de 0 a 360°), así que la forma puede cambiar al dar la vuelta: lóbulos, espirales…



Lámpara de lóbulos: 12 costillas de 6 mm, tubo y 2 discos.

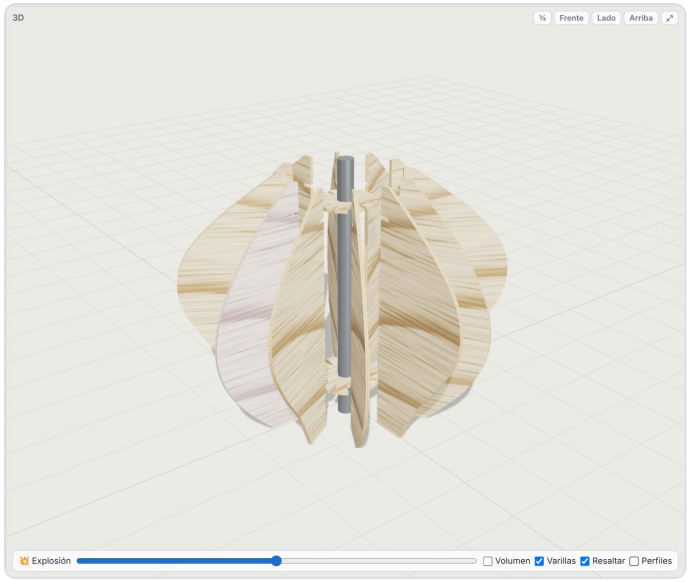


Columna torsionada: 8 costillas de 18 mm con giro en espiral.

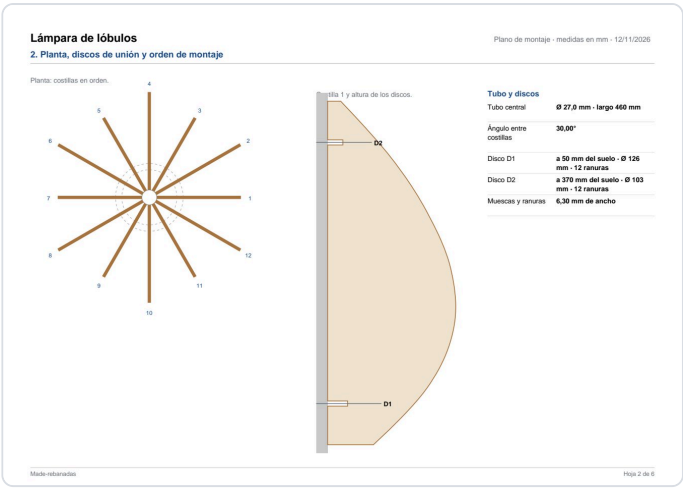


- **Número de costillas** repartidas en la vuelta completa.
- **Tubo central**: el borde de dentro de cada costilla se recorta a su radio (más la holgura). Si es una lámpara, por dentro va el cable.
- **Discos de unión**: discos con una ranura por costilla. Cada costilla lleva una muesca que abraza el disco y así queda a su ángulo. Con radio 0, cada disco toma el mayor que cabe a su altura.
- Plantillas: **Lámpara de lóbulos** y **Columna / pie de lámpara**, con altura, radios, panza, número y profundidad de los lóbulos y **giro en espiral**.

Comprobaciones: avisa si las costillas se tocan junto al tubo (y dice el tubo mínimo), si un disco sobresale de alguna costilla o si no caben los discos. La explosión separa las costillas hacia fuera.



Explosión: las costillas se separan del tubo.



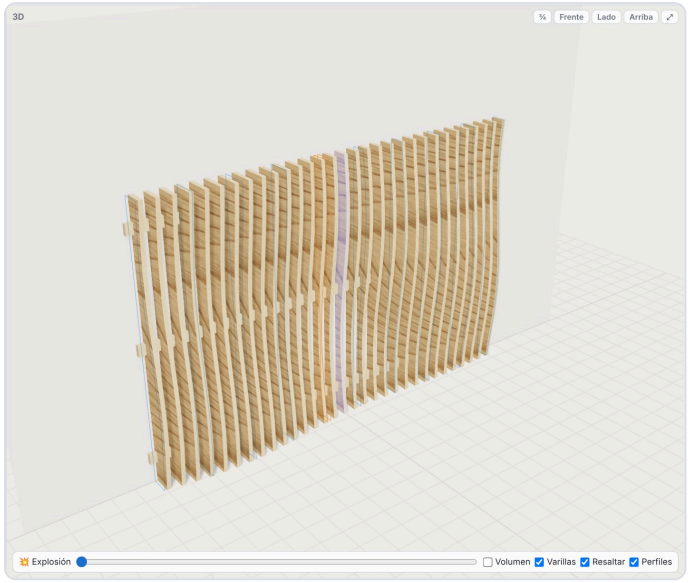
Hoja 2 del plano: planta, discos y su altura.

> Para lámparas, usa tablero fino (3 a 6 mm, contrachapado de abedul) y bombillas LED, que no calientan.

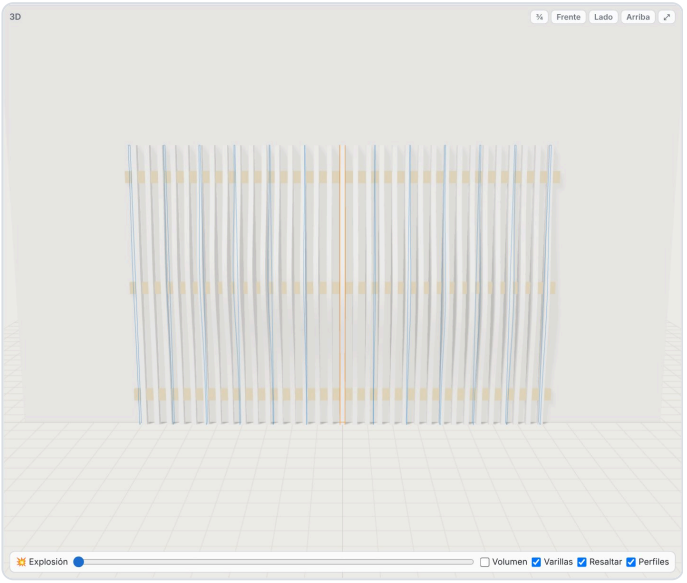
---

12. Paneles de pared

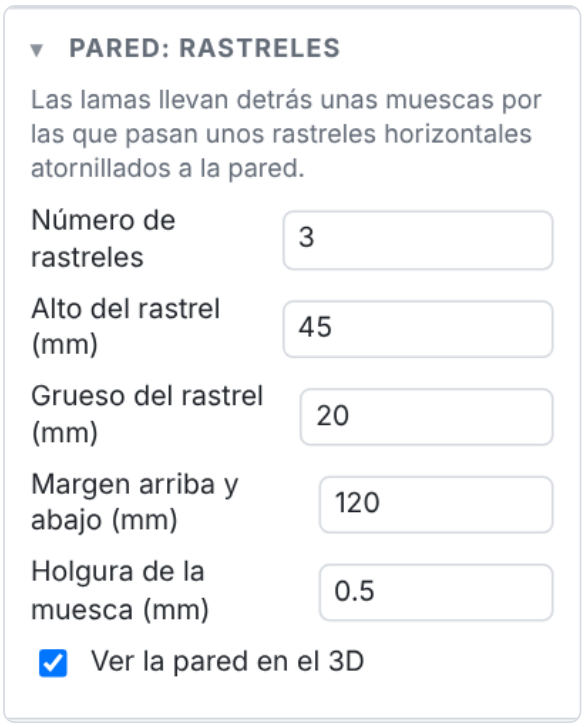
Con **Tipo de mueble → Panel de pared**, las costillas son **lamas** verticales que salen de la pared. El canto de las lamas dibuja un relieve: ondas, diagonales o cúpulas. En el editor de perfil, **u** es lo que sale la lama de la pared y **v** la altura.



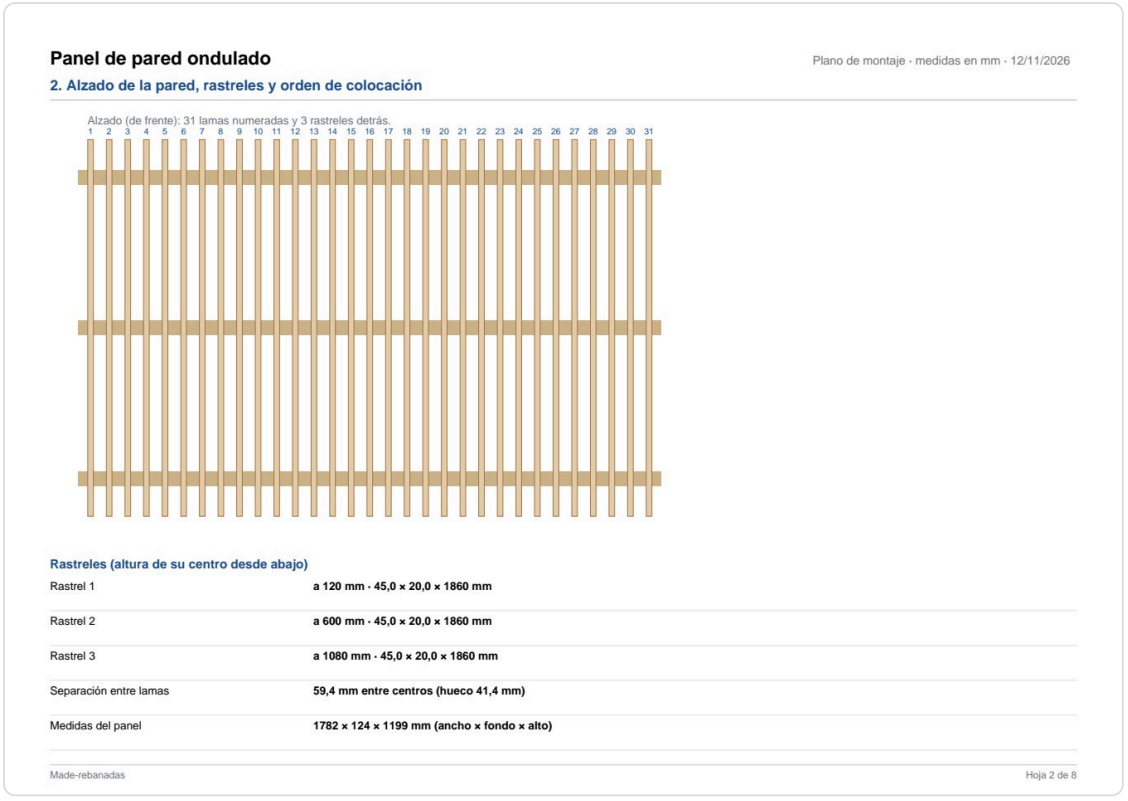
Panel de pared ondulado: ondas en diagonal sobre 3 rastreles.



Panel con relieve: dos «dunas» redondeadas.



- **Rastreles**: listones horizontales atornillados a la pared. Cada lama lleva detrás una muesca por rastrel y encaja en ellos.
- **Alto** y **grueso** del rastrel, **margen** arriba y abajo y **holgura** de la muesca.
- Al pasar a Panel de pared, el programa propone **tablero de 12 mm** y **separación de 26 mm** (hueco de 14 mm): las lamas juntas dibujan mejor el relieve, las letras y las baldas. Para un relieve más fino, junta más las lamas; para un panel más ligero y calado, sepáralas.
- Con 0 rastreles, las lamas van sobre un tablero trasero (sale en la lista de compra).
- Plantillas: **Panel de pared ondulado** (ondas a lo ancho, a lo alto y en diagonal) **Panel de pared con relieve** y **Estantería de pared ondulada**. Para texto y figuras, mira el apartado 13.



Hoja 2 del plano: alzado con las lamas numeradas y la altura de cada rastrel.

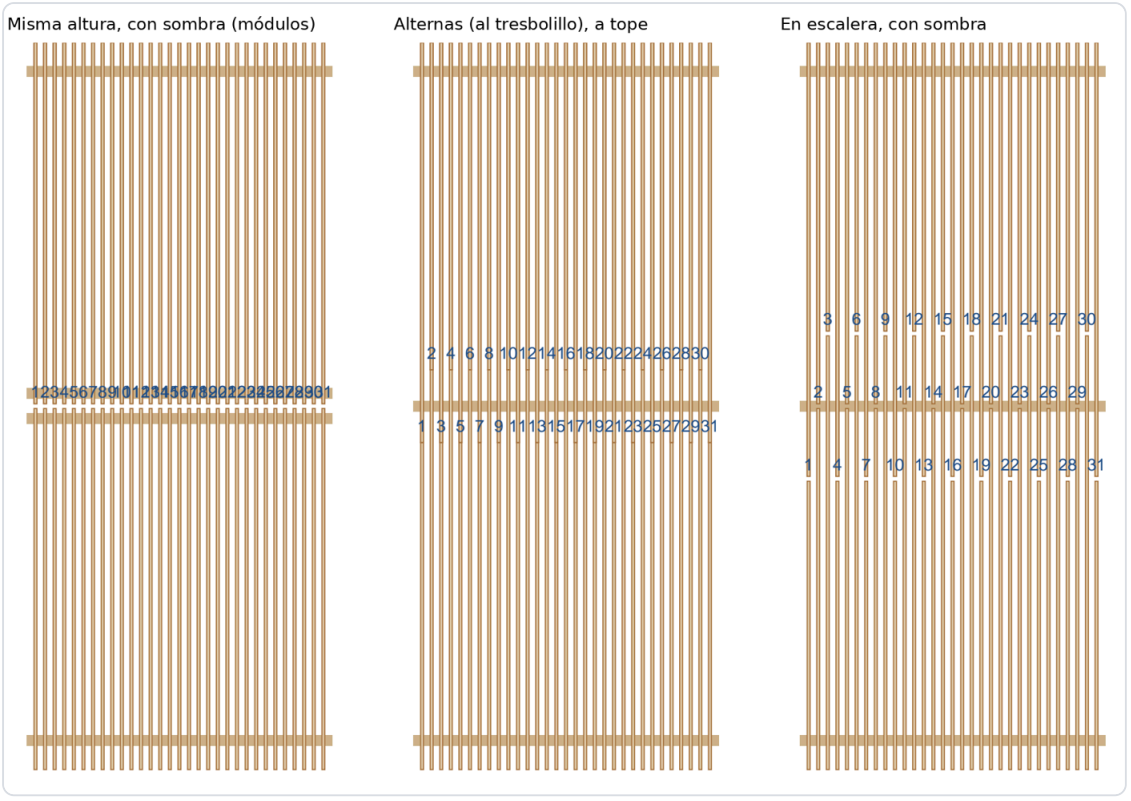
Partir las lamas (paredes altas o para aprovechar el tablero)

Si las lamas son más largas que el tablero, o te conviene cortarlas en trozos para aprovecharlo mejor, en **Pared: rastreles → Partir** elige:

- **Para que quepan en el tablero**: el programa pone las juntas justas para que ningún trozo pase del lado largo del tablero de Fabricar (o del **trozo más largo** que escribas).
- **En las alturas que diga**: escribe dónde va cada junta, en mm desde abajo (o desde la izquierda en lamas horizontales), separadas por «;»: por ejemplo `1200; 2400`.

Y cómo es la junta:

- **Junta a tope**: los trozos se tocan y la junta casi no se ve. **Con sombra**: queda una raya de los milímetros que digas, una línea que se ve a propósito.
- **Todas a la misma altura**: una raya recta. Con **Rastreles a los dos lados de la junta**, el programa pone un rastrel justo debajo y otro justo encima de cada junta: cada banda es un **módulo** que se puede montar en el taller y colgar entero (lo mejor para paredes muy altas o para llevarlas en la furgoneta). Puedes tapar la raya con un hueco con balda que cruce todo el panel.
- **Alternas (al tresbolillo)** o **en escalera (diagonal)**: cada lama se parte a otra altura, movida el **desfase** que digas, y el ojo no ve una raya en la pared, como en el parquet.



Hoja 2 del plano de una pared de 3 m partida de las tres maneras: juntas a la misma altura con un rastrel a cada lado (módulos), alternas y en escalera.

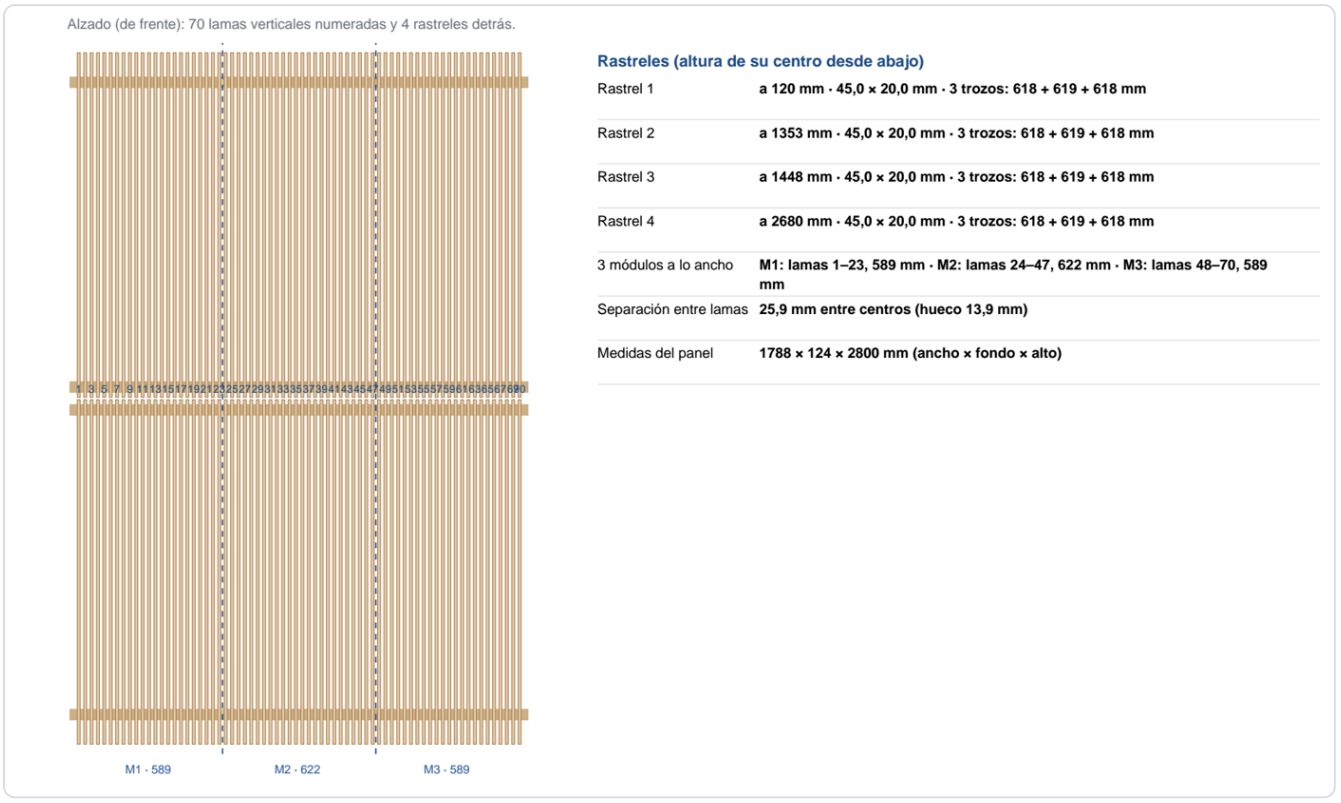
- Los trozos se llaman **Lama 12a** (el de abajo), **12b**… en la lista, el plano, el despiece, el DXF y el Anidador. El plano explica en los pasos de montaje cómo colocarlos.
- Las comprobaciones dicen en cuántos trozos ha quedado cada lama, y avisan si algún trozo no llega a un rastrel (se quedaría suelto) o si sigue siendo más largo que el tablero.

Dividir a lo ancho (módulos en columnas)

Para paredes muy anchas, o para montar el panel por partes, en **Dividir a lo ancho (columnas)** el panel se reparte en varios **módulos**, uno al lado del otro. Las lamas no se cortan: se cortan los **rastreles** entre

un módulo y el siguiente, así cada módulo se monta en el taller con sus trozos de rastrel y se cuelga por separado.

- **En partes iguales**: dices cuántos módulos.
- **Con las medidas que diga**: escribe el ancho de cada módulo, empezando por la izquierda, separados por «;» (por ejemplo `600; 900`); el último se queda con lo que sobre. Pueden ser todos distintos.
- Cada corte va al **hueco entre dos lamas** más cercano, así que la medida real puede variar en media separación; el apartado dice el ancho real de cada módulo y sus lamas.
- **Hueco extra entre módulos**: deja entre un módulo y el siguiente una raya más ancha que el hueco entre lamas (por ejemplo, 60 mm más). Cada módulo se corre ese hueco y el panel crece lo mismo por cada junta; las lamas guardan la forma que tenían, así que el dibujo de la onda sigue seguido de un módulo a otro. Con 0, los módulos van tan juntos como las lamas.
- Con lamas horizontales es lo mismo, pero en **filas**: dividir a lo alto.
- Se puede combinar con **Partir las lamas** (juntas a la misma altura y un rastrel a cada lado): el panel queda en una **cuadrícula de módulos**.
- En el plano, la hoja 2 marca los módulos con una raya azul discontinua y su medida, y da el **largo de cada trozo de rastrel**; la lista de compra también los cuenta por largos. En la vista ▦ Huecos se ven las mismas rayas.

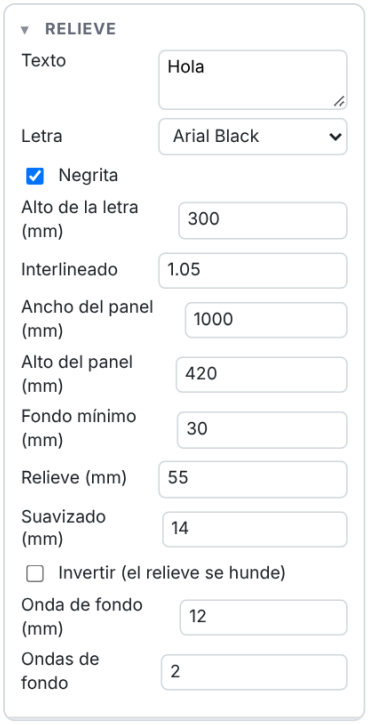


Hoja 2 del plano de una pared de 1,8 × 2,8 m en 3 módulos a lo ancho y partida a media altura con un rastrel a cada lado de la junta: seis módulos, cada rastrel en 3 trozos.

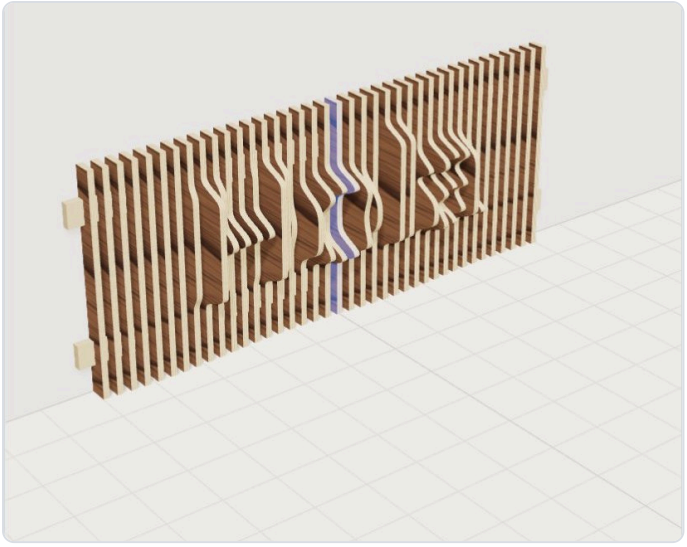
13. Figuras, rótulos y estanterías de pared

Los paneles de pared tienen tres maneras más de sacar la forma, en **Forma → Origen de la forma**:

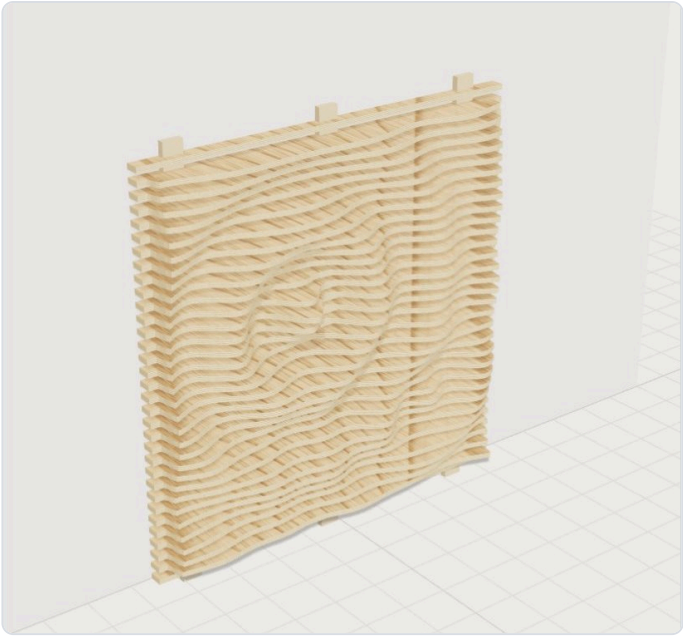
- **Plantilla**: la de siempre, con perfiles clave que se editan a mano.
- **Texto en relieve**: escribe un nombre o un logo de texto (puede tener varias líneas). El programa lo dibuja con la letra que elijas, lo redondea con el **suavizado** y lo convierte en el canto de las lamas. Sirve para rótulos de tienda, nombres en la habitación o números de casa.
- **Imagen en grises**: carga una foto, un dibujo o un mapa de alturas (png, jpg…). **Lo blanco sale más y lo negro queda en el fondo**; los grises, a medias. Es la forma más fácil de hacer una figura: se dibuja en cualquier programa de dibujo, con pincel difuminado.
- **Modelo 3D (STL / OBJ / GLB / PLY)**: carga una cara, un busto, unos labios o cualquier figura. El programa la mira desde la **vista** que elijas (frente, lado, arriba…) con el **giro** que quieras y saca un mapa de alturas: lo más cercano sale más de la pared. Así se hacen las caras y figuras de «arte mural paramétrico».



- **Ancho** y **alto** del panel (mm).
- **Fondo**: lo que sale la lama donde no hay relieve. **Relieve**: lo que sale de más en lo más alto de la figura.
- **Suavizado**: redondea los bordes de las letras o de la figura (en mm). Con 0 salen escalones rectos.
- **Invertir**: la figura se hunde en lugar de salir.
- **Onda de fondo** (solo texto): un oleaje suave detrás de las letras.
- **Base** (solo modelo): quita la parte más baja del modelo, para que el fondo quede plano.
- **Lamas**: **verticales** o **horizontales**. Las horizontales dan el aspecto de las piezas de arte de líneas; los rastreles pasan a ser verticales.



Ejemplo «Rótulo de texto en relieve»: «Hola» en nogal, con onda de fondo.



Ejemplo «Arte mural ondas»: el modelo «Ondas en el agua» en lamas horizontales.

Formatos que lee: **STL** (de texto o binario), **OBJ**, **GLB** o **.gltf** en un solo archivo (lo que dan Sketchfab, Blender y las apps de escaneo con el móvil, como Polycam o Scaniverse) y **PLY** (escáneres, fotogrametría, MeshLab). Un GLB comprimido (Draco) no se lee: en Blender, expórtalo sin «Compresión»; un PLY que solo tiene puntos (nube de puntos) hay que pasarlo antes a malla. Lo mismo vale para las figuras de pie (apartado 14).

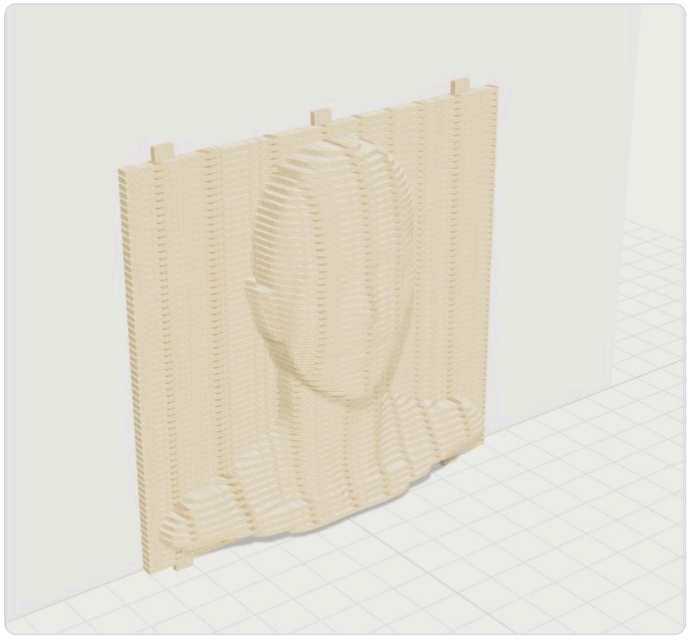
> El proyecto guarda el mapa de alturas del modelo, no el modelo entero: se abre igual en otro ordenador. Pero si quieres cambiar la **vista** o el **giro** después de abrirlo, vuelve a cargar el STL. Para caras, busca modelos de «bas-relief» o un escaneo con el móvil; un modelo de 50 000 triángulos tarda un segundo.

Modelos 3D de ejemplo

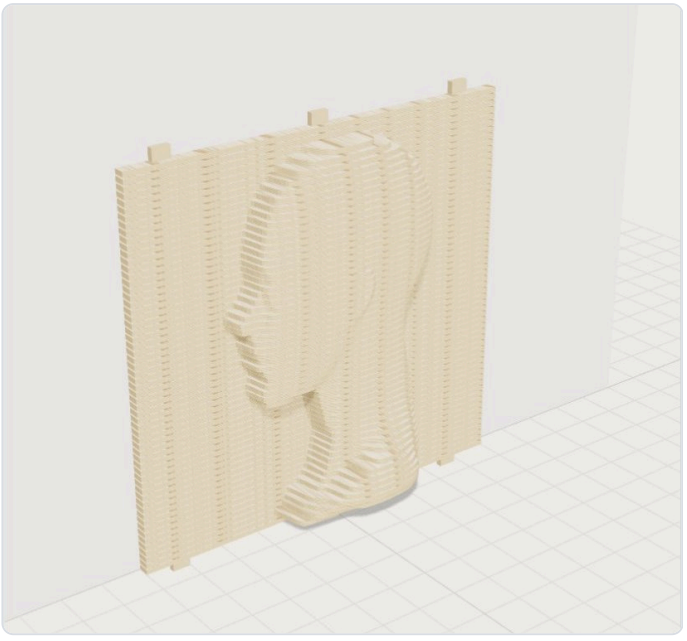
Para ver cómo funciona antes de buscar tus propios modelos, en **Relieve → 🗿 Modelos de ejemplo…** hay cuatro STL preparados: **Busto de mujer**, **Labios**, **Ondas en el agua** y **Anomalía (burbuja)**. Al elegir uno se carga con su vista y unas medidas de panel adecuadas (si no estabas en un panel de pared, empieza uno nuevo). Después prueba a cambiar la vista, el giro, el relieve, el suavizado, la separación o las lamas, y mira cómo cambian las piezas.



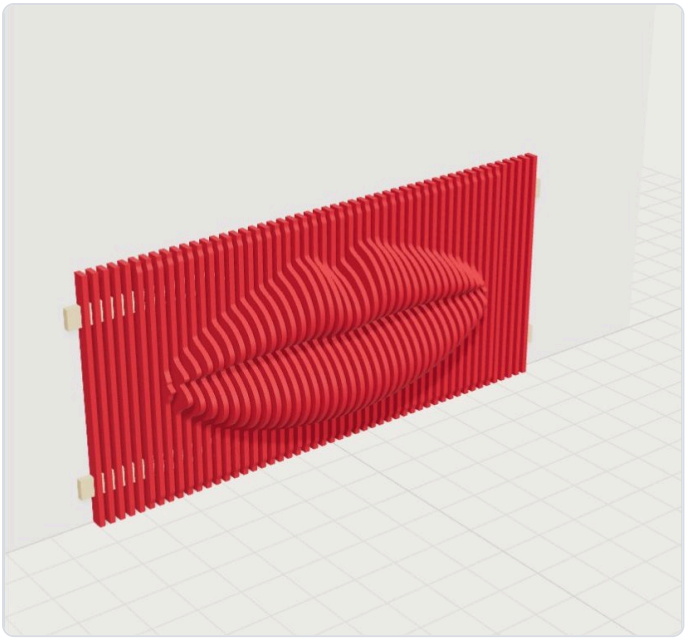
- Los mismos modelos están como archivos **.stl** en la carpeta **assets/modelos**: puedes abrirlos en otro programa o usarlos de muestra en clase.
- Los modelos de ejemplo se pueden volver a proyectar con otra vista aunque cierres y abras el proyecto (no hace falta volver a cargarlos).
- En 🪑 **Ejemplos** hay cuatro muebles hechos con ellos: **Retrato en lamas horizontales**, **Labios**, **Arte mural «ondas»** y **Anomalía**.
- Licencias en **assets/modelos/LICENCIAS.txt** (todas permiten el uso en clase y en el taller).



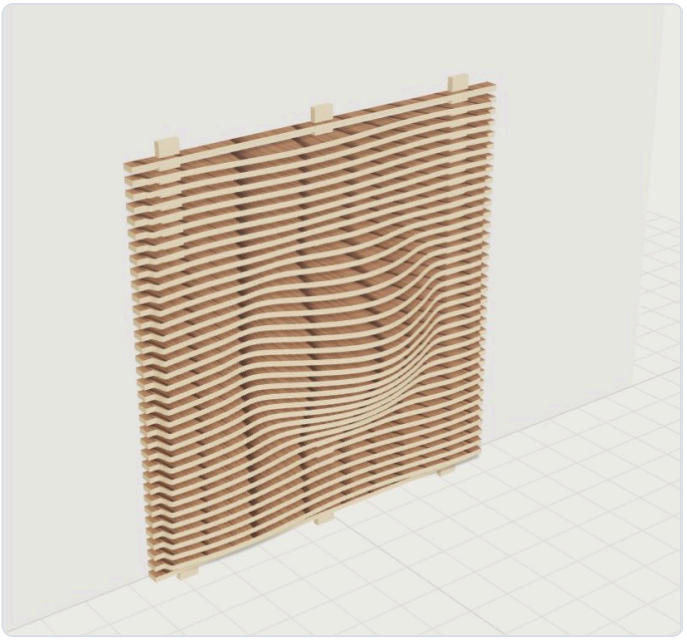
«Busto de mujer» visto de frente, en lamas horizontales.



El mismo modelo con **Vista: desde la izquierda**: sale el perfil.



«Labios» en lamas verticales lacadas en rojo.



«Anomalía»: una burbuja que empuja las lamas horizontales.

> Cuanto más juntas estén las lamas, más se reconoce la figura: para una cara, 12 mm cada 16 a 20 mm. Con lamas muy separadas solo se ve la forma general.

Relieve desde una imagen en grises

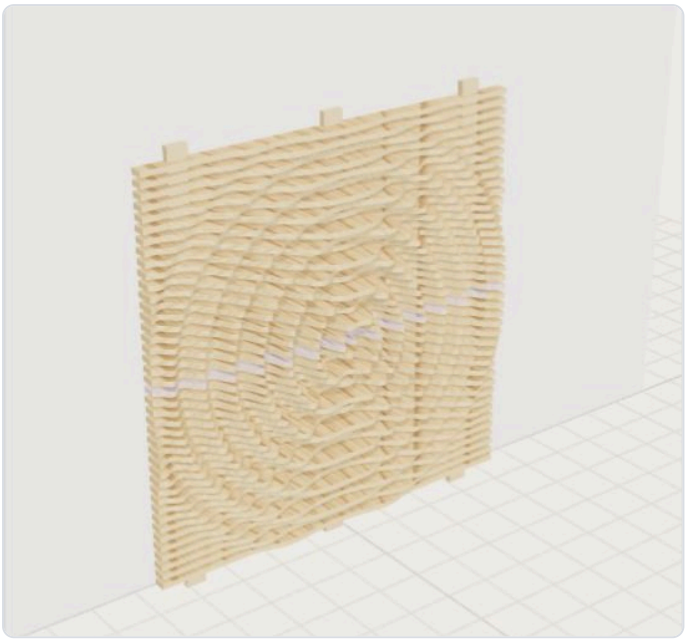
Con **Origen de la forma: Imagen en grises** el panel sale de una imagen, como un mapa de alturas. Al cargarla, el alto del panel se ajusta a sus proporciones (se puede cambiar; el botón ↕ **Alto según la imagen** lo vuelve a ajustar). La imagen se guarda dentro del proyecto, reducida a 600 píxeles como mucho.

- **Gama**: con 1 el gris medio sale a media altura. Con menos de 1 (0,5) los grises salen más y el relieve se ve más lleno; con más de 1 (2) solo sale lo muy claro.
- **Invertir**: lo negro sale y lo blanco se hunde (útil con dibujos en negro sobre blanco).
- **Suavizado**: quita los saltos bruscos de las fotos y los bordes pixelados.

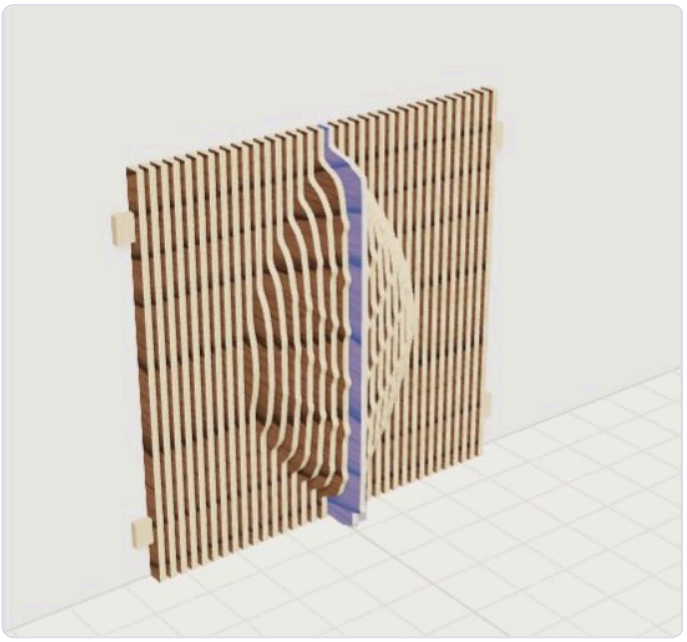


🖼 Imágenes de ejemplo… trae cuatro: **Mapa del busto** (el modelo «Busto de mujer» pasado a grises, para ver que un STL y una imagen son lo mismo), **Espiral**, **Hoja** y **Montañas**. Están como PNG en **assets/imagenes**: se pueden retocar en un programa de dibujo y volver a cargar.

En 🪑 **Ejemplos** están **Espiral (desde una imagen)** y **Hoja (desde una imagen)**.



«Espiral» en lamas horizontales de roble.



«Hoja» en lamas verticales de nogal.

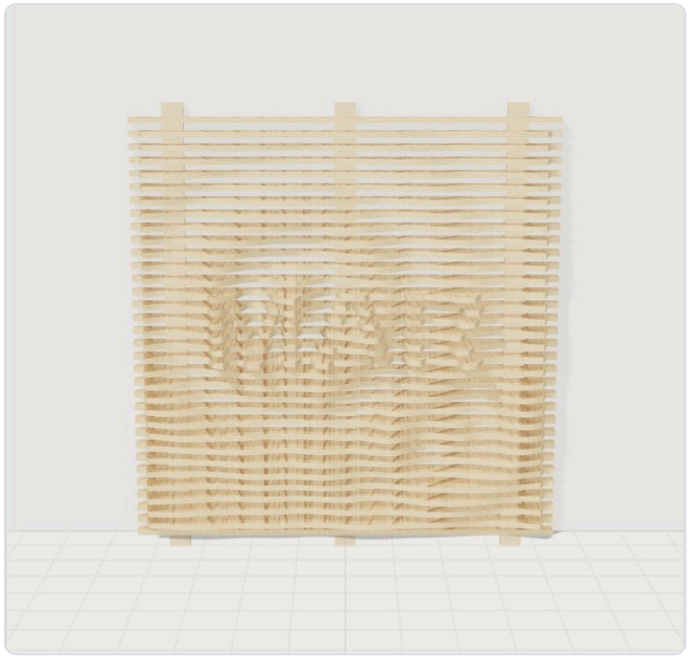
> Una foto normal no suele dar buen relieve: lo claro no siempre es lo que está más cerca. Funcionan mejor los dibujos hechos a propósito (blanco donde quieres que salga), los mapas de profundidad (*depth map*) y los mapas de alturas de terreno.

Texto añadido encima

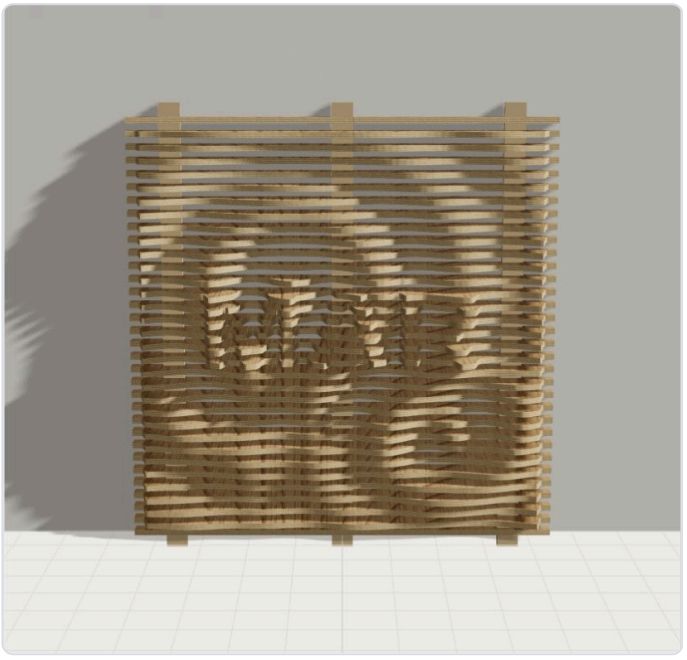


En el apartado Relieve, ➕ **Texto añadido encima** pone un texto sobre cualquier relieve: una imagen, un modelo 3D, las ondas de fondo u otro texto. Así se hace, por ejemplo, un nombre sobre unas ondas o una fecha debajo de un retrato.

- **Texto**, **letra**, **negrita** y **alto de la letra**, como en el texto en relieve.
- **Relieve del texto**: lo que sale (o se hunde) el texto, en mm, sumado al relieve de debajo.
- **El texto sale** o **se hunde**: hundido queda como grabado.
- **Posición horizontal y vertical**: el centro del texto, en % del panel (0 = izquierda o abajo).



«MAR» sobre el ejemplo de las ondas, con la luz normal...



...y con **Luz rasante** (apartado 18): así se lee el relieve.

Letras propias (.ttf, .otf)

Debajo de cada lista de letras está 🔤 **Cargar una letra (.ttf, .otf)...**. La letra se añade arriba de la lista, en «Tus letras», y **se guarda dentro del proyecto**: el rótulo sale igual en otro ordenador aunque no tenga esa letra instalada. Hay muchas letras libres en Google Fonts o en Font Squirrel; mira su licencia si vas a vender las piezas.

> Para cortar con fresa, las letras gruesas y redondeadas (tipo Arial Black o Impact) funcionan mucho mejor que las finas o con remates: los trazos finos dan lamas con entrantes que la fresa no puede hacer.

Convertir en perfiles editables

Con texto, modelo 3D, imagen o figura la forma la calcula el programa y **no se pueden mover los puntos** de las lamas. Si quieres retocarla a mano (suavizar una zona, cambiar un trozo, añadir un perfil…), pulsa **✏ Convertir en perfiles editables…**, en el apartado Forma, justo debajo de «Origen de la forma» (solo aparece con texto, modelo 3D o imagen).

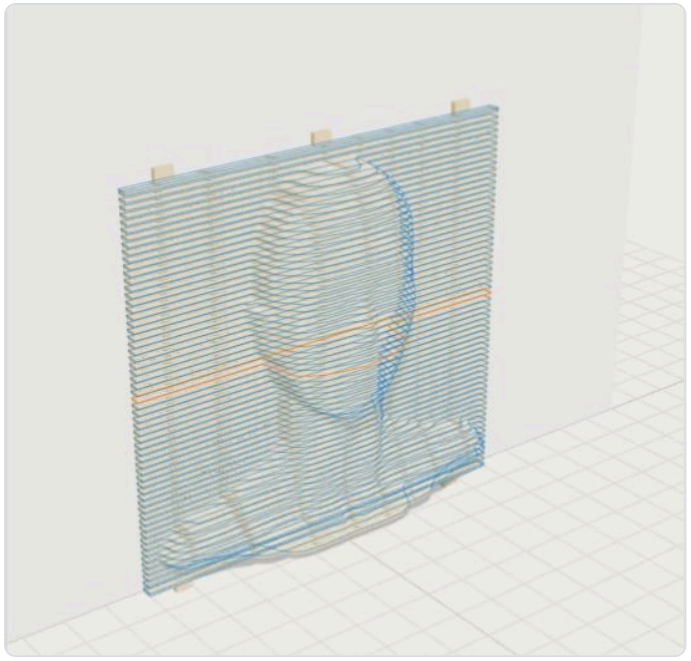
- Antes de convertir se elige:
  - **Perfiles clave**: por defecto, uno en cada lama o costilla (como mucho 60), y así salen casi iguales que antes. Con menos perfiles es más fácil de editar, pero las piezas de en medio se calculan mezclando y cambian más.
  - **Puntos por perfil**: con 12 a 24 suele bastar. Se quitan primero los puntos que menos cambian la forma.
- La forma pasa a **Origen: Plantilla**, con la plantilla **Panel de pared libre**. Desde ahí se editan los puntos y los perfiles como en cualquier mueble: arrastrar, doble clic para añadir, Supr para borrar, añadir o quitar perfiles, copiar un perfil en todos…
- Sigue valiendo todo lo demás: lamas verticales u horizontales, rastreles, separación, grosor, fabricar y plano.

Si después hay demasiados puntos, **✂ Simplificar puntos…** (en Perfiles clave) los quita a la vez en todos los perfiles, primero los que menos cambian la forma; las esquinas se quedan. Se puede deshacer con ↶. Si alguna varilla deja de caber, se recolocan solas.

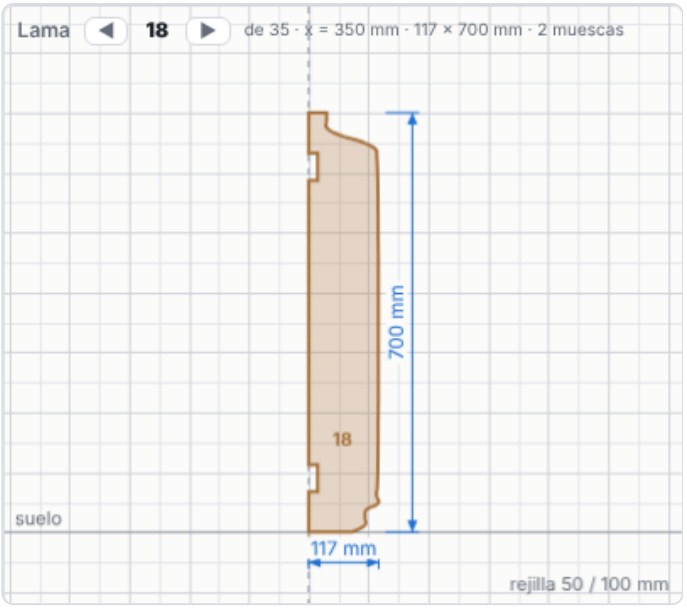


La ventana de convertir: cuántos perfiles y cuántos puntos.

> ⚠ **No se puede revertir.** Antes de convertir sale un aviso: después ya no se puede volver al texto, al modelo o a la imagen, ni cambiar su relieve, suavizado o medidas (solo con ↶ Deshacer antes de cerrar). Si quieres conservar el original, **guarda antes una copia** del proyecto.



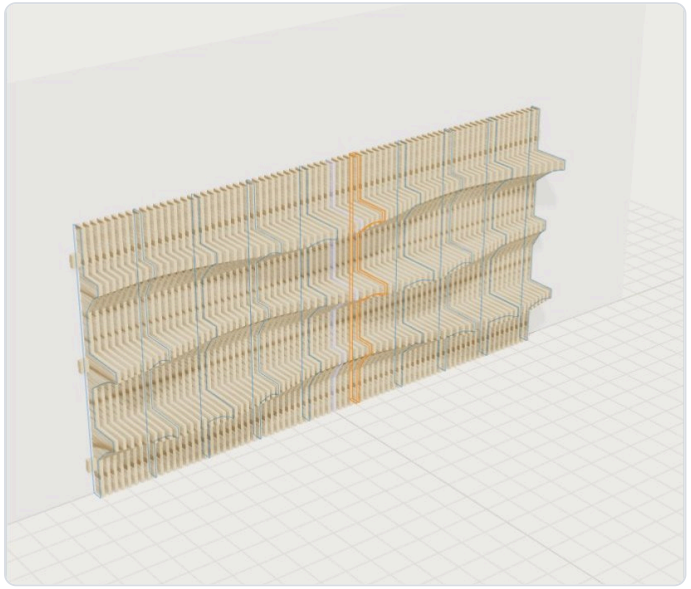
El «Retrato» convertido: un perfil clave (azul) en cada lama.



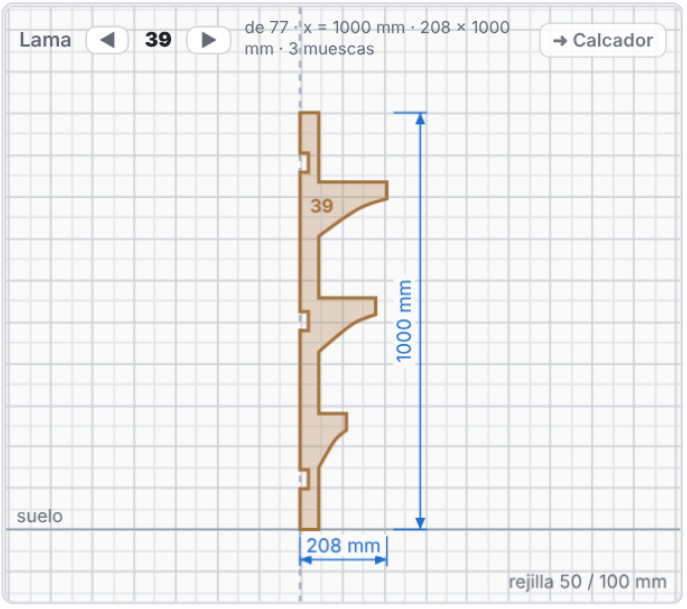
Una lama convertida, con sus puntos, lista para editar.

Estantería de pared ondulada

La plantilla **Estantería de pared ondulada** (en Panel de pared) hace las lamas con baldas que salen de ellas: cada lama lleva un trozo de cada balda con una ménsula inclinada debajo. El fondo de las baldas ondula a lo largo, como las estanterías de lamas que se venden hechas. Parámetros: número de baldas, fondo máximo y mínimo, ondas y desfase entre baldas, grueso de la balda, fondo de la lama y alto de la ménsula.



Ejemplo «Estantería de pared ondulada»: lamas de abedul de 12 mm cada 26 mm.



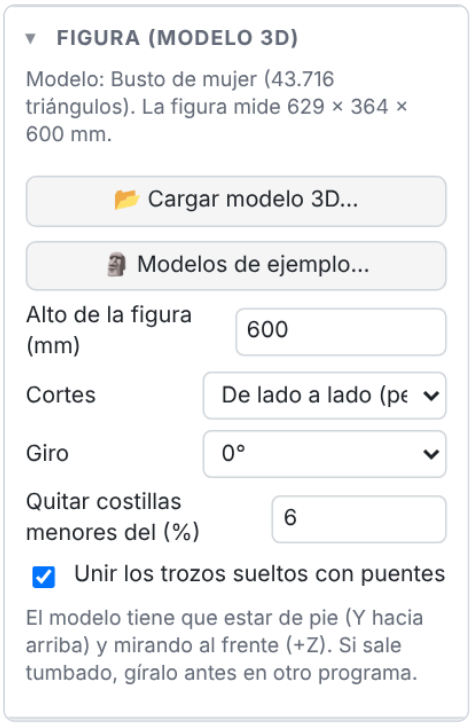
Una lama: tres baldas con ménsula y tres muescas para los rastreles.

> Las baldas se forman con muchas lamas finas juntas: no cargues mucho peso (libros ligeros, plantas, objetos). Para más carga, usa tablero de 18 mm, separa menos las lamas y atornilla bien los rastreles a la pared, con taco.

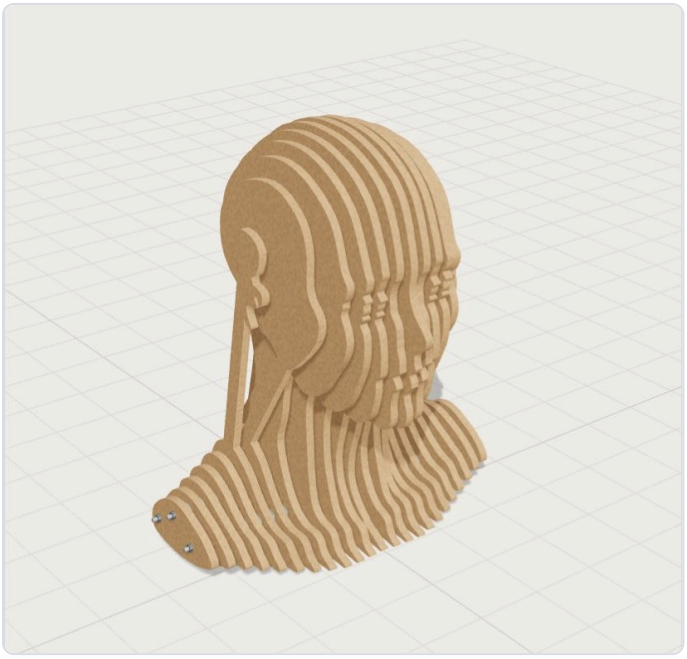
---

14. Figuras de pie desde un modelo 3D

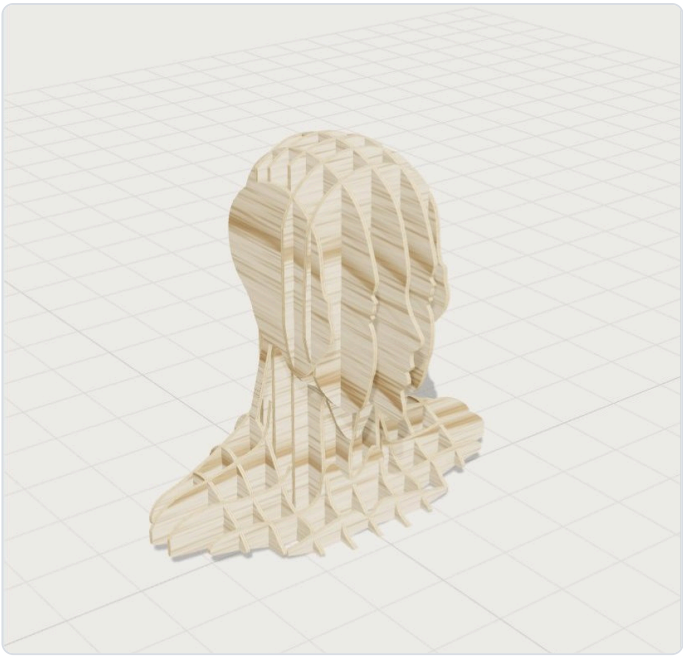
Con **costillas con varillas** o **retícula**, la forma también puede salir de un modelo 3D: en **Forma → Origen de la forma**, elige **Modelo 3D (secciones)**. Cada costilla es un **corte de verdad** del modelo, como un busto o una escultura hecha de rebanadas.



- 📂 **Cargar modelo 3D...** (STL, OBJ, GLB o PLY) o 🗿 **Modelos de ejemplo...** (busto de mujer...). El modelo **se guarda dentro del proyecto**, reducido a 60 000 triángulos como mucho.
- **Alto de la figura**: lo que mide terminada. El largo y el fondo salen solos, con las proporciones del modelo.
- **Cortes**: **de lado a lado** (cada costilla es un perfil de la cara) o **de delante a atrás** (cada costilla es un frente).
- **Giro**: gira el modelo sobre el eje vertical antes de cortarlo (45°, 90°...).
- **Unir los trozos sueltos con puentes**: si un corte sale en varios trozos (la cabeza y el hombro, una oreja), se unen con un puente de madera para que sea una sola pieza. Sin marcar, solo se usa el trozo mayor.
- **Quitar costillas menores del (%)**: las de los extremos suelen ser trocitos (la punta del hombro); las más pequeñas que ese % de la mayor no se fabrican.



Ejemplo «Busto de rebanadas»: MDF de 12 mm cada 22 mm, con tres varillas de 6 mm.



Ejemplo «Busto en retícula»: costillas y largueros de 6 mm a media madera.

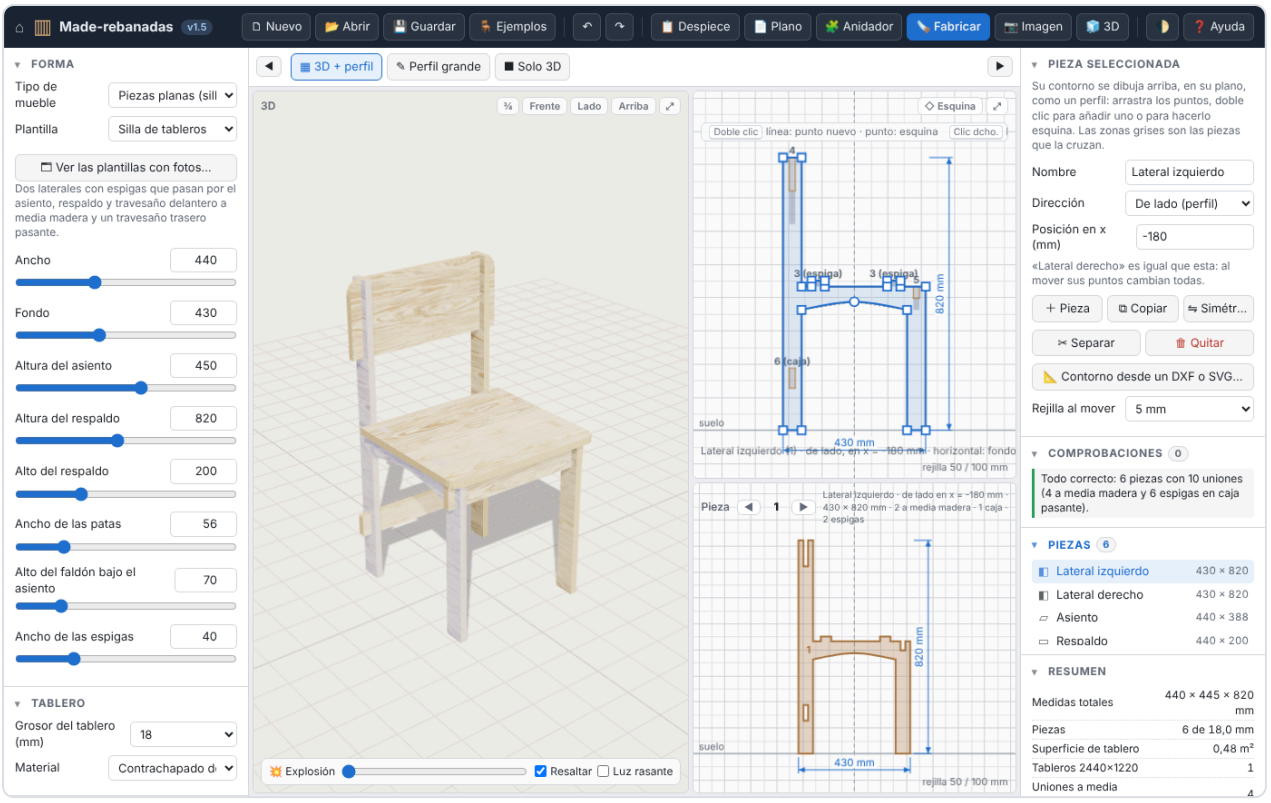
- Todo lo demás sigue igual: grosor y separación, base plana, varillas (✨ Auto las pone donde caben en todas las costillas), retícula, fabricar, DXF, plano y Anidador.
- ✏ **Convertir en perfiles editables…** también funciona aquí: pone un perfil clave en cada costilla (como mucho 60) para retocarlas a mano. **No se puede revertir**: el modelo se quita del proyecto.
- El modelo tiene que estar **de pie** (Y hacia arriba) y **mirando al frente** (+Z), como los de ejemplo. Si sale tumbado, gíralo antes en otro programa (Blender, por ejemplo).

> En retícula, las formas muy complicadas dan ranuras que no se pueden hacer (bordes casi verticales en el cruce). Prueba a separar más las costillas, poner menos largueros o cambiar el margen hasta que no salgan errores en Comprobaciones.

---

15. Piezas planas: sillas, taburetes y bancos

El tipo de mueble **Piezas planas (sillas, taburetes…)** es para los muebles de tablero que se montan encajando piezas con forma, sin herrajes: un taburete con las patas cruzadas, un banco de lamas sobre dos laterales o una silla de tableros. Aquí no hay perfiles clave ni costillas repartidas: **cada pieza tiene su propio contorno** y su sitio, y el programa busca dónde se cruzan y hace las uniones.



La «Silla de tableros»: arriba, el contorno del lateral con las piezas que lo cruzan en gris; abajo, cómo se corta.

Las piezas y sus direcciones

Cada pieza es un tablero en una de tres direcciones. Su contorno se dibuja en su propio plano, con las medidas del mueble:

Dirección	Qué piezas	Su contorno, en	Posición
De lado (perfil)	laterales, travesaños que van de delante a atrás	fondo (z) × alto (y)	x: a lo ancho, 0 en el centro
De frente	patas de un taburete, respaldos, lamas de canto, travesaños de lado a lado	ancho (x) × alto (y)	z: 0 en el centro, + hacia delante
Horizontal	asientos, tapas, baldas	ancho (x) × fondo (z)	y: la altura del centro del tablero

La posición es siempre la del **centro del tablero**: un asiento de 18 mm que apoya a 432 mm está en y = 441.

Las uniones salen solas

- **Media madera**: si dos piezas se cruzan, cada una lleva una ranura del grosor del tablero (más la holgura) hasta la mitad del cruce. La que termina arriba en el cruce lleva la ranura desde arriba y la otra desde abajo: así se monta bajando una sobre otra (las lamas del banco sobre los laterales, el respaldo sobre los laterales de la silla).
- **Espiga en caja pasante**: si una pieza queda **entera dentro de la otra** a lo largo del cruce, la otra lleva un agujero rectangular (la caja) por el que pasa. Así salen las **espigas** de las patas que

asoman por el asiento y los **travesaños pasantes** que atraviesan los laterales y sobresalen un poco.

- **Esquina dentada** (*finger joint*): si las dos piezas **terminan una en la otra** (como la tapa y el lateral de una caja, enrasadas por fuera), el canto de cada una se reparte en dientes alternos, de unos dos grosores de ancho: los de una entran en los huecos de la otra.
- **Espigas en T**: si una pieza termina con un **canto largo** (100 mm o más) contra la cara de otra que sigue (una balda contra un lateral), su canto se convierte en espigas y la otra lleva sus cajas. Los cantos cortos (las espigas que dibujas tú, de 40 mm) siguen siendo una espiga en una caja.
- **Solape con tacos o tornillos**: dos piezas **paralelas pegadas cara con cara** (a un grosor de tablero una de otra, como las dos capas de un lateral) que se pisan en su plano se unen por la zona común. El programa reparte en ella los **tacos** (taladros ciegos en las dos piezas, que salen en el DXF en una capa CIEGO con su profundidad) o los **tornillos** (agujero pasante en la pieza de fuera y agujero guía en la de dentro), lejos del borde y lo más separados posible. Se elige en «Piezas planas: uniones»: tacos o tornillos, su Ø y cuántos por solape (0 = según su tamaño, al menos 2). Así se hacen los laterales de dos capas, en los que una pieza larga (la pata trasera que sube al respaldo) y otra (el lateral del asiento con la pata delantera) se cruzan sin tener que cortar el tablero en forma de L.
- **A tope con herraje desmontable** (mueble de kit): en «Piezas planas: uniones → Cantos a tope» se elige qué hacer cuando el canto de una pieza llega contra la cara de otra (una balda contra un lateral, la tapa, el zócalo). **Dentadas** es lo de arriba (esquinas dentadas y espigas en T). Con **Perno y tuerca de barril** o con **Excéntrica (minifix)**, la pieza que llega se corta a tope contra la cara de la otra y se une con 1 a 5 herrajes repartidos por el canto (a 50 mm de los extremos; uno solo si el canto mide menos de 140 mm). En una esquina en la que terminan las dos, la que va a tope es la horizontal (la tapa entre los laterales) o, si no hay horizontal, la de frente.
    - **Perno y tuerca de barril**: taladro pasante de Ø 7 en la pieza que recibe (el perno M6 entra desde fuera, con la cabeza a la vista) y taladro de Ø 10 para la tuerca de barril en la pieza que llega, a 25 a 30 mm del canto según el largo del perno (40 a 80 mm, el que deja al menos 20 mm de rosca). Ese taladro es **ciego** (la tuerca de 15 mm, o de 12 en tableros de menos de 18, más 1 mm, dejando al menos 2 mm de fondo), por la cara que no se ve; si el tablero es demasiado delgado, o si se desmarca «Tuerca de barril en taladro ciego», sale pasante. Entre los dos, un taladro de Ø 7 en el canto.
    - **Excéntrica (minifix)**: taladro ciego de Ø 15 en la cara de la pieza que llega, a 34 mm del canto (24 en tableros de menos de 15 mm), y ciego de Ø 5 y 11 mm para el perno en la cara de la otra. Entre los dos, un taladro de Ø 8 en el canto. No se ve nada por fuera.

  Tubillones (casilla «Tubillones junto a los herrajes», marcada por defecto): espigas de madera de Ø 8 × 30 mm a 32 mm de cada herraje, hacia el centro de la unión (a los dos lados si solo hay uno y cabe). Centran las piezas al montar y aguantan el peso de las baldas: el herraje solo aprieta. Llevan un taladro ciego de 12 mm en la cara de la pieza que recibe (en el DXF) y otro de unos 20 mm en el canto de la que llega (a mano, capa CANTO). En los cantos cortos, como el zócalo, no caben y no se ponen.
  Por qué cara: los taladros ciegos van por la cara que no se ve: en las tapas y baldas, por debajo; en la pieza que llega a tope (zócalo, travesaños), por dentro; y en la pieza que recibe, por la cara que toca a la otra (los laterales, por dentro). Como la CNC taladra por la cara de arriba, las piezas que lo necesitan (por ejemplo, el lateral izquierdo o el zócalo) **salen en espejo en el DXF**, para cortarlas con esa cara hacia arriba; el plano lo dice en los pasos de montaje. Si una pieza lleva

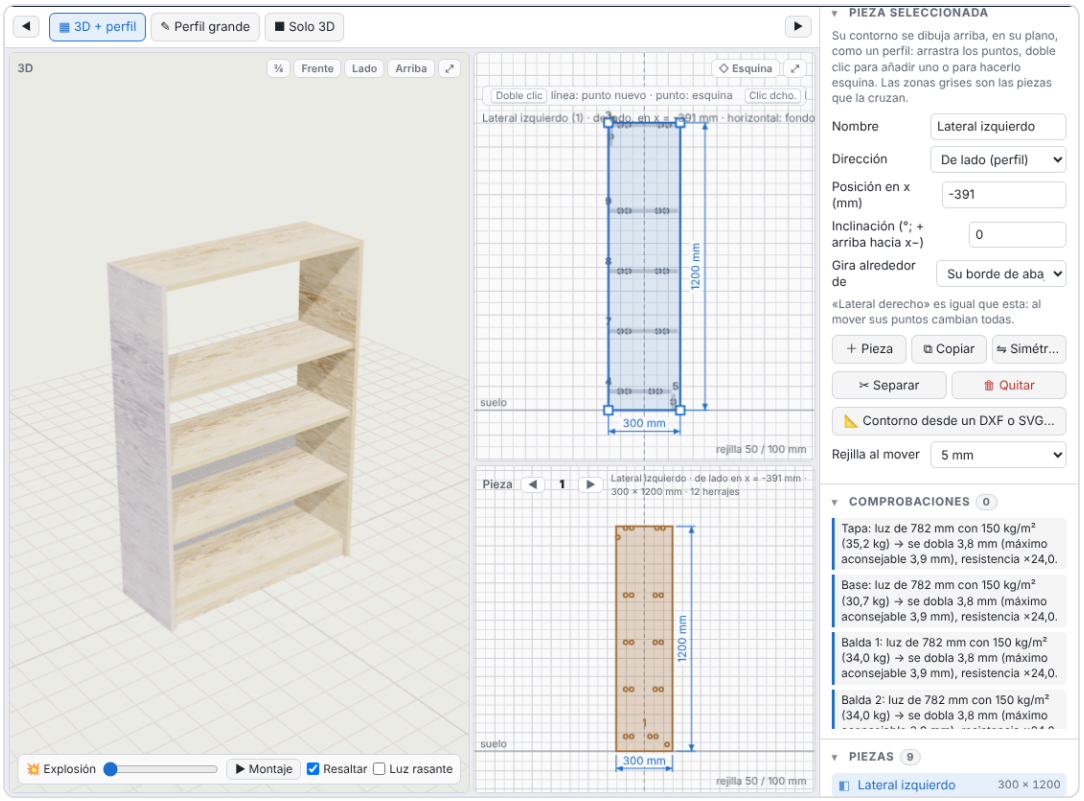
taladros ciegos por las dos caras (un lateral del medio con baldas a los dos lados), los de la otra cara van a una capa **OTRA_CARA_CIEGO_...MM**: se hacen dándole la vuelta. En la vista de la pieza, los taladros ciegos se ven con borde discontinuo y los de canto como una raya.
Los taladros de las caras salen en el DXF (los ciegos en una capa con su profundidad) y en las piezas del plano; los del **canto** no los hace una CNC de 3 ejes: salen como una raya en la capa **CANTO** y se taladran a mano con una guía. La lista de compra cuenta los juegos de herraje y el presupuesto los suma. El programa avisa si un taladro cae fuera de la pieza (pieza demasiado estrecha) o si se piden excéntricas en un tablero de menos de 15 mm.

- Las ranuras y las cajas llevan el **hueso de perro** de Fabricar, como las demás.
- **Espigas pasantes con cuña** (casilla en «Piezas planas: uniones»): los travesaños y espigas que atraviesan un lateral o una pata asoman lo justo para un agujero con su **cuña**, que sale del mismo tablero y aparece en la lista de piezas (C1, C2...). El agujero empieza 1,5 mm dentro de la cara, así la cuña tira de la espiga y aprieta la unión: el mueble queda firme sin cola y se puede desmontar. No se ponen en asientos ni en tapas.
- La **holgura de las uniones** (apartado «Piezas planas: uniones», a la izquierda) es lo que las ranuras y las cajas son más anchas que el tablero: 0,3 mm entra a mano con algo de roce. Mejor que adivinarla, córtate la 🧪 **pieza de prueba** de Fabricar (apartado 19). Prueba antes una unión en un retal.

> Para que salga una espiga, dibuja la pieza con una **lengüeta** que llegue hasta la otra cara del tablero que atraviesa (o que la pase un poco). Para una media madera, basta con que las dos piezas se crucen. Si dos piezas solo se tocan (un faldón que apoya debajo del asiento), no hay unión: el programa lo da por bueno, pero esa pieza tiene que estar sujeta por otro sitio.

Plantillas

Taburete de patas cruzadas	Dos patas de frente con un arco y dos travesaños de lado, cruzados a media madera. Las espigas de las patas pasan por el asiento. Se cambian el ancho, el fondo, la altura, el vuelo del asiento, el arco, los pies, el alto de los travesaños, el ancho de las espigas y cuánto se **abren las patas** (inclinadas, 4° por defecto).
Banco de lamas	Dos laterales con el asiento curvo y lamas de canto encajadas a media madera en ellos; un travesaño pasante los une por debajo. Se cambian el largo, el fondo, la altura, el hundido del asiento, el número y el alto de las lamas, el arco y las patas.
Silla de tableros	Dos laterales con espigas que pasan por el asiento; el respaldo y el travesaño delantero, a media madera; el travesaño trasero, pasante. El respaldo y la parte de arriba de los laterales se **inclinan** hacia atrás (8° por defecto).
Silla de piezas solapadas	Cada lateral es de dos capas: la pata trasera, que sube hasta el respaldo, y el lateral del asiento con la pata delantera, solapadas y unidas con tacos. Dos travesaños forman el respaldo (el de arriba a media madera y el otro pasante), el delantero va a media madera y el asiento se estrecha por detrás entre las patas y lleva las espigas de los laterales.
Mesilla de uniones dentadas	La tapa y los laterales con esquinas dentadas, la balda con espigas en T que atraviesan los laterales y un travesaño trasero. No es un asiento: no lleva las comprobaciones de silla.
Estantería de kit	Laterales, tapa, base, baldas, zócalo y travesaño trasero, todos a tope con **excéntricas y tubillones** (se puede cambiar a perno y tuerca de barril en «Piezas planas: uniones → Cantos a tope»). Se cambian el ancho, el fondo, la altura, el número de baldas, el zócalo y el travesaño trasero. Hay un ejemplo en blanco lacado con perno y tuerca de barril.
Vacío: piezas planas	Un tablero de frente y otro de lado que se cruzan, para empezar de cero.

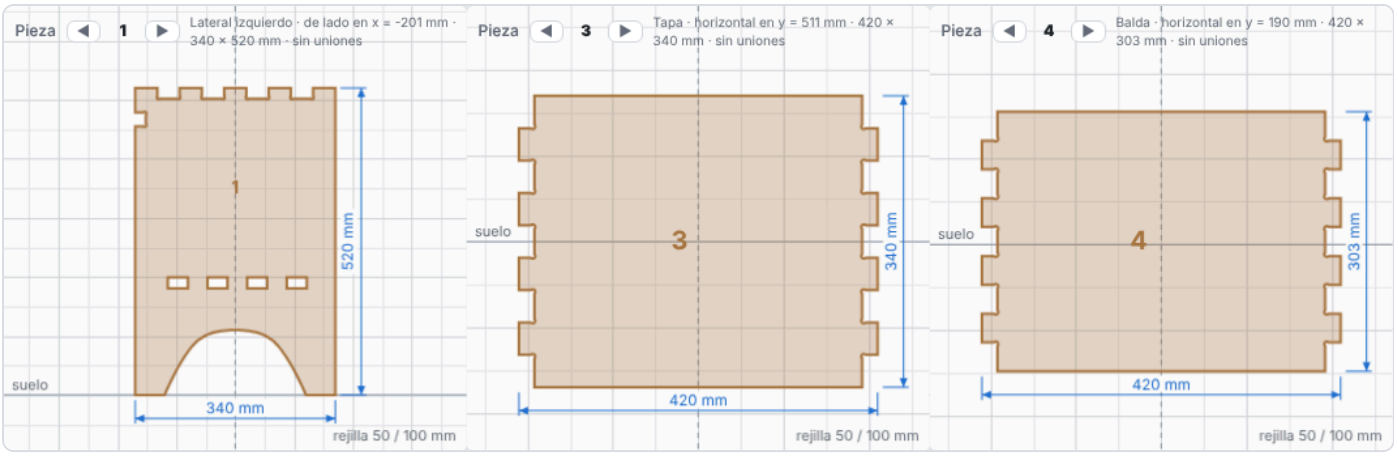


La «Estantería de kit»: el lateral izquierdo con los taladros de los pernos de las excéntricas y de los tubillones (ciegos, con borde discontinuo), por su cara de dentro.

Las espigas de las plantillas quedan **enrasadas** con el tablero que atraviesan: si cambias el grosor del tablero, la plantilla se vuelve a generar (mientras no hayas retocado las piezas a mano).

Editar una pieza

- Elige la pieza en la lista **Piezas** (a la derecha), con ◀ ▶ o haciendo clic en el 3D.
- Arriba se ve su contorno **en su plano**, con las piezas que la cruzan en gris (y si en ese cruce lleva una caja o una espiga). Se edita como un perfil: arrastra los puntos, **doble clic** en la línea para añadir uno, doble clic en un punto (o `E`) para hacerlo esquina o curva, **clic derecho** para borrarlo. Abajo se ve la pieza como se corta, con sus ranuras y cajas.
- En **Pieza seleccionada** cambias su **nombre**, su **dirección** y su **posición**, y con los botones:
  - ＋ **Pieza**: un tablero rectangular nuevo.
  - ⧉ **Copiar**: una copia independiente, un poco más allá.
  - ⇋ **Simétrica**: su pareja al otro lado del centro (el lateral derecho del izquierdo). Las dos comparten el contorno: al mover un punto de una, cambian las dos. ✂ **Separar** hace que cada una vaya por su lado.
  - 🗑 **Quitar** y 📐 **Contorno desde un DXF o SVG…**: el contorno de la pieza dibujado en otro programa, con sus medidas o ajustado al ancho de la pieza de ahora.



La «Mesilla de uniones dentadas»: el lateral con los dientes de la esquina arriba y las cajas de la balda; la tapa con sus dientes y la balda con sus espigas.

Piezas inclinadas



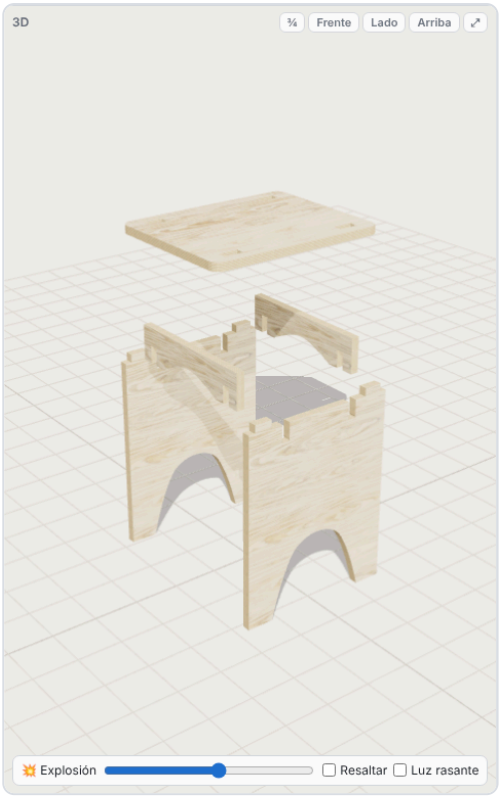
Una pieza puede **girar** alrededor de su eje horizontal: **Inclinación (°)** en «Pieza seleccionada». Así se hace un respaldo inclinado, un asiento que baja por detrás o unas patas abiertas. La casilla dice hacia dónde va el giro positivo en cada dirección (de frente: + arriba hacia delante; de lado: + arriba hacia x−; horizontal: + baja por delante).

- **Gira alrededor de**: su borde de abajo (o de atrás, en las horizontales), el de arriba (para **abrir patas**: el pie se va hacia fuera y el asiento no se mueve) o su centro.
- Las uniones se recalculan: la ranura o la caja sale **inclinada** en la pieza recta, del ancho que hace falta para el tablero que la cruza en ángulo.
- Si una pieza inclinada tocaba el suelo, su pie se alarga hasta el suelo.
- ⇋ Simétrica pone a la pareja la inclinación contraria (las patas de delante y de atrás se abren las dos hacia fuera).

> El corte es siempre recto (a 90°): en un cruce inclinado, el canto de la ranura no sigue el ángulo y queda una pequeña holgura en cuña, que tapa la cola. Con más de 15° conviene repasar a mano. Las esquinas dentadas, los solapes y las cuñas solo se calculan entre piezas rectas.

Montaje animado

Con ▶ **Montaje** (bajo la vista 3D) las piezas entran **una a una**, en el orden del plano de montaje: primero las que apoyan en el suelo y sus piezas solapadas, luego los travesaños pasantes y sus cuñas, después las que bajan a media madera y al final los asientos y las tapas. Arriba se lee qué pieza entra. ■ Parar lo deja todo en su sitio.



Con la **explosión**, cada pieza se aparta siguiendo su dirección y las que se montan bajando suben: se ve cómo encajan.

Comprobaciones, fabricación y plano

- El programa avisa si una pieza **no se cruza con ninguna** (quedaría suelta), si dos piezas paralelas **se pisan**, si una ranura no se puede hacer, si una media madera o una espiga es **demasiado corta**, si una caja queda **muy cerca del borde** o si un solape es tan estrecho que no caben los tacos (o solo cabe uno y la unión podría girar).
- **Si es para sentarse** (casilla «Es para sentarse», marcada en sillas, taburetes y bancos): da las medidas del asiento y avisa si se salen de las habituales para un adulto (altura de 420 a 470 mm, fondo de 380 a 460, ancho de al menos 400, respaldo que suba 250 a 300 mm). Y hace tres **pruebas de vuelco** orientativas (no son un ensayo normalizado), con el peso del propio mueble: hacia atrás, con 600 N sentado y 80 N empujando el respaldo arriba; hacia delante, sentado en el borde de delante; y de costado, sentado en un extremo. Si vuelca, es un error; si aguanta con poco margen (menos de ×1,5), un aviso.
- **Flexión de asientos y baldas** (casilla «Comprobar la flexión de asientos y baldas»): cada tablero horizontal se calcula como una viga entre las piezas que lo sostienen (las que se cruzan con él), en la dirección de luz más corta; si solo lo sostiene una pieza, como un voladizo. El **asiento** lleva una persona (100 kg por defecto) en el centro de la luz, repartida en unos 400 mm de ancho; las **baldas y tapas**, una carga repartida (150 kg/m² por defecto: libros), con la fluencia del tablero (lo

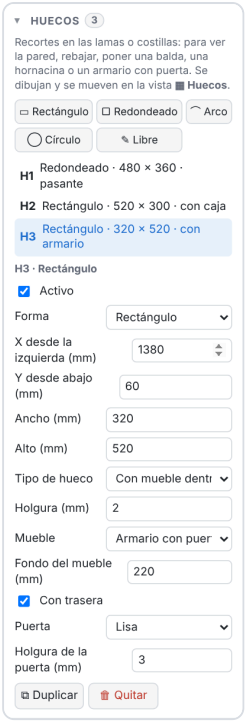
que se dobla con los meses, más en el MDF). Los vuelos de más de 40 mm se comprueban también, con la carga en la punta. Da la flecha (cuánto baja en el centro) contra un máximo aconsejable (luz/150 en asientos, luz/200 en baldas) y el margen de resistencia a la rotura. Si se dobla más de la cuenta, es un aviso; si se dobla el doble o el margen de resistencia baja de ×1,5, un error; y propone el grosor que haría falta. En un banco de lamas de canto calcula la lama más cargada, con la persona repartida entre las lamas que caben en 400 mm. Los valores de cada tablero (rigidez y resistencia) son medios: sirven para comparar y para ver el orden de magnitud. Se cambian el peso de la persona y la carga de las baldas en «Piezas planas: uniones», y salen en los datos de la hoja 1 del plano.

- Fabricar, el DXF, el SVG, el Anidador (también con láser), la maqueta, el despiece, la lista de compra y la exportación 3D (STL, OBJ, GLB, SolidCraft) funcionan igual que con los otros tipos.
- El **plano de montaje** trae una hoja con las piezas separadas, la lista de piezas con su posición y todas las uniones, y los pasos de montaje en orden: primero se unen las piezas solapadas (con la profundidad de los taladros y el largo de los tacos), luego los travesaños pasantes, luego las medias maderas de abajo arriba y al final los tableros horizontales sobre sus espigas.

---

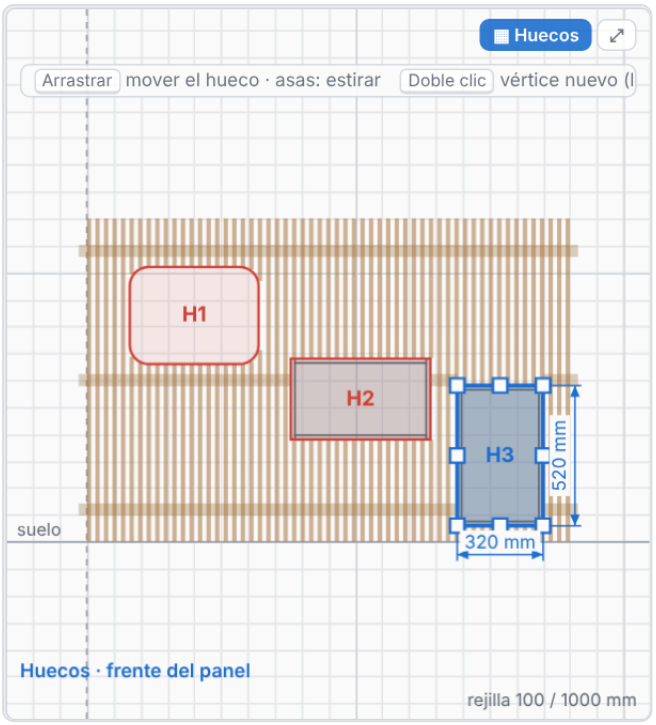
16. Huecos: recortes, hornacinas, baldas y armarios

Un **hueco** es una forma que se resta de las lamas o de las costillas. Sirve para abrir una ventana a la pared, rebajar las lamas para apoyar algo, meter una balda, una hornacina o un armario entre las lamas, o hacer un túnel a lo largo de un banco (revistero, leñero). Funciona con **paneles de pared**, **costillas con varillas** y **retícula**.

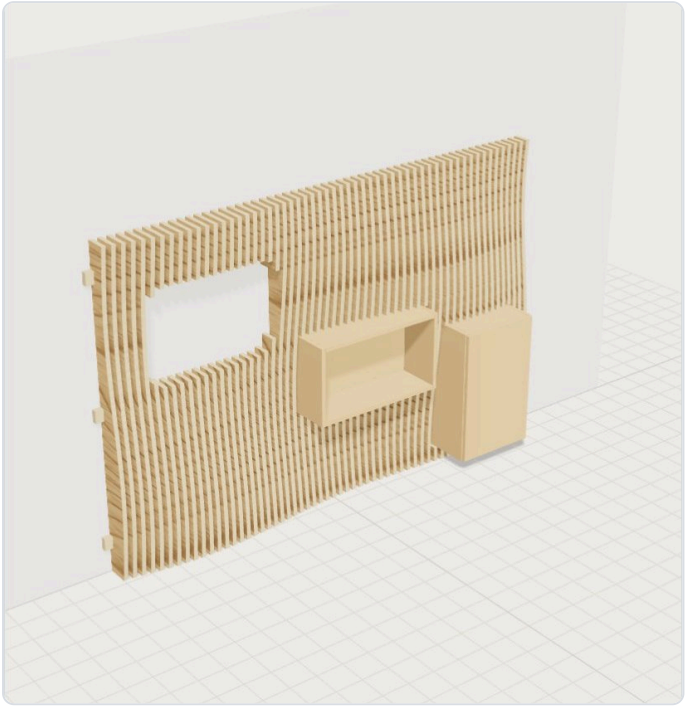


- En el apartado **Huecos** (panel izquierdo) se añade uno con su forma: ▭ **Rectángulo**, ◻ **Redondeado**, ⌒ **Arco** (medio punto arriba), ◯ **Círculo u óvalo**, ✎ **Libre**, 📐 **DXF / SVG…** (un contorno dibujado en otro programa) o, en los paneles de pared, 🔤 **Texto** (unas letras que salen o se hunden; ver más abajo).
- Al añadir el primero se abre la vista ▦ **Huecos** (en el sitio del editor de perfil; el mismo botón vuelve al perfil).
- Cada hueco tiene su **posición** (X, Y de la esquina de abajo a la izquierda), **ancho**, **alto**, **giro** (grados, alrededor de su centro) y, si es redondeado, **radio**. Se puede **apagar** sin borrarlo, **duplicar** o **borrar** (🗑 en la lista, el botón 🗑 Borrar o `Supr` en la vista ▦ Huecos; se recupera con ↶).
- **Tipo de hueco**:
  - **Pasante**: se quita todo (se ve la pared, o se abre un túnel en el mueble).
  - **Rebaje** (solo pared): las lamas se recortan a una **profundidad desde la pared**, para apoyar algo plano.
  - **En relieve: sale hacia fuera** (solo pared): dentro de la forma, el canto de las lamas **sale** los milímetros que digas, siguiendo su curva.
  - **Hundido: entra hacia dentro** (solo pared): dentro de la forma, el canto se **hunde** esos milímetros.
  - **Con mueble dentro**: además se dibujan y se fabrican los tableros de una **balda**, una **caja (hornacina)** o, en la pared, un **armario con puerta**. La **holgura** separa el mueble de las lamas. **Grosor de sus tableros**: en blanco, el mismo que las lamas; con un número (18, por ejemplo), el mueble se hace con tablero de ese grosor.
- En costillas y retícula el hueco se dibuja en el perfil y es un **túnel** que va **desde x hasta x** a lo largo del mueble.

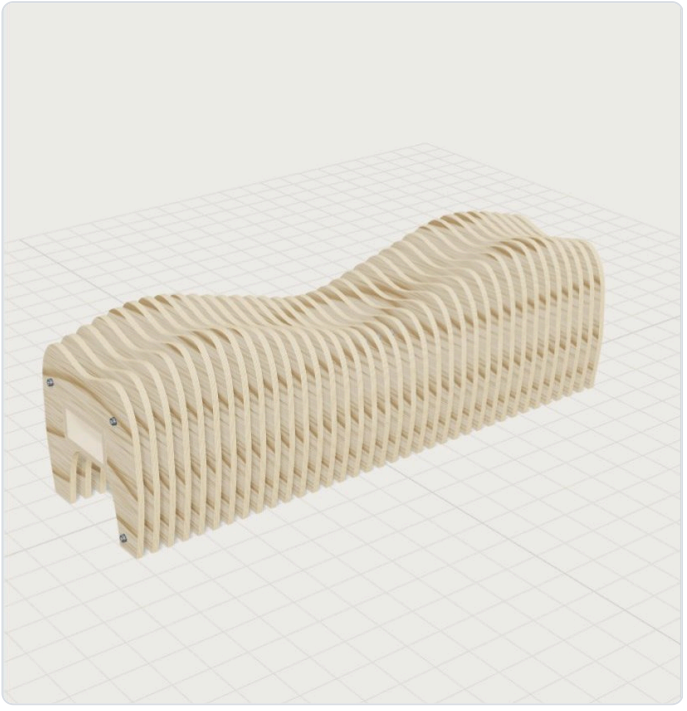
La vista ▦ Huecos



- En la pared se ve el **frente del panel**: las lamas (ya partidas), los rastreles y los muebles. En costillas y retícula, el **perfil** con todas las costillas.
- **Arrastra** un hueco para moverlo; las **asas** lo estiran. Se ajusta a la rejilla de 10 mm (con `Mayús`, sin rejilla).
- El asa redonda ↻ de encima lo **gira** de 15 en 15° (con `Mayús`, grado a grado). Los huecos con mueble no giran.
- En la **forma libre** se mueven los vértices; **doble clic** en un lado añade uno y **clic derecho** en un vértice lo quita.
- Rueda: zoom; arrastrar fuera de los huecos: mover la vista.



Ejemplo «Pared con hornacinas y armario»: ventana redondeada a la pared, hornacina y armario con puerta.

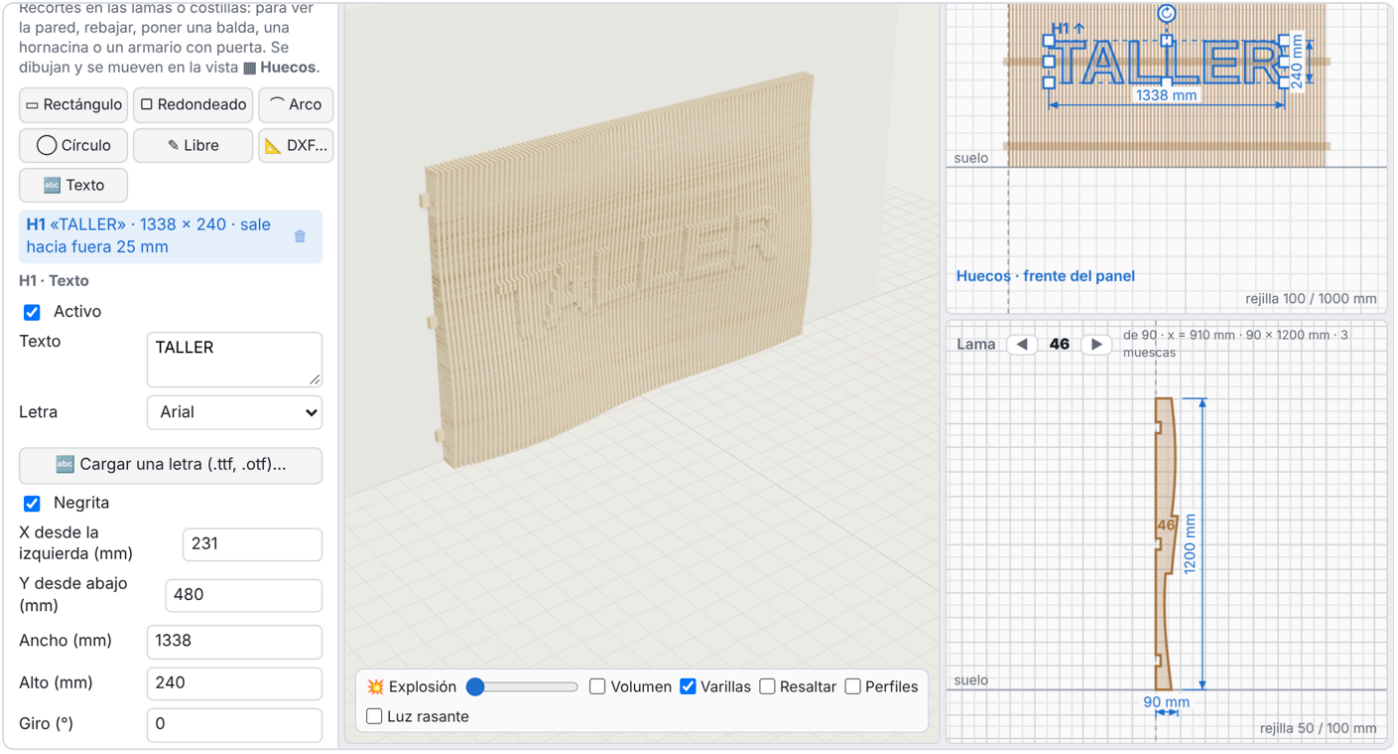


Ejemplo «Banco con revistero»: un túnel a lo largo, forrado por dentro.

Texto en las lamas

En los paneles de pared, 🔤 **Texto** pone un rótulo sobre cualquier panel (recto, ondulado, con relieve…), como si fuera un hueco más: se mueve, se estira y se gira en la vista ▦ **Huecos**, y las letras se ven dibujadas en ella. Escribe el **texto** (con `Intro`, varias líneas), elige la **letra** (las del ordenador o una tuya con 🔤 **Cargar una letra…**) y si va en **negrita**, y su **tipo**:

- **En relieve: sale hacia fuera** (el que sale por defecto): dentro de las letras las lamas salen **«cuánto sale o se hunde»** mm por delante de su canto, siguiendo la onda del panel.
- **Hundido: entra hacia dentro**: dentro de las letras el canto se hunde esos milímetros.
- **Pasante**: las letras se recortan del todo y se ve la pared por ellas (las lamas quedan en muchos trozos: mira los avisos).



Ejemplo «Panel ondulado con rótulo»: la palabra TALLER sale 25 mm de las lamas. A la derecha, una lama de perfil con los escalones donde la cruzan las letras.

- Al cambiar el texto, la letra o la negrita, la caja toma la proporción de las letras sin moverse del sitio; al estirarla, las letras crecen sin deformarse.
- Las lamas cortan las letras en tiras: para que se lean bien, la letra tiene que medir **unas 7 veces la separación** entre lamas o más (con lamas cada 26 mm, unos 180 mm). Si es más pequeña, el programa lo avisa.
- Al hundir mucho cerca de un rastrel puede quedar poca madera delante de su muesca: el programa también lo avisa.
- Lo que sale o se hunde va en las piezas de verdad: en el plano, el DXF, el SVG, el Anidador, el 3D y el STL.

Traer un hueco desde un DXF o un SVG

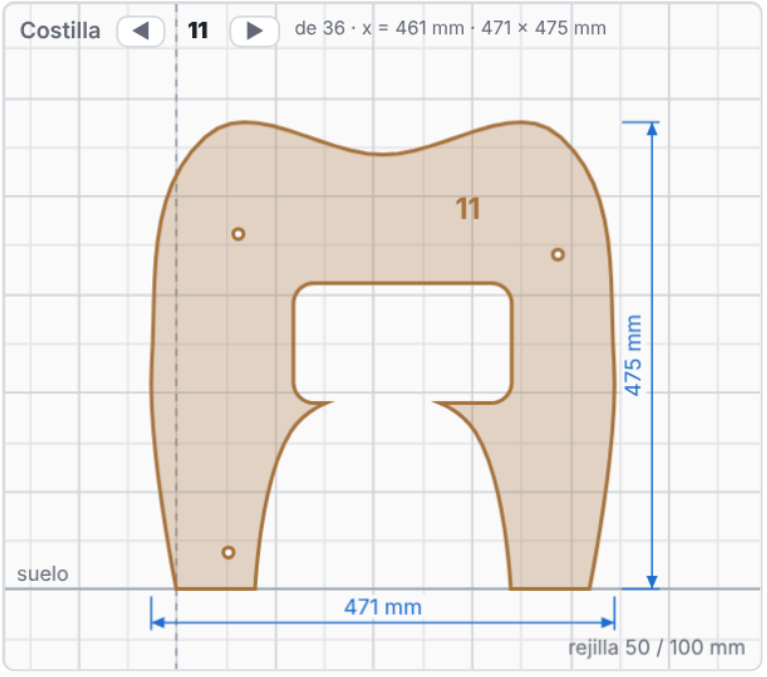
Con 📐 **DXF / SVG…** puedes dibujar la forma del hueco en **LibreCAD, QCAD, Inkscape, AutoCAD** o el CAD de clase y traerla como **forma libre**. El programa lee DXF **de texto** (R12 o 2000) con líneas, arcos, círculos, elipses, polilíneas (con arcos) y splines, en mm; junta los trazos sueltos por sus extremos y usa el **contorno cerrado** más grande. Antes de crearlo eliges el tamaño (el del DXF o ajustado a un ancho) y cuántos puntos dejar. Después se mueve, se estira y se gira como cualquier forma libre. Los **bloques (INSERT)** no se leen: explótalos antes de guardar; si el DXF solo tiene trazos abiertos, ciérralos en el CAD.

También lee **SVG** (Inkscape, Illustrator, Affinity, Canva…), que suele ser más cómodo si dibujas en Inkscape: trayectos con curvas y arcos, rectángulos (también redondeados), círculos, elipses, polígonos y líneas, con sus transformaciones (grupos movidos, girados o escalados). Las medidas salen en mm según el tamaño del documento (en Inkscape, *Propiedades del documento* en mm). Los **textos** no se leen: pásalos antes a trayecto (*Trayecto → Objeto a trayecto*); los **clones** tampoco: desenlázalos. Sirve igual para el **perfil clave**.

Lo que hace el programa con las piezas

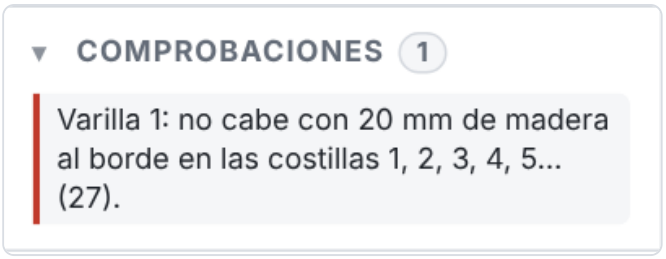
- Una lama o costilla cortada por un hueco puede quedar en **varios trozos**: se numeran **12a, 12b…** y salen así en el DXF, el SVG, el Anidador, el despiece y el plano. Si el hueco queda por dentro, la pieza lleva un **agujero** (se corta primero el de dentro y luego el contorno).
- Los **rastreles** se cortan donde hay un hueco pasante o con mueble.
- **Armario con puerta de lamas**: los trozos de lama que caen delante de la puerta van **pegados a la puerta** («(puerta)» en el nombre) y la puerta queda escondida en el panel. Para que haya lamas delante, el **fondo del armario** tiene que ser menor que lo que salen las lamas.
- Los tableros de los muebles salen en la hoja **3c** del plano, con la lista de huecos. Por defecto tienen el **mismo grosor** que las lamas o costillas; si a un mueble le pones otro (lamas de 12 con caja de 18, por ejemplo), sus piezas van a **tableros aparte** en Fabricar, en el despiece y en la lista de compra, con su grosor en cada hoja.

> **Comprobaciones:** el programa avisa si un trozo de lama no llega a ningún rastrel ni a un mueble (quedaría suelto), si un trozo de costilla no tiene dos varillas, si un rebaje es tan poco profundo que la muesca del rastrel se come la lama, o si quedan trozos muy pequeños. Casi siempre se arregla moviendo un poco el hueco, poniendo un rastrel más o haciéndolo con mueble.



Una costilla del banco con el túnel por dentro.

17. Comprobaciones

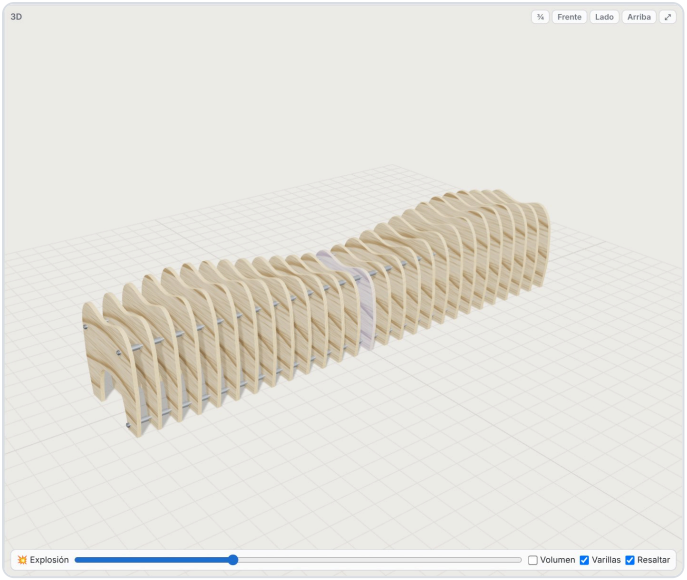


El programa revisa el mueble cada vez que cambias algo y lo indica en el panel **Comprobaciones**. Haz clic en un aviso para ir a la costilla afectada.

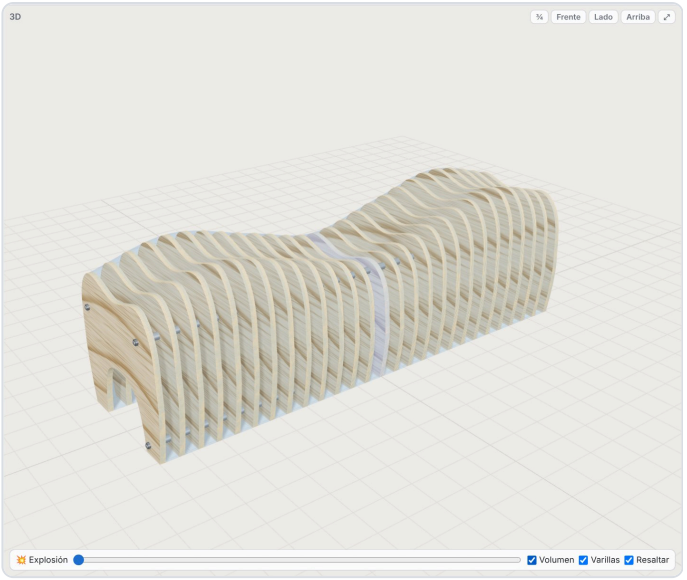
Aviso	Qué significa y cómo arreglarlo
Varilla que no cabe	Le falta madera alrededor en alguna costilla. Muévela hacia dentro, baja la madera al borde o usa «solo donde caben». Si el proyecto tiene huecos, puede ser que el hueco pase por la varilla: mueve el hueco o pulsa ✨ **Auto**.
Costillas sueltas	No las atraviesa ninguna varilla.
Varillas demasiado juntas	Los agujeros se comen la madera entre ellos.
Separación menor que el grosor	Las costillas se pisan: sube la separación o baja el número.
Una sola varilla	La costilla puede girar sobre ella: hacen falta al menos 2.
El separador asoma	El tubo separador es más ancho que la madera que hay alrededor de la varilla.
No llegan al suelo	Información: esas costillas cuelgan de las varillas (normal en un pouf).

En la lista **Costillas** del panel derecho, las que tienen algún problema llevan un **!**.

18. La vista 3D

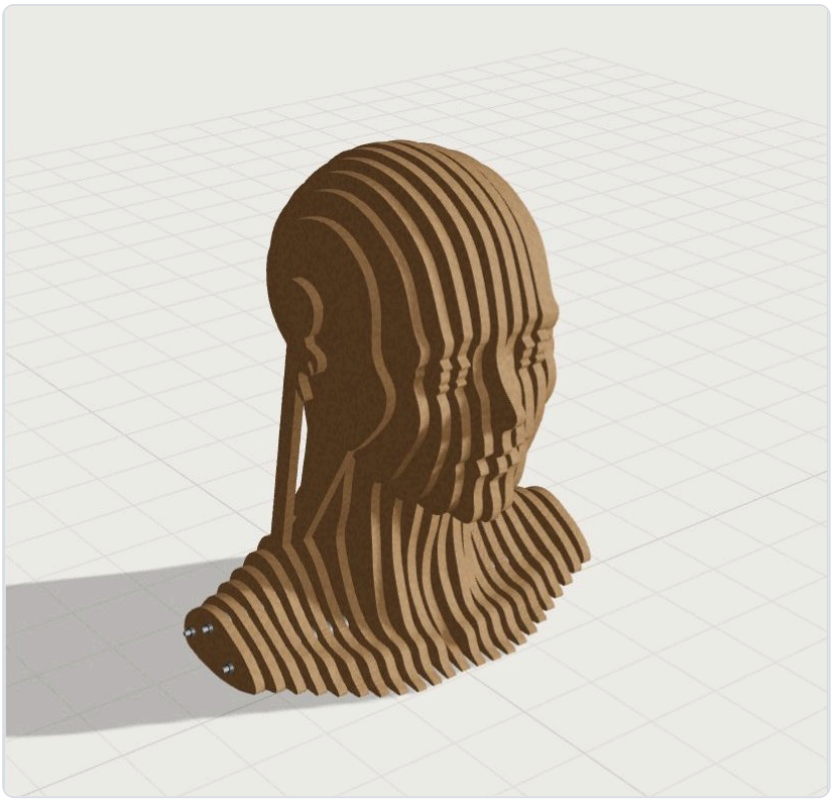


💥 Explosión: separa las costillas para ver el montaje.



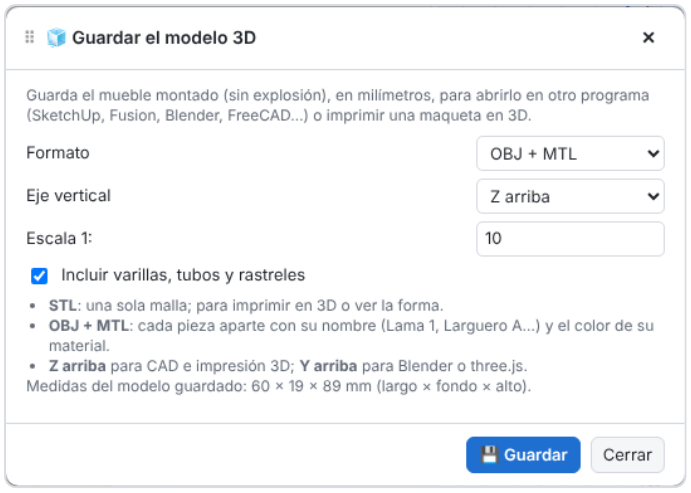
Volumen: la forma ideal, transparente, para comparar con las costillas.

- Botones de cámara: ¾, **Frente**, **Lado**, **Arriba** y ⤢ encuadrar.
- **Varillas** muestra u oculta varillas, tuercas y separadores; **Resaltar** colorea la costilla seleccionada.
- 📷 **Imagen** guarda la vista 3D en PNG a alta resolución.
- **Luz rasante**: una luz muy baja, casi paralela a la superficie, como la de una ventana a media tarde. Es la que hace que se lean los relieves de pared y los volúmenes de las figuras. La barra de al lado gira la dirección de la luz. Se recuerda en el proyecto.



El «Busto de rebanadas» con luz rasante.

Guardar el modelo 3D (STL, OBJ, GLB o SolidCraft)



🧊 **3D**, en la barra, guarda el mueble montado (sin explosión) como modelo 3D, en milímetros, para abrirlo en SketchUp, Fusion, FreeCAD, Blender... o para imprimir una maqueta en 3D.

- **STL**: una sola malla con todas las piezas. Es el formato de la impresión 3D.
- **OBJ + MTL**: cada pieza es un objeto aparte con su nombre (Lama 1, Costilla 3, Larguero A, Rastrel 2...) y el color de su material. Se guardan dos archivos: el **.obj** y el **.mtl** (los colores); guárdalos juntos.
- **GLB (Blender, con texturas)**: el formato glTF en un solo archivo. En **Blender**: *Archivo → Importar → glTF 2.0 (.glb/.gltf)*. Llegan las piezas con su nombre, agrupadas en **Tablero**, **Rastreles** y **Herrajes**, y los **materiales de la vista 3D**: con **Incluir las texturas de madera**, la veta (color, relieve y rugosidad) va dentro del archivo y se ve en Cycles o Eevee sin tocar nada. Sin texturas, cada pieza con su color liso y un archivo más pequeño. Va en **metros** (lo que usa Blender) y con Y arriba: Blender lo pone solo con Z arriba, así que aquí no se elige el eje. También lo abren los visores 3D de Windows, PowerPoint y las webs de modelos.
- **SolidCraft (.sc)**: el formato propio de SolidCraft. Se abre directamente con *Abrir* y cada pieza es un **cuerpo aparte** con su nombre y su color, dentro de una importación de malla. Es el recomendado para SolidCraft: más pequeño y más rápido de abrir.
- **SolidCraft (JSON plano)**: lo mismo, pero en un único archivo de texto **.json** que SolidCraft también abre. Útil para mirarlo o para guardarlo en git; ocupa algo más.
- **Eje vertical**: **Z arriba** para CAD e impresión 3D; **Y arriba** para Blender o three.js.
- **Escala 1:** 1 es tamaño real. Para imprimir una maqueta, 10 o 20 (si la maqueta está activa,

propone su escala). Abajo se ven las medidas que tendrá el modelo.

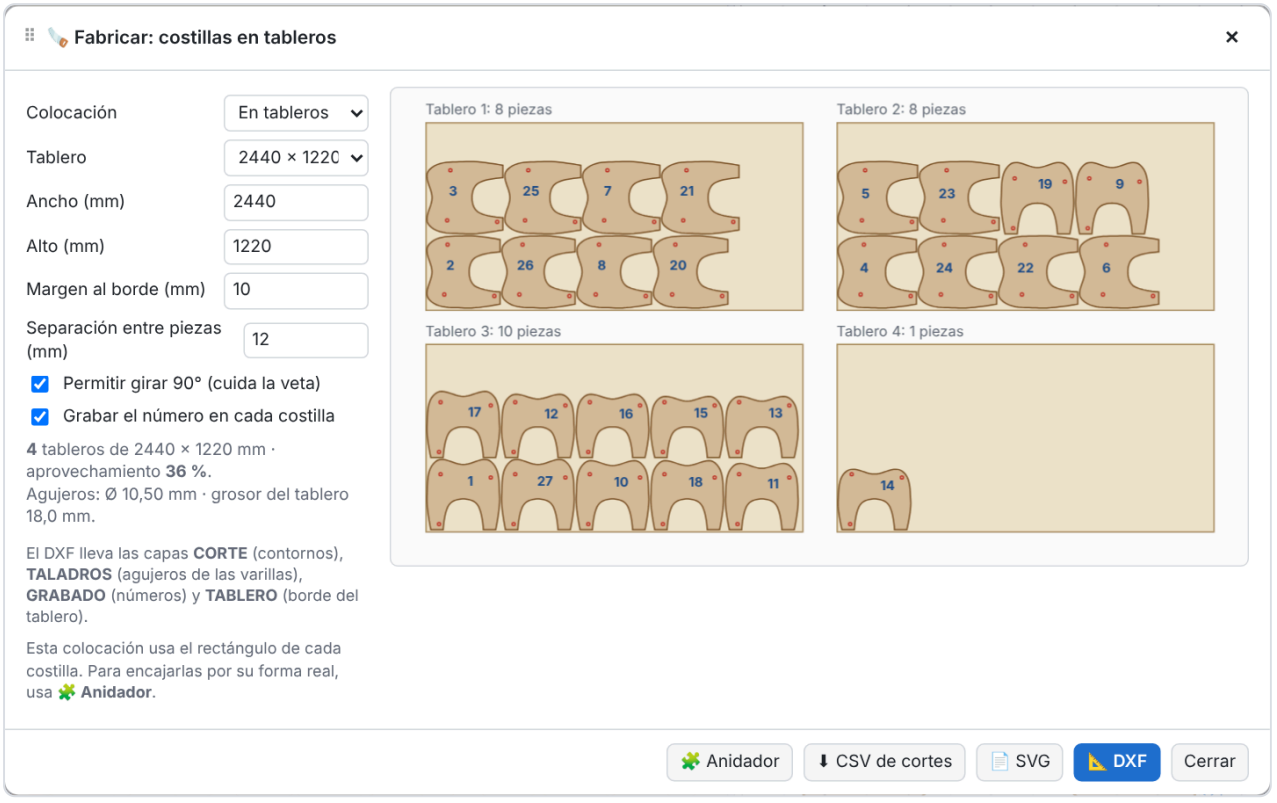
- **Incluir varillas, tubos y rastreles**: quítalo si solo quieres las piezas de tablero.

> Todas las piezas salen como **sólidos cerrados** (sin agujeros ni caras sueltas), también las lamas partidas en trozos, los módulos y las lamas con texto hundido o en relieve: Meshmixer, SolidCraft o el programa de la impresora no tienen que repararlas.

> Para imprimir en 3D a escala, comprueba que las lamas o costillas no queden demasiado finas: a 1:10 un tablero de 12 mm se queda en 1,2 mm.

---

19. Paso 5 · Fabricar: tableros, DXF y SVG



Fabricar coloca todas las costillas en tableros y muestra cuántos hacen falta y el aprovechamiento. Puedes elegir:

- **Tablero**: medidas habituales (2440 × 1220, 2500 × 1250, 1525 × 1525 de abedul báltico…) u otras.
- **Margen al borde** y **separación entre piezas**: deja al menos el diámetro de la fresa más unos milímetros.
- **Permitir girar 90°**: aprovecha mejor el tablero, pero la veta de la cara queda girada en esas piezas.
- **Veta del tablero**: con **«A lo largo»**, cada pieza lleva unas **rayitas** con su dirección de veta y no se gira sola. **Clic en una pieza** de la vista para cambiarla: **↔ a lo ancho** de la pieza (como está

dibujada) → ↕ **a lo alto** (se coloca girada 90°) → **libre** (puede girar). La elección se guarda en el proyecto y la respetan la colocación, el DXF, el SVG, el plano, el CSV de cortes y el Anidador.

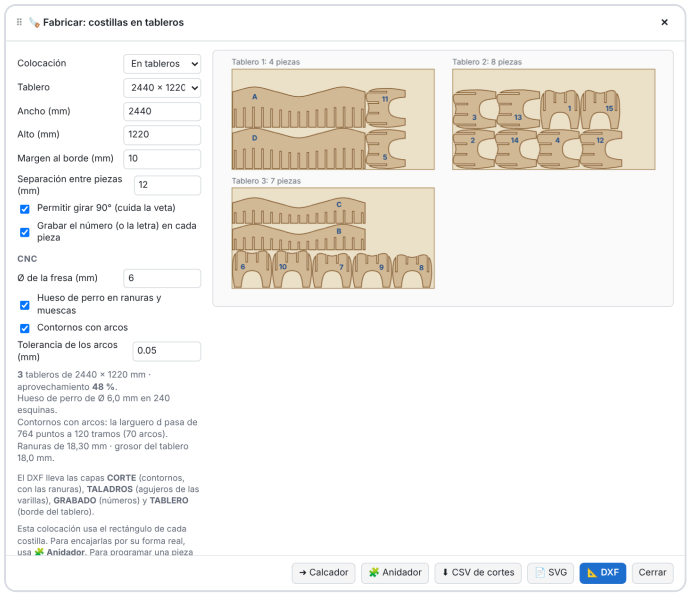
- Si algún mueble de un hueco lleva **otro grosor**, sus piezas van en **tableros aparte**, con el grosor en el rótulo de cada tablero (también en el DXF, el SVG y el plano) y su línea propia en la lista de compra.
- **Grabar el número** de cada costilla, para montarlas en orden.
- **En fila (sin tablero)**: todas las costillas seguidas, para colocarlas tú en otro programa.

El **DXF** (versión R12, la que abre cualquier programa) está en milímetros y lleva cuatro capas:

Capa	Contenido	Mecanizado
CORTE	Contorno de cada costilla (polilínea cerrada)	Contorneado exterior, profundidad = grosor
TALADROS	Agujeros pasantes: varillas, tornillos, pernos (círculos)	Taladrado o vaciado interior
CIEGO_...MM	Taladros ciegos, una capa por profundidad (CIEGO_11MM, CIEGO_13_5MM...): tacos, excéntricas, pernos	Taladrado o cajera a esa profundidad
OTRA_CARA_CIEGO_...MM	Taladros ciegos que van por la otra cara de la pieza (piezas con taladros por las dos caras)	Se hacen dándole la vuelta a la pieza
CANTO	Eje de los taladros de canto de los herrajes (una raya desde el canto, del largo del taladro)	No se mecaniza: se taladra a mano con una guía
GRABADO	Número de cada costilla (texto)	Grabado de 0,5 a 1 mm, o rotulador
TABLERO	Borde del tablero	Solo de referencia

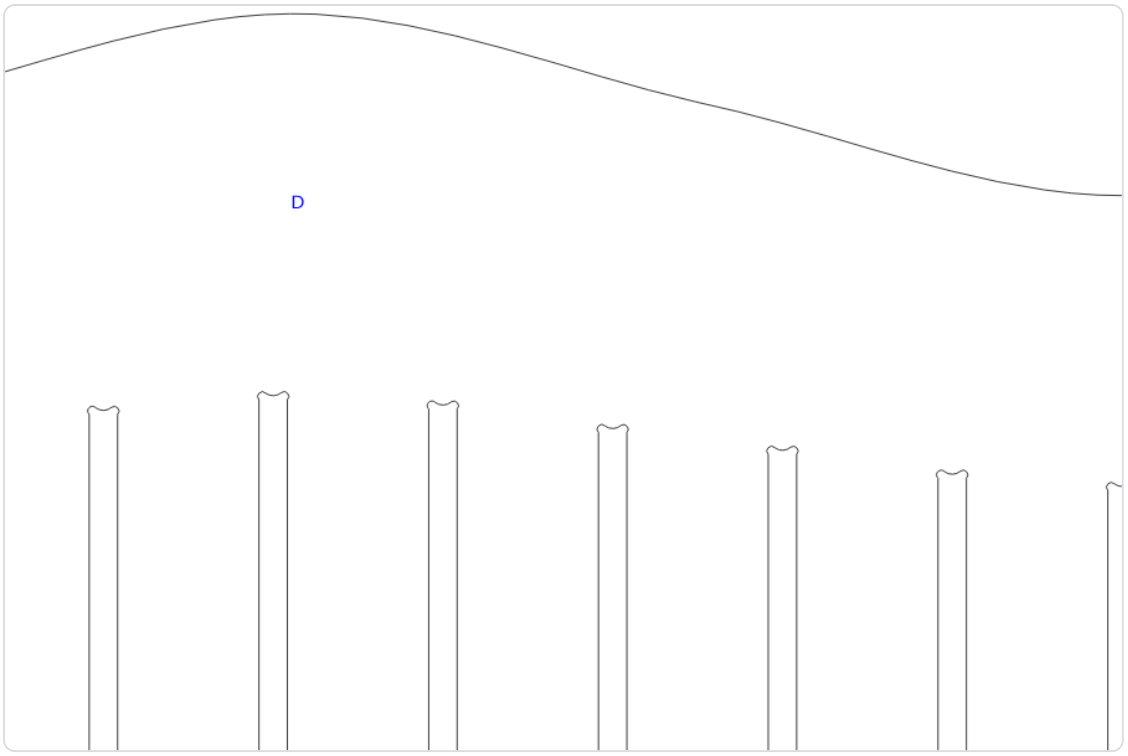
El **SVG** tiene lo mismo, en milímetros, para la cortadora láser o para imprimir plantillas a escala 1:1.

Opciones de CNC



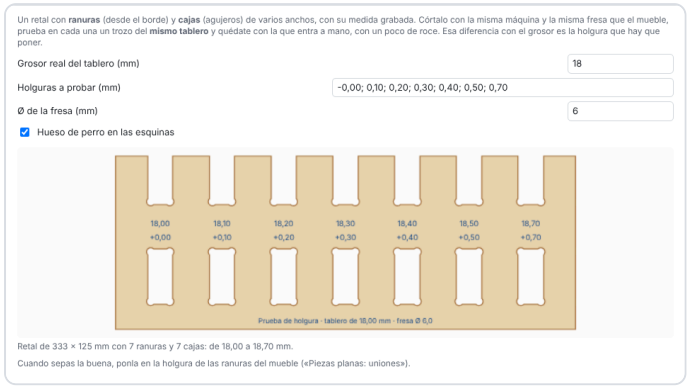
- **Ø de la fresa**: la de corte. En la maqueta tiene su propio valor (0 en láser).
- **Hueso de perro en ranuras y muescas**: en cada esquina interior de las ranuras de la retícula, las muescas de los discos y las de los rastreles, un arco del radio de la fresa que pasa por la esquina. Así la fresa llega al rincón y la otra pieza entra hasta el fondo. Solo se hace en ranuras y muescas, no en el dibujo del mueble. Si la ranura es estrecha para la fresa (menos de 1,4 veces su diámetro), los dos círculos del fondo se juntan en uno solo, redondeado, que es lo que corta la fresa de verdad.
- **Contornos con arcos**: el contorno sale en **rectas y arcos** (en el DXF, polilínea con *bulge*; en el SVG, arcos) en lugar de cientos de tramos rectos. El programa de CNC queda mucho más corto, con G02/G03, y la fresa avanza más suave.
- **Tolerancia de los arcos**: lo que se puede separar el arco de la curva dibujada (0,05 mm por defecto).

Debajo, la ventana dice cuántos huesos de perro se han hecho, si alguno no cabe (ranura más estrecha que la fresa) y cuántos tramos y arcos tiene el contorno.



Fondo de las ranuras de un larguero, con el hueso de perro en cada esquina.

Pieza de prueba de holgura

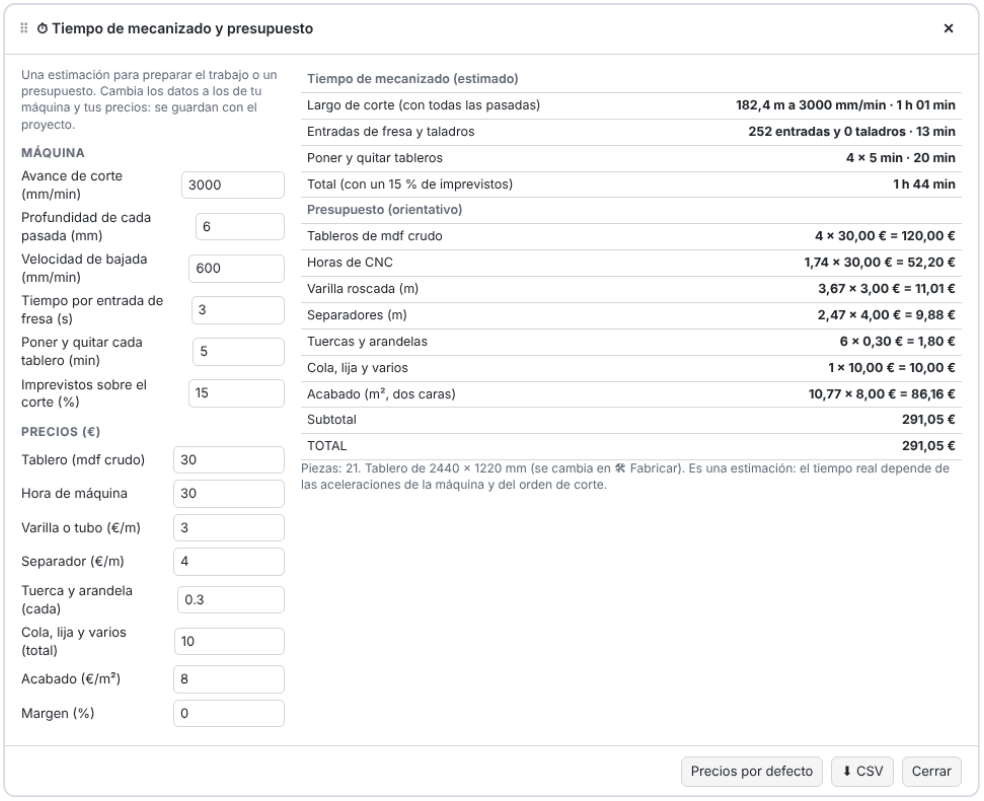


🧪 **Pieza de prueba** (en Fabricar) prepara un retal con **ranuras** desde el borde y **cajas** de varios anchos, con la medida grabada debajo de cada una. Se escribe el **grosor real** del tablero (mídelo con el calibre: casi nunca es el nominal; un contrachapado «de 18» puede medir 17,6), las holguras a probar y la fresa, y se guarda en DXF o SVG.

Córtalo con la misma máquina y la misma fresa que el mueble y prueba un trozo del mismo tablero en cada ranura y cada caja. La buena es la que entra a mano con un poco de roce: esa diferencia con el grosor es la holgura que hay que poner en el mueble (en la retícula, los radiales, los rastreles o las piezas planas).

⬇ **CSV de cortes** guarda una línea por costilla (nombre, largo y ancho de su rectángulo, cantidad y veta) con el mismo formato de despiece que lee el **Anidador** y que abre cualquier hoja de cálculo. 🧩 **Anidador** abre el Anidador con las costillas por su forma real (sección 23).

Tiempo de mecanizado y presupuesto



⏱ **Tiempo y presupuesto** (en Fabricar) estima cuánto tarda la CNC y cuánto cuesta el mueble:

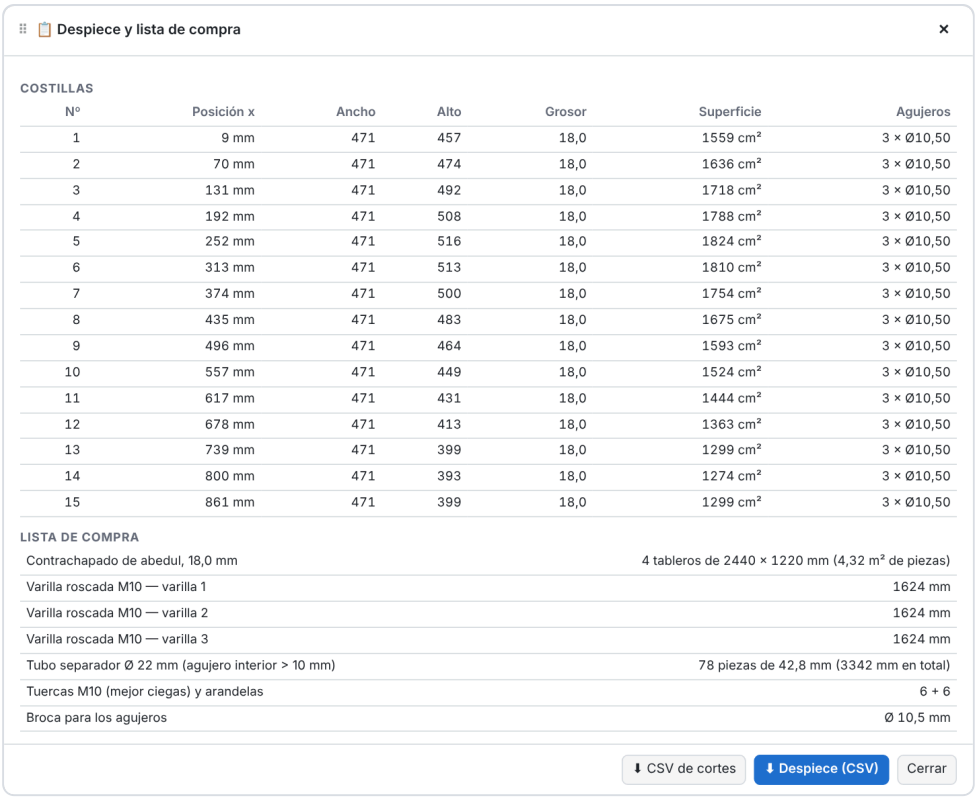
- **Tiempo de corte**: suma el largo de todos los contornos, los interiores (cajas, huecos) y los agujeros mayores que la fresa, y lo multiplica por el número de **pasadas** (grosor ÷ profundidad de pasada, redondeando hacia arriba). Se divide por el **avance**.
- **Entradas y taladros**: cada contorno y cada pasada tienen una entrada de la fresa (subir, moverse en vacío y bajar); los agujeros del tamaño de la fresa o menores se cuentan como taladros.
- **Tableros**: un tiempo fijo por cada tablero (sujetarlo, poner el cero, sacar las piezas y limpiar). El número de tableros es el de la colocación de Fabricar.
- Un porcentaje de **imprevistos** cubre las aceleraciones y las curvas, que el cálculo no ve.

El **presupuesto** suma los tableros (precio según el material), las horas de máquina, los herrajes del tipo de mueble (varilla, separadores y tuercas; tubo; rastrel; tacos o tornillos), la cola y los varios, el acabado por m² (las dos caras) y un margen. Todos los datos se pueden cambiar y **se guardan con el proyecto**; **Precios por defecto** los recupera y **⬇ CSV** guarda el presupuesto con el largo de corte de cada pieza. El plano en PDF lleva estos datos en su última hoja.

> Es una estimación para preparar el trabajo: compara una vez el tiempo calculado con el real de tu máquina y ajusta el avance o los imprevistos para que se parezcan.

> Taladra y vacía **los agujeros antes que el contorno**: si cortas primero la pieza, se puede mover al hacer los agujeros. Deja puentes (pestañas) si la pieza es pequeña.

20. Despiece y lista de compra



📋 **Despiece** muestra todas las costillas (posición, ancho, alto, superficie y agujeros) y la **lista de compra**: tableros, varillas con su largo, separadores con su número y largo, tuercas y arandelas y la broca de los agujeros. **⬇ Despiece (CSV)** la guarda para abrirla en una hoja de cálculo y **⬇ CSV de cortes** guarda la lista de cortes para el Anidador. Si está activa la maqueta, todo sale con las medidas de la maqueta.

21. Maqueta a escala



Antes de gastar tableros, corta una **maqueta**: por ejemplo, a escala 1:5 en DM de 3 mm con la cortadora láser y palillos de bambú como varillas.

- Marca **Fabricar como maqueta** en el panel izquierdo y elige la **escala** (1:2 a 1:20).
- Pon el **grosor** del tablero de la maqueta, el **Ø de la varilla** y la **holgura** del agujero (0,2 mm en láser).
- El recuadro resume la maqueta: medidas, separación y hueco, costilla mayor y tableros.

Con la maqueta activa, **Fabricar** (con la etiqueta **1:5** en el botón), el DXF, el SVG, el despiece, el CSV de cortes, el plano y el Anidador salen **a escala**, con tableros de láser (600 × 400, 900 × 600, A3…). El **Anidador** se abre ya en modo **cortadora láser** (con el Ø de fresa de la maqueta a 0) y saca el G-code del láser o un SVG para su programa (apartado 23). Los archivos llevan `_maqueta_1-5` en el nombre. El 3D y el panel **Resumen** siguen a tamaño real.

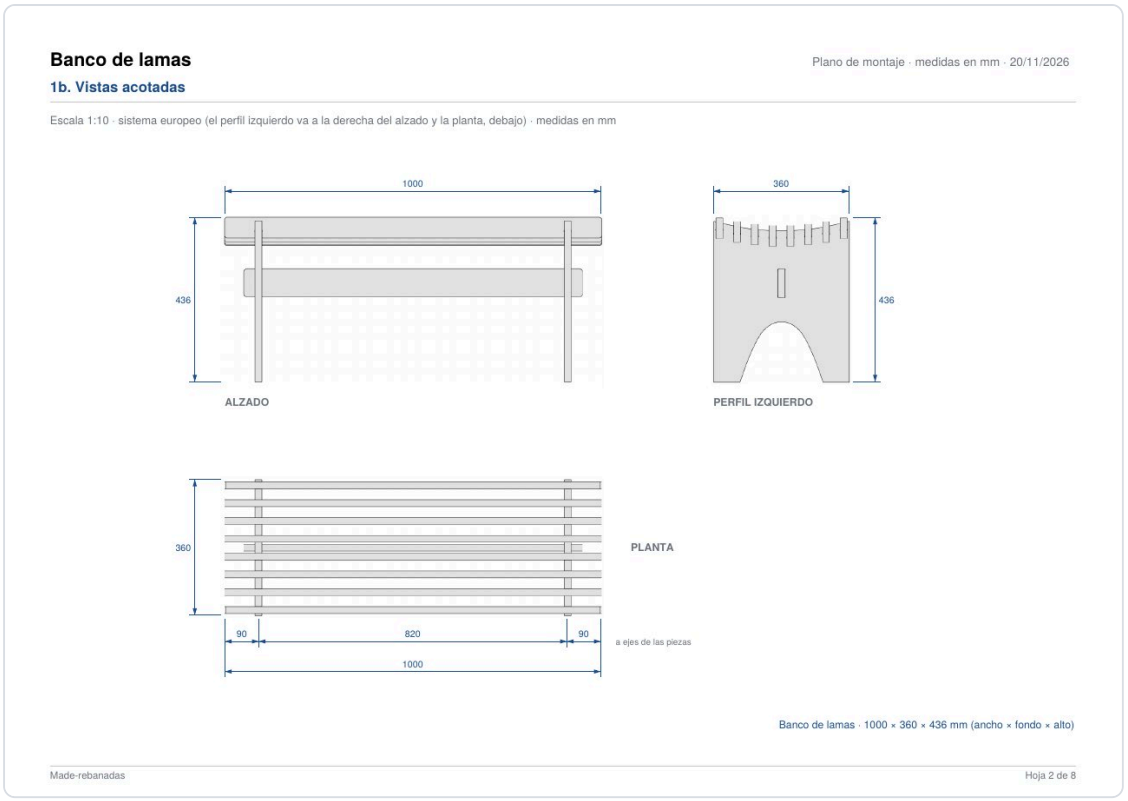
> Comprobaciones de la maqueta: avisa si las costillas se pisan (grosor de la maqueta mayor que la separación a escala), si queda menos de 1,5 mm de material alrededor de un agujero, y si el grosor no es proporcional al del tablero real (la maqueta se verá más llena o más calada que el mueble).

22. Plano de montaje en PDF

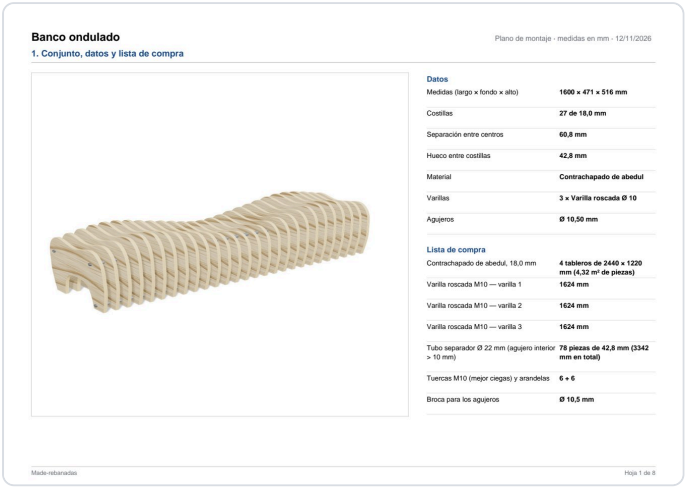
📄 **Plano** descarga un PDF apaisado (A4) para llevar al taller. Lleva:

1. **Conjunto**: el mueble en 3D, sus datos y la lista de compra.
2. **Vistas acotadas**: alzado, planta y perfil izquierdo en sistema europeo (el perfil a la derecha del alzado y la planta debajo), dibujados en línea a una escala normalizada (1:5, 1:10, 1:20…), con las cotas generales de ancho, fondo y alto. En los muebles de piezas planas añade cotas parciales: las alturas de los tableros horizontales en el perfil y la posición de los laterales en la planta (a ejes, si la pieza es fina).
3. **Orden de montaje**: vista lateral con todas las costillas numeradas y las varillas, el perfil con la posición de cada varilla (medida desde atrás y desde el suelo), su largo y las costillas que atraviesa.
4. **Costillas**: todas, a la misma escala, con su número, medidas, posición y agujeros (8 por hoja).
5. **Corte**: los tableros con las costillas colocadas, como en Fabricar.

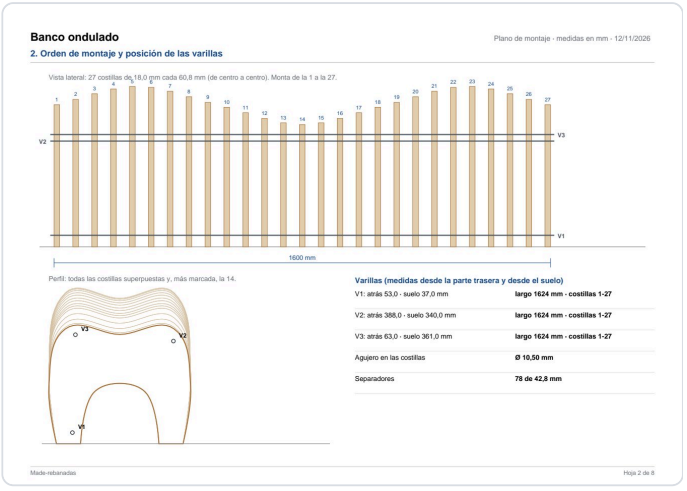
6. **Montaje paso a paso** y herramientas.
7. **Tiempo de mecanizado y presupuesto** (apartado 19).



Hoja de vistas acotadas: alzado, perfil izquierdo y planta, con cotas generales y parciales.



Hoja 1: conjunto, datos y compra.



Hoja 2: orden de montaje y varillas.

Si está activa la maqueta, el plano sale con las medidas y los pasos de la maqueta.

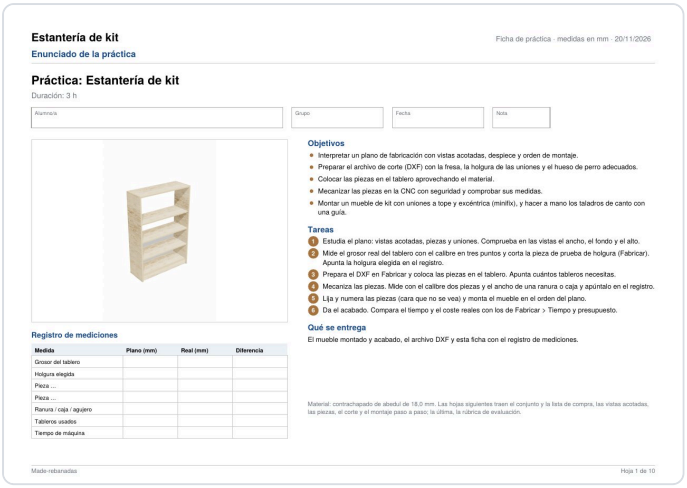
Ficha de práctica para alumnos

🎓 **Ficha** (en la barra de arriba, junto a Plano) prepara un PDF para repartir en clase a partir del mueble que tengas abierto:

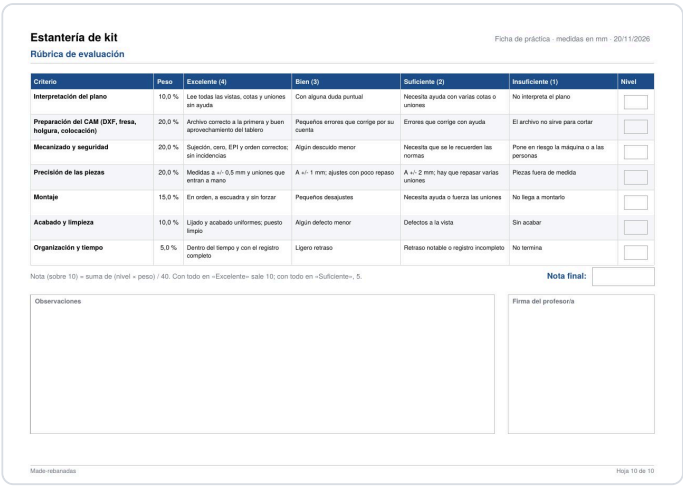
1. **Enunciado**: título, módulo o curso y duración; casillas para el nombre, el grupo, la fecha y la nota; la imagen del mueble; los **objetivos**, las **tareas** numeradas y **qué se entrega**; y un **registro de**

mediciones para rellenar (grosor real, holgura elegida, medidas de piezas y ranuras, tableros usados, tiempo de máquina).

2. El **plano completo**: conjunto y lista de compra, **vistas acotadas**, piezas y uniones, piezas a la misma escala, corte en los tableros (se puede quitar, para que lo hagan los alumnos) y montaje paso a paso.
3. La **rúbrica de evaluación**: cada criterio con su peso y lo que corresponde a **Excelente (4)**, **Bien (3)**, **Suficiente (2)** e **Insuficiente (1)**, una casilla para el nivel, la fórmula de la nota (suma de nivel × peso, entre 40: sale sobre 10) y espacio para observaciones y firma.



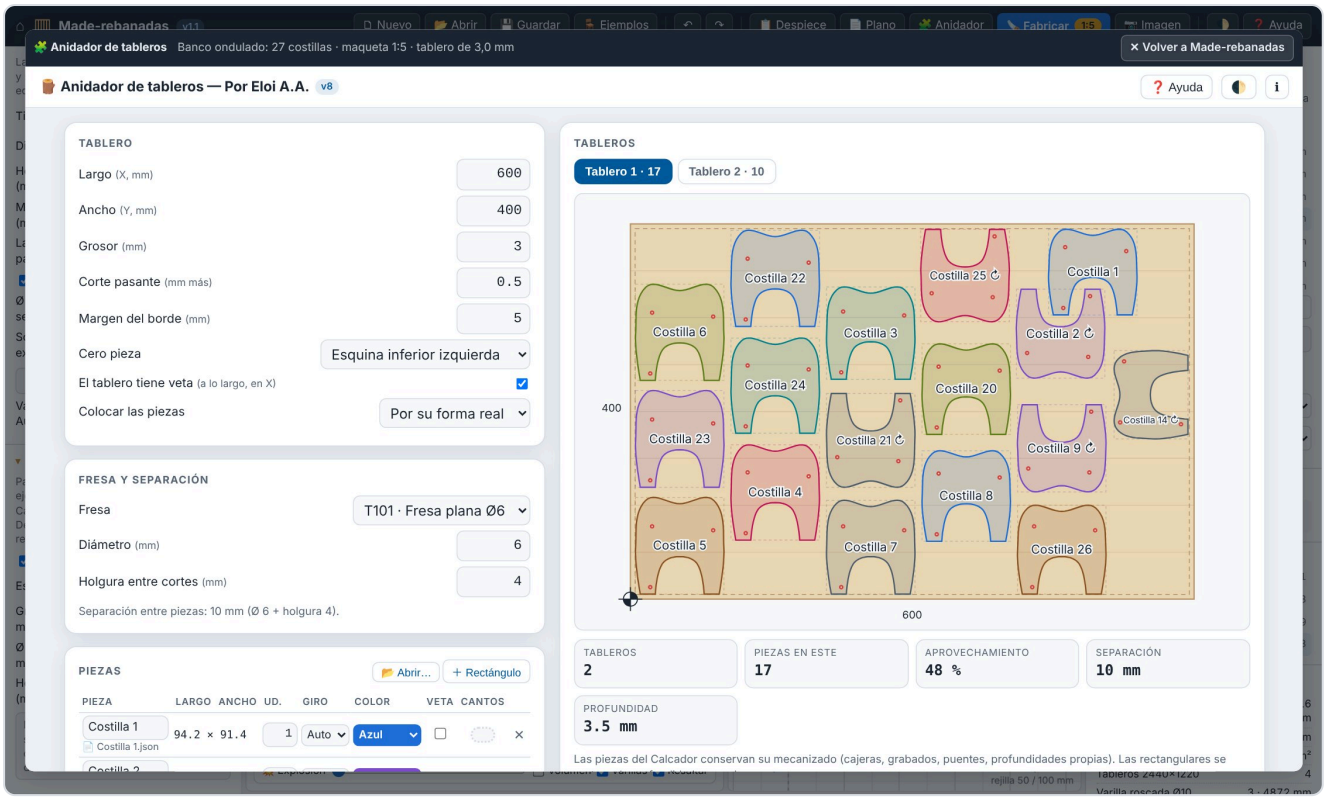
Hoja 1: enunciado y registro de mediciones.



Última hoja: rúbrica de evaluación.

Los textos salen solos según el mueble (por ejemplo, el objetivo de montaje cambia si lleva herrajes o varillas, y la duración se estima con el tiempo de máquina). Todo se puede cambiar en la ventana y **se guarda con el proyecto**; si vacías un campo, vuelve el texto de por defecto. La rúbrica se escribe una línea por criterio: `criterio | peso | excelente | bien | suficiente | insuficiente`. Si solo pones el criterio y el peso, los niveles salen con un texto genérico. Los pesos no tienen que sumar 100: se reparten en porcentaje.

23. Anidador de tableros

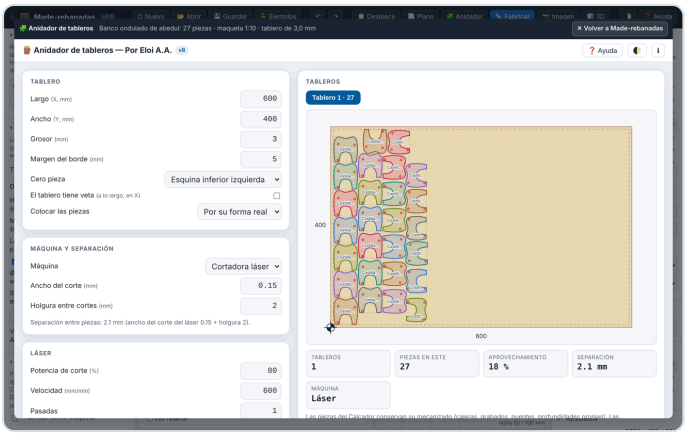


El Anidador dentro de Made-rebanadas, con las costillas de una maqueta 1:5 colocadas por su forma real.

🧩 **Anidador** (en la barra o en la ventana Fabricar) abre el **Anidador de tableros** de la Suite CNC dentro del programa. Le llegan solas todas las costillas, cada una con su contorno exterior y los agujeros de las varillas, y las medidas, el grosor, el margen y la **veta** del tablero de Fabricar: las piezas con veta llegan marcadas (columna **Veta**) y el Anidador no las gira (las de «a lo alto» llegan ya giradas 90°). Si un mueble de un hueco lleva otro grosor, anida sus piezas aparte (quítales la cantidad a unas u otras, o haz dos pasadas). Coloca las piezas **por su forma real**: encaja unas en los huecos de otras y aprovecha mucho mejor el tablero que la colocación de Fabricar.

- En **Máquina** eliges **Fresadora CNC** o **Cortadora láser**. Con fresadora, eliges la **fresa** y la **holgura**: la separación entre piezas es su suma.
- Puedes mover, girar o fijar (📌) piezas a mano, y cambiar el tablero.
- Desde el Anidador guardas cada tablero en **DXF**, **SVG**, **PNG** o como proyecto del Calcador (**.json**), y el despiece con el coste en **CSV**.
- **✕ Volver a Made-rebanadas** cierra el Anidador. Al volver a abrirlo recibe de nuevo las costillas, con los cambios que hayas hecho en el mueble.

Corte con láser (maquetas)



- Con **Máquina → Cortadora láser**, entre pieza y pieza solo va el **ancho del corte** (0,1 a 0,2 mm) más la holgura (2 mm), así que en el tablero caben muchas más piezas. Desde Made-rebanadas, una maqueta (Ø de fresa 0) llega ya en modo láser.
- En la caja **Láser**: **potencia** y **velocidad** de corte, **pasadas**, potencia de **grabado**, el **S máximo** de tu máquina y si se **compensa el ancho del corte** (el láser pasa medio corte por fuera de la pieza y por dentro de sus agujeros: las medidas y las ranuras quedan exactas).
- ⬇ **G-code láser**: el programa para una máquina GRBL en modo láser ($32=1, con M4). Primero se graba, luego se cortan los agujeros y los interiores, y al final el contorno de cada pieza, para que no se mueva antes de tiempo.
- ⬇ **SVG para láser**: para LightBurn, RDWorks, LaserGRBL o Inkscape, a escala real, con líneas finas: **rojo** = cortar el contorno, **azul** = cortar los interiores, negro = grabar los nombres. En el programa del láser, pon a cada color su potencia y velocidad, y corta el azul antes que el rojo.

> Antes de cortar la maqueta entera, prueba en un retal la potencia y la velocidad, y una ranura: si queda floja o dura, ajusta la **holgura** de la ranura en Fabricar (con láser, la ranura sale del ancho exacto si el corte va compensado).

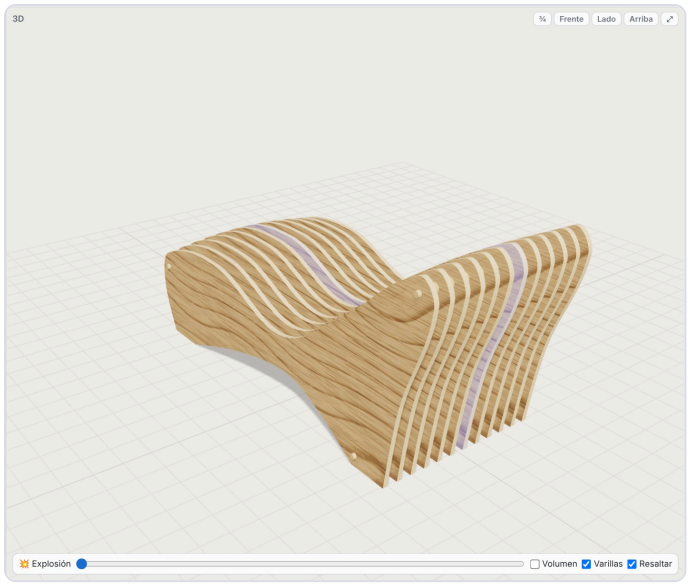
> El Anidador es un programa aparte de la Suite CNC: está en `assets/anidador/anidador.html` y también se puede abrir solo. Tiene su propia ayuda (❓).

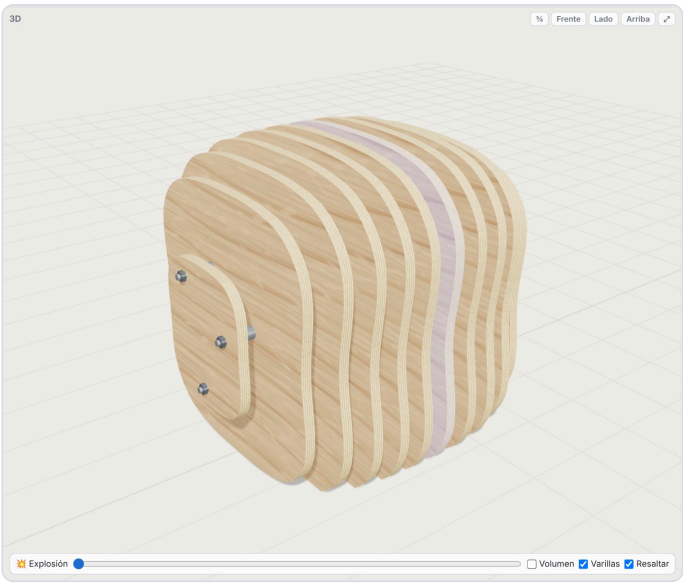
---

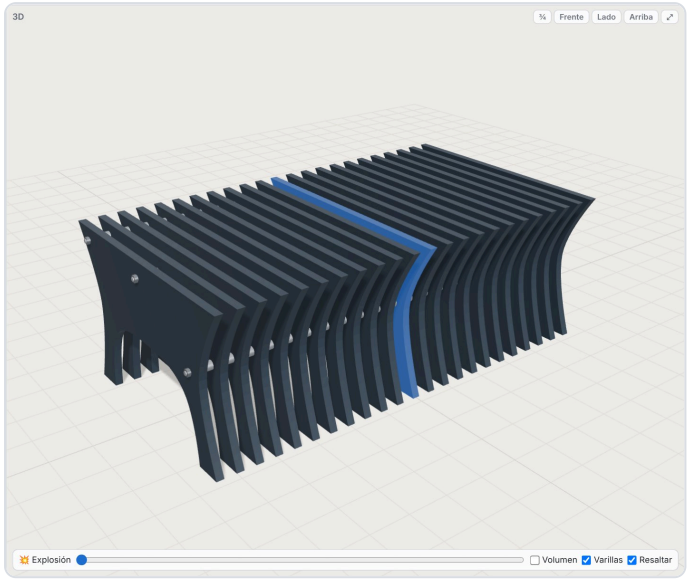
24. Guardar, abrir y ejemplos

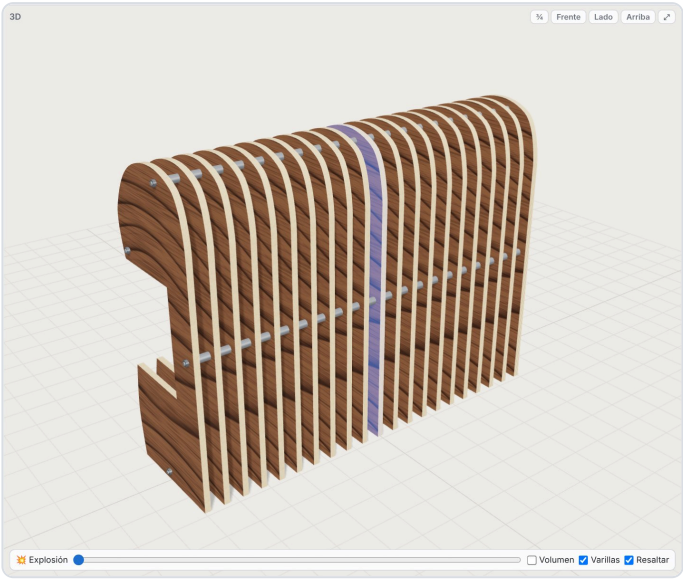
- 💾 **Guardar** (`Ctrl`+`S`) descarga el proyecto en un archivo `.json` con todo: perfiles, costillas, varillas y material. 📂 **Abrir** lo carga de nuevo.
- ↶ ↷ (`Ctrl`+`Z` / `Ctrl`+`Y`) deshacen y rehacen.

- 🪑 **Ejemplos** (en cuadrícula, con una foto de cada uno): banco ondulado de abedul, banco largo de pino, tumbona de jardín, pouf redondo, mesa baja lacada y estantería duna; en retícula, banco, mesa baja y pouf; banco en S y banco curvo en arco; lámpara de lóbulos y columna torsionada; paneles de pared (ondulado, con relieve, estantería, rótulo de texto, arte mural, retrato, labios, anomalía, espiral y hoja).









25. Atajos de teclado

Tecla	Acción
`Ctrl` + `Z` / `Ctrl` + `Y`	Deshacer / rehacer
`Ctrl` + `S`	Guardar el proyecto
`E`	Punto seleccionado: esquina / curva
`Supr`	Borrar el punto o la varilla seleccionados
`←` `→`	Costilla anterior / siguiente
`RePág` `AvPág`	Perfil clave anterior / siguiente
`F`	Encuadrar todas las vistas
`Mayús` al arrastrar	Mover sin ajustar a la rejilla
`Esc`	Cancelar la colocación de una varilla y quitar la selección

26. Consejos de taller

- Corta antes una **maqueta** (sección 21): es barata, se hace en minutos con la láser y descubre los fallos de forma y de montaje.
- Comprueba el **grosor real** del tablero con el calibre: un contrachapado «de 18» puede medir 17,5. Pon ese valor (Grosor → Otro...).
- Para un asiento, una separación de **2,5 a 3,5 veces el grosor** queda bien y no pellizca. Para apoyar objetos, mejor más juntas.
- Con **3 varillas** repartidas en triángulo el mueble no se retuerce. En bancos largos (más de 2 m), pon 4.
- Los separadores pueden ser tubo de acero, tubo de PVC o casquillos de madera hechos en el torno, todos del mismo largo (el hueco).
- Aprieta las tuercas poco a poco y por igual, alternando las varillas, como las ruedas de un coche.
- Lija los cantos de las costillas antes de montar: después no se llega bien a los huecos.

27. Limitaciones de esta versión

- La retícula solo se hace en planta recta. En la retícula, las costillas son perpendiculares al largo y los largueros paralelos a él (no hay ángulos libres).
- En la planta curva, las varillas se dibujan curvadas: hay que curvarlas en el taller al radio que indica el plano.
- Los arcos del DXF aproximan las curvas dibujadas (que no son arcos de verdad) con la tolerancia que pongas; los arcos de la pieza no coinciden con los puntos de control del perfil.

- La colocación de **Fabricar** usa el rectángulo que envuelve cada costilla; para encajarlas por su forma, usa el **Anidador**.
- Las varillas son rectas y paralelas al largo del mueble.
- En las figuras de pie, cada costilla es una sola pieza: los huecos de dentro se rellenan y los trozos sueltos se unen con puentes o se quitan.
- Las letras del texto en relieve son las que tiene instaladas el ordenador o las que cargues (.ttf, .otf, .woff); en otro ordenador sin esa letra, el proyecto usa la letra guardada dentro.
- Con paneles de cientos de lamas, figuras muy detalladas o muchos huecos, el plano en PDF y el Anidador pueden tardar unos segundos. Mientras diseñas, trabaja con pocas lamas o en maqueta y sube el número al final.

Made-rebanadas · Por Eloi A.A. · Programa con licencia EUPL-1.2 · Este manual: CC BY-SA 4.0 · Usa Three.js (MIT) y Clipper (Boost) · Maderas escaneadas de Poly Haven (CC0).