

El manual de Tensela

Teje el diseño. Diseño paramétrico que un arquitecto entiende.

Hecho a partir del manual de tensela.com el 2026-11-25. Este manual tiene la licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0.

Contenido

1. **Primeros pasos**
    1. Bienvenida
    2. Qué es Tensela
    3. Qué necesitas
    4. Instalar
    5. Tu primer proyecto
    6. Si vienes de otro programa
    7. Gratis, sin internet y tuyo
    8. Quién hace Tensela
2. **Ideas clave**
    1. Nodos y cables
    2. Listas con nombre
    3. Dos clases de nodos
    4. Dibuja la forma y después córtala
    5. Condiciones y atractores
    6. Grupos
3. **La ventana**
    1. Introducción
    2. El lienzo
    3. La vista 3D
    4. Los paneles
    5. Exportar
    6. Buscar el mejor
    7. Preferencias
4. **Recetas**
    1. Recetas
    2. Una fachada que respira
    3. Un muro de costillas
    4. Una maqueta waffle lista para cortar
    5. Una cubierta de paraboloides hiperbólicos
    6. Una piel Voronoi
    7. Una torre que gira
    8. Un estudio de sol
    9. Una bóveda que encuentra su forma
5. **Extensiones**
    1. Extensiones
    2. Escribir una extensión
    3. Publicar una extensión

6. **Los nodos**
    1. Todos los nodos
    2. Valores
    3. Formas
    4. Curvas
    5. Superficies
    6. Dividir
    7. Medir
    8. Transformar
    9. Mallas
    10. Fabricación
    11. Ambiente
    12. Simulación
    13. Grupos
7. **Teoría**
    1. Introducción
    2. Algoritmos visuales
    3. Unidades y direcciones
    4. Curvas y superficies NURBS
    5. Curvatura y superficies desarrollables
    6. Mallas
    7. Búsqueda de forma y el mejor valor
    8. Cómo piensa Tensela
    9. Las listas con nombre, por dentro
    10. Cómo se calcula un proyecto
    11. Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo
8. **Más**
    1. Tropiezos frecuentes

Primeros pasos

Bienvenido al manual

Este manual está escrito para arquitectos, no para programadores. Cada página intenta responder primero **para qué**, después **cómo**, y solo al final **cómo funciona por dentro**.

Qué es Tensela
Empieza aquí: qué hace y qué no es.

Tu primer proyecto
Una fachada con quiebrasoles en unos diez minutos.

Si vienes de otro programa
Grasshopper, Dynamo o Geometry Nodes: qué cambia.

Descargar este manual
Como página web para guardar, o como PDF.

Cómo está ordenado

Primeros pasos
Qué es Tensela, cómo instalarla y un primer proyecto.

Ideas clave
Seis ideas que explican cómo funciona todo lo demás.

La ventana
El lienzo, la vista 3D, los paneles, exportar y las preferencias.

Recetas
Cómo lograr un resultado: una fachada, una cubierta, una estructura, un archivo de corte.

Los nodos
Cada nodo, siempre en el mismo orden: para qué, cómo, qué hace y trucos.

Teoría
Cómo funciona por dentro, para quien quiera saber más.

Qué es Tensela

Tensela es un programa de **diseño paramétrico pensado para arquitectos**.

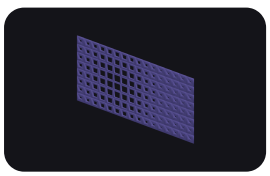
En vez de dibujar cada pieza, describes cómo se arma el diseño: *una fachada de 20 m de ancho, partida en vanos de 1 m, con un quiebrasol en cada vano que gira hacia el sol*. Cada paso es un **nodo**, una tarjeta pequeña, y los nodos se unen con **cables**. Cambias un número, el ancho de los vanos o el ángulo de los quiebrasoles, y todo el diseño se actualiza frente a ti.

Funciona como una **receta**: los valores son los ingredientes, los nodos son los pasos y la forma es el plato. Cambias un ingrediente y la misma receta te da otro plato. Eso es un algoritmo, y en Tensela lo ves en vez de escribirlo.

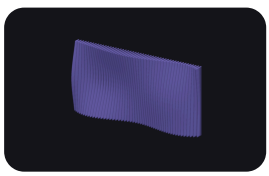
Qué puedes hacer

- **Fachadas y quiebrasoles:** paneles, quiebrasoles que abren y cierran según la distancia o el sol, pieles de rectángulos, hexágonos o celdas Voronoi.
- **Cubiertas y superficies:** superficies por curvas o por puntos, paraboloides hiperbólicos, costillas, mallas y diagrids sobre una superficie.
- **Estructuras:** cables y membranas colgantes que encuentran su forma, mallas espaciales, una primera revisión de barras.
- **Sol y sombra:** el sol de cualquier lugar y fecha, sombras, horas de sol en una fachada, luz natural.
- **Fabricación:** secciones y estructuras waffle, piezas acostadas en planchas con su número, un archivo listo para la cortadora láser, una revisión antes de imprimir en 3D.
- **Exportar:** OBJ, STL y 3MF para 3D; DXF, SVG y PDF para cortar y dibujar; PNG para imágenes.

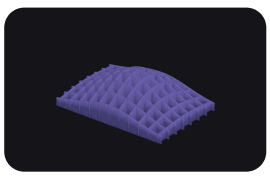
Ocho resultados hechos con Tensela, cada uno una receta del manual para hacerlo paso a paso:



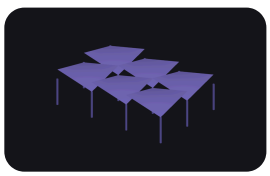
Una fachada que respira



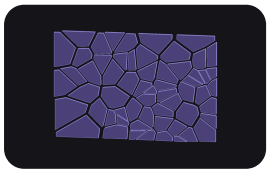
Un muro de costillas

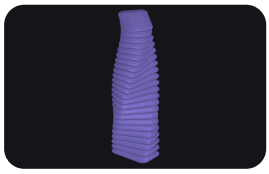


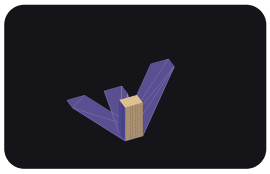
Una maqueta waffle lista para cortar

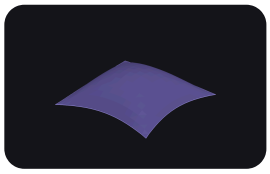


Una cubierta de paraboloides









Una piel Voronoi

Una torre que gira

Un estudio de sol

Una bóveda que encuentra su forma

Qué no es Tensela

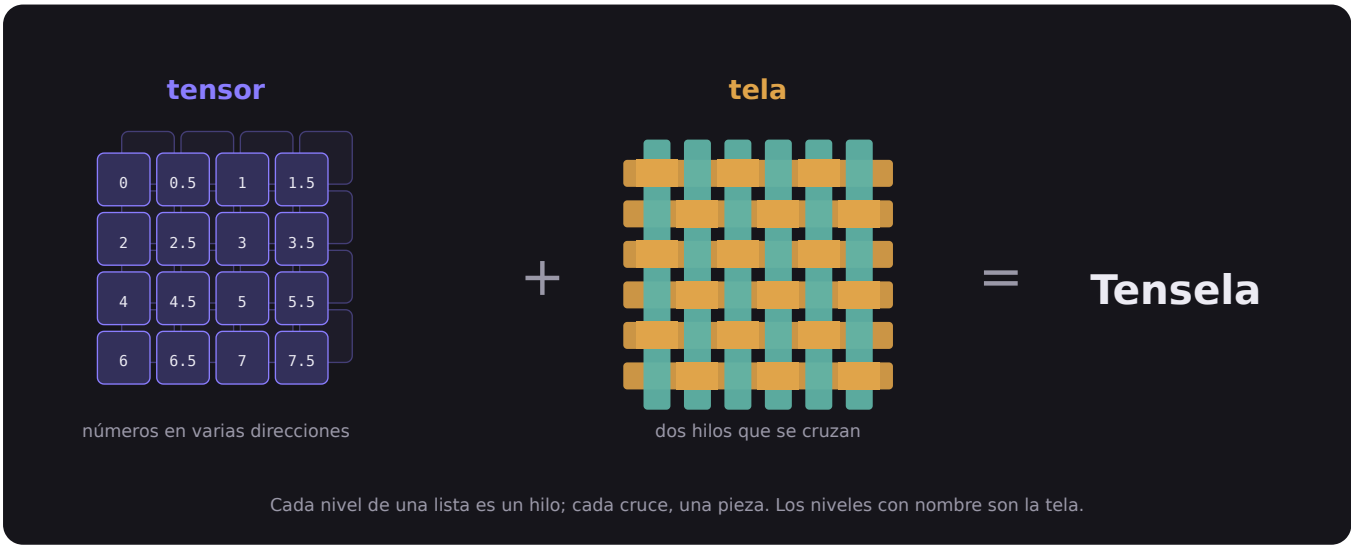
Para evitar malentendidos desde el principio:

Tensela no es...	Porque...
Un programa de dibujo	Puedes dibujar curvas y puntos en la vista, pero su fuerza está en las reglas, no en trazar cada línea a mano.
Un complemento (plugin)	Funciona sola. No necesitas tener otro programa instalado.
BIM	No tiene muros, puertas ni cómputos. Hace geometría que después llevas a tu programa BIM o CAD.
Un programa de render	Para imágenes fotográficas, exporta el modelo al programa de render que ya usas.

Para quién es

Arquitectos y estudiantes que quieren diseñar con reglas **sin aprender a programar antes**, con una curva de aprendizaje suave. Si ya usas una herramienta de programación visual, lee Si vienes de otro programa: casi todo lo que sabes te sigue sirviendo.

De dónde viene el nombre



Tensela junta dos palabras. Un **tensor** es, en matemática, un bloque de números con varias direcciones: así guarda Tensela tus listas. Una **tela** son hilos que se cruzan: cada lista es un hilo, y cada cruce es una pieza de tu diseño. Más en Cómo piensa Tensela.

Cinco palabras que verás en todas partes

Palabra	Qué significa
Nodo	Una tarjeta que hace una sola cosa: un rectángulo, una retícula, una distancia, un giro.
Cable	La línea que lleva lo que da un nodo hacia otro nodo.
Entrada	Un valor que necesita un nodo, como el ancho de un rectángulo. Lo escribes o lo traes por un cable.
Lista	Varios valores a la vez: 20 alturas, 300 paneles.
Nivel	El nombre de una lista: *piso*, *vano*, *panel*. Le dice a Tensela cómo combinar las listas. Más sobre esto.

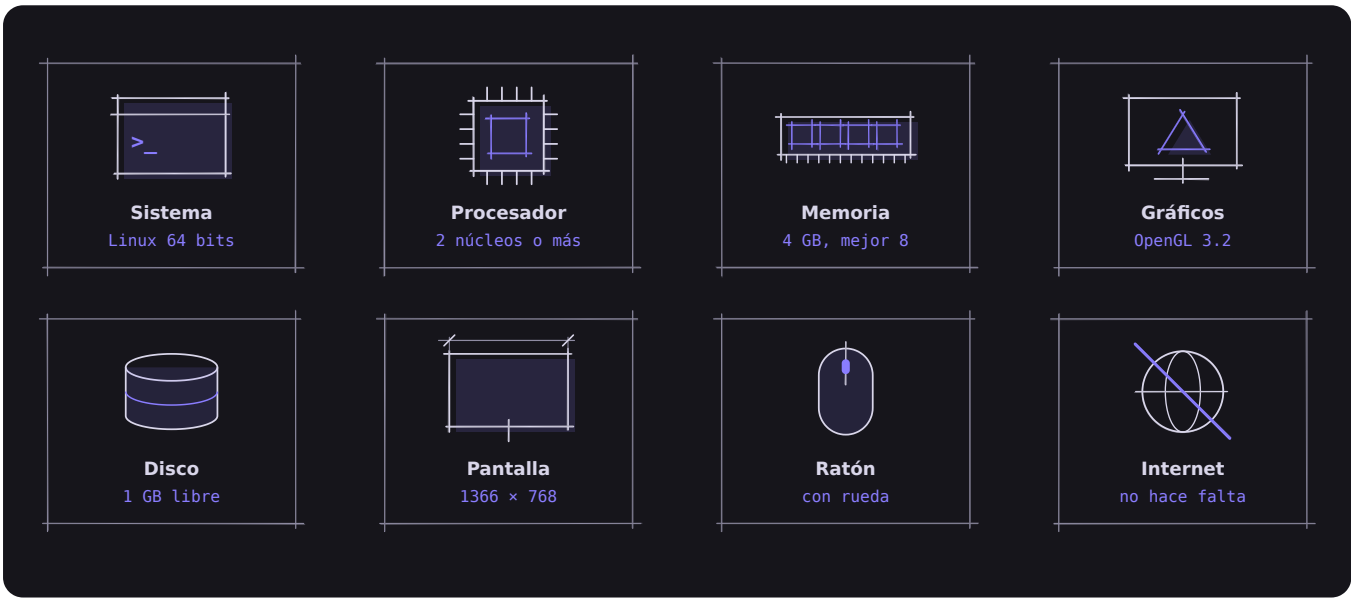
Dónde funciona y cuánto cuesta

- **Linux**, en una PC de 64 bits; alcanza una computadora modesta. Windows y macOS todavía no están disponibles. Qué necesitas.
- **Gratis:** no cuesta nada y es software libre. Lo que haces con ella es tuyo.
- **Sin internet:** funciona sin conexión, sin cuenta, y Tensela nunca envía tus archivos a ningún lado. Gratis, sin internet y tuyo.

Qué necesitas

> **Nota**
>
> La primera versión de Tensela está en camino. Las cifras de esta página se midieron con la versión en desarrollo; el tamaño exacto del archivo estará en la página de Descarga.

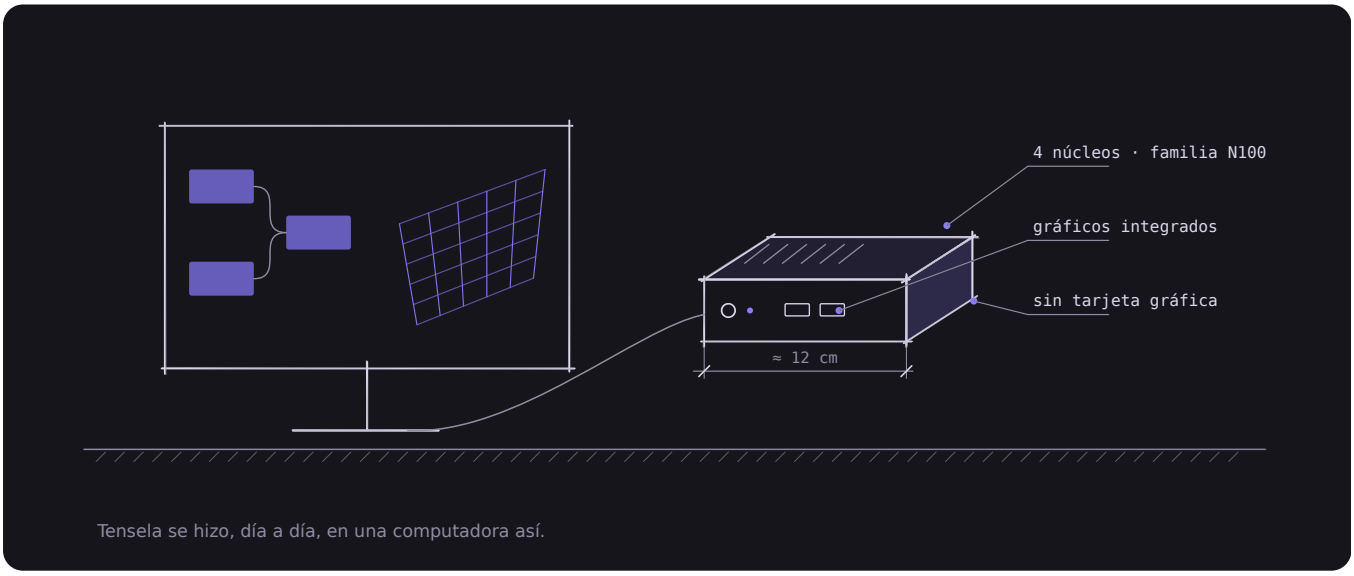
En resumen



	Alcanza	Mejor
Sistema	Linux, de 64 bits, en una PC (x86-64): Ubuntu 22.04, Debian 12, Fedora 35, Linux Mint 21 o más nuevo	la última versión de tu distribución
Procesador	2 núcleos	4 núcleos o más
Memoria (RAM)	4 GB	8 GB o más
Gráficos	OpenGL 3.2: alcanzan los gráficos integrados en el procesador	cualquier tarjeta gráfica
Disco	1 GB libre	
Pantalla	1366 × 768	1920 × 1080 o más
Ratón	con rueda	de tres botones (una rueda que se puede apretar)
Internet	no hace falta	

Medido en una computadora modesta

Tensela se desarrolló y se probó todos los días en una computadora modesta, a propósito: una computadora de escritorio pequeña, con un procesador Intel de 4 núcleos de la familia N100, los gráficos integrados en el procesador y **sin tarjeta gráfica**.



Tensela se hizo, día a día, en una computadora así.

> **Si funciona bien aquí, lo normal es que funcione bien en una computadora común que cumpla lo de arriba.**

Lo que usó en esa computadora:

	Memoria	Tiempo
La ventana abierta, vacía	unos 450 MB	abre en pocos segundos
La ventana con un proyecto, desde el primer proyecto hasta los ejemplos más grandes	de 450 a 520 MB	
Los cálculos más pesados de los ejemplos (la optimización topológica de un puente o de un árbol)	menos de 200 MB más	de 4 a 7 segundos

O sea, una computadora con 4 GB de memoria alcanza para Tensela y el sistema; con 8 GB puedes tener un navegador y otros programas abiertos al lado.

El sistema

- **Linux en una PC (x86-64).** Tensela necesita las bibliotecas del sistema de Ubuntu 22.04, Debian 12, Fedora 35, Linux Mint 21 o cualquier distribución más nueva (glibc 2.34). Las computadoras con procesador Arm (una Raspberry Pi, una Mac con procesador de Apple) todavía no.
- **Wayland y X11** funcionan los dos. En GNOME con Wayland, Tensela pasa por X11, para que sus paneles se puedan sacar de la ventana; las bibliotecas pequeñas que necesita para eso vienen dentro de Tensela.
- **En una máquina virtual**, activa su aceleración 3D.
- **Windows y macOS: todavía no.** Tensela nació para Linux; las versiones para Windows y macOS vendrán cuando haya recursos para hacerlas bien (quién hace Tensela).

Los gráficos

La vista 3D necesita **OpenGL 3.2 o más nuevo**, que tienen casi todos los gráficos de los últimos diez años, también los integrados en el procesador. Para revisar los tuyos, en una terminal: `glxinfo -B` y mira *OpenGL core profile version* (en Ubuntu y Debian `glxinfo` viene en el paquete `mesa-utils`). Alcanzan los controladores que trae tu distribución.

Internet

Tensela no necesita internet para funcionar: todo pasa en tu computadora. Más en Gratis, sin internet y tuyo.

Instalar

> **Nota**
>
> La primera versión de Tensela está en camino. Estos son los pasos que tendrá.

Tensela viene en un solo archivo, una **AppImage**: por lo general, nada que instalar y nada que configurar. También hay una carpeta portátil. Antes de empezar, mira Qué necesitas: alcanza una PC con Linux de 64 bits y 4 GB de memoria.

1. **Descarga** el archivo `Tensela-….AppImage` desde la página Descargar.
2. **Permite que se ejecute:** clic derecho sobre el archivo, abre **Propiedades** y activa **Permitir ejecutar el archivo como un programa**. Desde una terminal: `chmod +x Tensela-*.AppImage`.
3. **Ábrelo** con doble clic. La primera vez, Tensela ofrece agregarse al **menú de aplicaciones** de tu escritorio, con su icono, y que los `.tela` se abran con doble clic. Si dices que no, está en **Preferencias → General → Menú de aplicaciones**.

La carpeta portátil

Para quien no puede usar una AppImage, o la quiere en `/opt`: la misma Tensela como carpeta, en `Tensela-….tar.gz`.

1. **Descomprímela** donde quieras (clic derecho → Extraer aquí, o `tar -xzf Tensela-*.tar.gz`).
2. **Ábrela** con `./tensela`, dentro de la carpeta.
3. Para tenerla en el menú: **Preferencias → General → Menú de aplicaciones**.

Comprobar la descarga

La página Descargar dice la **huella** (SHA-256) de cada archivo, y ofrece el archivo `SHA256SUMS`. Con los dos en la misma carpeta, en una terminal:

```
sha256sum -c SHA256SUMS --ignore-missing
```

Si dice **OK**, el archivo es el que se publicó.

Las huellas dicen que el archivo llegó entero. Para saber **quién las publicó**, `SHA256SUMS` viene con una firma, `SHA256SUMS.minisig`, hecha con una clave que solo tiene Tensela. Compruébala con minisign (`sudo apt install minisign`), con los dos archivos en la misma carpeta. La página Descargar tiene el comando con la clave pública ya puesta, listo para copiar:

```
minisign -Vm SHA256SUMS -P <la clave pública de Tensela>
```

Si dice **Signature and comment signature verified**, las huellas son las que publicó Tensela. La misma clave pública está en el repositorio, en `tensela.pub`.

Tus archivos

- Tus proyectos terminan en `.tela`. Ábrelos desde **Archivo → Abrir**, o con doble clic cuando Tensela esté en tu menú.
- Lo que diseñas con Tensela es tuyo: la licencia del programa (GPL-3.0, software libre) cubre el programa, no tus proyectos. Explicado en palabras simples en Gratis, sin internet y tuyo.

Si no abre

Mira Tropiezos frecuentes → Al instalar y abrir.

Tu primer proyecto

Vas a hacer una **fachada de 20 × 12 m**, partida en paneles de 1 m, con **un quiebrasol vertical en cada panel**. Los quiebrasoles cerca de un punto giran y se abren; los que están lejos quedan cerrados. Siete nodos, sin fórmulas.

Antes de empezar: dos gestos

- **Añadir un nodo:** doble clic en un lugar vacío del lienzo, o la tecla **Tab**. Escribe su nombre y pulsa **Enter**.
- **Conectar dos nodos:** arrastra desde el circulito a la **derecha** de una tarjeta (lo que da el nodo) hasta una entrada de otra tarjeta.

Paso a paso

1. **La fachada.** Añade un **Rectángulo**. En su tarjeta escribe **ancho** `20`, **alto** `12` y elige **plano: alzado**. En la vista aparece un rectángulo de pie. Si no lo ves, enciende el ojo de la tarjeta.

2. **Los paneles.** Añade una **Retícula** y conecta el Rectángulo a su entrada **rectángulo**. Escribe **ancho celda** `1` y **alto celda** `1`. El cable ahora dice `fila 12 × columna 20 = 240`: 240 paneles.

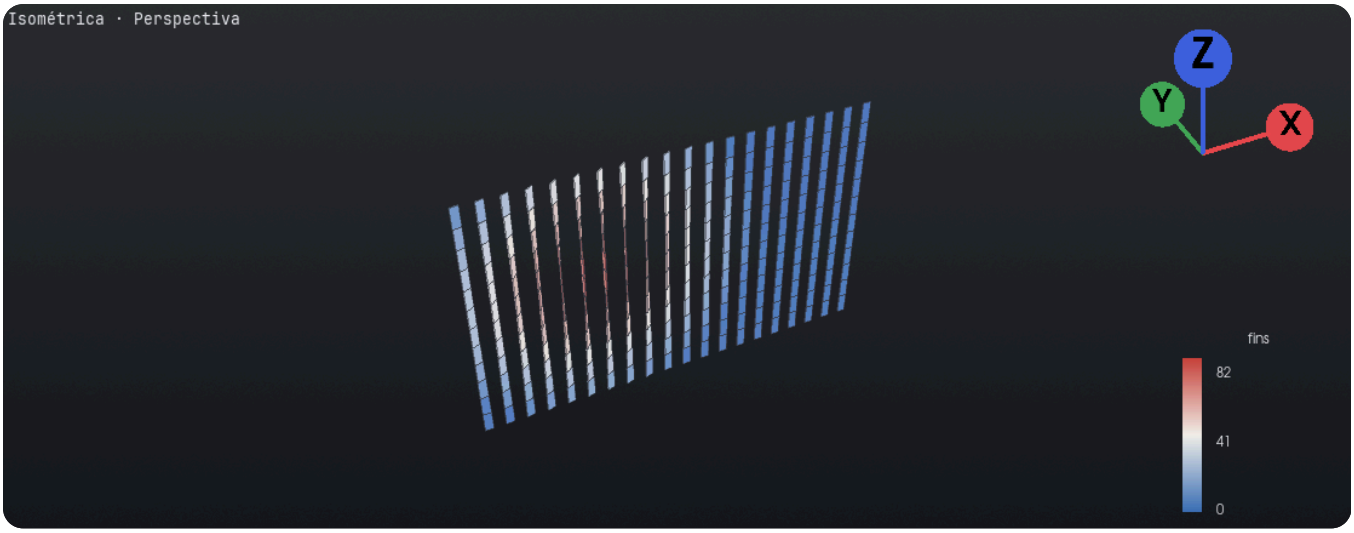
3. **El centro de cada panel.** Añade un **Centro** y conecta la Retícula a su entrada **geometría**. Salen 240 puntos, uno en medio de cada panel.

4. **El punto que atrae.** Añade un **Punto** con **x** `6`, **y** `0` y **z** `7`: un lugar de la fachada, a 6 m de la izquierda y 7 m de altura.

5. **Un ángulo para cada panel.** Añade un **Atractor**. Conecta el Centro a **dónde** y el Punto a **atractores**. Escribe **alcance** `8`, **cerca** `90` y **lejos** `0`. Ahora cada panel tiene un ángulo: 90° justo al lado del punto, 0° a 8 m o más.

6. **El quiebrasol.** Añade una **Caja** con **ancho** `0,4`, **fondo** `0,05` y **alto** `1`: una lama delgada y vertical.

7 **Un quiebrasol en cada panel.** Añade un **Colocar**. Conecta la Caja a **geometría**, el Centro a **en** y el Atractor a **giro**. Aparecen 240 quiebrasoles: abiertos alrededor del punto, cerrados lejos de él.



*Aquí los quiebrasoles están pintados según su ángulo (**Color → según un valor**), para ver cuáles se abren.*

Ahora juega

Aquí es donde el diseño paramétrico rinde. Cambia cualquier número y toda la fachada responde:

- Mueve el **Punto**: cambia su **x** o su **z** y mira cómo la abertura recorre la fachada.
- Cambia el **alcance** del Atractor: con poco alcance se abren pocos quiebrasoles; con mucho, casi todos.
- Intercambia **cerca** y **lejos**: los quiebrasoles se cierran alrededor del punto y se abren en el resto.
- Cambia el **ancho celda** de la Retícula a `0,5`: el doble de quiebrasoles, sin tocar nada más.

Trucos

- **Ver solo lo que importa.** Apaga el ojo del Rectángulo, la Retícula y el Centro, para que la vista muestre solo los quiebrasoles.
- **Quiebrasoles delante de la fachada.** Los quiebrasoles quedan en el plano de la fachada. Para sacarlos 30 cm hacia adelante, pon un **Mover** entre el Centro y el Colocar, con **vector** `0; -0,3; 0`.
- **Guarda** tu proyecto con **Archivo → Guardar**. Los proyectos de Tensela terminan en `.tela`.

Lo que acabas de aprender

- Un diseño es una cadena de pasos pequeños, cada uno un nodo. Nodos y cables

- La Retícula hizo una lista de 240 paneles, y cada nodo después de ella trabajó con los 240 a la vez. Listas con nombre
- El Atractor hizo cada panel distinto a propósito. Condiciones y atractores

Si vienes de otro programa

Si ya diseñas con nodos, te vas a sentir en casa rápido: un lienzo, tarjetas, cables, números que cambian el modelo en vivo. Esta página cuenta lo que cambia, para que no busques cosas que aquí funcionan distinto.

La gran diferencia: listas con nombre

En otros programas, los datos **se acomodan** antes de combinarlos: árboles con ramas numeradas, listas dentro de listas, elegir cómo se emparejan dos listas. En Tensela cada lista lleva un **nombre**, su nivel: *piso*, *vano*, *panel*. Cuando un nodo recibe dos listas, mira sus nombres:

- **el mismo nombre:** van uno con uno, el primero con el primero, el segundo con el segundo;
- **nombres distintos:** se combinan todos con todos.

No hay ramas que aplanar, injertar ni transponer. Lee Listas con nombre para la idea completa, con ejemplos, y Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo para ver las mismas tareas hechas en las tres herramientas.

Si vienes de Grasshopper

Grasshopper es una herramienta de programación visual dentro de Rhino. Tensela funciona sola, sin Rhino.

En Grasshopper	En Tensela
Number Slider	**Número** (un deslizador en la tarjeta)
Expression	**Fórmula**
Script de Python o C#	**Código** (Python, que corre aparte y con límites)
Panel	**Info**
Divide Curve	**Puntos de curva**
Nurbs Curve	**Curva NURBS**
Series	**Serie**
Graft, Cross Reference	nada: las listas con nombres distintos se combinan solas
Flip Matrix	nada: los niveles tienen nombre, no orden
Simplify, Shift Paths	nada: no hay caminos
Shift List, Relative Item	**Reordenar**, desplazar, sobre un nivel
Cull Pattern, Cull Nth	**Filtrar**, patrón o uno de cada *n*
List Item, Sub List	**Elegir**
Partition	**Partir**
Merge	**Unir listas** (una detrás de la otra)
Entwine	**Juntar** (lado a lado, con un nivel nuevo)
Flatten	**Unir niveles**

Si vienes de Dynamo

Dynamo es una herramienta de programación visual para Revit. Trabaja con elementos BIM: muros, losas, familias. Tensela no es BIM: hace la geometría, y tú la llevas a tu programa BIM como OBJ o DXF.

En Dynamo	En Tensela
Lacing: más corta	listas con el mismo nombre
Lacing: producto cruzado, guías de replicación	listas con nombres distintos
Niveles de lista (`@L1` , `@L2`)	el nivel, elegido por su nombre
List.Transpose	nada: los niveles tienen nombre, no orden
List.ShiftIndices	**Reordenar**, desplazar
List.FilterByBoolMask, List.TakeEveryNthItem	**Filtrar**
List.GetItemAtIndex, List.Slice	**Elegir**
List.Chop	**Partir**
List.Join	**Unir listas**
List.Create	**Juntar**
List.Flatten	**Unir niveles**

Si vienes de Geometry Nodes

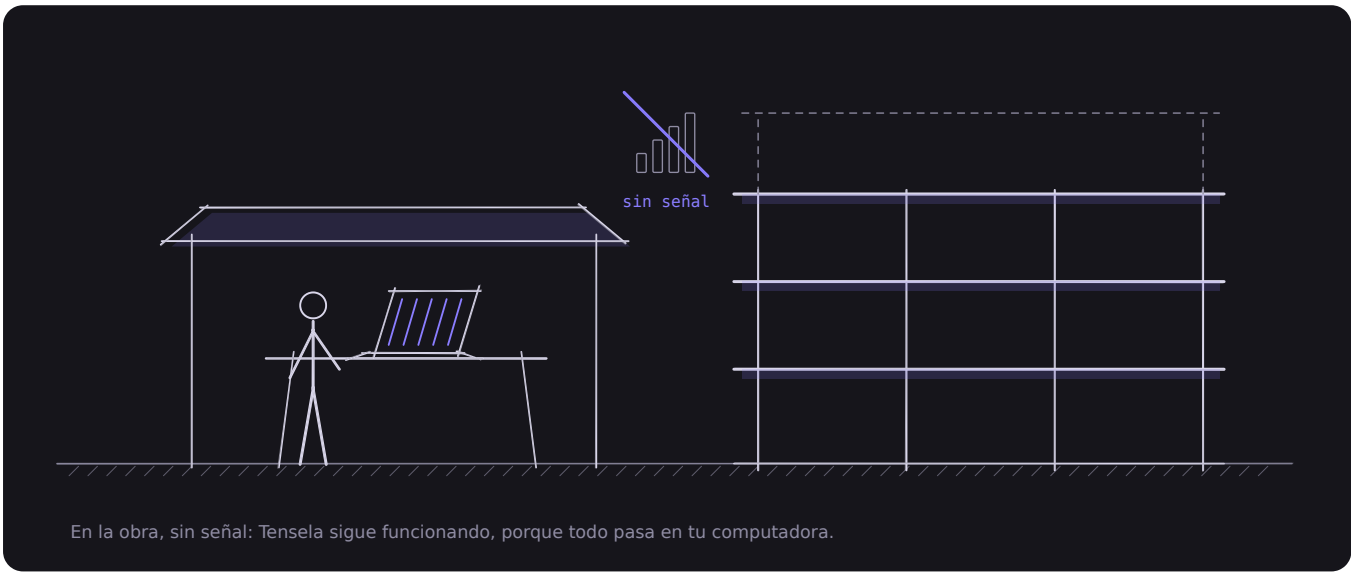
Geometry Nodes es parte de Blender, un programa 3D completo. Sus nodos construyen cualquier contenido 3D, desde escenas hasta efectos. Tensela es solo para diseñar con reglas, y habla el idioma de la arquitectura: fachadas, pisos, vanos, quiebrasoles, planchas para cortar. Lo que haces lo puedes llevar a Blender como OBJ.

Rhino y Grasshopper son marcas de Robert McNeel & Associates. Dynamo y Revit son marcas de Autodesk. Blender es una marca de la Blender Foundation. Tensela no está asociada con ellos.

Gratis, sin internet y tuyo

Tres cosas que conviene saber antes de empezar:

- **Gratis:** puedes usar Tensela para lo que quieras, sin pagar.
- **Sin internet:** funciona entera en tu computadora.
- **Tuyo:** lo que haces con ella te pertenece.



En la obra, sin señal: Tensela sigue funcionando, porque todo pasa en tu computadora.

Gratis: lo que te permite la licencia

Tensela es **software libre**: no cuesta nada, y su licencia es la Licencia Pública General de GNU, versión 3 o posterior (GPL-3.0), la licencia de muchos programas conocidos de Linux. En palabras simples:

Puedes	Qué quiere decir
Usarla para lo que quieras	Tus estudios, tu trabajo profesional, encargos pagados, tus clases. Sin pagar, sin cuenta, sin límite de tiempo.
Instalarla en todas tus computadoras	Y pasarle copias a quien quieras.
Ver cómo está hecha	Su código fuente es público, así que cualquiera puede revisar qué hace.
Cambiarla	Y compartir tus cambios, con la misma licencia.

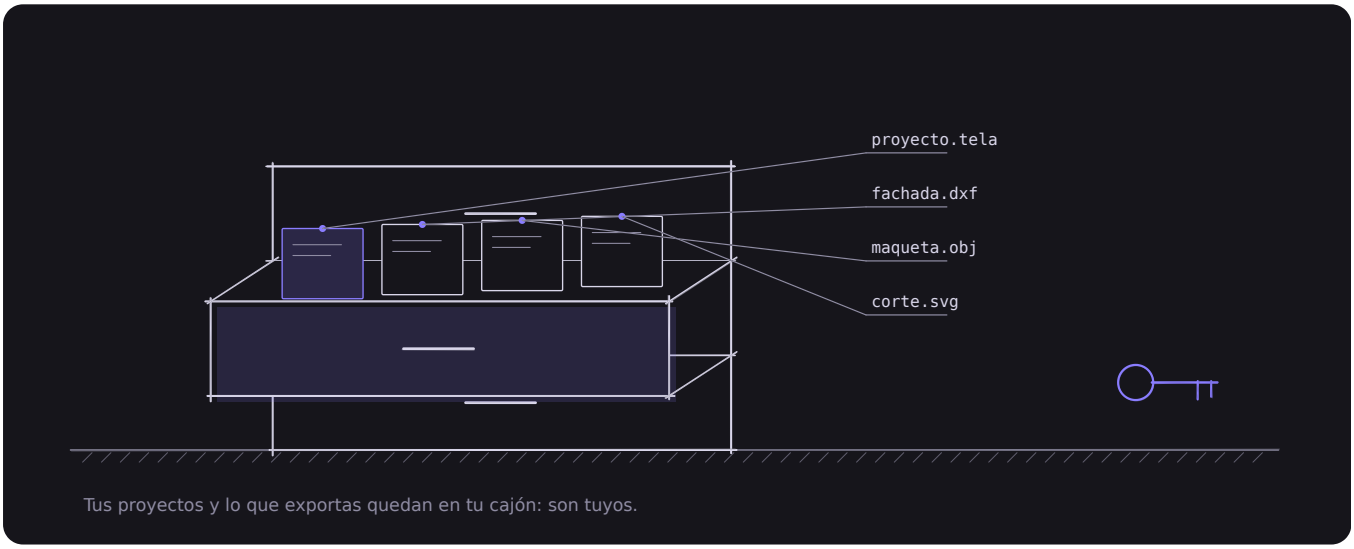
La única condición: si compartes Tensela, o una versión que cambiaste, compartes también su código fuente, con la misma licencia. Así Tensela, y toda versión hecha a partir de ella, sigue abierta para todos.

Como todo programa con esta licencia, Tensela viene **sin garantía**: se ofrece tal como es. Revisa con un profesional los resultados que llevan responsabilidad; el Análisis de barras, por ejemplo, es una primera revisión, no un cálculo estructural. La licencia, la garantía y la privacidad, en una sola página: Licencia, garantía y privacidad.

Tus proyectos son tuyos

> **La licencia cubre el programa, no lo que haces con él.**

- Tus **proyectos** (`.tela`), los **archivos que exportas** (OBJ, DXF, SVG, PDF…) y tus **imágenes** son tuyos.
- Úsalos, véndelos, publícalos como quieras.
- No hace falta que menciones Tensela, aunque siempre se agradece.



Tus proyectos y lo que exportas quedan en tu cajón: son tuyos.

El manual y los ejemplos

- **Este manual** tiene la licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 (CC BY-SA 4.0): cópialo, tradúcelo, úsalo en tus clases, diciendo que viene de Tensela y compartiendo tus cambios con la misma licencia.
- **Los proyectos de ejemplo** (las recetas y los ejemplos que vienen con Tensela) son CC0: úsalos como quieras, sin condiciones, ni siquiera decir de dónde vienen.
- Los textos completos de las tres licencias vienen con Tensela, en sus archivos `LICENSE`.

El nombre y el logo

El nombre *Tensela* y su logo no están bajo la GPL. Cualquiera puede hacer su propia versión del programa, pero con otro nombre y otro logo, para que nadie la confunda con la original. Los detalles están en TRADEMARKS.md.

Sin internet: todo en tu computadora

> **Tensela nunca envía tus proyectos a ningún lado.**

- **Tensela en sí no se conecta a internet.** Sin cuenta, sin iniciar sesión, sin actualizaciones por detrás, sin publicidad, sin estadísticas de cómo la usas.
- **El sol** se calcula con fórmulas astronómicas y una lista de ciudades dentro del programa, o la latitud y la longitud que escribas. No hay que descargar archivos del clima.
- **El nodo Código** está hecho para no llegar a la red: Tensela revisa el código antes de ejecutarlo y lo detiene si intenta abrir archivos, conectarse o abrir otros programas.
- **Tus archivos quedan donde los guardas.** Tensela no los sube a ningún lado. (Una extensión puede, solo si su ficha lo dice en ámbar.)
- **Solo necesitas internet** para descargar Tensela, este manual y las versiones nuevas, cuando tú decidas.

Por qué importa:

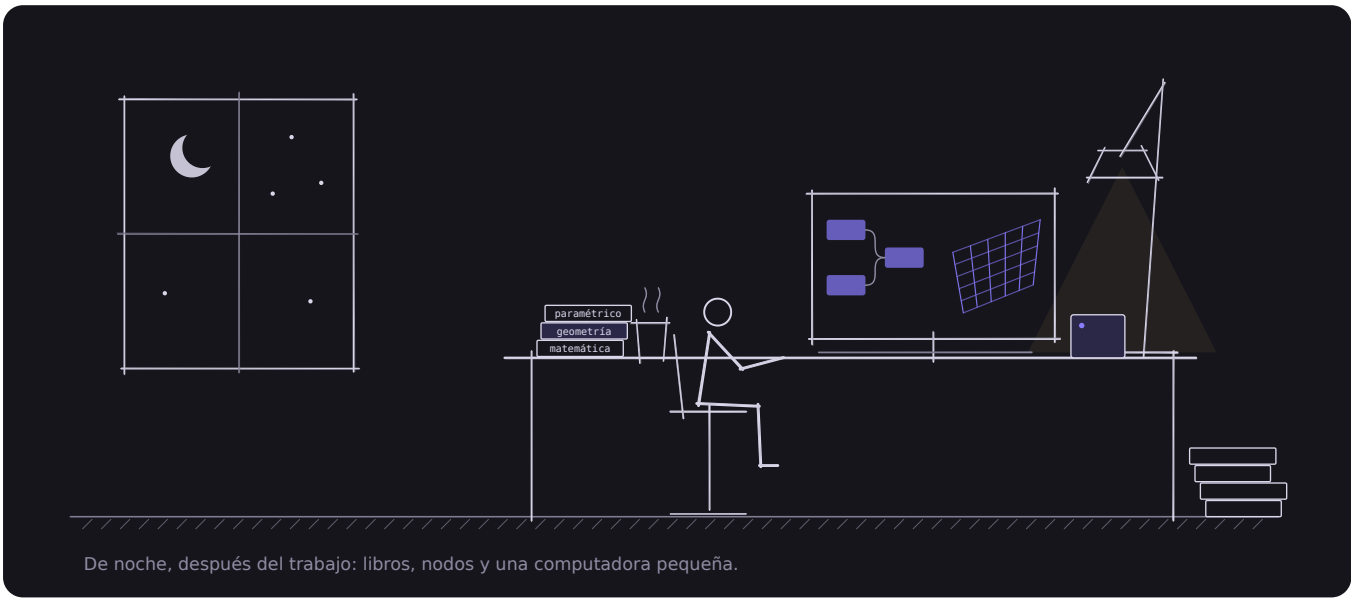
- Funciona **en una oficina de obra sin señal**, de viaje o en un aula con mala conexión.
- Tus proyectos **se quedan contigo**: nadie más los ve.
- Una vez en tu computadora, **no depende de ningún servidor** para seguir funcionando.

Gratis, y sostenida con donaciones

Tensela es gratis, y su licencia asegura que nadie te puede quitar la versión que tienes. La sostienen las personas a quienes les sirve: si te ayuda, puedes apoyarla con una donación.

Quién hace Tensela

Soy **Victor Crespo**, arquitecto y diseñador especializado en productos digitales, y me apasiona el diseño paramétrico. Tensela es un proyecto personal: lo desarrollo con la inteligencia artificial como equipo de desarrollo.



De noche, después del trabajo: libros, nodos y una computadora pequeña.

De dónde viene la idea

Desde **2007** intento trabajar la arquitectura en Linux. Al principio era muy difícil: para nuestro oficio casi no había nada. Inkscape estaba en sus primeras versiones y Blender no era lo que es hoy. Desde entonces trabajo en Linux: empecé con Ubuntu y hoy sigo entre Ubuntu y Debian. Me gusta cómo está pensado, cómo se ordenan las carpetas y los paquetes, y la comunidad que lo rodea.

Lo digo sin fanatismo: Linux no lo resuelve todo. Los grandes programas de diseño, los de Adobe y Autodesk, eran y siguen siendo muy buenos. Casi todos funcionan en Windows, muchos también en Mac, y necesitan una máquina potente. Los arquitectos y diseñadores que trabajamos en Linux de forma profesional seguimos siendo pocos.

Lo que más me apasiona es el **diseño paramétrico**: los algoritmos visuales, la idea de que un algoritmo es una **receta**, una serie de pasos que puedes cambiar para obtener otro resultado. Quise hacerlo en Linux y no pude:

- **Rhino**, que uso, en Linux solo funcionaba dentro de una máquina virtual con Windows, casi sin aceleración gráfica.
- **Dynamo** estaba pensado para usarse junto a Revit, que no funciona en Linux.
- **Grasshopper** es un gran programa, pero me perdía en él: para lo que yo quería, me costaba encontrar el camino. Lo mismo me pasó con los nodos de Blender para hacer arquitectura.

A mí me costaba mucho avanzar con esas herramientas. Y para un arquitecto una fachada, una estructura o una forma no son números abstractos: tienen una altura, un espesor, una geometría. Faltaba algo pensado así, y que funcionara en Linux.

Una idea que viene de los libros

La idea de Tensela no nació con la inteligencia artificial. Empezó mucho antes, cuando no existía o yo no tenía acceso a ella: en los libros. Soy de leer, y todavía conservo muchos, de arquitectura, de diseño paramétrico y de matemática. Tensela se probó con ejercicios propios, nacidos de lo que aprendí en libros de hace más de diez años, escritos cuando no había asistentes de inteligencia artificial. La arquitectura tiene mucho de matemática, y a mí la matemática me gusta.

Detrás hay años de experiencia: lo que leí, lo que probé, lo que fui aprendiendo en el camino. Todavía me falta mucho por aprender.

> **La inteligencia artificial no lo hace todo sola. Ayuda a construir lo que ya entiendes, y lo que estás dispuesto a revisar una y otra vez.**

Cómo se hizo

No soy programador: mis conocimientos de programación son básicos, no alcanzarían para hacer esto solo. La inteligencia artificial me abrió esa puerta, y la usé como un **equipo de desarrollo**.

Sé que hoy aparecen muchos programas nuevos hechos con IA, y que es fácil pensar que este es uno más. Por eso lo digo claro: Tensela **no salió de un solo pedido**. Son meses de iteración: probar cada nodo con ejercicios reales de fachadas, cubiertas, estructuras y fabricación, revisar el resultado, corregir y volver a probar. La base matemática (las superficies, la búsqueda de forma, el sol, la optimización) se construyó y se comprobó paso a paso. Cada tropiezo en el camino se convirtió en un cambio en el programa o en un truco de este manual.

Son muchas madrugadas, noches y fines de semana, fuera de mi trabajo de oficina y del tiempo con mi familia. Se invirtió tiempo y dinero propios, sin grandes recursos.

Tensela nació para Linux porque eso era lo que faltaba. Más adelante quiero llevarla a Windows y a macOS, cuando haya recursos para hacerlo bien.

Pequeña a propósito

Al lado de programas geniales como Rhino y Grasshopper, Dynamo o los nodos de Blender, Tensela es muy pequeña. Y en parte lo es a propósito: está pensada como esa síntesis que buscamos en la arquitectura, lo que de verdad se necesita.

Pasa como con una cámara de fotos llena de opciones, o con un equipo de cientos de botones: casi nunca se usa todo. Tensela prefiere pocos nodos que se entiendan bien.

Lo que creo que vale es **la manera de pensar** que propone: cada paso es un nodo que se entiende, las listas tienen nombre, y lo que dibujas tiene medidas de arquitectura. Si esa forma de pensar te sirve, aunque después la lleves a otro programa, Tensela ya cumplió. Irá creciendo, sin perder eso.

La historia del diseño de Tensela está contada como caso de estudio en 3dvic.com.

Apoya Tensela

Tensela lleva muchas horas de trabajo, y vienen más: nodos nuevos, recetas, videos. Si te sirve en tu trabajo o en tus estudios, puedes apoyarla con una donación.

Ideas clave

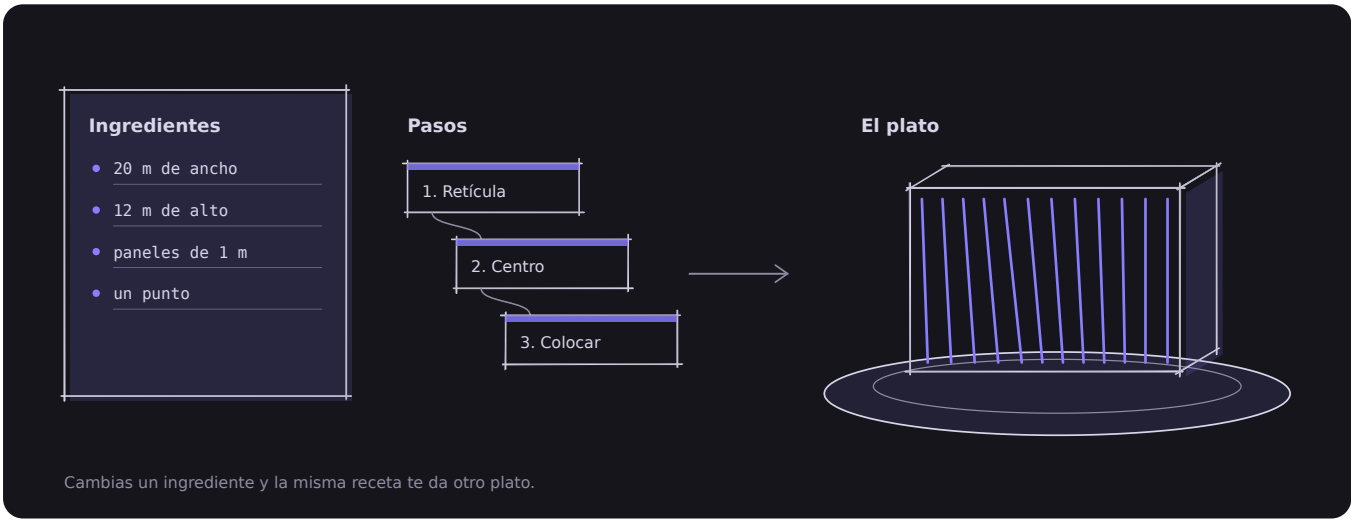
Nodos y cables

Para qué

Para describir **cómo** se hace tu diseño en vez de dibujar el resultado. Con los pasos armados, cambias cualquiera de ellos, el ancho de la fachada, la cantidad de pisos, el ángulo de un quiebrasol, y todo lo que depende de él se vuelve a calcular.

Un algoritmo es una receta

Una receta tiene **ingredientes**, **pasos** en un orden y un **plato** al final. Un proyecto de Tensela es igual:



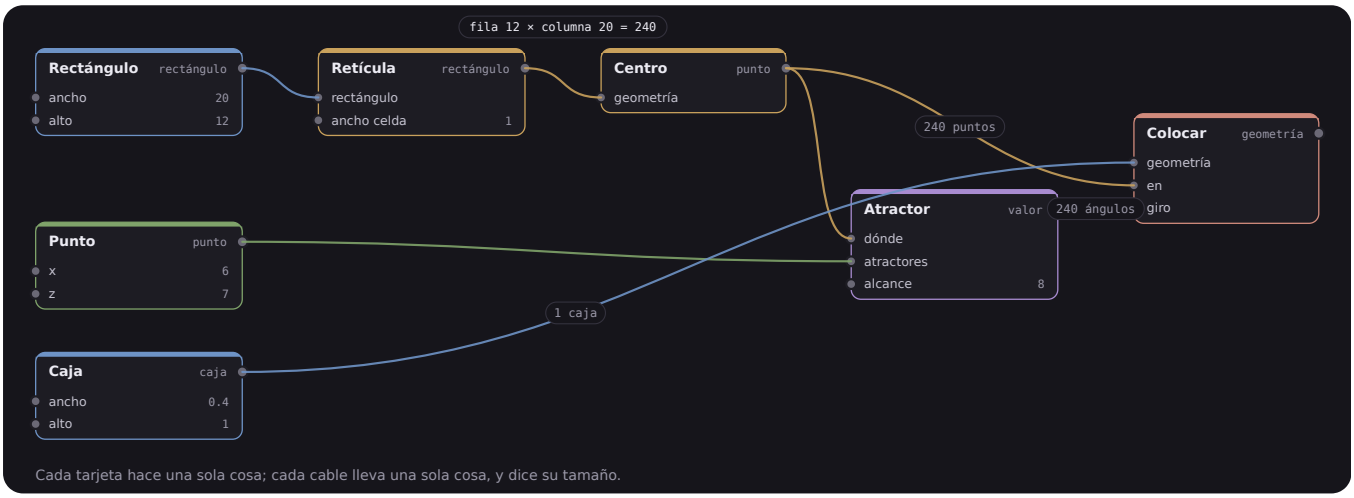
En una receta	En Tensela	En la fachada con quiebrasoles
Los ingredientes	los valores que escribes	20 m de ancho, 12 m de alto, paneles de 1 m
Los pasos	los nodos	un rectángulo, una retícula, un quiebrasol en cada panel
El orden de los pasos	los cables	la retícula necesita antes el rectángulo
El plato	la forma en la vista 3D	la fachada con sus 240 quiebrasoles

Cambias un ingrediente, una fachada más alta o paneles más angostos, y la misma receta te da otro plato. No vuelves a dibujar la fachada: cambias la receta. Y como una receta, un proyecto se puede compartir: quien lo abre tiene los mismos pasos y puede probar sus propios ingredientes. Por eso los proyectos de este manual se llaman recetas.

Cómo

- **Añadir un nodo:** doble clic en un lugar vacío del lienzo, o la tecla **Tab**, y escribe. Puedes escribir el nombre del nodo (*Prisma*) o lo que quieres hacer (*volumen*, *edificio*): el buscador lo encuentra igual.
- **Conectar:** arrastra desde el circulito a la **derecha** de una tarjeta, que es lo que da el nodo, hasta una entrada de otra tarjeta.
- **Dar valores:** cada entrada de una tarjeta se puede **escribir** (un número, un punto, una lista) o **traer por un cable** desde otro nodo. Cuando llega un cable, el campo toma su valor de él.

Qué hace



- **Un cable lleva una sola cosa** de un nodo a otro: un rectángulo, 240 puntos, una lista de ángulos. Sobre el cable se lee su tamaño, por ejemplo `fila 12 × columna 20 = 240`.
- **Cambias un valor y todo lo que viene después se actualiza**, en orden, en la vista.
- **Cada familia de nodos tiene su color**, el mismo en la franja de la tarjeta, en su icono y en el buscador:

Familia	Color	Ejemplos
Valores	verde	Número, Serie, Fórmula, Sí o no
Formas	azul	Punto, Caja, Prisma, Rectángulo
Curvas	verde azulado	Círculo, Arco, Curva NURBS, Línea
Superficies	azul petróleo	Superficie por secciones, Extruir, Costillas, Superficie por puntos
Dividir	ocre	Retícula, Caras, Vértices, Puntos de curva
Medir	violeta	Área, Distancia, Atractor, Filtrar
Transformar	rojo teja	Mover, Girar, Escalar, Colocar

Trucos

- **Una tarjeta con un problema lo dice con palabras**: qué falta o qué no calza, y casi siempre cómo arreglarlo.
- **Números:** los decimales se escriben con coma o con punto, `3,5` o `3.5`. Varios valores se separan siempre con punto y coma: `1,5; 2; 3`. Un punto se escribe `0 0 0`, `8 0 2,5` o `(0; 0; 1,5)`.
- **Dentro de un campo de la tarjeta**, Tab pasa al valor siguiente y Supr borra letras, no el nodo.

Listas con nombre

Esta es la idea más importante de Tensela. Cuando se entiende, lo demás se vuelve mucho más claro.

Para qué

Para trabajar con **muchas cosas a la vez**, 16 pisos, 20 vanos, 320 paneles, sin acomodar los datos a mano antes de combinarlos.

La idea: hilos y cruces

Cada lista en Tensela lleva un **nombre**, su **nivel**: *piso*, *vano*, *panel*, *costilla*. Cuando un nodo recibe dos listas, mira sus nombres:

- **Nombres distintos: todos con todos.** 16 pisos y 20 vanos dan 320 paneles, como los hilos de una tela: cada hilo vertical cruza a cada hilo horizontal, y cada cruce es una pieza.
- **El mismo nombre: uno con uno.** El primero con el primero, el segundo con el segundo. Dos listas de 16 pisos dan 16 resultados, no 256.



Eso es todo. No hay nada que aplanar, injertar ni transponer.

Cómo

- Los nodos que hacen listas, como **Serie**, **Retícula**, **Puntos de curva** o **Partir**, tienen un campo para nombrar el nivel. Una Serie de 60 números con el nivel `costilla` quiere decir *estos 60 valores son 60 costillas*.

- **El nombre es libre.** Lo que importa es escribirlo **igual** donde quieres que las listas vayan uno con uno, y **distinto** donde quieres que se crucen.
- **Consejo:** usa el singular de lo que cuentas, *costilla*, *piso*, *panel*, porque se lee natural: *costilla 3*.

Qué hace

- **El cable muestra la forma:** `costilla 60 × altura 60 = 3 600`.
- **Los niveles no tienen orden.** `piso × vano` y `vano × piso` son lo mismo.
- **Las operaciones se hacen sobre un nivel, por su nombre:** invertir los pisos, quedarse con un vano de cada dos, correr los pisos uno hacia arriba, partir en grupos de cuatro. **Reordenar**, **Filtrar**, **Elegir** y **Partir** preguntan qué nivel, por su nombre.
- **Si dos listas con el mismo nombre tienen tamaños distintos**, un aviso lo dice en vez de adivinar.

Un ejemplo para probar

Haz dos **Series**: una de 5 números con el nivel `x` y otra de 5 con el nivel `y`, y conéctalas a un **Punto** (una a x, la otra a y). Salen 25 puntos en un cuadrado: los nombres son distintos, así que se cruzan. Ahora ponles `x` a las dos: salen 5 puntos en diagonal, porque van uno con uno.

Para ir más lejos

Cómo se guarda y se combina una lista con niveles, con código: Las listas con nombre, por dentro.
Las mismas tareas en Grasshopper y Dynamo: Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo.

Dos clases de nodos

Para qué

Para saber de un vistazo dónde buscar un resultado: en la **vista 3D** o **en la tarjeta**.

Las dos clases



	Hacen geometría	Solo calculan
Ejemplos	Rectángulo, Retícula, Superficie por secciones, Colocar, Costillas	Área, Volumen, Distancia, Fórmula, Número, Info
Dónde ves el resultado	en la vista 3D	en la tarjeta
En la tarjeta	un ojo para mostrarlo u ocultarlo, color, opacidad, numerar, ver el sentido	una que despliega los valores en la tarjeta

Trucos

- **Apaga ojos** para ver solo lo que importa: muchas veces solo quieres ver el último nodo de la cadena.
- **Info** muestra lo que lleva cualquier cable, como números o como lista, sin cambiar nada.
- **Pintar según un valor:** para colorear los paneles por su área o por el sol que reciben, usa el panel de la geometría (**Color → según un valor**). No es un nodo aparte.

Dibuja la forma y después córtala

Para qué

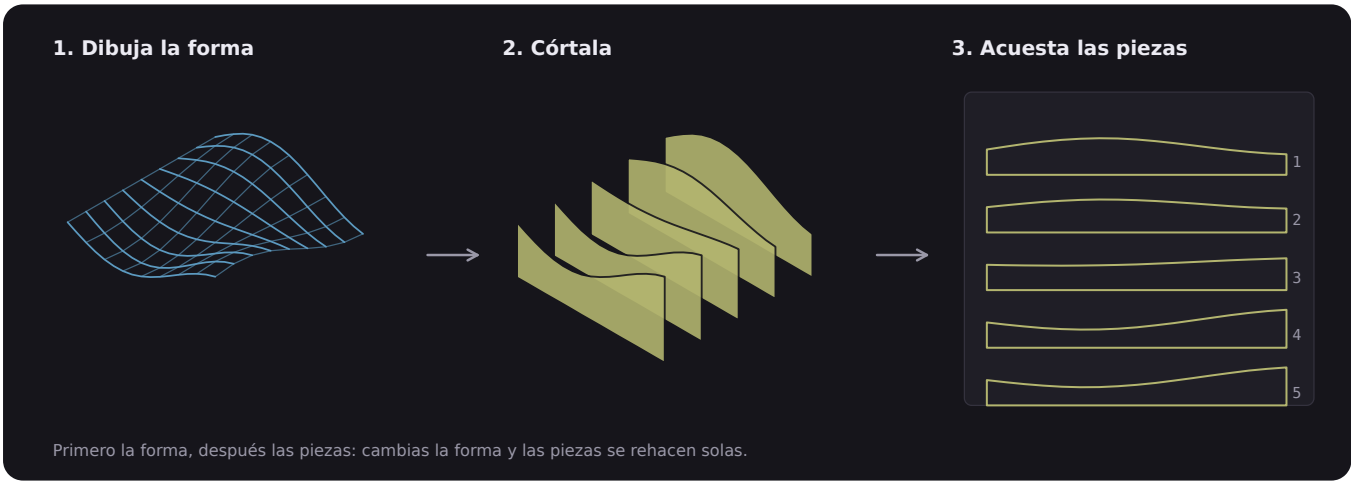
Para llegar a una forma compleja, un muro de costillas, una cubierta waffle, un pabellón rebanado, con **pocos nodos y sin fórmulas**.

Cómo

En vez de calcular cada punto de la forma, **dibuja primero la forma y córtala después**:

1. **Dibuja la forma** con unas pocas curvas y una superficie que pase por ellas, por ejemplo una **Superficie por secciones** por tres o cuatro curvas.
2. **Córtala** con **Costillas**, que la rebana en tantas tablas como pidas, con el grosor que le des.

Un muro de costillas hecho así lleva unos seis nodos. Cambias las curvas y todas las costillas las siguen.



Primero la forma, después las piezas: cambias la forma y las piezas se rehacen solas.

Qué hace

- **Costillas** corta la superficie con planos paralelos y cierra cada costilla contra un plano de atrás, la pared. La entrada **espalda** dice a qué distancia está ese plano: con `0`, cada costilla va desde la forma hasta el eje; con más, cada costilla deja un respaldo recto.
- La misma idea sirve para fabricar: **Secciones** corta un cuerpo en rebanadas que después acuestas en planchas.

Cuándo ir más allá

Armar la forma **punto por punto**, con Series, un Punto y una Fórmula o una Gráfica, da control total sobre cada costilla. Es el paso siguiente, y una muy buena manera de aprender Listas con nombre. Empieza dibujando y cortando; ve punto por punto cuando lo necesites.

Condiciones y atractores

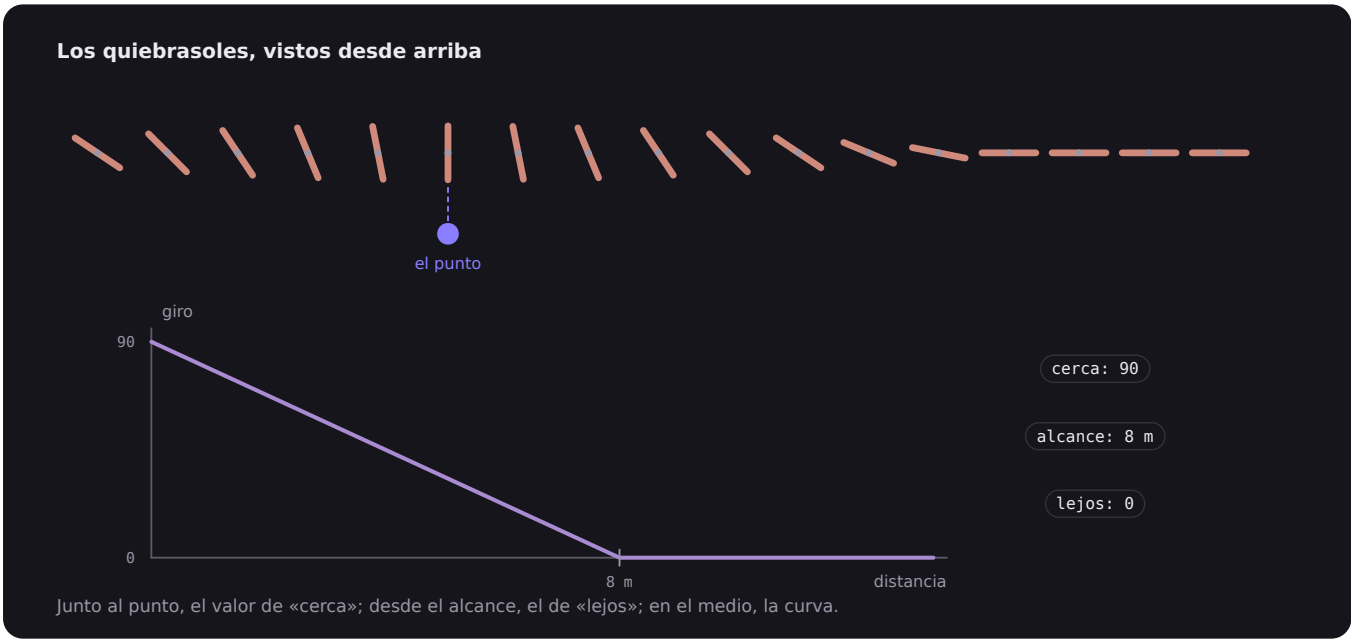
Para qué

Para que cada panel, quiebrasol o costilla sea **distinto a propósito**: más grande cerca de una entrada, abierto hacia el sol, cerrado desde cierto piso.

Atractores

Un **Atractor** le da a cada elemento un valor según lo cerca que esté de unos puntos o curvas.

- **cerca:** el valor justo al lado del atractor (por ejemplo, `90` grados).
- **lejos:** el valor en el **alcance** o más allá (por ejemplo, `0`).
- **alcance:** hasta dónde llega el efecto, en metros. Vacío: hasta el elemento más lejano.
- **atractores:** uno o más puntos, o curvas: un camino, la orilla de un río, el borde de una plaza.
- **varios:** con varios atractores, manda el más cercano o sus efectos se suman.
- **curva:** cómo pasa de cerca a lejos: lineal, suave, acelerando o frenando.



Junto al punto, el valor de «cerca»; desde el alcance, el de «lejos»; en el medio, la curva.

Conecta lo que sale a lo que quieras variar: el **giro** de un Colocar, el **factor** de un Escalar, la **distancia** de un Mover.

Truco: para ver qué hace el Atractor por dentro, arma lo mismo a mano una vez: una **Distancia** de cada elemento al punto, y un **Remapear** de esa distancia al rango que quieres, con **limitar** encendido.

Condiciones

- **Escoger** da **un resultado por elemento**, una cosa u otra: un panel abierto o uno cerrado.
- **Filtrar deja** solo los elementos que pasan, y saca los demás. Con **quitar: sí**, los que quedan se numeran de nuevo (0, 1, 2…); con **no**, los otros quedan en su lugar, vacíos.
- **Comparar** da un sí o un no por elemento: *a* es menor, mayor, igual o distinto de *b*. **Combinar condiciones** junta dos con *y* u *o*, o invierte una con *no*.

Fórmulas en tu idioma

Una **Fórmula** funciona como una celda de hoja de cálculo, y entiende español e inglés, incluso mezclados:

- `si(a < 7; 3; a < 16; 4,5; 6)` es lo mismo que `if(a < 7, 3, a < 16, 4.5, 6)`.
- `y`, `o`, `no` o `and`, `or`, `not`.
- Los espacios no importan: `a/2` y `a / 2` son lo mismo.

Grupos

Para qué

- **Ordenar:** una cadena larga se vuelve una tarjeta con un nombre claro, como un capítulo.
- **Hacer tu propio nodo:** un grupo es una **nueva clase de nodo**, un *quiebrasol* o un *panel con marco*, que puedes usar todas las veces que quieras.
- **Repetir un paso:** un paso cuyo resultado vuelve a entrar, varias veces (un fractal, una curva que se subdivide).

Cómo

1. Elige los nodos, arrastrando un recuadro o con Ctrl + clic, y pulsa **Ctrl + G**.
2. Ponle un nombre al grupo: ese nombre es la **nueva clase de nodo**.
3. **Doble clic** en la tarjeta del grupo para entrar; **Salir del grupo** sube de nuevo. **Desagrupar** (Ctrl + Mayús + G) deja los nodos sueltos otra vez.

Qué hace



Un grupo guarda una parte del proyecto como un nodo nuevo, con sus propias entradas y salida.

- **Lo que entra:** los cables que llegaban a los nodos desde afuera se vuelven las entradas del grupo.
- **Lo que sale:** la tarjeta del grupo da un resultado. Si dos de los nodos se usan afuera, aparece al lado una tarjeta **Resultado de grupo** con el nombre del nodo que reemplaza. El grupo se calcula una sola vez para los dos.
- **Lo cambias una vez, cambia en todas partes:** lo que cambies dentro de un grupo vale para todos los nodos de esa clase.
- **Grupos dentro de grupos:** dentro de un grupo puedes agrupar, separar y entrar en otro grupo, tan hondo como quieras.

- **Ojos adentro:** dentro de un grupo, encender el ojo de un nodo muestra lo que calcula con lo que llega a esa tarjeta; lo de afuera queda tenue.

Repetir

Un grupo se puede **repetir**: escribe **repetir** `3` en su tarjeta. La primera vez recibe lo que tiene conectado; después, su propio resultado.

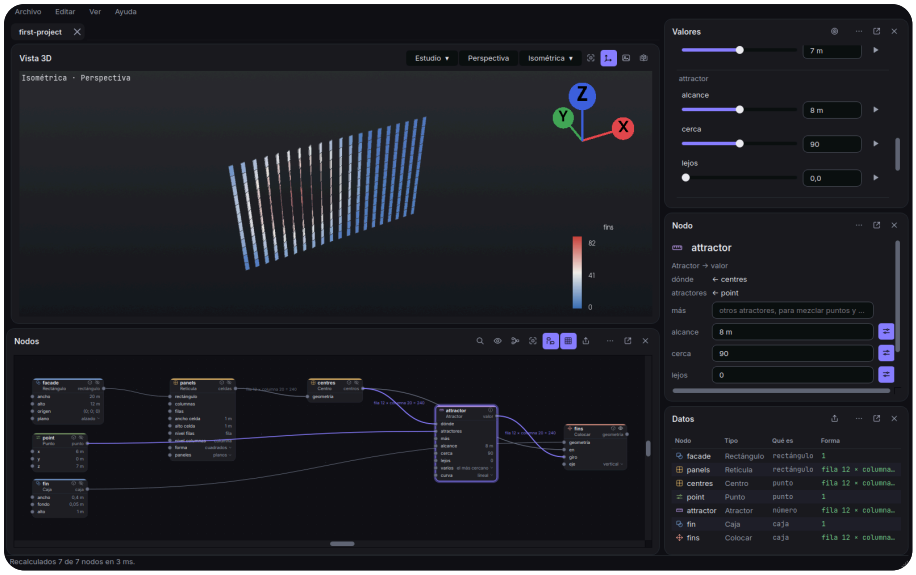
- **vuelve por:** por qué entrada vuelve a entrar el resultado (vacío: la primera). Las demás entradas reciben lo mismo en cada paso.
- **conservar:** solo el último paso, o todos los pasos a lo largo de un nivel nuevo, *paso*, con el inicio primero (paso 0).
- Una entrada del grupo que se llame `paso` recibe el número de cada paso: 0, 1, 2…

Truco: lo que sale tiene que poder entrar por donde entró el inicio: una línea por una línea. Si no, un aviso dice en qué paso falló.

La ventana

La ventana

La ventana tiene dos áreas principales y algunos paneles alrededor.



Área	Qué es
El lienzo	donde están los nodos y los cables. Mira El lienzo.
La vista 3D	lo que hacen los nodos, actualizado mientras trabajas. Mira La vista 3D.
Los paneles	*Nodo* (los ajustes del nodo elegido), *Valores* (deslizadores), *Datos*, *Nodos*, *Biblioteca* y *Croquis*. Mira Los paneles.
Las pestañas	cada proyecto abierto es una pestaña, como en un navegador: clic derecho en una pestaña para cerrarla, renombrar el archivo, duplicarla o encontrarlo en su carpeta.

Ordenar la ventana

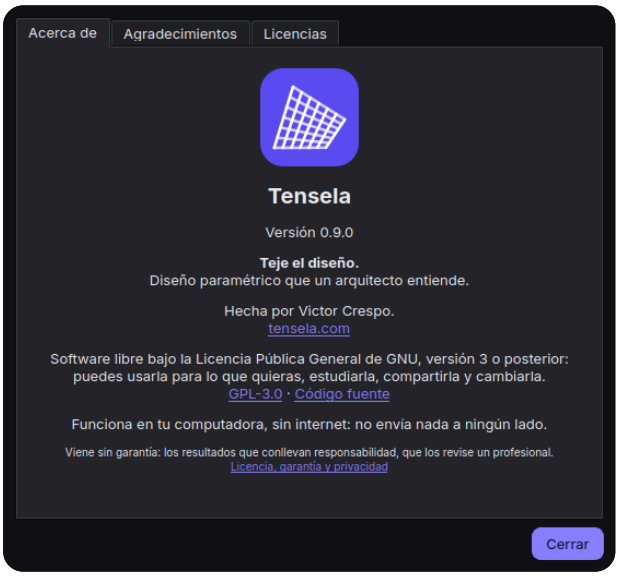
- Los paneles se arrastran por su título, se apilan como pestañas o se dejan flotando. **Ver → Paneles** muestra u oculta cada uno.
- **Ver → Espacios de trabajo** guarda la disposición actual con un nombre, para volver a ella; **Disposición de fábrica** deja todo como venía.
- **Ver → Modo** cambia entre claro y oscuro; **Preferencias** tiene el resto de la apariencia. Mira Preferencias.

Los menús de un vistazo

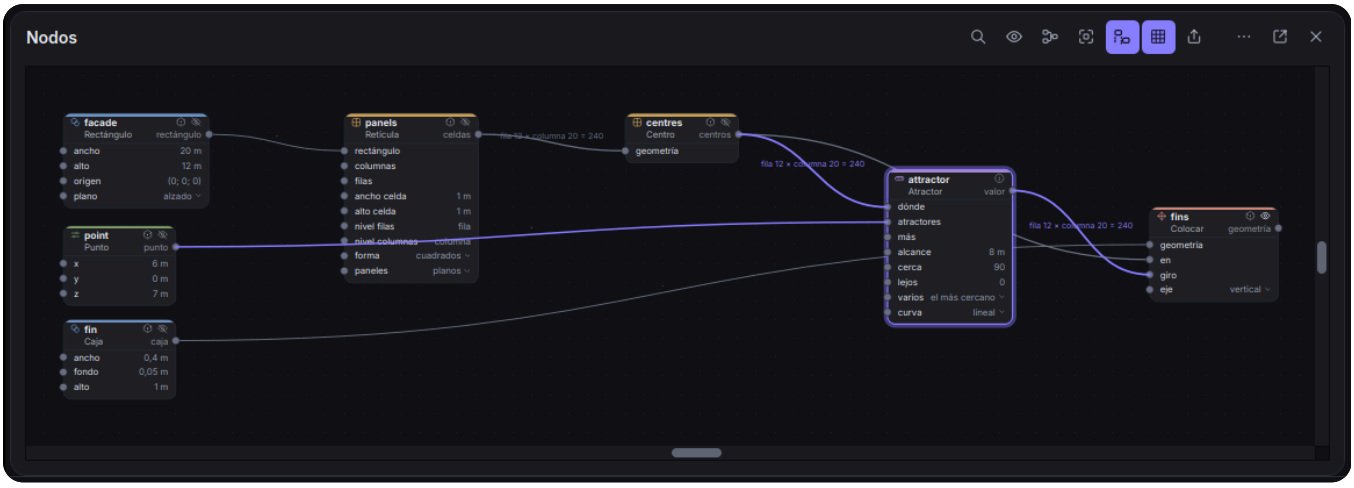
Menú	Qué hay
Archivo	nuevo, abrir, recientes, guardar, cerrar; **Exportar** a imágenes, dibujos, 3D, impresión 3D y corte; **Abrir en** otro programa
Editar	deshacer y rehacer, añadir un nodo, buscar un nodo, copiar y pegar, agrupar, **Buscar el mejor...**, **Preferencias**
Ver	encuadrar, aislar, ver y apagar nodos, ordenar y alinear nodos, la rejilla y las guías, leyendas de colores, paneles, espacios de trabajo, modo
Ayuda	el manual (sin internet), la ayuda del nodo elegido (**F1**), atajos, el PDF, comunidad, informar un problema, apoyar Tensela, **Acerca de Tensela**

Ayuda

Ayuda → Manual abre este manual desde tu computadora, sin internet. Con un nodo elegido, **F1** lo abre en la parte de ese nodo. **Ayuda → Acerca de Tensela** muestra su versión, su licencia, a quién agradecer y las bibliotecas con las que está hecha.



El lienzo



Nodos y cables

- **Añadir un nodo:** doble clic en un lugar vacío, o **Tab**. Escribe su nombre o lo que quieres hacer.
- **Repetir el último nodo: Mayús + R** vuelve a poner el último tipo de nodo que usaste, donde está el ratón.
- **Conectar:** arrastra desde el circulito a la derecha de una tarjeta hasta una entrada de otra tarjeta.
- **Elegir:** clic en una tarjeta; arrastra un recuadro, o Ctrl + clic, para elegir varias. Con varias elegidas, el panel Nodo las cambia todas a la vez.

Clic derecho en una tarjeta

Opción	Qué hace
Renombrar…	le da al nodo un nombre propio: *fachada*, *quiebrasoles*
Ver en 3D / **Ver solo este**	su ojo, o solo su ojo
Buscar su mejor valor…	abre *Buscar el mejor* para ese número. Mira Buscar el mejor
Entrar al grupo / **Salir del grupo**	entrar en una tarjeta de grupo, o volver arriba
Guardar en la biblioteca…	guarda un grupo para usarlo en cualquier proyecto

Ordenar

- **Ctrl + L** ordena todos los nodos, de izquierda a derecha.
- **Ver → Organizar los nodos** alinea y reparte las tarjetas elegidas.

- **Ver → Ajustar a la rejilla** y **Guías inteligentes** ayudan a ubicar las tarjetas a mano.

Anotaciones

Clic derecho en un lugar vacío del lienzo, **Anotar aquí**: un texto, una flecha o un marco. No cambian el cálculo: explican el proyecto a quien lo abre. Un marco no es un grupo.

Atajos

Teclas	Qué hacen
Tab	añadir un nodo
Mayús + R	repetir el último nodo
Ctrl + F	buscar un nodo por su nombre
Ctrl + C, **Ctrl + X**, **Ctrl + V**, **Ctrl + D**	copiar, cortar, pegar, duplicar
Ctrl + A	elegir todo
Ctrl + G, **Ctrl + Mayús + G**	agrupar, desagrupar
Ctrl + Z, **Ctrl + Mayús + Z**	deshacer, rehacer
Mayús + F	encuadrar los nodos
Ctrl + L	ordenar los nodos
Ctrl + ,	preferencias

Truco. En un campo de una tarjeta, las teclas escriben: Tab pasa al valor siguiente y Supr borra letras. Copiar y pegar funcionan en el lienzo cuando el foco está en él.

La vista 3D

Moverse

La vista siempre gira alrededor de lo que está bajo el puntero, con la vertical siempre vertical. La rueda acerca hacia el puntero (o hacia el centro, en Preferencias).

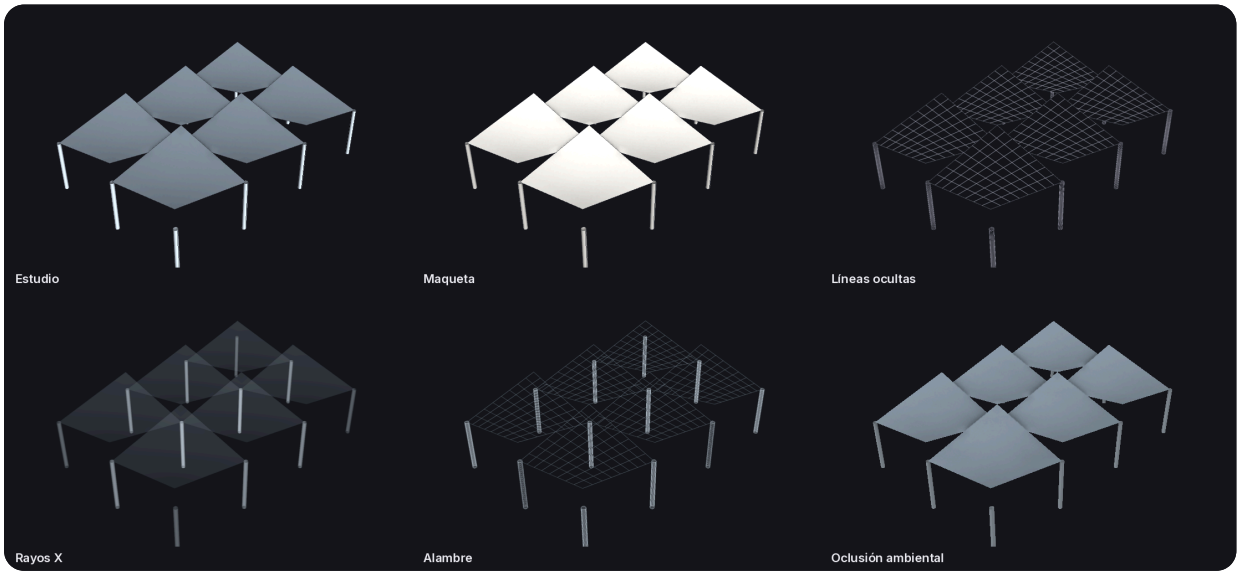
Esquema	Girar	Desplazar	Acercar
Tensela (de fábrica)	botón izquierdo	Mayús + izquierdo, o el del medio	derecho, o la rueda
Blender	el del medio	Mayús + medio	Ctrl + medio, o la rueda
Rhino	derecho	Mayús + derecho	Ctrl + derecho, o la rueda
SketchUp	el del medio	Mayús + medio	la rueda

Elige el esquema al que estás acostumbrado en **Preferencias → Interacción → Ratón en la vista 3D**.

Mirar desde un lado

- El menú **Vistas** de la vista: frente, lados, arriba, abajo, o isométrica. El teclado numérico hace lo mismo.
- La tecla **5** cambia entre **perspectiva** y **paralela**, como un dibujo técnico.
- **F** encuadra todo.

Estilos



Estilo	Qué muestra
Estudio	cada objeto con su color, con luz suave, rincones más oscuros y contornos finos
Maqueta	todo blanco con contornos, como una maqueta de cartón pluma
Matcap	cada cara con la luz de un material (yeso, arcilla, grafito, cerámica): las piezas juntas se leen una por una
Alambre	solo las aristas
Líneas ocultas	como un dibujo de líneas: lo de atrás queda oculto
Rayos X	todo semitransparente
Oclusión ambiental	sólido, con rincones y encuentros más oscuros, como un día nublado

El estilo se cambia en la cabecera de la vista o con un clic derecho sobre ella.

Lo que se ve

Cada nodo que hace geometría tiene un **ojo** en su tarjeta: encendido, se ve y se exporta.

Teclas	Qué hacen
H	apagar los elegidos
Mayús + H	ver solo los elegidos
Alt + H	ver todos
Alt + Mayús + H	apagar todos
/	aislar el nodo elegido, encuadrado; otra vez para volver

Color y números

En el panel Nodo, cada geometría tiene su **color** y su **opacidad**, o se pinta **según un valor** (el área de cada panel, el sol que recibe) con una leyenda; **Ver → Leyendas de colores** las muestra en la vista, para una captura. **Numerar en 3D** escribe el número de cada elemento, y **Ver el sentido** dibuja hacia dónde van las curvas.

Los paneles



Nodo

Los ajustes del nodo elegido: cada entrada con su valor, sus opciones y su ayuda, y, en la geometría, su color, opacidad y numeración.

- **Más ajustes** abre las entradas que poca gente necesita: los valores de fábrica sirven casi siempre.
- Con varios nodos elegidos, un valor escrito aquí va a todos; arrastrar hacia arriba o abajo sobre un número los cambia todos a la vez.
- Algunos nodos suman aquí sus herramientas: la gráfica de una **Gráfica**, el editor de una **Curva NURBS** (*Editar curva*), el **Mover apoyos** de un **Equilibrio**, el informe de un **Revisar impresión** o de un **Acostar en planchas**.

Valores

Los **deslizadores** del proyecto, todos juntos: los números con los que quieres jugar, sin buscar sus nodos. Un valor de cualquier nodo se vuelve deslizador con **Mostrar este valor como deslizador en «Valores»**, en el panel Nodo. Cada deslizador guarda su rango y su paso.

Datos

Los valores del nodo elegido como una tabla: cada elemento con sus números, a lo largo de sus niveles. **Guardar como CSV…** los lleva a una hoja de cálculo; **Copiar como texto**, a cualquier parte.

Nodos

La lista de todos los nodos del proyecto, con su tipo, su familia, lo que da y si está al día. Un clic lo elige en el lienzo: práctico en proyectos grandes.

Biblioteca

Tus propios grupos, guardados con **Guardar en la biblioteca…**, para usarlos en cualquier proyecto, en lista o en mosaico. **Ctrl + Alt + L** la muestra u oculta. **Editar → Abrir la carpeta de la biblioteca** abre dónde se guardan.

Croquis

La vista 3D dibujada como un croquis de arquitecto a mano alzada: tinta, marcador, acuarela, rayado (achurado). Sigue a la vista cuando la giras, y **Archivo → Exportar → Croquis a mano alzada** lo guarda como PNG, SVG o PDF.

Exportar

Lo que se exporta es lo que se ve: los nodos con su **ojo** encendido.

Archivo → Exportar	Para	Teclas
Imagen (PNG)	una imagen de la vista 3D, del tamaño que elijas	Ctrl + Mayús + E
Croquis a mano alzada (PNG, SVG, PDF)	la vista como un croquis a mano (mira Croquis)	Ctrl + K
DXF (3D o 2D)	dibujos y modelos para programas CAD	Ctrl + Mayús + D
OBJ	3D para cualquier programa: render, BIM, otros modeladores	Ctrl + E
Impresión 3D (STL), **Impresión 3D (3MF)**	el laminador de la impresora, en milímetros; revisa antes cada pieza	
Archivo de corte (DXF o SVG)	el láser o la fresadora: un archivo por plancha, rojo para cortar, azul para grabar	
Blender (.blend)	una escena de Blender	Ctrl + Mayús + B
IngeTrazo (.igz)	un modelo de IngeTrazo	Ctrl + Mayús + I

Archivo → Abrir en manda el modelo directo a Blender (Ctrl + B) o a IngeTrazo (Ctrl + I), si están instalados.

Trucos.

- Para un archivo de corte, acuesta antes las piezas en planchas con **Acostar en planchas**. Mira Fabricación.
- El panel **Datos** exporta números: **Guardar como CSV...**.

Buscar el mejor

Para qué

Para encontrar los valores que hacen mejor un diseño según algún número: el menor material, el mayor sol en invierno en una fachada, un área lo más cerca posible de 500 m², la estructura más liviana que pasa el Análisis de barras.

Cómo



1. Abre **Editar → Buscar el mejor...**, o haz clic derecho en el nodo que da el número, **Buscar su mejor valor...**. Se abre al lado de la ventana, así sigues viendo el modelo.
2. **Arriba, lo que se busca:** un nodo que da un solo número (un Largo, un Área, una Fórmula, el peso total de un Análisis de barras...) y si quieres su **mínimo**, su **máximo** o **llegar a** un valor.
3. **Abajo, qué deslizadores mueve:** los que cambian ese número, todos marcados al empezar. Desmarca los que debe dejar quietos. Si algún número todavía no tiene deslizador, el botón para mostrar los marcados como deslizadores los suma a *Valores*.
4. **Buscar.** Cada vez que encuentra algo mejor, los deslizadores y la vista 3D lo muestran. **Detener** se queda con lo mejor hasta ahí.

Al terminar, los mejores valores quedan en los deslizadores, y **Ctrl + Z** vuelve a como estaban. La lista guarda los mejores encontrados: un clic devuelve cualquiera de ellos.

Cerca, o en todo el rango

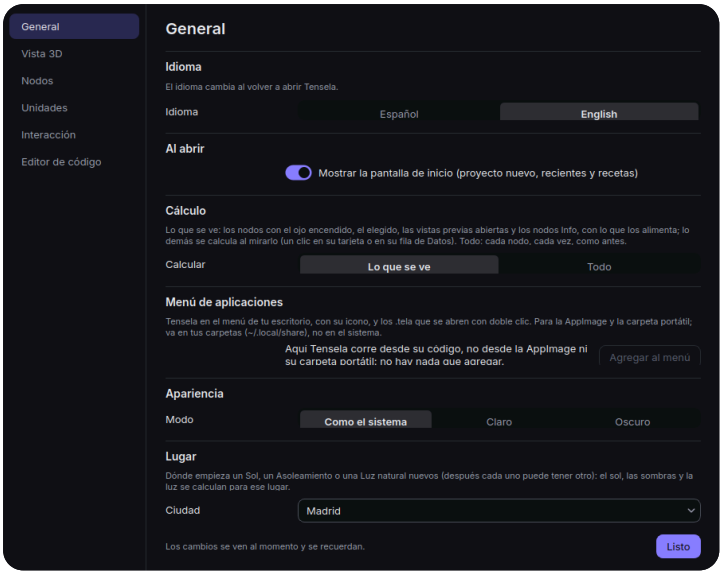
- **Cerca** afina desde donde están los deslizadores: rápido, y encuentra el mejor cerca del inicio.

- **En todo el rango** explora todo con una población de candidatos, generación tras generación: más lento, y mejor cuando hay varias buenas respuestas lejos unas de otras.

Truco. La búsqueda trabaja sobre una copia del proyecto, así que la ventana sigue respondiendo mientras busca. Cómo busca se cuenta en Búsqueda de forma y el mejor valor.

Preferencias

Editar → Preferencias... (Ctrl + ,). Los cambios se ven al momento y se recuerdan.



Sección	Qué ajustas
General	el **idioma** (English o Español; cambia la próxima vez que abres Tensela); el **modo**, claro, oscuro o como el sistema; el **lugar** donde empieza un Sol, Asoleamiento o Luz natural nuevo
Vista 3D	el **estilo** al abrir, el **fondo**, si se muestran los ejes
Nodos	cómo se dibujan las **tarjetas de los nodos**: neutras con una franja de color, o con la cabecera toda de color; el **fondo** y la **trama** del lienzo (punteado, cuadrícula o liso), la rejilla y las guías
Unidades	en qué unidad se muestran las **longitudes** (m, cm, mm, pies o pulgadas), los **decimales**, y la fracción de pulgada
Interacción	el esquema del **ratón** en la vista 3D (Tensela, Blender, Rhino o SketchUp), hacia dónde **acerca** la rueda, y los **atajos de teclado**: haz clic en uno y pulsa las teclas nuevas
Editor de código	los colores, la letra y su tamaño, y las ayudas al escribir en un nodo **Código**

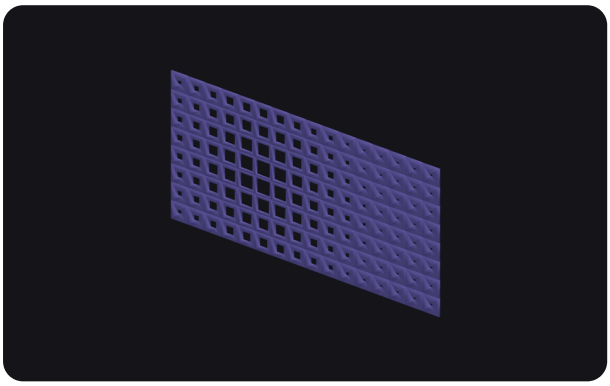
Unidades

Puedes escribir una longitud en **cualquier unidad**, `120 cm`, `4'`, `6 1/2"`, y un número solo se entiende en la unidad que elegiste. El proyecto se guarda siempre en metros, así se abre igual para cualquiera.

Recetas

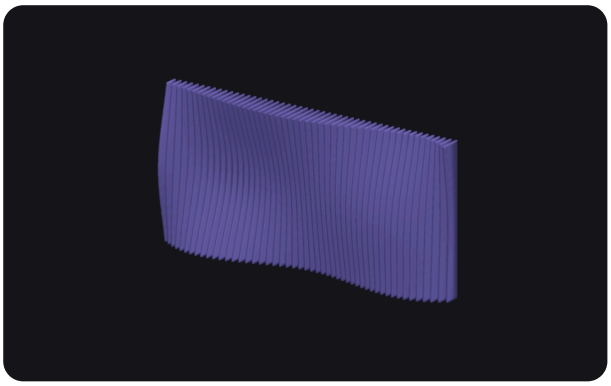
Recetas

Cada receta arma una cosa de principio a fin, con sus nodos y valores, y termina con un archivo de proyecto que puedes abrir y cambiar. Usan pocos nodos cada una: búscalos en todos los nodos cuando quieras saber más.



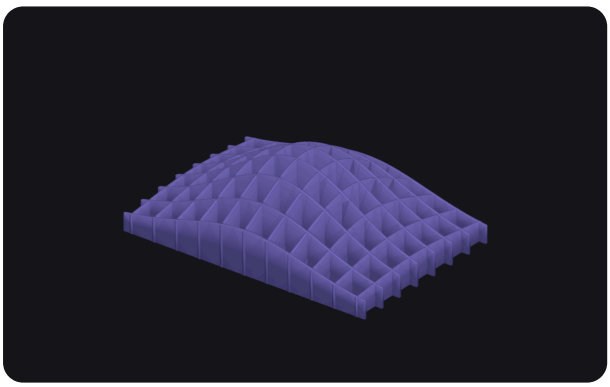
Una fachada que respira

Marcos cuyas aberturas crecen cerca de un punto y se cierran lejos de él.



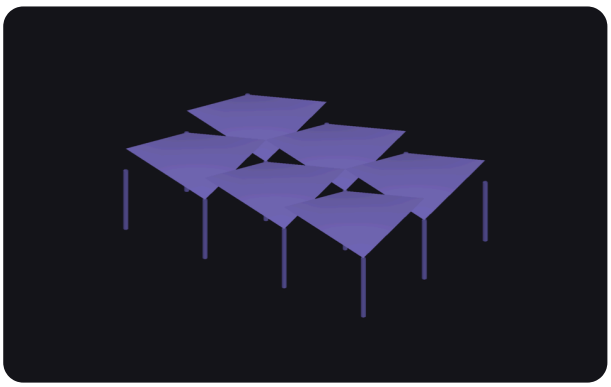
Un muro de costillas

Un muro ondulado de costillas de madera a partir de tres curvas dibujadas a mano.



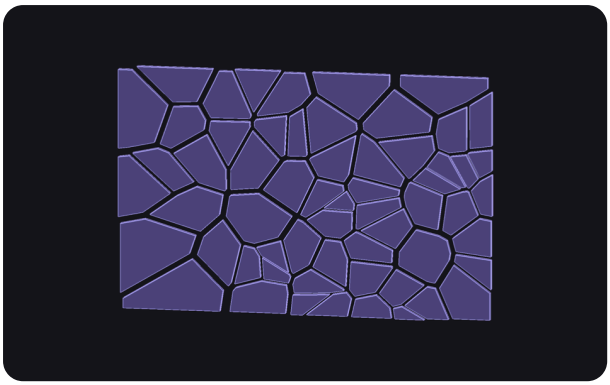
Una maqueta waffle lista para cortar

La maqueta de una colina como dos familias de tablas que encastran, acostadas en planchas para la cortadora láser.



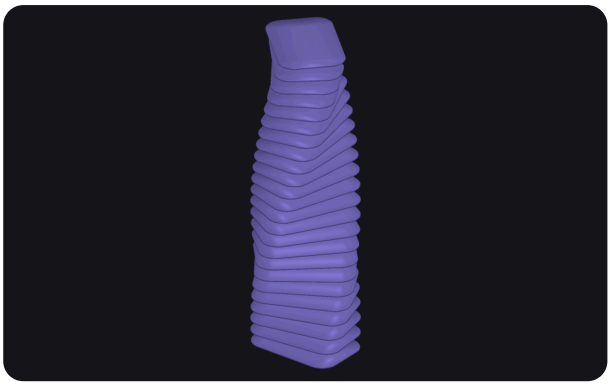
Una cubierta de paraboloides hiperbólicos

Seis paños de una cubierta, cada uno plegado en una silla de montar de rectas, sobre columnas.



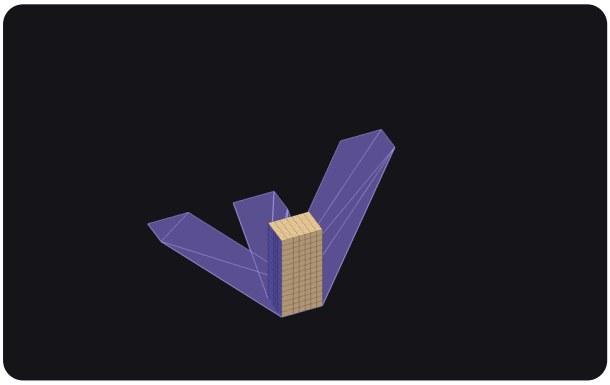
Una piel Voronoi

Una fachada de celdas irregulares con juntas abiertas entre ellas.



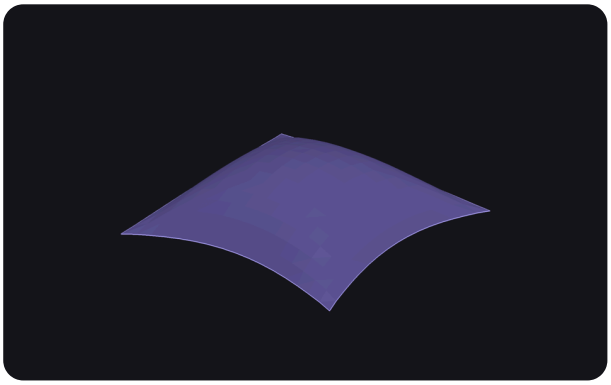
Una torre que gira

Veinticuatro pisos, cada uno un poco más girado que el de abajo.



Un estudio de sol

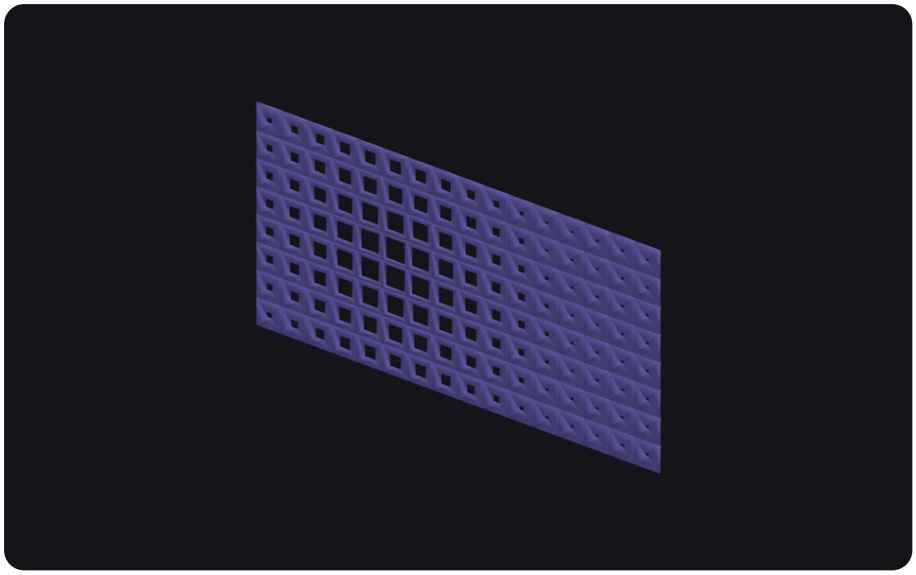
El sol de invierno sobre un edificio en Montevideo: sus sombras a tres horas y las horas de sol de cada panel.



Una bóveda que encuentra su forma

Una membrana colgada de sus esquinas e invertida: una bóveda que trabaja sobre todo a compresión.

Una fachada que respira



Una fachada de 24 × 12 m con 128 marcos. Cerca de un punto las aberturas son grandes; lejos, casi se cierran. Mueves el punto y la fachada respira con él.

5 nodos · Descargar `breathing-facade.tela`

Paso a paso

1. **La fachada.** Añade un **Rectángulo**: **ancho** `24`, **alto** `12`, **plano** *alzado*.

2. **Los paneles.** Añade una **Retícula** y conecta el Rectángulo a **rectángulo**. Escribe **columnas** `16` y **filas** `8`: 128 paneles de 1,5 m.

3. **El punto.** Añade un **Punto** con **x** `8` y **z** `6`.

4. **Cuánto se abre cada panel.** Añade un **Atractor**. Conecta la Retícula a **dónde** y el Punto a **atractores**. Escribe **alcance** `10`, **cerca** `0,85` y **lejos** `0,15`.

5. **Los marcos.** Añade un **Marco**. Conecta la Retícula a **panel** y el Atractor a **abertura**. Escribe **espesor** `0,12`.

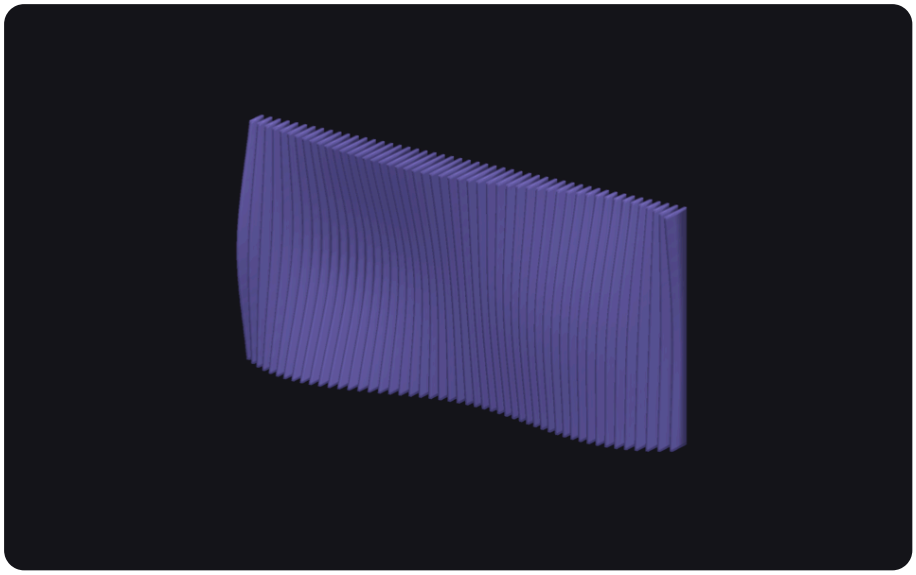
Ahora juega

- Mueve el **Punto** por la fachada.
- Intercambia **cerca** y **lejos**: cerrado alrededor del punto, abierto en el resto.
- Añade un segundo Punto y conéctalo a **más** del Atractor.

Descarga el proyecto

Descargar `breathing-facade.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Un muro de costillas



Un muro de 6 m de largo y 3 m de alto hecho con 50 costillas de madera. La onda sale de tres curvas dibujadas a mano: sin fórmulas. Es la idea de Dibuja la forma y después córtala.

8 nodos · Descargar `rib-wall.tela`

Paso a paso

1. **Tres curvas.** Añade tres **Curvas dibujadas** y dibuja cada una en la vista en planta: cinco puntos a lo largo de x, de `0` a `6` m, un poco delante de la línea del muro (y entre `-0,2` y `-0,6`). Que cada una ondule distinto.

2. **A sus alturas.** Añade dos **Mover**: uno sube la segunda curva una **distancia** de `1,5`, el otro sube la tercera `3`.

3. **En orden.** Añade un **Juntar**. Conecta la primera curva a **a**, la segunda (movida) a **b** y la tercera a **c**. Ponle a su **nivel** `sección`.

4. **El frente del muro.** Añade una **Superficie por secciones**: conecta el Juntar a **curvas** y escribe **sobre** `sección`.

5 **Las costillas.** Añade **Costillas**: conecta la Superficie a **forma**, y escribe **cantidad** `50` y **grosor** `0,04` (tablas de 4 cm).

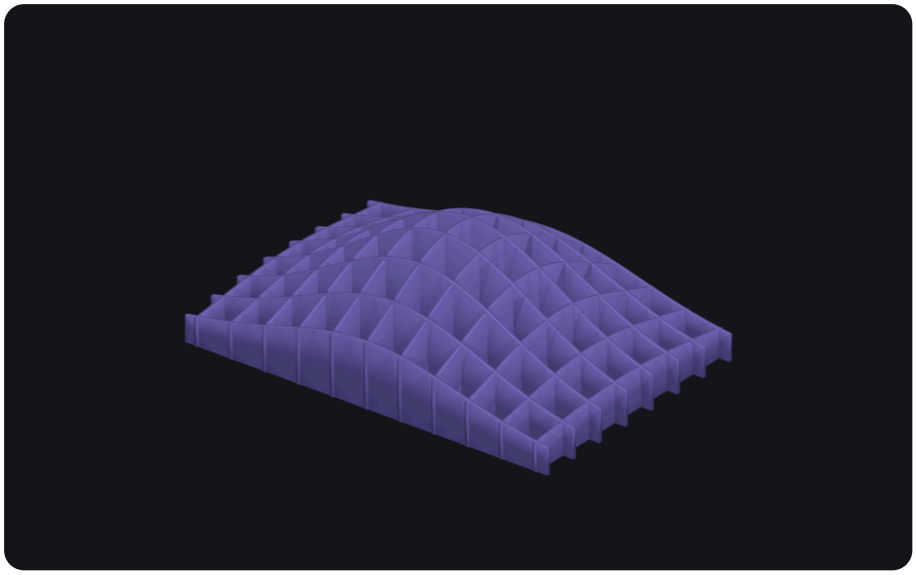
Ahora juega

- Arrastra los puntos de cualquier curva: todas las costillas la siguen.
- Cambia **cantidad** y **grosor**.
- Añade un **Volumen** y un **Resumir** para saber los m³ de madera.

Descarga el proyecto

Descargar `rib-wall.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Una maqueta waffle lista para cortar



Una maqueta de 30 × 20 cm de una colina en tablero de 3 mm: tablas en x y en y, ranuradas hasta la mitad para que entren unas en otras, acostadas en planchas de 600 × 400 mm con sus números. Todas las medidas en metros.

11 nodos · Descargar `waffle-model.tela`

Paso a paso

1. **La colina.** Arma una retícula de puntos: dos **Series** (`13` valores desde `-0,15` con paso `0,025` , nivel `u` ; `13` desde `-0,1` con paso `0,0167` , nivel `v`), una **Función** *colina* con ellas como **x** e **y**, **altura** `0,08` y **ancho** `0,3` , y un **Punto** con x, y y z de ellas. Únelos con una **Superficie por puntos**, **suave** encendido.

2. **Tablas en x.** Añade **Secciones**: la superficie a **forma**, **espesor** `0,003` , **separación** `0,025` , **cortes** *x*, **trozo** *hasta la base*, **fondo** `0,02` .

3. **Tablas en y.** Lo mismo con **cortes** *y*.

4. **Los encastres.** Añade **Encastres** con las tablas en x como **primero** y en y como **segundo**, **espesor** `0,003` : da la primera familia, ranurada. Añade otro igual con **mostrar** *segundo* para la otra familia, y un tercero con **mostrar** *tablas* para verlas encastradas.

5 **En planchas.** Añade **Acostar en planchas**: los dos primeros Encastres, el primero a **trozos** y el segundo a **más**, **ancho** `0,6`, **alto** `0,4`.

6 **El archivo. Archivo → Exportar → Archivo de corte**: un archivo por plancha, rojo para cortar, azul para grabar los números.

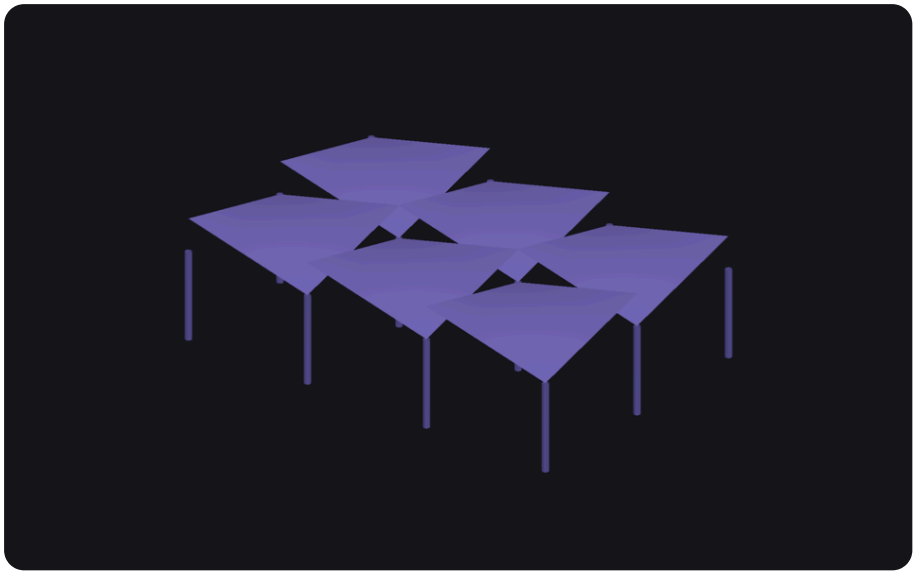
Ahora juega

- Cambia la **separación** entre tablas: pocas tablas firmes, o muchas delgadas.
- Cambia la colina con la **altura** de la Función.
- Usa la **holgura** de Encastres si tu láser quema más.

Descarga el proyecto

Descargar `waffle-model.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Una cubierta de paraboloides hiperbólicos



Una cubierta de 18 × 12 m a 4 m de altura en seis paños. Cada paño sube en dos esquinas opuestas y se vuelve un paraboloide hiperbólico, una silla de montar hecha solo de rectas, como las cáscaras de Félix Candela.

6 nodos · Descargar `hypar-roof.tela`

Paso a paso

1. **La planta de la cubierta.** Añade un **Rectángulo**: **ancho** `18`, **alto** `12`, **origen** `0 0 4`.

2. **Los paños.** Añade una **Retícula** con **columnas** `3` y **filas** `2`.

3. **Las sillas.** Añade un **Hypar**: la Retícula a **paneles**, **elevación** `1,5`.

4. **Dónde van las columnas.** Añade **Vértices** con la Retícula: las esquinas de cada paño.

5. **Las columnas.** Añade una **Línea por dirección** desde las esquinas, **dirección** `0 0 -1`, **largo** `4`, y un **Tubo** alrededor de esas líneas con **radio** `0,15`.

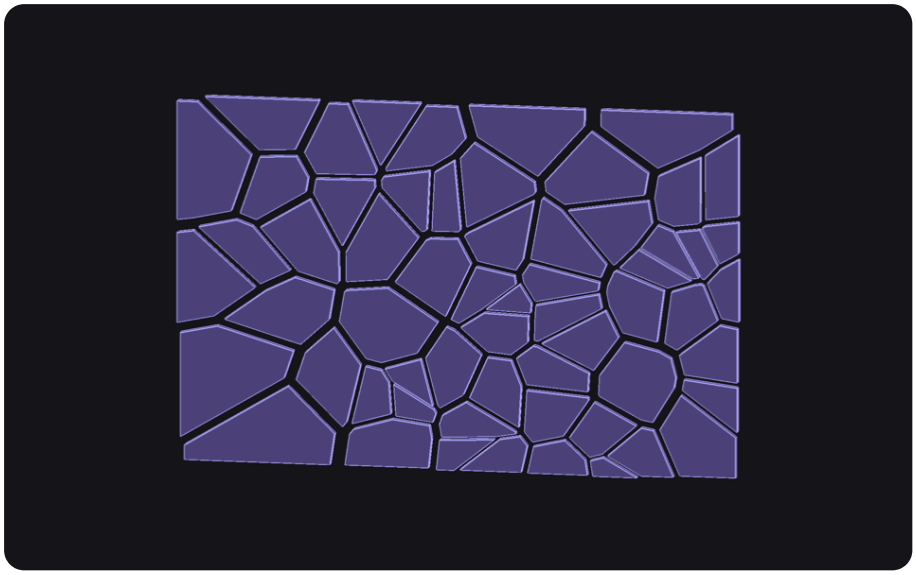
Ahora juega

- Cambia la **elevación**: plana en `0`, dramática en `3`.
- Elige las otras dos **esquinas** para subir.
- Con **mostrar** *pieza desplegada*, cada paño abierto por su pliegue en dos triángulos, para cortarlo de una plancha en una maqueta.

Descarga el proyecto

Descargar `hypar-roof.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Una piel Voronoi



Una fachada de 12 × 8 m cubierta con 60 paneles irregulares, cada uno una celda Voronoi, achicada un poco para dejar una junta abierta, y con espesor.

5 nodos · Descargar `voronoi-skin.tela`

Paso a paso

1. **La fachada.** Añade un **Rectángulo**: **ancho** `12`, **alto** `8`, **plano** *alzado*.

2. **Las semillas.** Añade **Puntos al azar** con el Rectángulo como **región**, **cantidad** `60`.

3. **Las celdas.** Añade un **Voronoi**: los puntos a **puntos**, el Rectángulo a **borde**.

4. **Las juntas.** Añade un **Escalar** con **factor** `0,88`: cada celda se achica sobre su propio centro.

5. **Los paneles.** Añade un **Engrosar** con **espesor** `0,12`.

Ahora juega

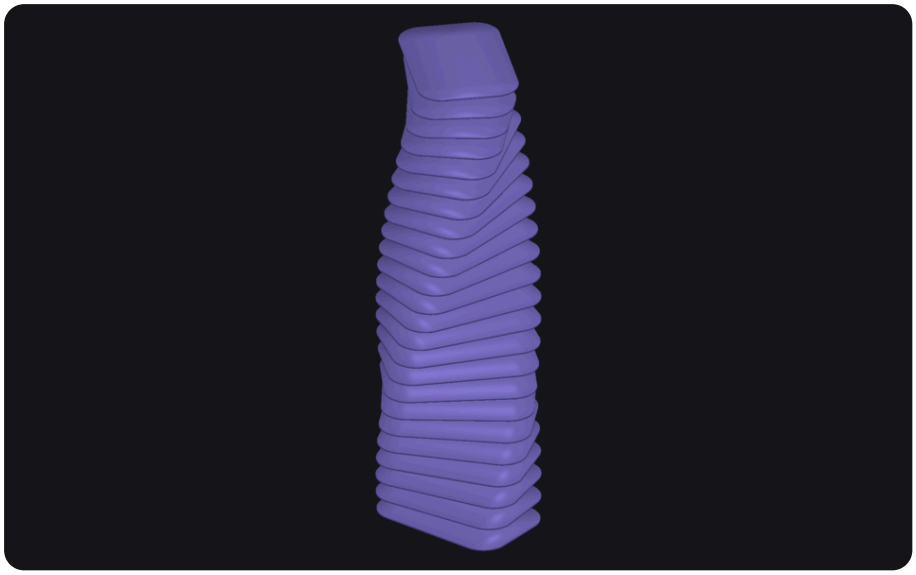
- Prueba otros valores de **semilla** en Puntos al azar hasta que te guste el dibujo.
- Más **cantidad**, celdas más pequeñas.

- Controla el **factor** de Escalar con un **Atractor**: juntas más anchas cerca de un punto.

Descarga el proyecto

Descargar `voronoi-skin.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Una torre que gira



Una torre de 24 pisos cada 3,5 m. Cada piso es la misma planta redondeada, girada 6° más que la de abajo: 138° del suelo a la cima.

7 nodos · Descargar `twisting-tower.tela`

Paso a paso

1. **Los pisos.** Añade una **Serie**: **cantidad** `24`, paso `1`, **nivel** `piso`.

2. **Sus alturas.** Añade una **Fórmula** `a * 3,5` con la Serie como **a**.

3. **Sus giros.** Añade otra **Fórmula** `a * 6` con la Serie como **a**: los grados de cada piso.

4. **La planta.** Añade un **Rectángulo redondeado**: **ancho** `24`, **alto** `16`, **radio** `4`, **origen** `-12 -8 0` (centrado en el eje).

5. **Arriba y alrededor.** Añade un **Mover** con las alturas como **distancia**, y después un **Girar** con los giros como **grados**.

6. **Las losas.** Añade un **Extruir** con **vector** `0 0 0,35` y **tapas** encendido.

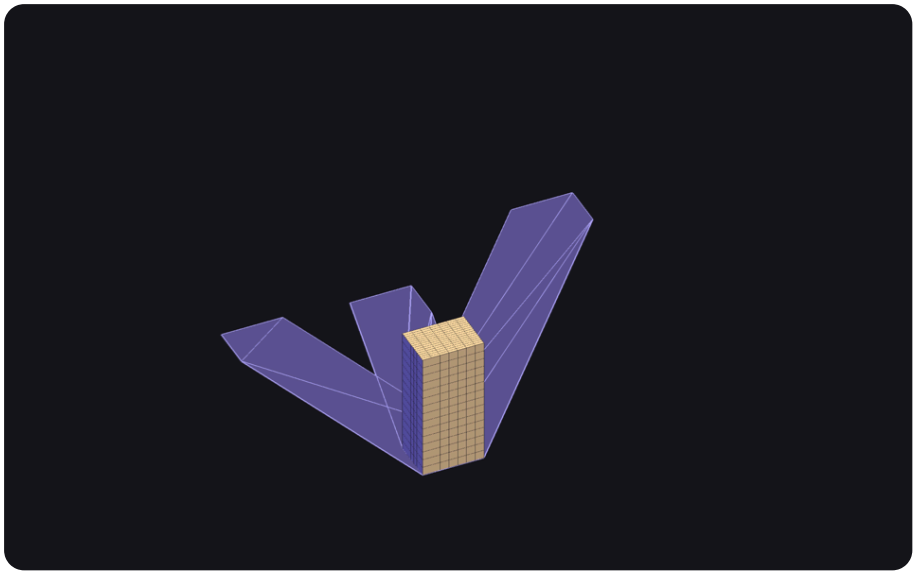
Ahora juega

- Cambia el `6` de los giros: una torre tranquila o una espiral.
- Haz que el giro crezca hacia arriba con `a * a * 0,25`.
- Escala cada piso con una tercera Fórmula para una torre que se afina.

Descarga el proyecto

Descargar `twisting-tower.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Un estudio de sol



Un edificio de 14 × 10 m y 30 m de alto, en Montevideo el 21 de junio, el solsticio de invierno allá: dónde cae su sombra a las 10, 12 y 14 h, y cuántas horas de sol recibe cada panel de sus caras, cubierta incluida, durante el invierno.

6 nodos · Descargar `sun-study.tela`

Paso a paso

1. **El edificio.** Añade un **Prisma**: **ancho** `14`, **fondo** `10`, **alto** `30`.

2. **Sus paneles.** Añade **Caras** con **cuáles** *todas* (las fachadas, la cubierta y la base), y una **Retícula** sobre ellas con **columnas** `7` y **filas** `15`.

3. **El sol.** Añade un **Sol**: **lugar** *Montevideo*, **mes** `6`, **día** `21`, **hora** `10; 12; 14`, **mostrar** *rayo*.

4. **Las sombras.** Añade una **Sombra**: el Prisma a **geometría**, el Sol a **rayo**.

5. **Las horas de sol.** Añade un **Asoleamiento**: la Retícula a **caras**, **lugar** *Montevideo*, **período** *invierno*, **mostrar** *horas de sol*. Pinta la Retícula según este valor en su panel (**Color → según un valor**).

Ahora juega

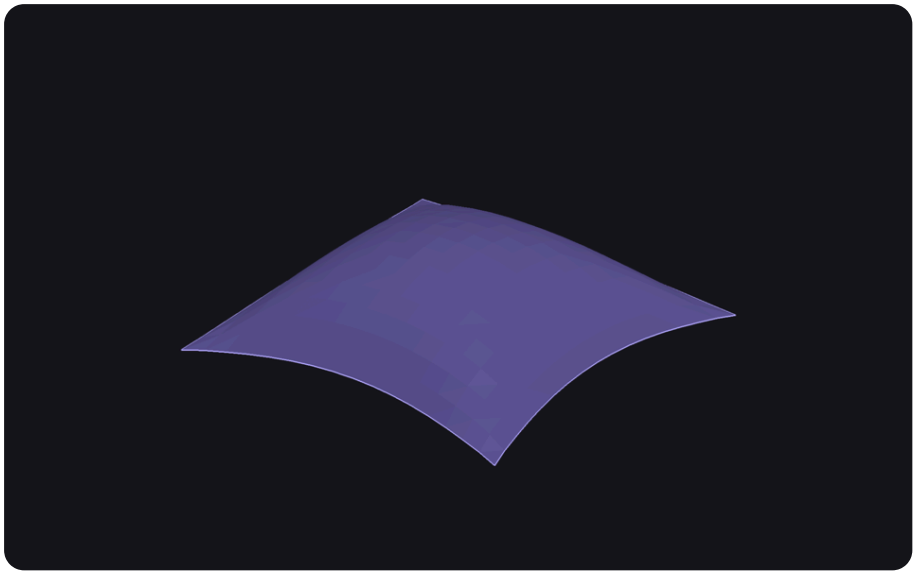
- Pulsa el ▶ de la hora en el Sol para ver la sombra moverse durante el día.
- Suma los edificios vecinos a **obstrucciones** del Asoleamiento.
- Cambia el **período** a *verano* y compara las fachadas norte y sur.

Es un estudio de diseño: para normativa o certificados, revísalo con un especialista.

Descarga el proyecto

Descargar `sun-study.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Una bóveda que encuentra su forma



Una membrana de 12 × 12 m sostenida en sus cuatro esquinas cuelga bajo su propio peso. Invertida, esa forma es una bóveda que trabaja sobre todo a compresión: el método de las maquetas colgantes de Gaudí e Isler.

Es un estudio de forma, no un cálculo estructural: antes de construirla tiene que revisarla un ingeniero.

3 nodos · Descargar `hanging-vault.tela`

Paso a paso

1. **La planta.** Añade un **Rectángulo**: **ancho** `12`, **alto** `12`.

2. **La membrana.** Añade una **Malla de superficie** con **cantidad u** `16` y **cantidad v** `16`.

3. **La bóveda.** Añade un **Equilibrio**: la malla a **forma**, **peso propio** `300`, **gravedad** `0 0 1` (hacia arriba: la forma colgante invertida).

Ahora juega

- Cambia **apoyos** a *borde*: una bóveda apoyada en sus cuatro bordes.
- Añade **más apoyos** adentro: una bóveda sobre columnas.
- Pon **mostrar** en *fuerzas* para ver la compresión de cada tramo.

Descarga el proyecto

Descargar `hanging-vault.tela` · Ábrelo en Tensela: **Archivo → Abrir**.

Extensiones

Extensiones

Para qué

Una extensión le agrega a Tensela lo que no trae: un nodo para un sistema de tu estudio, una forma de exportar al formato de una máquina, un panel con una herramienta, una conexión con otro programa. Se agrega sin cambiar Tensela, y se va cuando se apaga.

Cómo

1. Búscala en la página Extensiones de tensela.com, o pídesela a quien la hace. Es un `.zip`.
2. **Extensiones → Gestionar extensiones… → Instalar desde un archivo…** y elige el `.zip`.
3. Lee su ficha antes de instalarla: qué hace, quién la hace, su licencia y **qué puede hacer**. Lo que no pide está en verde; lo que pide, en ámbar, cada cosa con **para qué**, en palabras de quien la hizo.
4. **Instalar.** Queda encendida en el acto: sus nodos están en el buscador (Tab), sus entradas en los menús, sus paneles en el menú **Extensiones**.

En **Gestionar extensiones…**, cada tarjeta tiene su **interruptor** (encendida o apagada, en el acto) y su **⋯** (su sitio web, dónde reportar un problema, su código, su carpeta, Quitar). Arriba, un buscador, cuáles mostrar y en qué orden, y dos vistas: detallada (una tarjeta cada una) y compacta (una línea cada una, que se abre con un clic).

Qué puede hacer

Toda extensión calcula dentro de Tensela. Además, su ficha dice si puede:

En ámbar	Quiere decir
Internet	se conecta a internet (para bajar el clima de un lugar, un mapa…)
Archivos fuera del proyecto	lee o escribe archivos que no son del proyecto
Otros programas	abre otros programas de la computadora
Habla con otros programas de la computadora	otro programa de la computadora habla con Tensela, dentro de ella, nunca por internet

Una extensión es un programa: Tensela muestra lo que dice que hace, pero no puede comprobarlo. Instala solo las que vengan de alguien en quien confías. Las de la página Extensiones de tensela.com tienen su código público y las revisó una persona antes de publicarlas: baja el riesgo, pero no es una garantía. Instala solo las que necesites.

Actualizar una

Instala el `.zip` nuevo encima. Su ficha dice qué pasa: **actualiza la instalada** (1.0 → 1.1), **es más vieja** (en ámbar: vuelves a una versión anterior) o **es la misma**. Si estaba encendida, sigue encendida; si estaba apagada, sigue apagada.

Las dos de Tensela

- **Animación** viene con Tensela, apagada. Encendida, **Extensiones → Animación** abre su panel: un deslizador de un valor a otro en un número de cuadros, la vista 3D como se ve en cada uno, como GIF o imágenes PNG.
- **Conexión con IA** viene aparte (en la página Extensiones). Un programa de IA que tú elijas mira el proyecto abierto y lo cambia. Tensela habla con él dentro de tu computadora; lo que ese programa haga con lo que lee depende de él. Cada paso se deshace con Ctrl + Z, y los nodos Código y los archivos te preguntan antes.

Trucos

- Un proyecto con nodos de una extensión que no está instalada (o está apagada) se abre igual: esos nodos se conservan, marcados en rojo, y vuelven a calcular cuando la extensión vuelve.
- Una extensión que falla al encenderse queda apagada, y Tensela dice por qué.
- Sus paneles se mueven y se sacan a una ventana aparte como los demás; una ventana aparte queda encima de Tensela.
- Para escribir la tuya: Escribir una extensión.

Escribir una extensión

Para qué

Para lo que Tensela no trae y necesitas una y otra vez: el módulo de un sistema de fachada de tu estudio, un nodo que lee los datos de un proveedor, el formato de corte de una máquina, un panel con una verificación propia. Si es una sola vez, alcanza con un nodo Código; si es para ti y para otros, o para cada semana, es una extensión.

Cómo

Necesitas Tensela y un editor de texto. Ayuda saber un poco de Python: una extensión es una carpeta con su ficha y un paquete de Python pequeño.

1. Empieza por la plantilla

Copia el repositorio extension-template (en GitHub, **Use this template**, o descárgalo como `.zip`). Trae un nodo (**Pliegue**, el zigzag de una cubierta plegada), una acción, una entrada del clic derecho, un panel, un icono, sus pruebas y lo que la publica.

```
facade-tools/                    la carpeta: el id de la extensión
    extension.toml               su ficha
    facade_tools/                su paquete: el id con "_" en vez de "-"
        __init__.py              def register(tensela): …
        fold.svg                 su icono
    tests/test_my_extension.py
```

En `extension.toml`, cambia el `id` (minúsculas, números y `-`), su nombre, tu nombre, qué hace, su licencia y sus enlaces. Renombra la carpeta del paquete como el id con `_`.

2. Cárgala desde su carpeta

1. **Extensiones → Gestionar extensiones… → Cargar una carpeta…** y elige la carpeta. Queda encendida en el acto, sin instalarla; su tarjeta dice «en desarrollo».
2. Cambia el código y guarda. En su tarjeta, **Recargar** (la flecha circular): Tensela la vuelve a leer, sin cerrarse.
3. Cuando termines, en su ⋯, **Dejar de desarrollarla**. La carpeta queda como está.

3. Un nodo

```
from tensela.nodes import Input
```

```
def fold(length, folds, rise, name=None):
    ...                       # da un Data: números, puntos, curvas, superficies…

def register(tensela):
    tensela.node("Fold", "Curves",
                 (Input("length", 12.0, single=True), Input("folds", 4, single=True),
                  Input("rise", 1.2, single=True)),
                 "fold", fold, "A folded line, as in a folded plate roof.", icon="fold")
```

La función recibe las entradas por su nombre (y `name`, el del nodo) y da su resultado. Solo debe calcular: corre también en el proceso que calcula, aparte de la ventana, y las mismas entradas deben dar el mismo resultado.

4. Menús, paneles, iconos

```
tensela.icon("fold", "facade_tools/fold.svg")              # 24 × 24, dibujado con líneas
tensela.action("Count the nodes", count_nodes)             # menú Extensiones: count_nodes(window)
tensela.menu("node", "Add a Fold", add_fold)               # clic derecho en un nodo:
add_fold(window, node)
tensela.panel("Facade check", build_panel)                 # menú Extensiones: build_panel(window)
da un QWidget
tensela.on("selected", selected)                           # selected(window, node): un nodo
elegido, o None
tensela.export("Machine format…", ".cut", write_cut)       # Archivo → Exportar: write_cut(path,
objects)
```

5. Cambiar el proyecto

A través de la ventana, así Ctrl + Z lo deshace en un paso:

```
def add_fold(window, node):
    def change(project):                                   # una copia del proyecto abierto
        new = project.graph.node("Fold", None, length=10, folds=4, rise=1)
        project.export.append(new.name)                    # su ojo encendido
    window.edit_project(change, "A Fold node")
```

Si `change` falla, no cambió nada.

6. En español (y otros idiomas)

Escribe cada texto en inglés y tradúcelo en la ficha:

```
[es]
name = "Herramientas de fachada"
description = "…"

[translations.es]
"Fold" = "Pliegue"
"length" = "largo"
```

7. Pruébala y empaquétala

```
python -m pytest tests
tensela-app --pack-extension .
```

Con la AppImage: `Tensela.AppImage --pack-extension .`. Revisa la ficha, deja `<id>-<versión>.zip` al lado de la carpeta y dice su SHA-256, su huella. Prueba el `.zip` con **Instalar desde un archivo…**, como lo harán los demás.

Para compartirla con todos: Publicar una extensión.

Qué hace

Su ficha

Clave	
`id`	minúsculas, números y `-`; su carpeta y, con `_`, su paquete
`name`, `version`, `author`, `description`	lo que dice la ficha
`tensela`	la Tensela más vieja con la que funciona (`"0.9"`)
`licence`	su licencia, por su nombre SPDX (`"GPL-3.0-or-later"`, `"MIT"`…)
`website`, `issues`, `source`, `contact`	sus enlaces: dónde se cuenta, dónde reportar un problema, su código
`[permissions]`	qué puede hacer además de calcular, y para qué: `network`, `files`, `programs`, `local`
`[es]`, `[es.permissions]`	la ficha en español
`[translations.es]`	sus textos en español

La puerta: lo que recibe `register(tensela)`

	Su función recibe
`tensela.node(name, category, inputs, output, function, help, icon=)`	las entradas por nombre, y `name`
`tensela.export(label, suffix, function, help)`	la ruta y los objetos visibles (nombre, Data, estilo)
`tensela.action(label, function, help, icon=)`	la ventana
`tensela.menu(where, label, function, help, icon=)`	la ventana, y el nodo (`where="node"`); `"canvas"`, `"view"`
`tensela.panel(title, build, help)`	la ventana; da el contenido del panel
`tensela.icon(name, file)`	(un SVG de su carpeta)
`tensela.on(event, function)`	la ventana; `"window"`, `"computed"`, `"selected"` (+ nodo), `"project"`, `"sliders"`
`tensela.command(function, help)`	los argumentos: `--extension <id> …`, sin la ventana

`unregister()`, si el paquete tiene uno, se llama al apagarla. Todo lo que agregó se va solo.

Lo que puede usar de la ventana

`window.project`	el proyecto abierto: `graph` (sus nodos), `export` (los visibles), `controls` (los deslizadores); None si no hay
`window.edit_project(change, what)`	para cambiarlo, como un paso de Ctrl + Z
`window.last_errors`	lo que falló en el último cálculo: nodo → mensaje
`window.also_calculate`	nodos para calcular también, aunque no se vean (vacíalo después)
`window.show_extension_panel(title)`	para abrir uno de sus paneles
`window.statusBar().showMessage(text)`	para decir algo abajo
`window.viewer.save_image(path)`	la vista 3D como PNG

Trucos

- Mantén pura la función de un nodo: sin archivos, sin red, sin ventana. Lo que los necesita va en una acción o un panel.
- Una tarea larga en una acción bloquea la ventana: divídela, o di qué hace en la barra de abajo mientras trabaja.
- El icono se tiñe con el color del tema: dibújalo con líneas (`stroke`), sin colores fijos.

- Las extensiones Animación y Conexión con IA también son ejemplos: su código está en el repositorio de Tensela.

Cómo corre

Una extensión es Python que Tensela importa: puede hacer todo lo que hace Python, y por eso su ficha dice qué hace y el catálogo revisa su código. Sus nodos se registran en la ventana y en el proceso que calcula (un proceso aparte, para que un cálculo largo no congele la ventana); por eso un nodo solo calcula. Al apagarla, Tensela quita lo que registró y olvida su paquete, así **Recargar** la vuelve a leer desde su carpeta.

Publicar una extensión

Para qué

Para que cualquiera la encuentre en la página Extensiones de tensela.com, con su ficha, lo que puede hacer, su `.zip` y su huella.

Cómo

1. **Su código, en un repositorio público.** El catálogo lo pide: cualquiera puede leer qué hace.
2. **Una publicación (release) con su `.zip`.** Con la plantilla, marca la versión (`git tag v0.1.0`, `git push --tags`): su flujo corre las pruebas, la empaqueta y adjunta el `.zip` y `SHA256SUMS`.
3. **Su archivo para el catálogo**, hecho a partir del `.zip` con la herramienta del repositorio tensela-extensions:

   ```
   python tools/catalogue.py entry facade-tools-0.1.0.zip https://github.com/…/facade-tools-0.1.0.zip > extensions/facade-tools.json
   ```

   Copia lo que dice su ficha y calcula su huella. Léelo: es lo que muestra la página.
4. **Un pull request** con ese archivo. Una revisión automática corre sola (el `.zip` es el que dice su huella, y su ficha coincide con su archivo), y después lo revisa una persona.

Qué se revisa

- Su código es público, y el `.zip` tiene lo que dice ese código.
- Sus permisos tienen sentido para lo que hace, y cada uno dice para qué.
- Nada escondido: nada de código que se baja mientras corre, ningún dato de la persona enviado a ningún lado sin decirlo, nada ofuscado.
- Su ficha está completa: nombre, qué hace, quién la hace, licencia, código, dónde reportar un problema.

Los problemas de una extensión se reportan donde dice su ficha, a quien la hace.

Actualizarla

Cambia `version` en su ficha, marca la publicación nueva, y un pull request que cambie `version`, `download`, `sha256` y `updated` en su archivo. Quien instale el `.zip` nuevo ve «Actualiza la instalada».

Comprobar un .zip que bajaste

Su página en tensela.com dice su huella (SHA-256). En una terminal:

```
sha256sum facade-tools-0.1.0.zip
```

Si los 64 caracteres son iguales, el `.zip` es el que se revisó.

Los nodos

Todos los nodos

Cada familia tiene su color en el lienzo. Cada página cuenta todos sus nodos en el mismo orden: **para qué**, **cómo**, **qué hace** (cada entrada en palabras simples) y **trucos**.

Míralos todos de una vez en el mapa de todos los nodos.

Familia	Para qué sirve
Valores	números, listas, fórmulas e interruptores que mueven el diseño
Formas	rectángulos, cajas, prismas, esferas y puntos para empezar
Curvas	líneas, arcos, círculos, catenarias, curvas libres, y cómo dividirlas, cortarlas y rotularlas
Superficies	superficies por curvas, puntos o bordes, estructuras sobre superficies, desarrollar
Dividir	retículas, Voronoi, caras, vértices, y elegir, partir y reordenar listas
Medir	distancias, atractores, remapeos, áreas y volúmenes, condiciones
Transformar	mover, colocar, orientar, girar, escalar, torcer, encajar módulo, engrosar, marco
Mallas	mallas de superficies, puntos o triángulos, unir, suavizar, editar a mano
Fabricación	secciones, encastres, placas, paneles planos, planchas con números, biseles, revisión para imprimir
Ambiente	sol, sombra, incidencia, asoleamiento, luz natural, clima
Simulación	formas colgantes, análisis de barras, optimización topológica
Grupos	el resultado de grupo, y los nodos dentro de un grupo

Valores

Los valores son los números y las listas que mueven un diseño: el ancho de un vano, 16 pisos, un ángulo que depende de una distancia. En el lienzo son verdes.

Número

Para qué. Un valor que quieres cambiar a mano: la altura de un piso, el fondo de un quiebrasol. O una lista corta escrita a mano: pisos de alturas distintas, vanos de anchos distintos.

Cómo. Escribe el **valor**. En la ventana se vuelve un deslizador que puedes arrastrar.

Entrada	Qué quiere decir
valor	un número, o varios separados por `;` : `3,5; 3; 3; 4`
nivel	el nombre de la lista cuando hay varios valores: *piso*, *vano*, *eje*

Trucos.

- Con varios valores, ponle nombre a la lista, para que se empareje o se cruce bien con otras. Listas con nombre

Serie

Para qué. Muchos números que siguen una regla: 25 pisos cada 3,2 m, 12 escalones, 40 quiebrasoles repartidos en una fachada.

Cómo. Escribe cuántos (**cantidad**) y cómo avanzan: **con paso** (desde el inicio, tanto cada vez) o **entre dos** (repartidos parejo desde el inicio hasta el final).

Entrada	Qué quiere decir
cantidad	cuántos números
modo	*con paso* o *entre dos*
inicio	el primer número
paso	cuánto suma cada uno (con paso)
hasta	el último número, incluido (entre dos)
nivel	el nombre de la lista nueva: *piso*, *escalón*, *eje*

Trucos.

- Una Serie es la forma habitual de empezar una lista. Ponle nombre a su nivel desde el principio.
- `cantidad 5, inicio 0, paso 3,2` da `0; 3,2; 6,4; 9,6; 12,8`: los niveles de cinco pisos.

Fórmula

Para qué. Un cálculo, como una celda de hoja de cálculo: un ángulo a partir de una distancia, una altura que crece piso a piso.

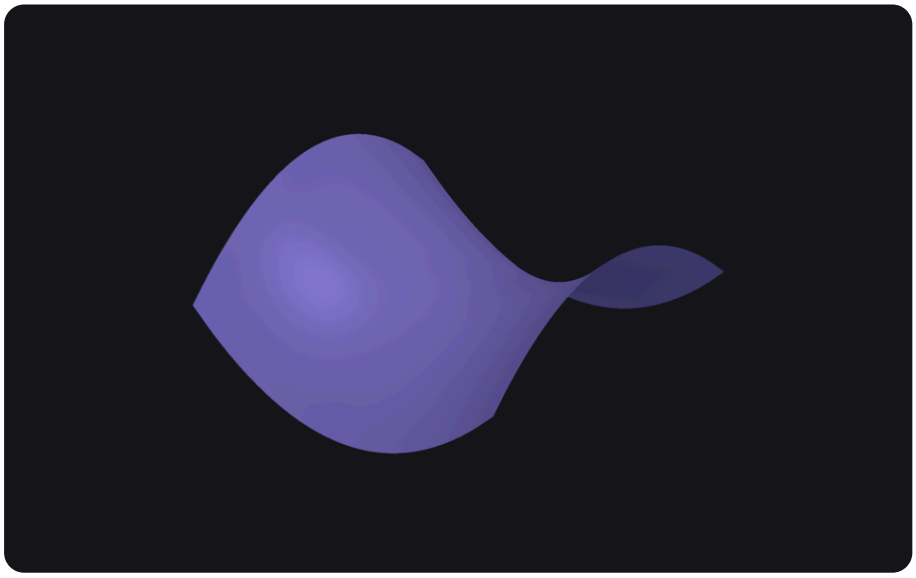
Cómo. Escribe la **fórmula** con las letras **a** a **h**, y conecta un valor a cada letra que uses. Las letras **e** a **h** aparecen cuando las escribes.

Entrada	Qué quiere decir
fórmula	como en una hoja de cálculo: `a * 3,5`, `si(a < 5; 90; 0)`, `sen(a)`
a … h	los valores que usa la fórmula

Trucos.

- Los ángulos van en **grados**: `sen(30)` es 0,5.
- Entiende español e inglés, incluso mezclados: `si(a < 7; 3; 6)` = `if(a < 7, 3, 6)`.
- Si **a** es una lista de 240 valores, la fórmula se calcula 240 veces, una por cada uno.

Función



Para qué. Formas listas para un número: una onda, un arco, una catenaria, una colina, una silla de montar. Para darle una onda a una fachada o un abombado a una cubierta sin escribir una fórmula.

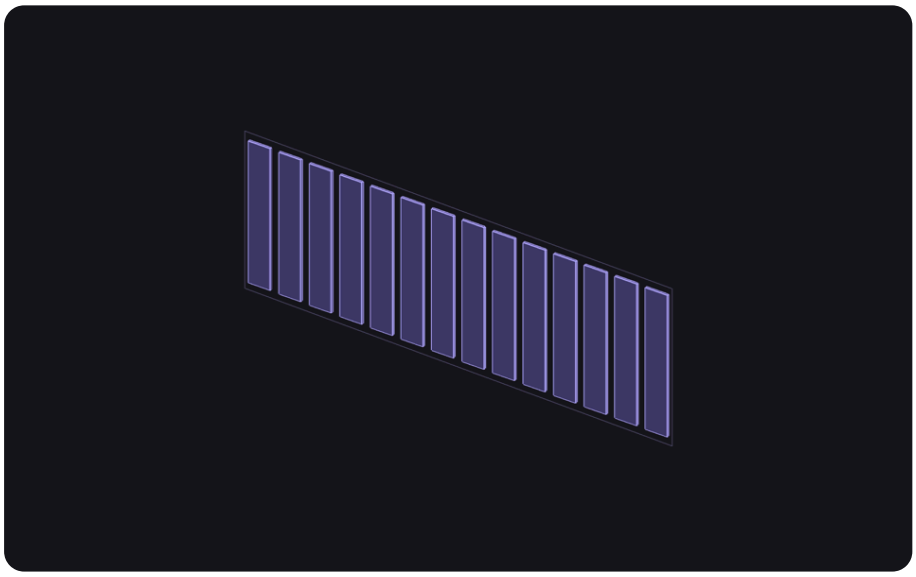
Cómo. Elige la **forma**, conecta dónde se calcula (**x**, e **y** en las formas de dos variables) y dale su **altura** y su **ancho**.

Entrada	Qué quiere decir
forma	de una variable: *onda*, *rampa*, *parábola*, *catenaria*, *campana*, *escalón*, *diente de sierra* · de dos: *ola*, *ondas*, *colina*, *silla*, *cúpula*, *pirámide*
x	dónde se calcula: una Serie, unas distancias, la x de unos puntos
y	la segunda variable, en las formas de dos: otra Serie, con otro nombre de nivel
altura	cuánto sube
ancho	cada cuánto se repite, o qué tan grande es la forma

Trucos.

- La *silla* es el paraboloide hiperbólico, la forma de muchas cáscaras de Félix Candela.
- El panel del nodo dice para qué sirve cada forma.

Al azar



Para qué. Un poco de variedad: quiebrasoles con ángulos apenas distintos, paneles de colores al azar, árboles de alturas distintas.

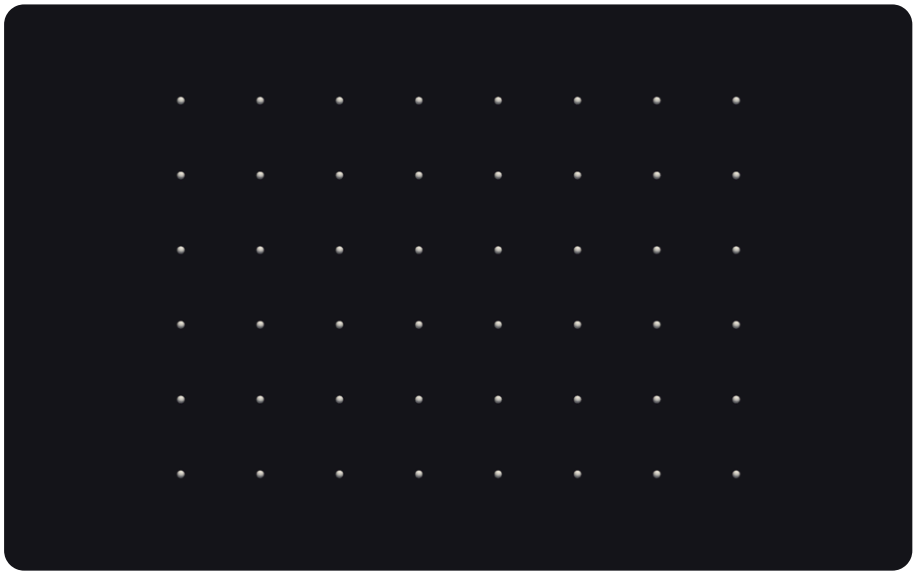
Cómo. Por elemento: un número al azar para cada elemento de un dato. **Cantidad:** una cantidad suelta de números.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*por elemento* o *cantidad*
dato	los elementos que reciben un número cada uno (por elemento)
sobre	un número por cada… celda, fila; vacío: el primer nivel
cantidad	cuántos números (cantidad)
nivel	el nombre de la lista nueva; el mismo nombre que otra lista, para emparejarlas
mínimo, **máximo**	el rango
enteros	sí: números enteros, del mínimo al máximo, los dos incluidos
semilla	la misma semilla da siempre los mismos números; otra semilla, otros

Trucos.

- Aquí el azar se puede repetir: el diseño no cambia cada vez que lo abres, solo cuando cambias la semilla.

Punto



Para qué. Un punto en el espacio: un atractor, una esquina, el centro de algo.

Cómo. Escribe su **x**, su **y** y su **z**.

Trucos.

- Si una coordenada es una lista, salen muchos puntos. Dos listas con nombres distintos dan una retícula de puntos. Listas con nombre
- X va hacia el este, Y hacia el norte, Z hacia arriba.

Sí o no

Para qué. Un interruptor: para encender o apagar una parte del modelo, o para comparar dos variantes.

Cómo. Conéctalo a la **condición** de un **Escoger**, que entonces da una variante o la otra.

Info

Para qué. Para leer lo que lleva un cable: números, una lista, puntos. Lo deja pasar sin cambios, así que lo puedes poner en medio de una cadena.

Cómo. Conecta cualquier cosa a su **valor** y léelo en la tarjeta.

Repetir

Para qué. Para que una lista corta vaya con una larga: un patrón de tres anchos de vano repetido a lo largo de una fachada de 20.

Cómo. Conecta el **dato**, elige el **nivel** y escribe el **largo** final.

Entrada	Qué quiere decir
dato	la lista que se repite
nivel	qué nivel, si hay varios; vacío: el único
largo	cuántos elementos debe tener al final

Trucos.

- `2; 6; 1` repetido hasta 5 da `2; 6; 1; 2; 6`.

Juntar

Para qué. Para poner de dos a ocho cosas **lado a lado**, con un nivel nuevo: una curva y su huella, para unirlas con una superficie; el inicio, el medio y el final de cada línea, para una curva por los tres.

Cómo. Conecta **a** y **b**; conecta la última y aparece otra entrada, hasta **h**.

Entrada	Qué quiere decir
a … h	lo que juntas
nivel	el nombre del nivel nuevo (*parte* de fábrica)

Unir listas

Para qué. Para poner listas **una detrás de otra** en una sola lista: las aristas de una caja y unas barras más.

Cómo. Conecta **a** y **b**; aparece otra entrada cada vez, hasta **h**.

Trucos.

- **Juntar** pone las cosas lado a lado y suma un nivel; **Unir listas** las pone en fila en una sola lista.

Código

Para qué. Para lo que los nodos no alcanzan: un ciclo, una función que se llama a sí misma, una regla propia. La mayoría de los diseños nunca lo necesita.

Cómo. Escribe un trozo corto de **Python**. Lo que conectas a **a … h** llega al código con esas letras, y lo que el código deja en `result` sale del nodo.

Entrada	Qué quiere decir
código	hasta 200 líneas de Python que dejan su respuesta en `result`
a … h	los valores que usa el código
niveles	el nombre de la lista que da el código; para listas dentro de listas, un nombre para cada una, separados por `;`

Trucos.

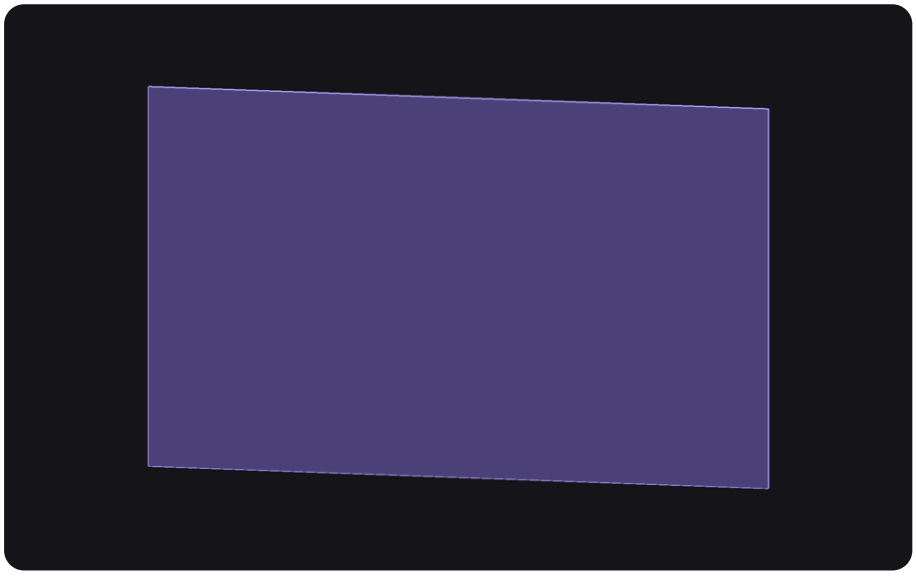
- El código corre **aparte de la app y con límites**: trabaja con números, listas, puntos, líneas y mallas, y está hecho para no abrir archivos, usar la red ni ejecutar otros programas.

Formas

Las formas son el punto de partida de casi todos los diseños: una fachada, un terreno, un bloque, un quiebrasol. En el lienzo son azules.

Cada entrada acepta varios valores. Un Rectángulo con **ancho** `4; 6; 8` da tres rectángulos, y un Prisma cuyo **alto** viene de una Serie de 5 pisos da cinco volúmenes. Mira Listas con nombre.

Rectángulo



Para qué. Una fachada, un terreno, una losa, una plancha para cortar: la base de muchos diseños.

Cómo. Escribe su **ancho** y su **alto** y elige el **plano**: *planta* para un piso o un terreno, *alzado* para una fachada.

Qué hace.

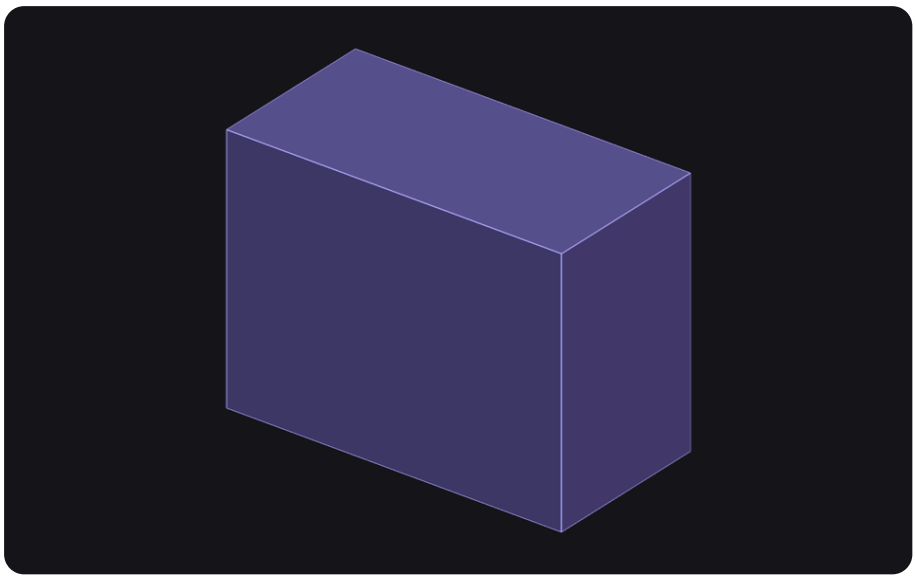
Entrada	Qué quiere decir
ancho	el lado horizontal: en X (en Y si es *lateral*)
alto	el otro lado: norte-sur en planta, hacia arriba en alzado
origen	dónde está su esquina inferior izquierda (`0 0 0` de fábrica)
plano	*planta* (acostado), *alzado* (de pie, mirando al sur) o *lateral* (de pie, mirando al este)

Trucos.

- Un rectángulo es un contorno plano, no un cuerpo: tiene área pero no volumen. **Extrúyelo** con tapas para tener un volumen.

- Pártelo en paneles con una **Retícula**, como en Tu primer proyecto.

Caja



Para qué. Un quiebrasol, una viga, un ladrillo, un bloque que repites muchas veces.

Cómo. Escribe su **ancho**, su **fondo** y su **alto**, y después llévala donde quieras con **Colocar** o **Mover**.

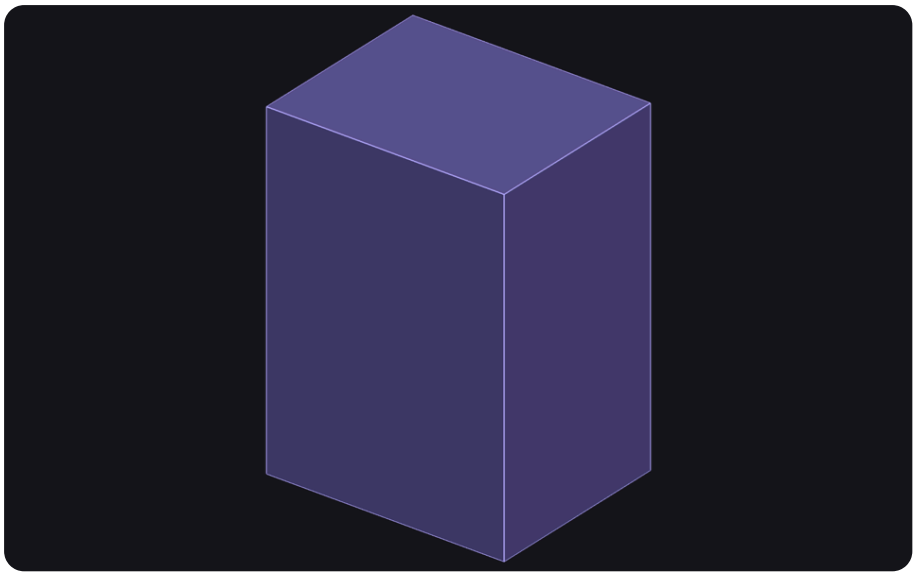
Qué hace.

Entrada	Qué quiere decir
ancho	en X
fondo	en Y
alto	en Z, hacia arriba

Trucos.

- Una Caja está **centrada en el origen**, así que cuando **Colocar** la gira, gira sobre su propio centro: justo lo que necesita un quiebrasol.
- Para un edificio que se apoya en una esquina, usa mejor un **Prisma**.

Prisma



Para qué. El volumen de un edificio, una torre, una manzana de un plan maestro.

Cómo. Escribe su **ancho** (este-oeste), su **fondo** (norte-sur) y su **alto**. El **origen** es su esquina inferior sur-oeste.

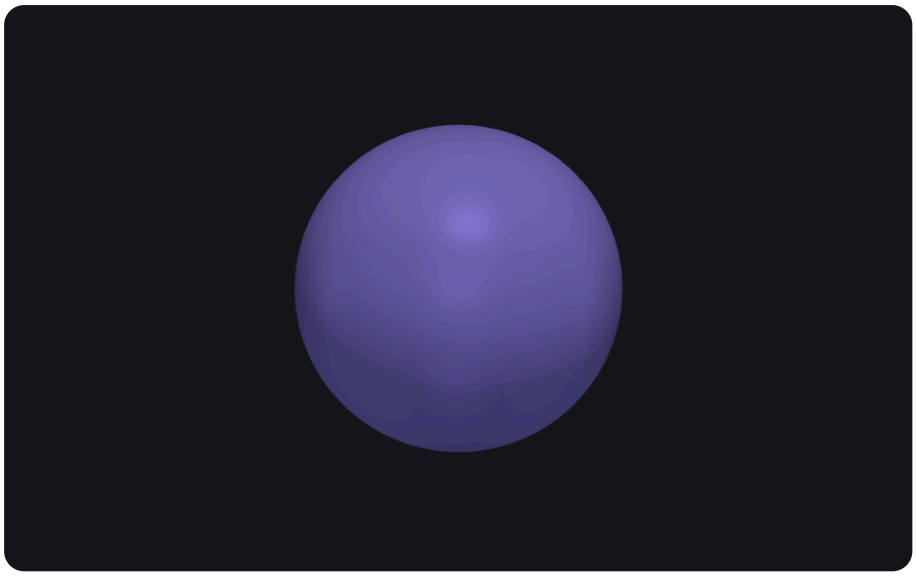
Qué hace.

Entrada	Qué quiere decir
ancho	este-oeste, en X
fondo	norte-sur, en Y
alto	hacia arriba
origen	la esquina inferior sur-oeste

Trucos.

- Pide sus caras **por nombre** con **Caras**: *sur*, *este*, *norte*, *oeste*, *techo*, *base*, o todas las *fachadas* a la vez. Después parte una fachada con una **Retícula** para ponerle paneles.
- **Caras** también funciona con una **Caja**.

Esfera



Para qué. Una cúpula, un volumen de referencia, una zona hecha visible.

Cómo. Escribe su **centro** y su **radio**.

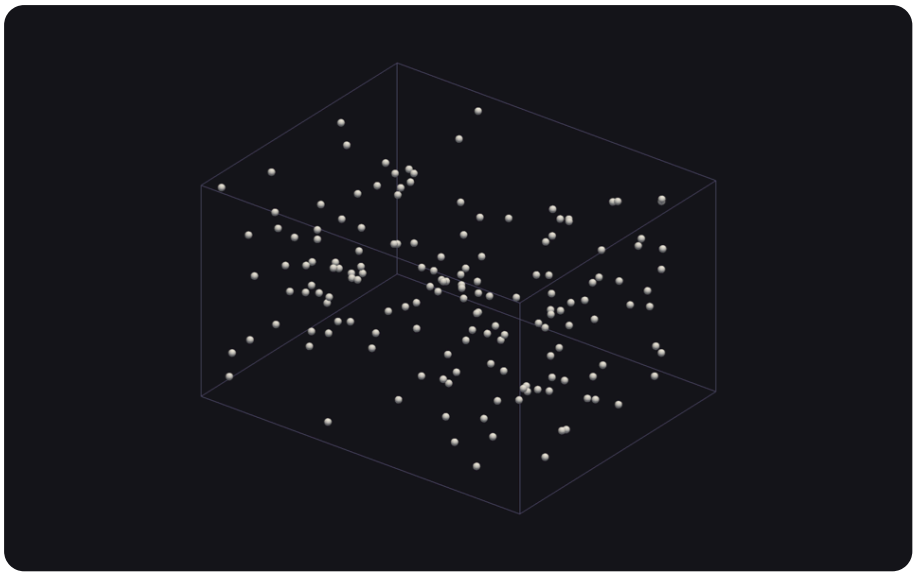
Qué hace.

Entrada	Qué quiere decir
centro	el punto del medio (`0 0 0` de fábrica)
radio	en metros

Trucos.

- Varios radios dan varias esferas alrededor del mismo centro.

Puntos al azar



Para qué. Árboles en un terreno, perforaciones dispersas en un panel, personas en una plaza, las semillas de un Voronoi.

Cómo. Conecta una **región**, una caja, un prisma o un rectángulo, y escribe cuántos puntos quieres.

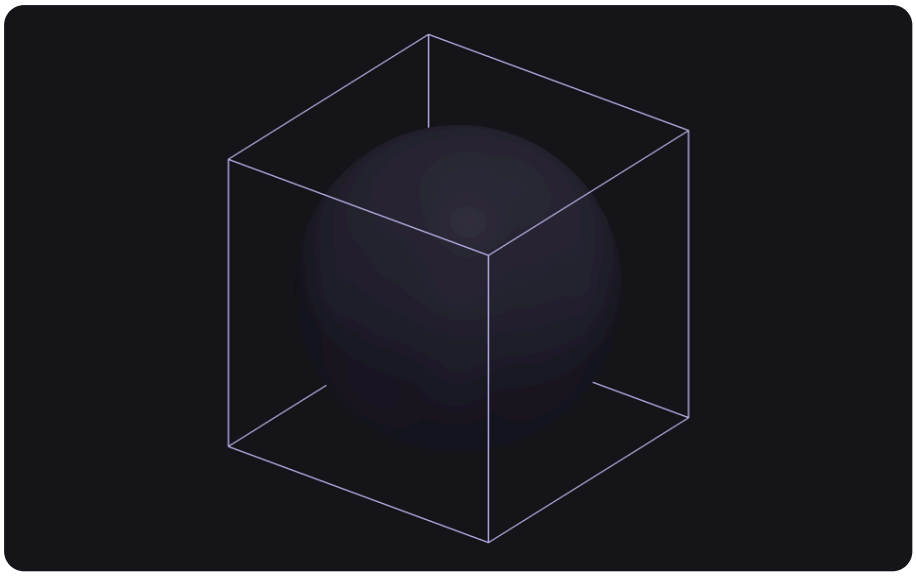
Qué hace.

Entrada	Qué quiere decir
región	dónde caen los puntos: dentro de un volumen, o sobre un rectángulo en planta o en alzado
cantidad	cuántos puntos
semilla	la misma semilla da siempre los mismos puntos; otra semilla, otra distribución
nivel	el nombre de la lista de puntos (`punto` de fábrica)

Trucos.

- Prueba algunas **semillas** hasta que te guste la distribución: no vuelve a cambiar a menos que cambies la semilla.
- Conecta los puntos a un **Voronoi** para convertirlos en celdas.

Caja envolvente



Para qué. Saber qué tamaño tiene algo y dónde está, o hacer la celda que deforma una geometría con **Encajar módulo**.

Cómo. Conecta la **geometría** que quieres envolver.

Qué hace.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	lo que se envuelve
de	*todos*: una caja alrededor de todo · *cada uno*: una caja alrededor de cada elemento

Trucos.

- Con **Encajar módulo**, mueve las esquinas de la caja y la geometría de adentro la sigue: una forma rápida de afinar o torcer una forma.

Curvas

Las curvas son ejes, bordes, perfiles, recorridos y cables. En el lienzo son verde azulado.

En una curva, una posición es una fracción o una distancia. Muchos nodos de aquí preguntan *dónde* en la curva: una **fracción** va de `0` (el inicio) a `1` (el final), así que `0,5` es el medio; una **distancia** va en metros desde el inicio, y negativa desde el final.

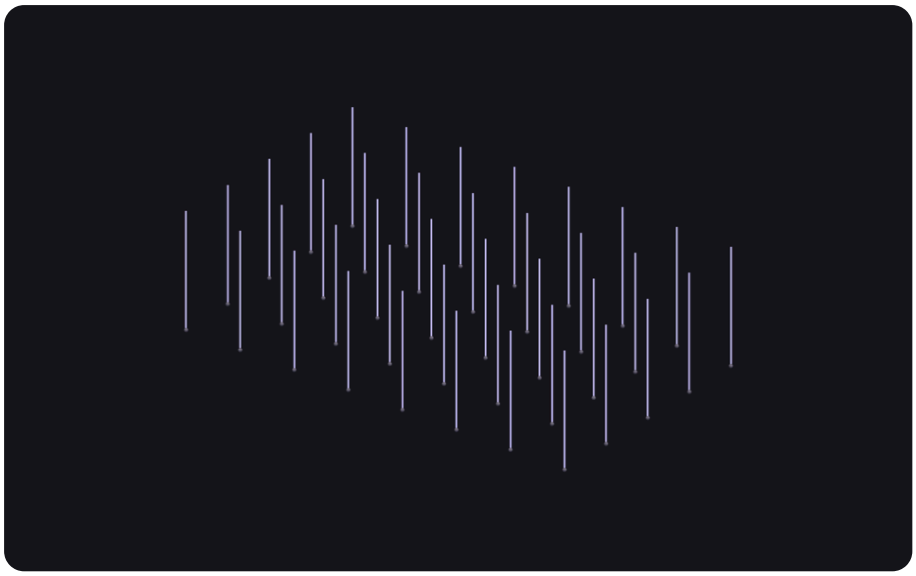
Línea



Para qué. Una viga, un borde, un eje entre dos puntos.

Cómo. Conecta un punto a **desde** y otro a **hasta**. Si los puntos son listas, salen muchas líneas.

Línea por dirección

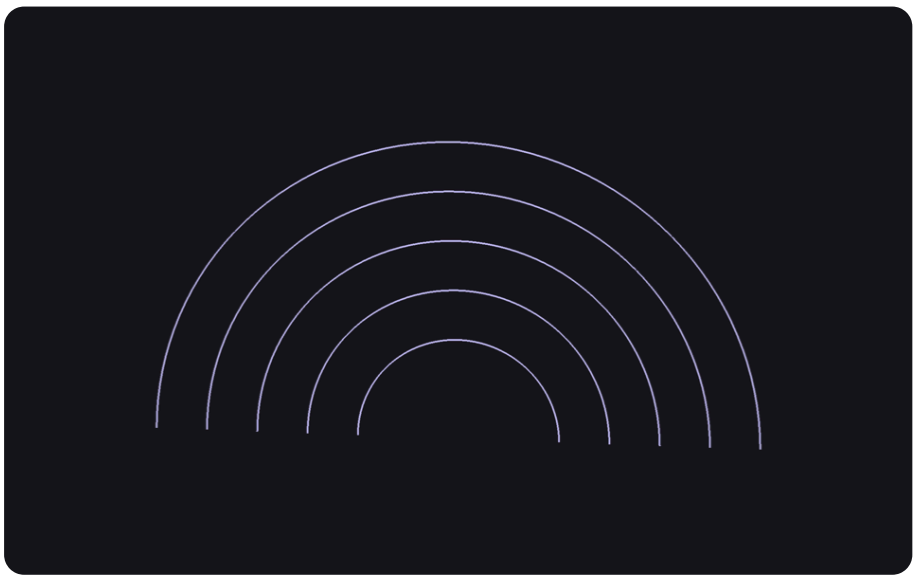


Para qué. Un mástil, una columna, una perpendicular: una línea que sale de un punto y va hacia algún lado.

Cómo. Conecta el punto a **desde**, y dale una **dirección** y un **largo**.

Entrada	Qué quiere decir
desde	dónde empieza
dirección	hacia dónde va; hacia arriba de fábrica (`0 0 1`)
largo	cuánto mide; negativo, hacia el otro lado

Arco



Para qué. Un borde curvo, el perfil de una bóveda, una curva que continúa a otra sin quiebre.

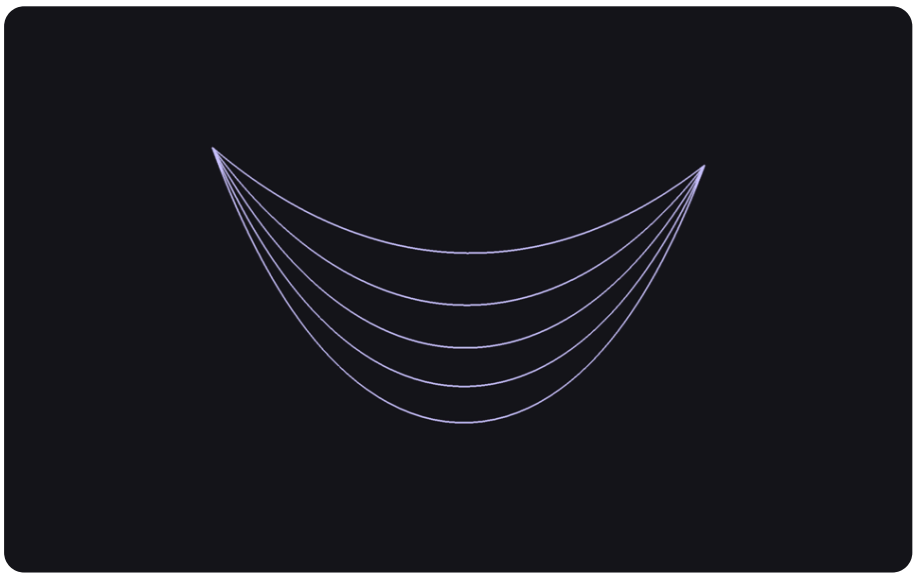
Cómo. Elige el **modo** y dale lo que pide.

Modo	Lo que das
tres puntos	el **inicio**, un punto **medio** por donde pasa, y el **fin**
centro y ángulos	el **centro**, el **radio**, y los ángulos **desde** y **hasta** (grados; 0° hacia +X, contra reloj)
inicio, dirección y fin	el **inicio**, la **dirección** en que sale, y el **fin**: continúa una curva sin quiebre

Trucos.

- Para continuar una curva suave, conecta la **Tangente** de su final a **dirección**.

Catenaria



Para qué. La forma exacta de una cadena o un cable colgando entre dos puntos. Invertida, el arco o la bóveda que trabaja sobre todo a compresión, como hacía Gaudí con sus maquetas colgantes.

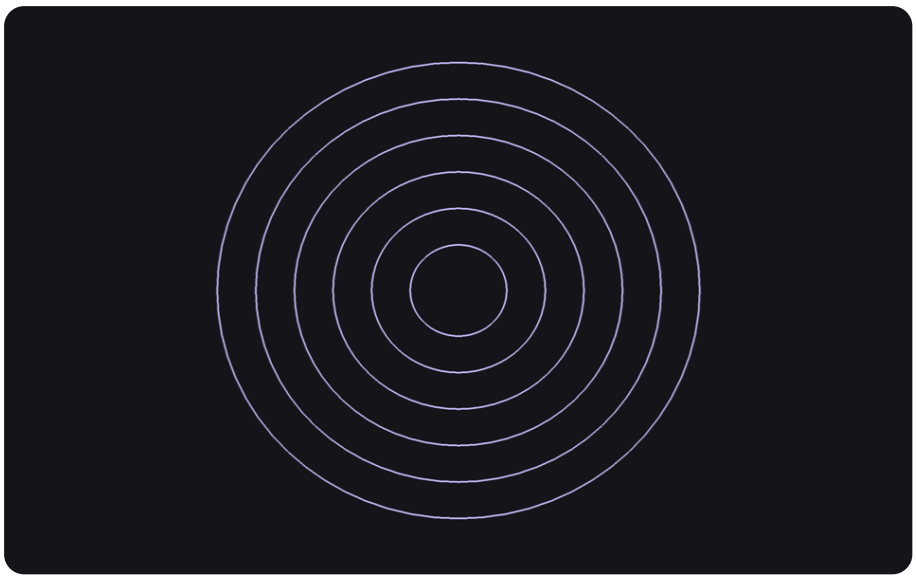
Cómo. Dale el **inicio**, el **fin** y el **largo** del cable.

Entrada	Qué quiere decir
inicio, **fin**	de dónde cuelga el cable
largo	más largo, cuelga más; más corto que la distancia, queda tenso
largo en	*metros*, o *veces la distancia* entre los extremos (`1,2` : un quinto más largo), para muchos cables con luces distintas
gravedad	hacia dónde cuelga; hacia arriba (`0 0 1`) da el arco

Trucos.

- Sus puntos quedan repartidos parejo a lo largo, listos para **Puntos de curva** o para colgantes.

Círculo

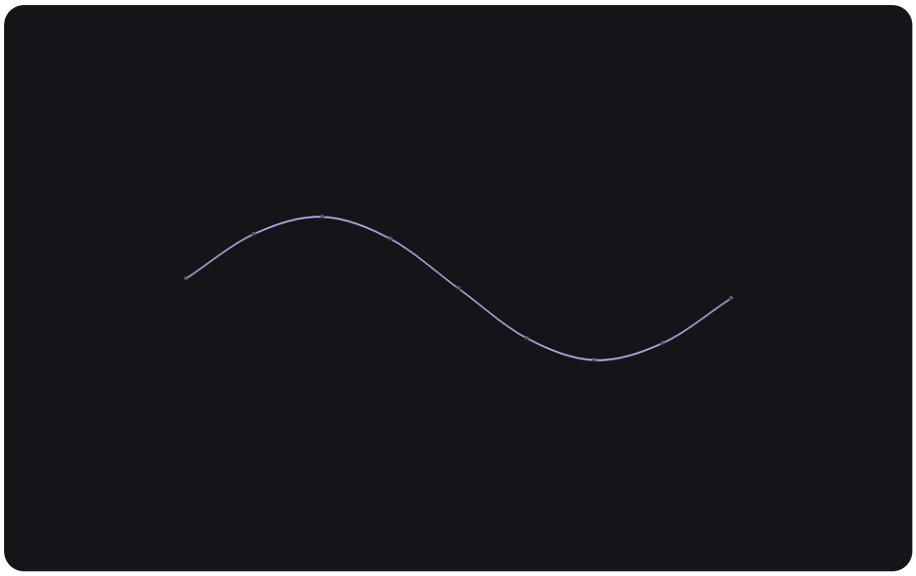


Para qué. La sección de una columna, una ventana redonda, una elipse, un círculo que toca una curva.

Cómo. *Centro y radio*, o *tangente a una curva*.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*centro y radio* o *tangente a una curva* (la toca en un punto sin cruzarla)
centro, **radio**	el círculo de siempre
radio 2	vacío: un círculo; con un valor: una elipse
curva, **en**, **medida**, **lado**	modo tangente: qué curva, dónde (fracción o distancia) y de qué lado
plano	*planta*, *alzado* o *lateral*
normal	hacia dónde mira; las normales de una superficie lo acuestan sobre ella

Curva por puntos



Para qué. Para unir puntos en una curva: un perfil, un recorrido, el borde de una cubierta.

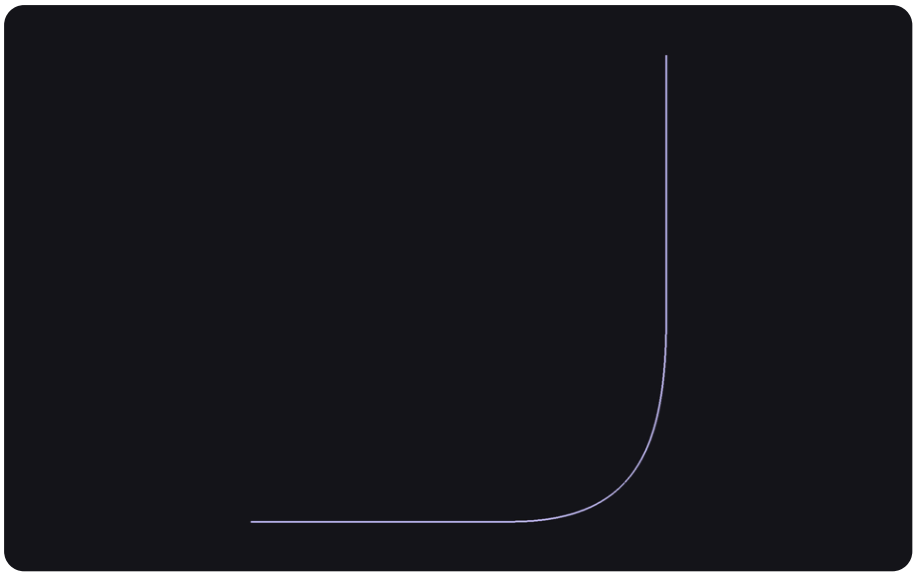
Cómo. Conecta los **puntos**. Se unen a lo largo de un nivel, el último si dejas **sobre** vacío.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	los puntos que se unen
sobre	el nivel de los puntos que se unen; vacío: el último
suave	sí: una curva suave; no: una polilínea con esquinas
cerrada	sí: vuelve al primer punto

Trucos.

- Con una retícula de puntos, `fila × columna`, sale una curva por fila o por columna, según **sobre**.

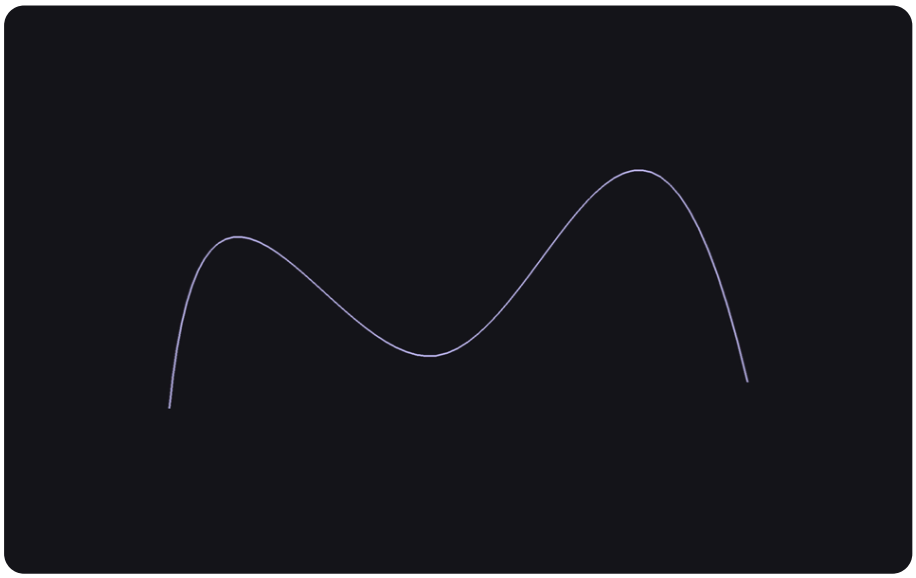
Curva de transición



Para qué. Para unir el final de una curva con el inicio de otra, suave, sin quiebres.

Entrada	Qué quiere decir
a, **b**	la curva de donde sale y a la que llega
abombado	`0,1`: casi recta · `1`: muy ancha
unir	sí: da *a + transición + b* como una sola curva

Curva dibujada

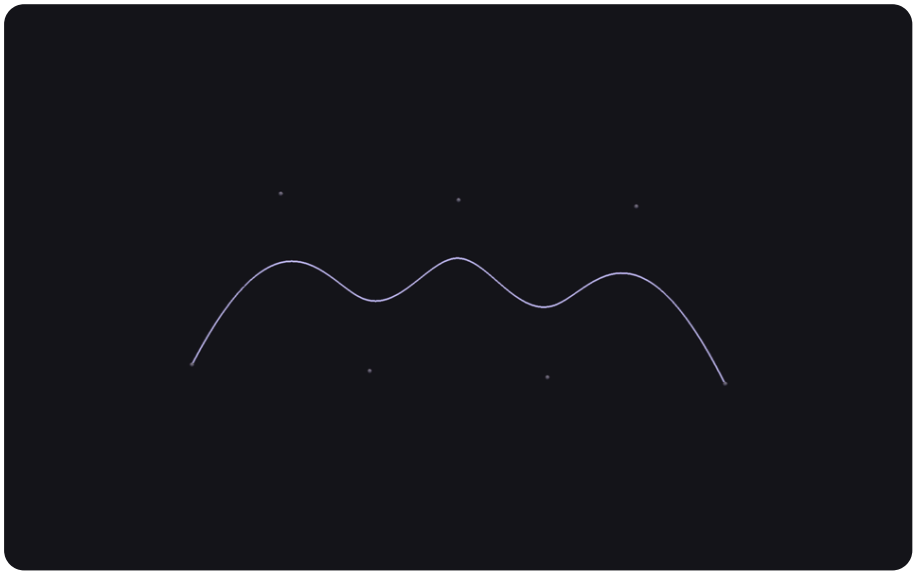


Para qué. Para dibujar una curva con el ratón, directo en la vista 3D.

Cómo. Haz clic en la vista para marcar sus puntos, y después arrástralos.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*por los puntos*: la curva pasa por ellos · *de control*: la tiran como imanes
grado	`1`: una polilínea · `3`: suave · hasta `5`: más tensa
cerrada	sí: una curva cerrada

Curva NURBS

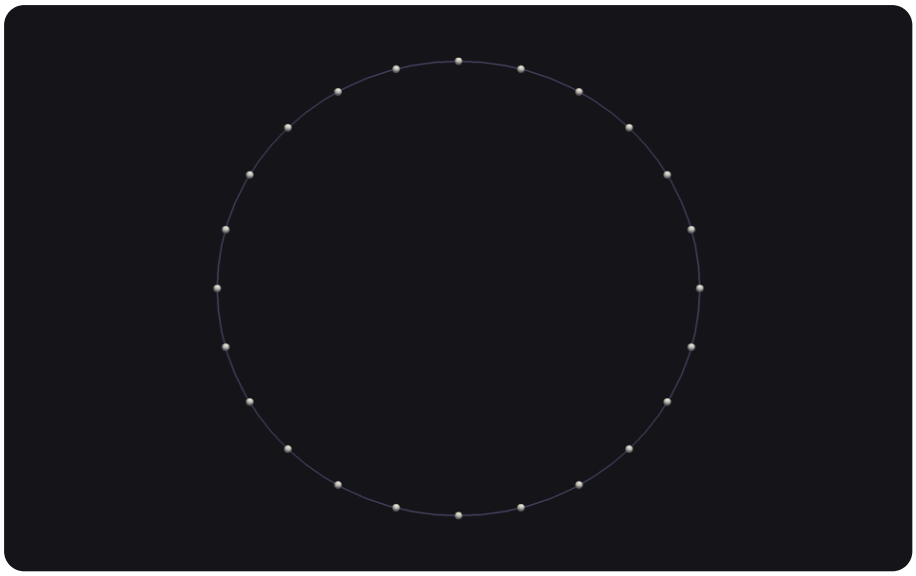


Para qué. Control total de una curva libre: sus puntos de control la tiran como imanes, con grado, pesos y nudos.

Cómo. Conecta unos **puntos**, o dibújalos con **Editar curva**. En modo *pluma*, marca anclas por donde pasa, con manijas que le dan forma.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*puntos de control* o *pluma*
grado	`1`: la polilínea de los puntos · `2`: arcos · `3`: suave · hasta `7`: más tensa
pesos	cuánto tira cada punto: `1` es lo normal, más acerca la curva
nudos	cómo se reparte la curva entre los puntos: parejo, por distancia, a medias, o a mano
cerrada	sí: una curva cerrada

Puntos de curva



Para qué. Puntos a lo largo de una curva: postes cada 3 m, 20 divisiones iguales, el medio de un borde.

Cómo. Conecta la **curva** y elige el **modo**.

Modo	Lo que da
partes	**cantidad** puntos, repartidos parejo a lo largo de la curva
cada	un punto cada **distancia** metros
fracción	las **posiciones** como fracciones: `0,5` · `0,25; 0,75`
distancia	las **posiciones** en metros: `2; -2` (a 2 m de cada extremo)

Trucos.

- Ponle nombre al **nivel** (*poste*, *costilla*), para que los puntos se combinen bien después.

Tangente



Para qué. La dirección de una curva en algunos puntos: hacia dónde va, o su perpendicular. Para orientar piezas a lo largo de un recorrido, o para continuar una curva.

Cómo. Conecta la **curva**, elige **qué** (*tangente* o *normal*) y dónde, como en Puntos de curva.

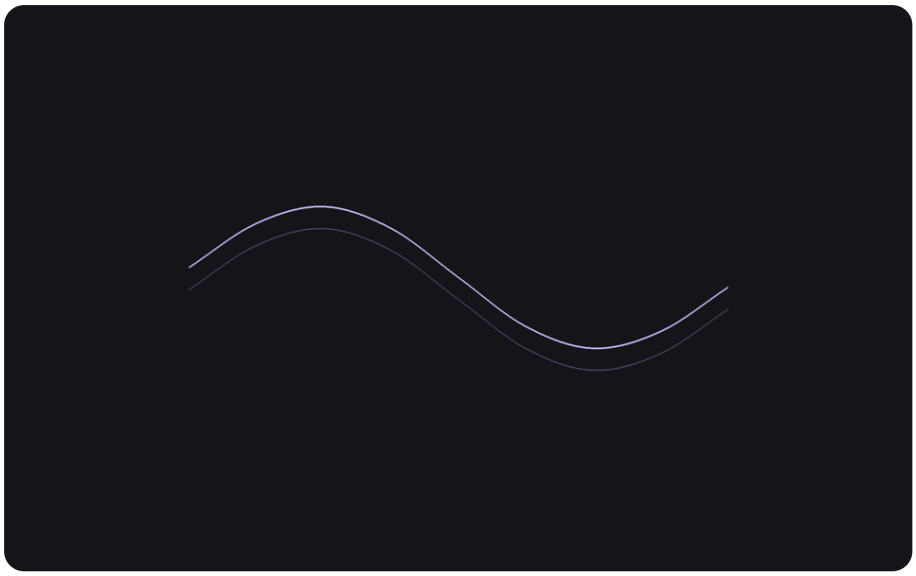
Trucos.

- Con **Puntos de curva** en las mismas posiciones, tienes cada punto y su dirección.

Invertir curva

Para qué. Para invertir las curvas, que empiecen donde terminaban. Con una **dirección**, todas quedan yendo hacia el mismo lado: antes de una **Superficie por secciones**, para que no salga torcida.

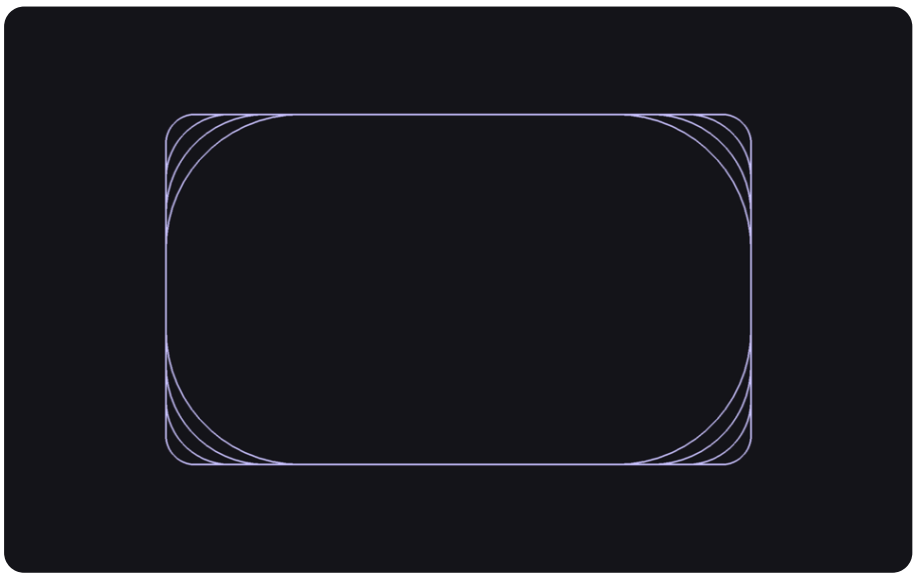
Cortar curva



Para qué. Para cortar cada curva en pedazos y trabajarlos uno por uno.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*partes*, *cada*, *fracción*, *distancia*, o *en puntos* (donde caen unos puntos)
cantidad, **distancia**, **posiciones**, **puntos**	los valores de cada modo
nivel	el nombre de la lista de pedazos (*tramo* de fábrica)

Rectángulo redondeado



Para qué. El contorno de un rectángulo con las esquinas redondeadas, en planta: una mesa, una piscina, un terreno.

Entrada	Qué quiere decir
ancho, **alto**	su tamaño
radio	de las esquinas
origen	la esquina inferior izquierda

Parte de curva



Para qué. El pedazo de una curva entre dos fracciones de su largo: un arco de círculo, un trozo de borde.

Cómo. Dale **desde** y **hasta**, de `0` (el inicio) a `1` (el final). En una curva cerrada puede dar la vuelta.

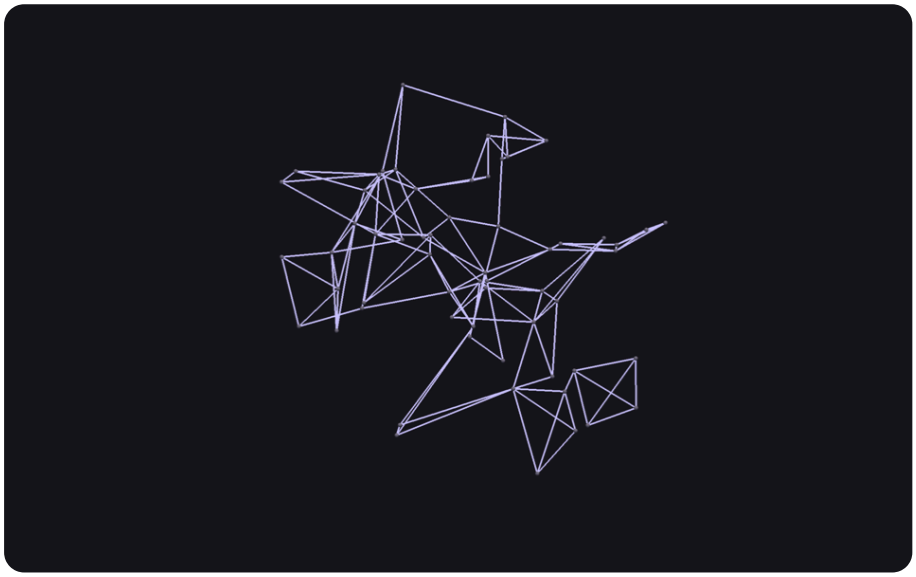
Flecha



Para qué. Para ver un vector, una dirección o una fuerza, como una flecha en un punto. También funciona como línea.

Entrada	Qué quiere decir
desde	dónde empieza la flecha
vector	la dirección y el tamaño
escala	para verla más larga o más corta

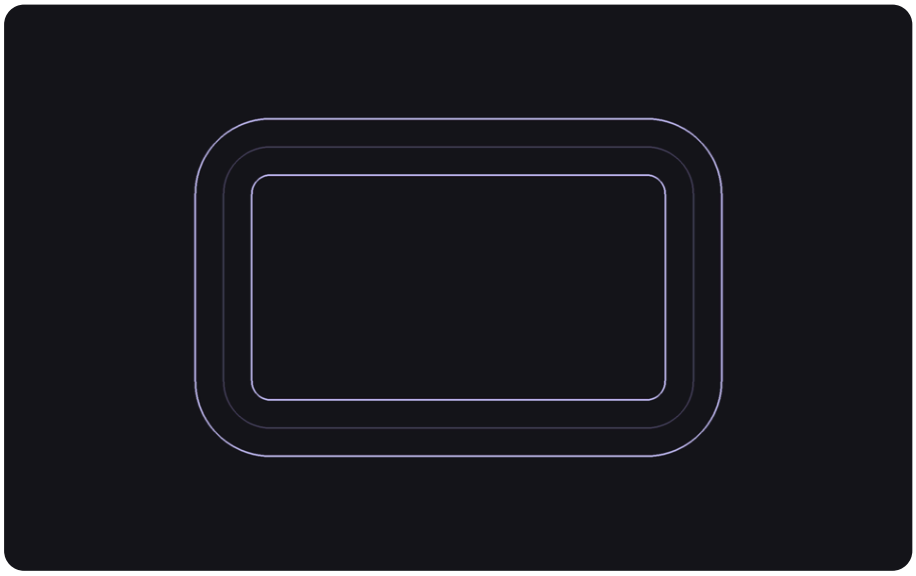
Unir cercanos



Para qué. Una red de barras: cada punto unido a sus vecinos más cercanos.

Cómo. Conecta los **puntos** y di con cuántos vecinos (**cantidad**) se une cada uno.

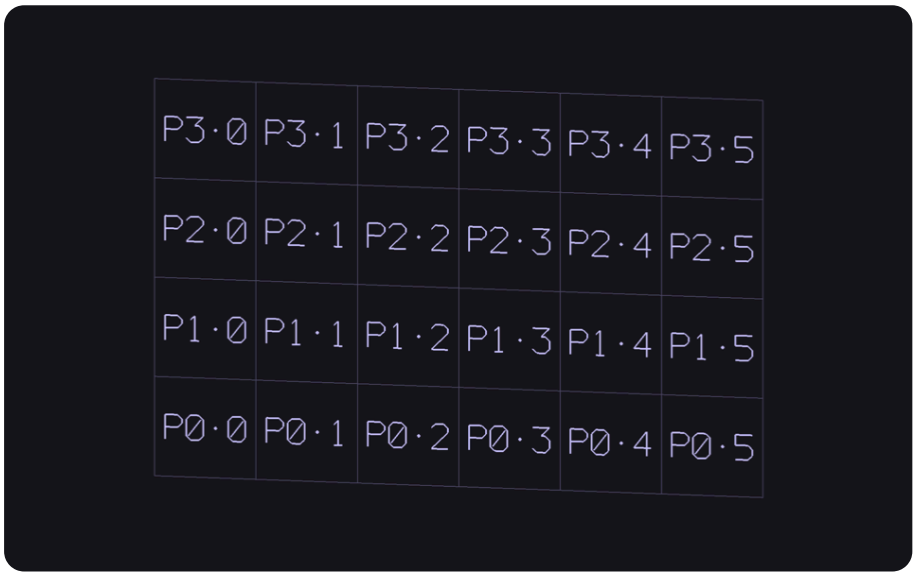
Desplazar curva



Para qué. El contorno de un muro a partir de su eje, un borde alrededor de una planta, el segundo lado de una pieza para cortar.

Entrada	Qué quiere decir
curva	una o más curvas planas
distancia	curva cerrada: hacia afuera (negativa: hacia adentro) · curva abierta: a su izquierda, vista desde arriba (negativa: a su derecha)
esquinas	en curvas cerradas: *redonda* o *viva*

Texto



Para qué. Un rótulo en cada elemento: el número de un panel, la letra de un tipo de ladrillo, un área. Se ve en 3D y sale en los dibujos y los archivos de corte.

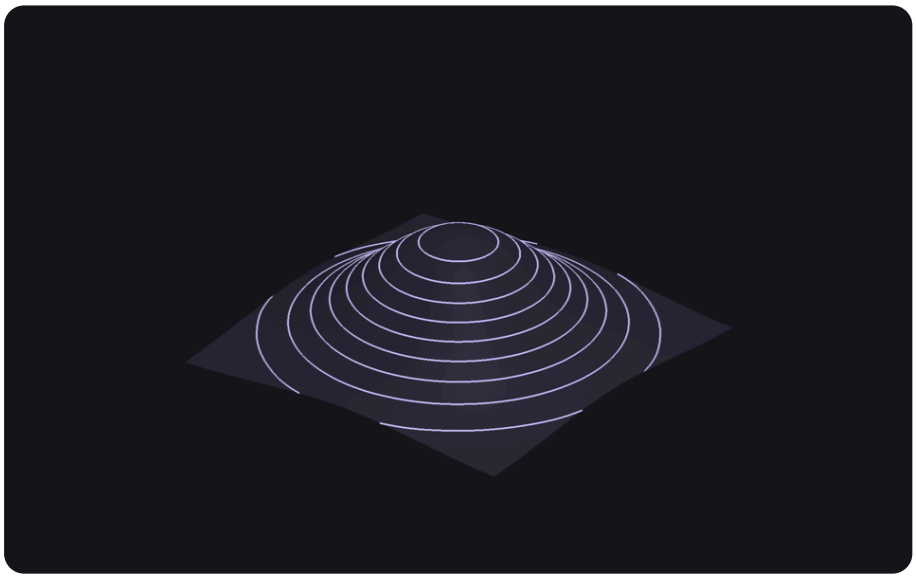
Cómo. Conecta **en** (puntos, o los paneles, cuerpos o curvas que quieres rotular) y escribe el **texto**.

Entrada	Qué quiere decir
texto	`{n}` : el número de cada elemento · `{floor}` , `{row}` …: su número en ese nivel · `{value}` : el número que da **valor** · `A; B; C` : un texto por elemento · `|` : una línea nueva
valor, **decimales**	los números que se escriben con `{value}` , y cuántos decimales
alto	de las letras mayúsculas
plano	*planta*, *alzado*, *lateral*, o *sobre la cara* (acostado sobre cada panel)
letra	*recta* o *redondeada*: letras de un solo trazo, para grabar · *tipografía*: una tipografía instalada, como contornos
tipografía, **alinear**	qué tipografía, y cómo se alinean las líneas

Trucos.

- `P{n}` escribe `P0, P1, P2…` ; `F{piso}-{vano}` escribe `F0-0, F0-1…` ; `{value} m2` escribe cada área.

Curvas de nivel



Para qué. Corta una superficie o un volumen con planos paralelos cada cierta distancia: las curvas de nivel de un terreno, las losas de una torre, anillos.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	una superficie, un volumen o una malla
distancia	cada cuánto se corta
dirección	hacia dónde avanzan los cortes; hacia arriba: cortes horizontales
inicio	la altura del primer corte; vacío: el punto más bajo
nivel	el nombre de la lista de cortes (*corte* de fábrica)

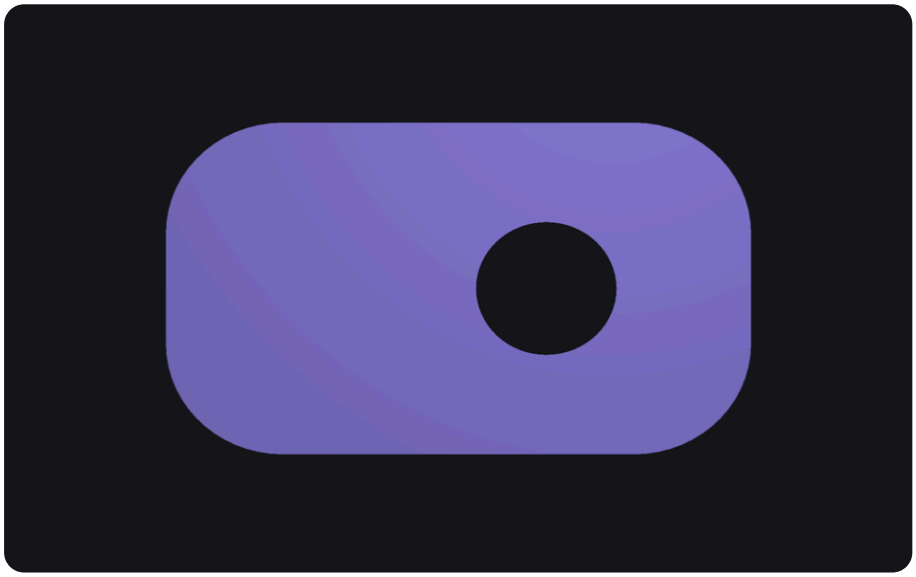
Superficies

Las superficies son cubiertas, muros, cáscaras, pieles y losas. En el lienzo son azul petróleo.

En una superficie, una posición es u y v. Una superficie tiene dos direcciones, como las filas y columnas de una hoja: **u** a lo largo de las filas y **v** a lo largo de las columnas, cada una de `0` (un borde) a `1` (el otro). `u 0,5, v 0,5` es el medio.

Hacer una superficie

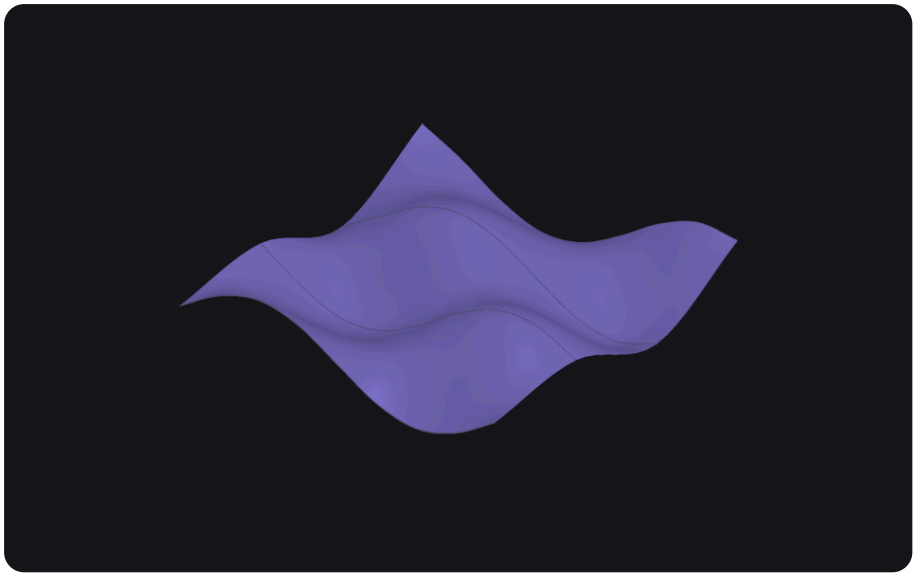
Tapa



Para qué. Para cerrar una curva cerrada con una superficie: una cubierta, una losa de forma libre, una losa con patio.

Entrada	Qué quiere decir
curva	el contorno cerrado
huecos	opcional: curvas cerradas dentro de él (un patio, un lucernario)

Superficie por secciones



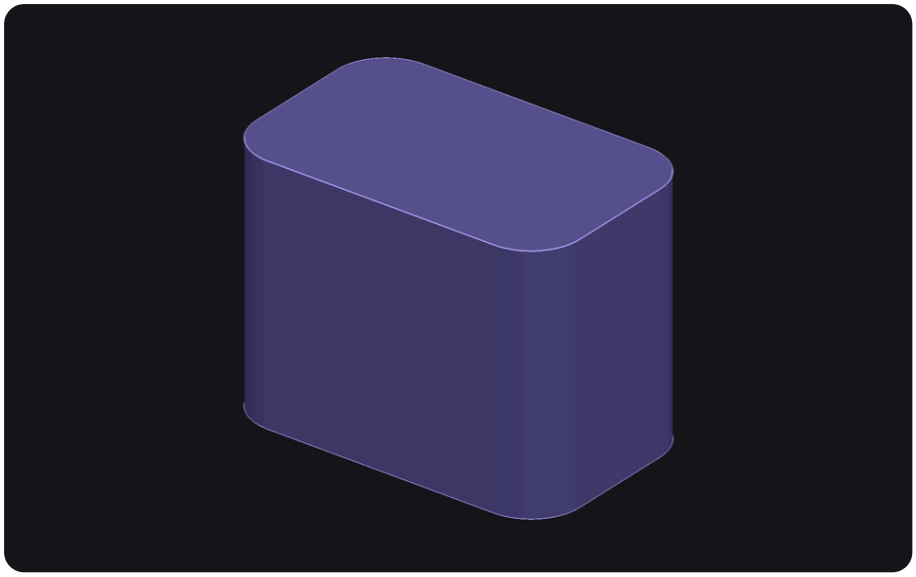
Para qué. Una superficie por varias curvas en orden: un muro ondulado por tres perfiles, una cubierta por sus secciones.

Entrada	Qué quiere decir
curvas	las secciones, en una lista
sobre	el nivel de las secciones; vacío: el último
suave	sí: suave por las secciones · no: recta entre ellas
cerrada	sí: la última sección vuelve a la primera

Trucos.

- Si sale torcida, algunas curvas van al revés: pon antes un **Invertir curva** con una dirección.

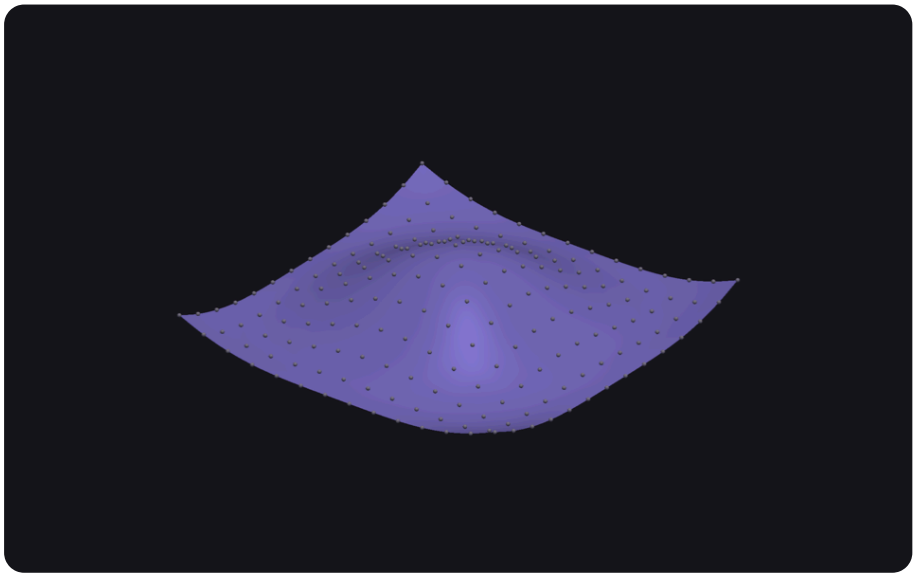
Extruir



Para qué. Para arrastrar curvas en una lámina o un muro; con tapas, una planta cerrada se vuelve un volumen. O para llevarlas a un punto: una pirámide, un cono, una cubierta a cuatro aguas.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*vector*: arrastrada · *hasta un punto*: se junta en un vértice
vector	hacia dónde y cuánto; 1 m hacia arriba de fábrica
punto	el vértice (hasta un punto)
tapas	sí: una curva cerrada da un cuerpo cerrado

Superficie por puntos



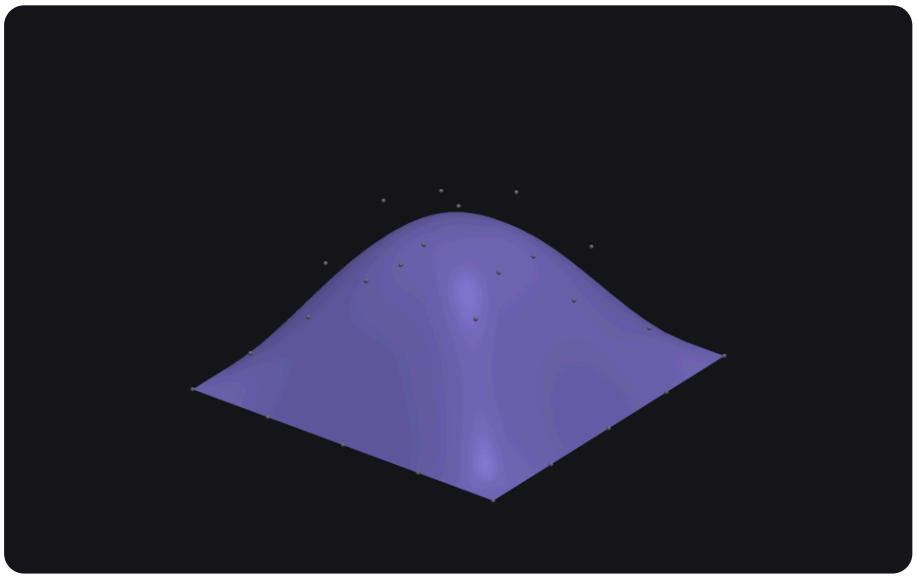
Para qué. Una superficie por puntos: una retícula de puntos (filas × columnas), o una nube suelta como los puntos de un levantamiento topográfico.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	en retícula (dos niveles) o sueltos
modo	*retícula* o *nube* (unida en triángulos)
suave	sí: curva entre los puntos · no: facetas planas

Trucos.

- Una **nube** da triángulos planos, que es lo correcto para un levantamiento: entre dos cotas medidas no se sabe más. Con **suave**, cada triángulo se curva, y sigue pasando exactamente por cada cota.
- Las formas con aristas vivas muestran pequeños escalones cuando son suaves: usa más puntos, o apaga suave.

Superficie NURBS



Para qué. Control total de una superficie libre: una retícula de puntos de control que la tiran, para cáscaras y pieles libres.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	los puntos de control, filas × columnas
nivel u, **nivel v**	qué niveles son las filas y las columnas
grado u, **grado v**	`1`: facetas · `2`: curvas · `3`: suave, hasta `7`
pesos	cuánto tira cada punto
cerrada u, **cerrada v**	da la vuelta completa: un tubo; en las dos, un toro

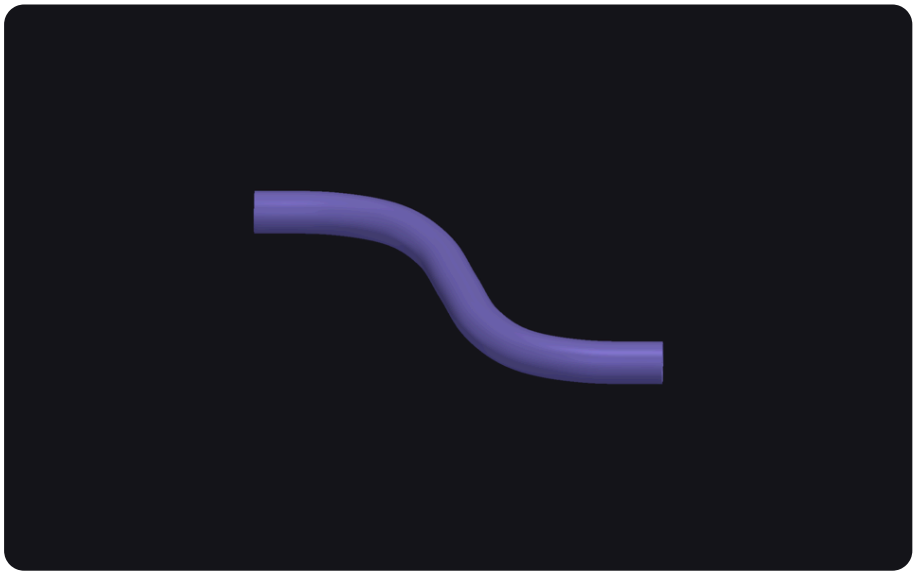
Revolución



Para qué. Un perfil que gira alrededor de un eje: una columna, una cúpula, un jarrón, una torre.

Entrada	Qué quiere decir
perfil	la media sección que gira
origen, **eje**	un punto del eje y su dirección (vertical de fábrica)
grados	cuánto gira: `360` una vuelta completa

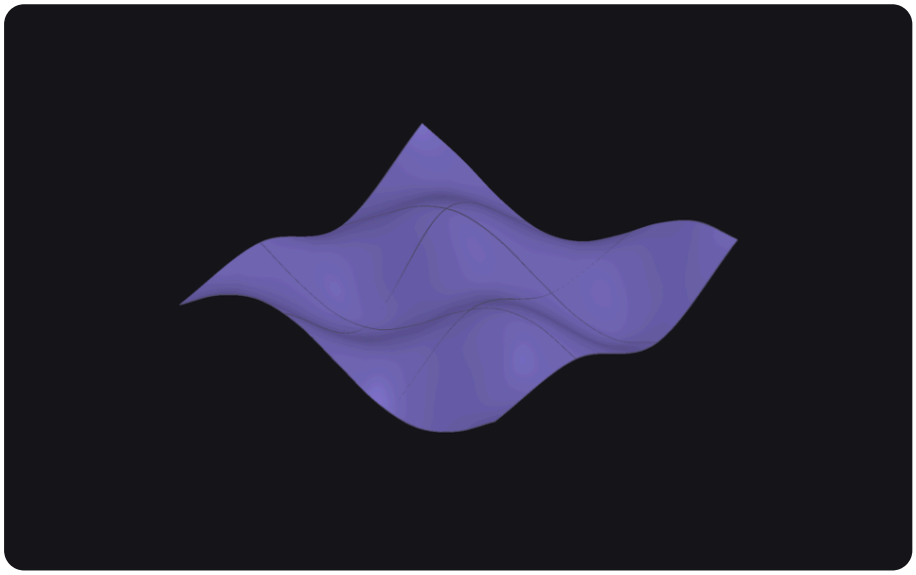
Barrido



Para qué. Un perfil que recorre un camino sin torcerse: un pasamanos, una moldura, una viga curva, un tubo.

Entrada	Qué quiere decir
perfil	la sección que recorre
camino	la curva por la que va
camino 2	opcional: un segundo camino; el perfil se estira para tocar los dos
colocar	*donde está* (dibujado al inicio del camino) o *centrado en el camino* (dibujado en cualquier lugar)
giro	cuántos grados gira a lo largo de todo el camino

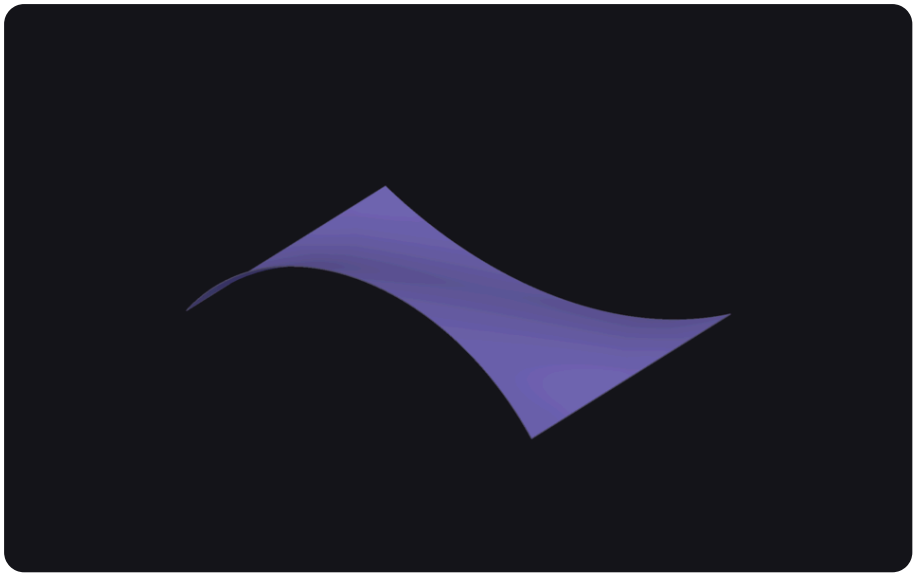
Superficie por red de curvas



Para qué. Una superficie por una red de curvas en dos direcciones: las costillas de un casco o de una cubierta libre.

Cómo. Conecta una familia de curvas a **curvas u** y la otra a **curvas v**; cada curva de una familia debe cruzar todas las de la otra.

Superficie por bordes

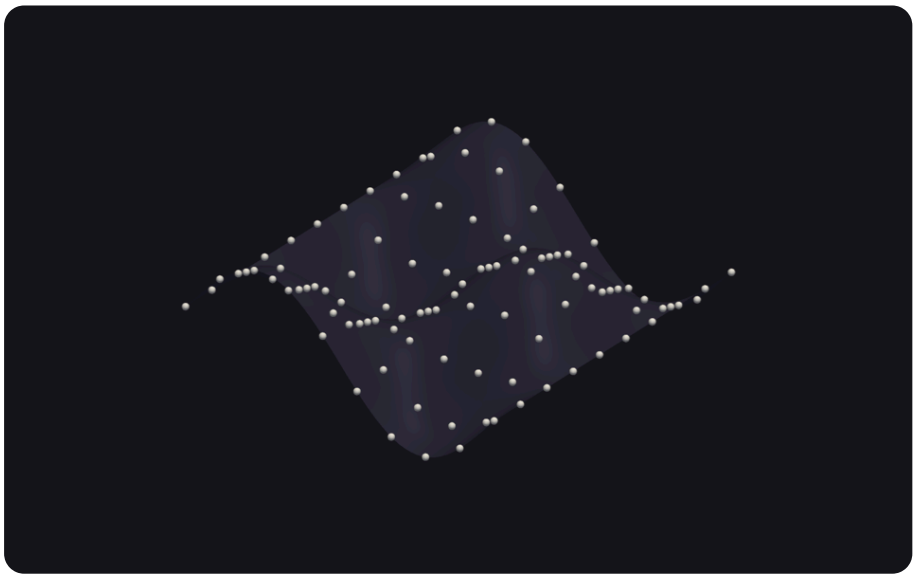


Para qué. Una superficie tendida entre dos, tres o cuatro bordes que se juntan en las esquinas: una losa o una cubierta con bordes curvos.

Cómo. Conecta los bordes a **a**, **b**, **c** y **d**, en cualquier orden. Con dos, una superficie reglada; con tres, un lado se cierra en un punto.

Trabajar sobre una superficie

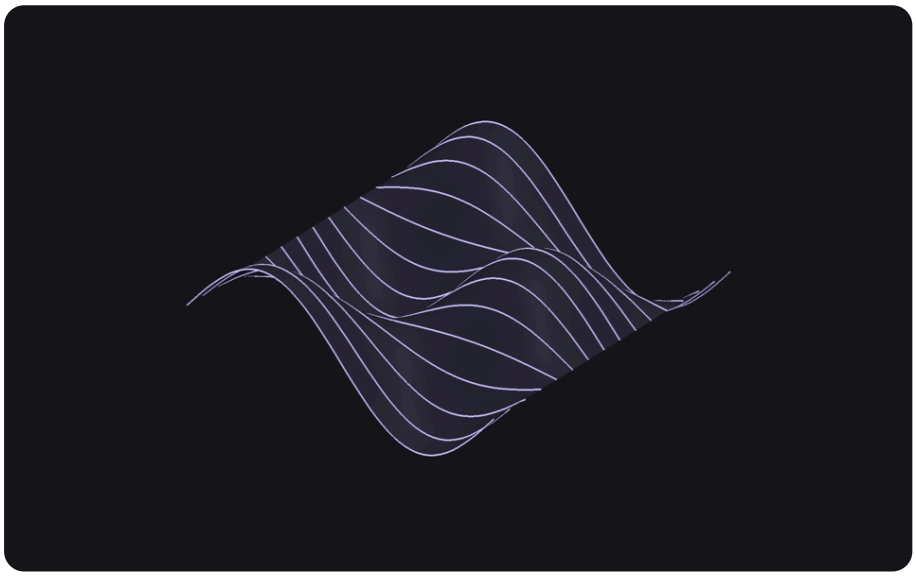
Puntos de superficie



Para qué. Puntos sobre una superficie, o hacia dónde mira ahí: para pararle columnas, anclajes o piezas encima.

Entrada	Qué quiere decir
qué	*puntos* o *normales* (hacia dónde mira)
modo	*rejilla*: cantidad u × cantidad v de borde a borde · *centros*: el centro de cada panel · *fracciones*: en ciertas u y v
cantidad u, **cantidad v**	cuántos en cada dirección
u, **v**	las fracciones, varias con `;`

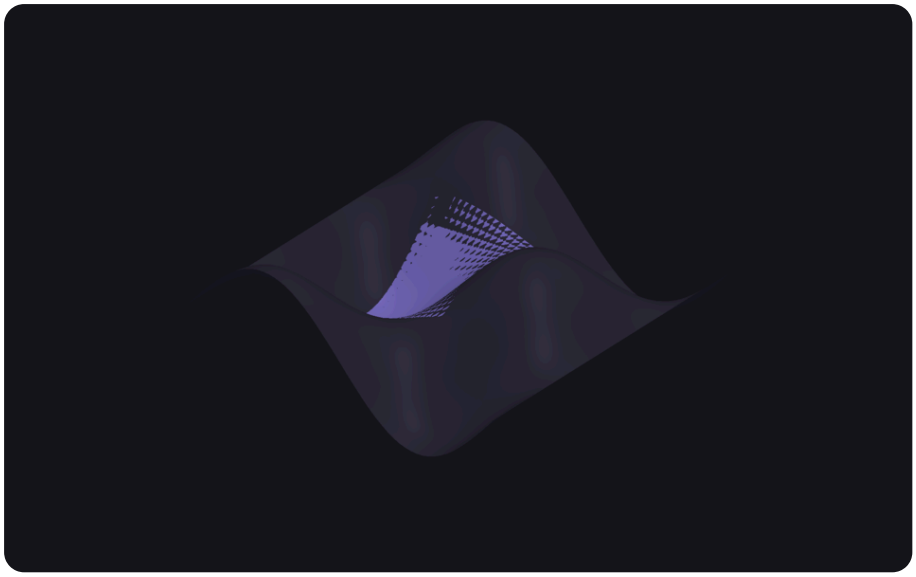
Isocurvas



Para qué. Las líneas propias de la superficie, en u o en v: costillas, montantes, un trazado que sigue la forma.

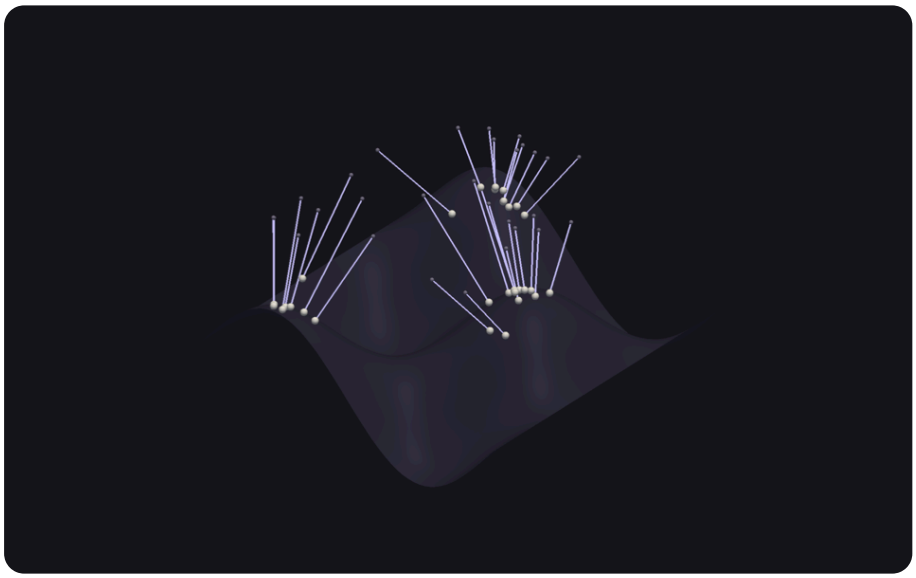
Entrada	Qué quiere decir
dirección	*u* o *v*
modo	*partes* (repartidas parejo) o *fracción* (en ciertas posiciones)
cantidad, **posiciones**	cuántas, o dónde

Parte de superficie



Para qué. El pedazo de una superficie entre dos fracciones de u y dos de v: un paño de una cubierta, un gajo de una cúpula.

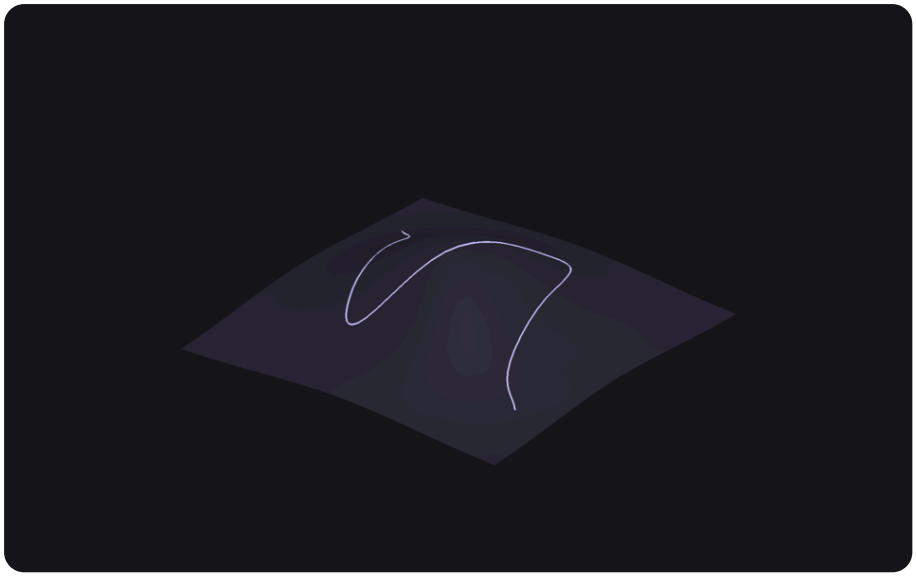
Punto más cercano en superficie



Para qué. El punto de una superficie más cercano a cada punto: para llevar algo sobre ella, o saber su u y v ahí, a qué distancia está, o hacia dónde mira la superficie.

Cómo. Conecta los **puntos** y la **superficie**, y elige qué **da**: *punto*, *u v*, *distancia* o *normal*.

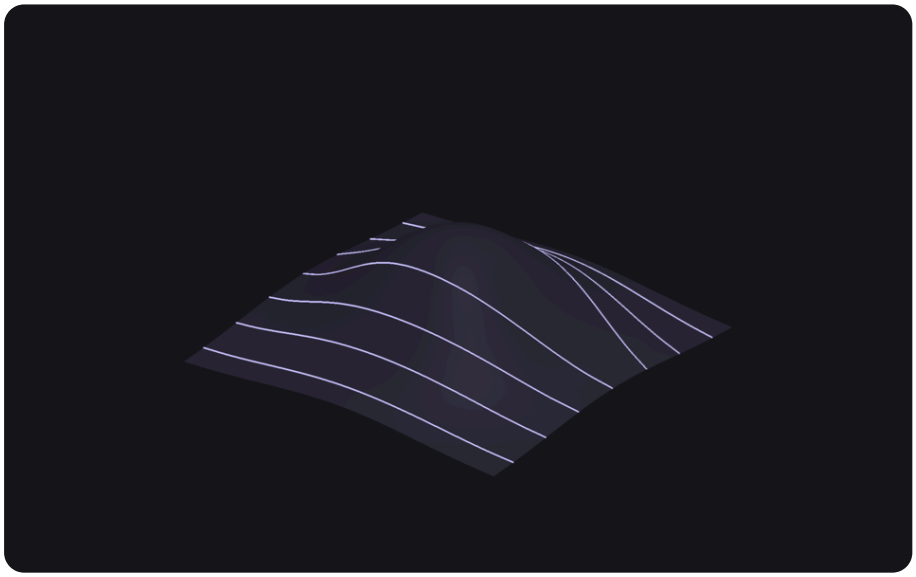
Curva sobre superficie



Para qué. Una curva acostada sobre una superficie que sigue cada lomo: un camino sobre una cubierta, una costura en una membrana.

Cómo. Dale puntos por su u y su v, desde **Punto más cercano en superficie** (*u v*) o con un **Punto** donde x es u e y es v.

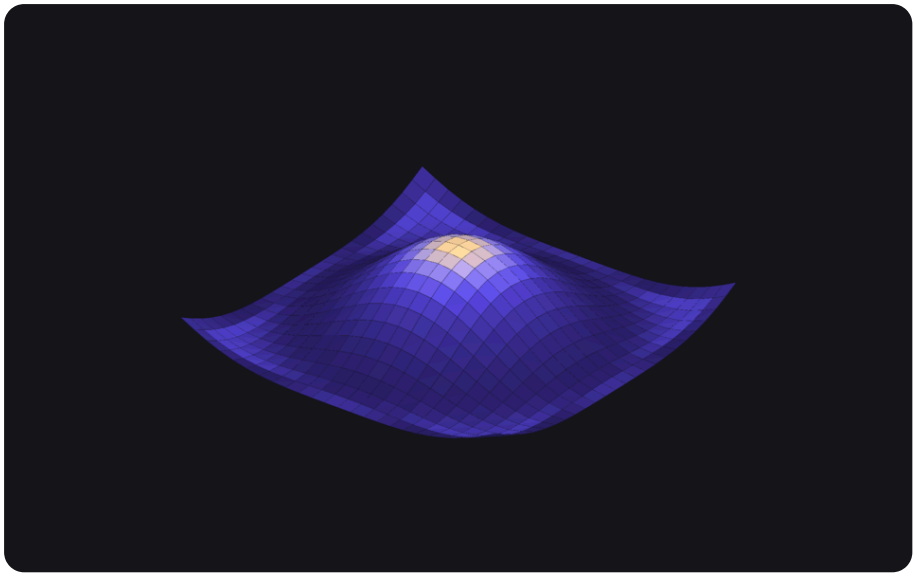
Geodésica



Para qué. El camino más corto entre dos puntos sobre una superficie, como un hilo tenso sobre ella. Los listones puestos sobre geodésicas quedan rectos en su propio plano: por eso los usan las gridshells.

Entrada	Qué quiere decir
desde, **hasta**	los puntos de inicio y de llegada, una llegada por cada inicio
mostrar	las *curvas*, sus *largos*, los *cruces* (los nudos de una gridshell) o las *barras* entre cruces

Curvatura de superficie



Para qué. Para saber si una superficie se puede hacer con chapa plana, y cuánto se curva.

Entrada	Qué quiere decir
qué	*gaussiana*: cero, se hace con chapa plana; positiva, como una cúpula; negativa, como una silla de montar · *media*: cuánto se curva · *desarrollable*: sí o no
modo, **cantidad**, **u**, **v**	dónde, como en Puntos de superficie

Trucos.

- Para ver la curvatura como colores sobre la superficie, usa el panel de la geometría (**Color → según un valor**).

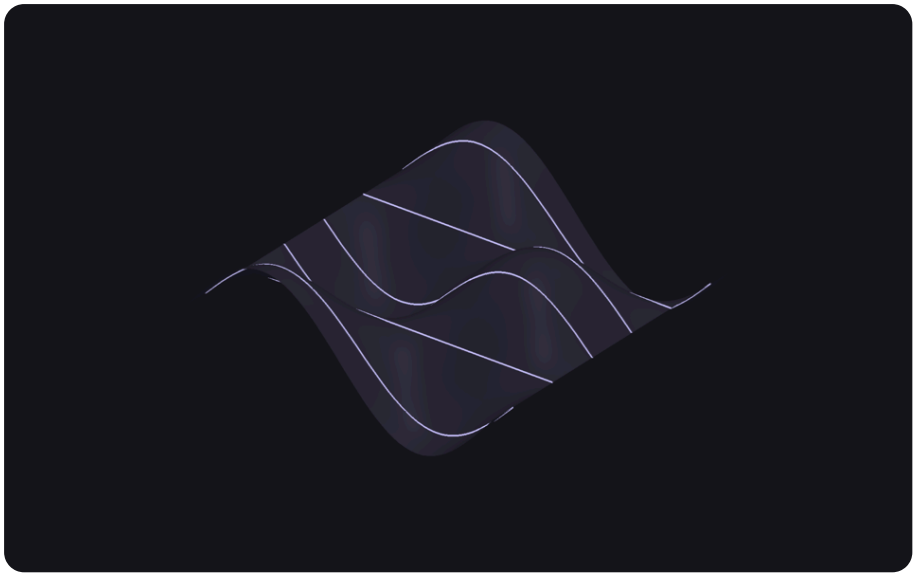
Invertir superficie

Para qué. Para voltear una superficie (su cara), o invertir o intercambiar su u y su v.

Trucos.

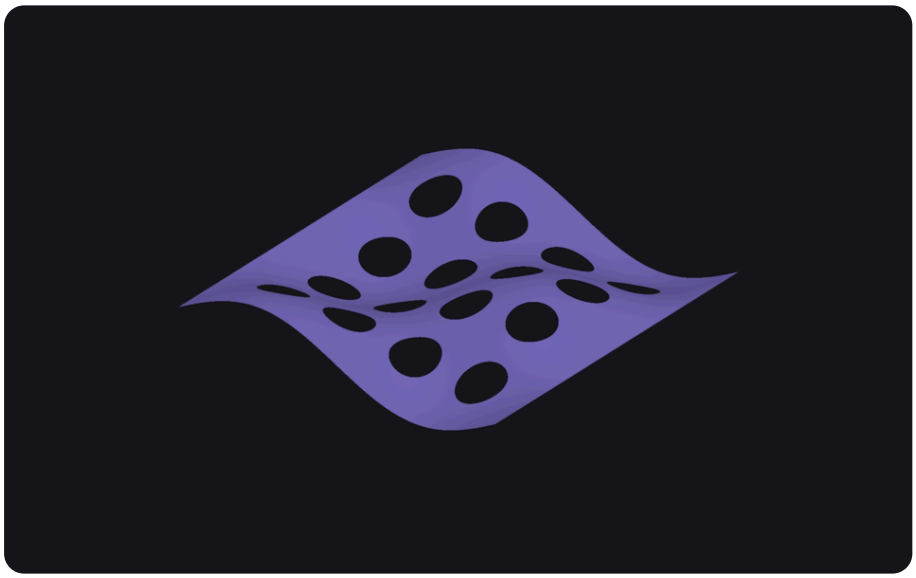
- **Engrosar** crece hacia la cara: inviértela para que crezca hacia el otro lado.

Intersección



Para qué. Donde se cruzan dos geometrías: dos superficies dan las curvas del cruce; una curva y una superficie, los puntos.

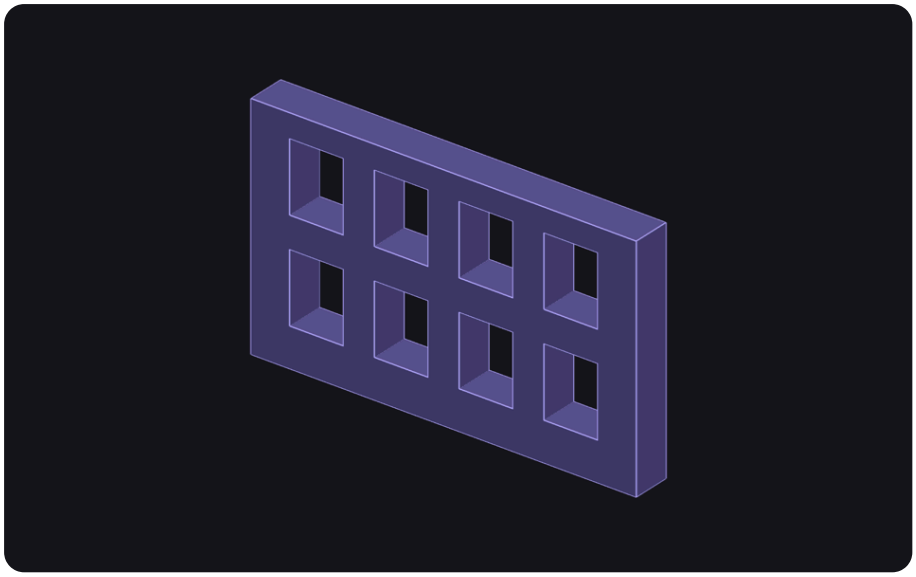
Partir superficie



Para qué. Una superficie partida en trozos por curvas proyectadas sobre ella: una chapa perforada y sus recortes.

Entrada	Qué quiere decir
curvas	las curvas que la cortan, proyectadas desde **dirección** (desde arriba de fábrica)
qué	*todos los trozos* (el más grande primero), *el más grande* (la chapa perforada) o *los demás* (los recortes)

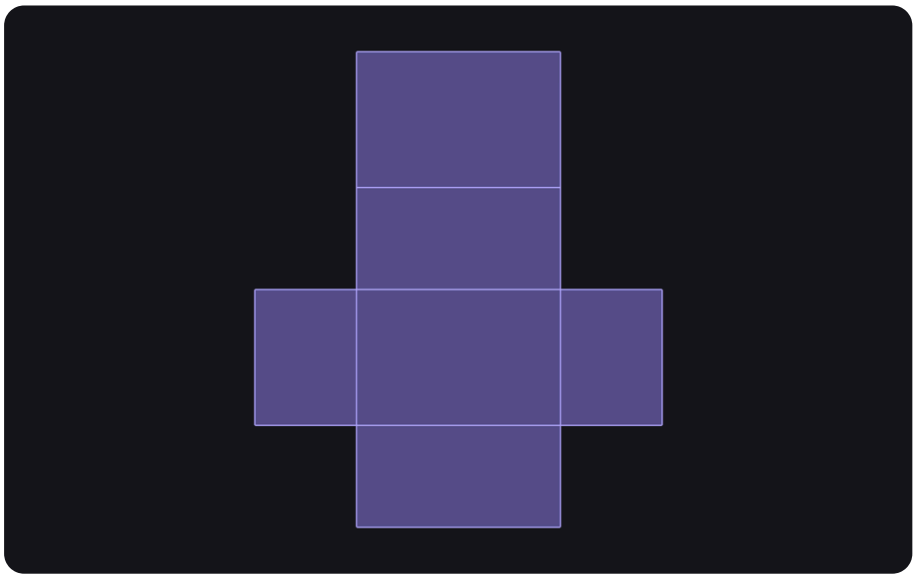
Booleana



Para qué. Para unir, restar o intersecar cuerpos cerrados: un muro menos sus vanos, dos volúmenes en una sola piel.

Entrada	Qué quiere decir
a, **b**	cuerpos cerrados
operación	*unión*, *diferencia* (a menos b) o *intersección*

Desarrollar



Para qué. Para estirar superficies sobre el plano y cortarlas de una plancha de metal, tablero o tela. Un cuerpo de caras planas da su red, para recortar y plegar.

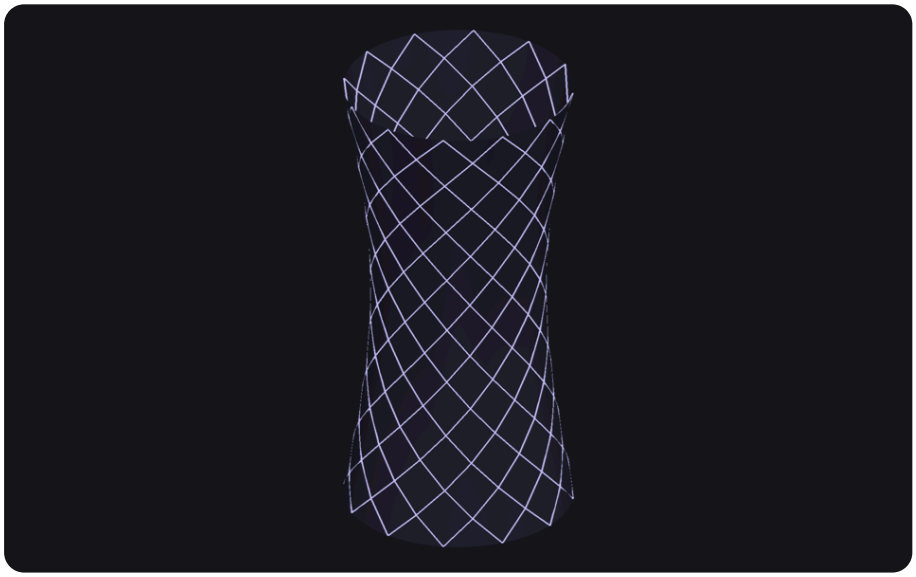
Entrada	Qué quiere decir
qué	las piezas *desarrolladas*, sus *contornos* para cortar, los *pliegues* de una red, o el *estiramiento* de una superficie no desarrollable
colocar	*en fila* o *en su lugar*
separación	entre piezas

Trucos.

- Una superficie desarrollable se estira sin deformarse; una que no lo es, como una cúpula, se estira aproximada y dice cuánto se deforma.

Estructuras sobre una superficie

Diagrid



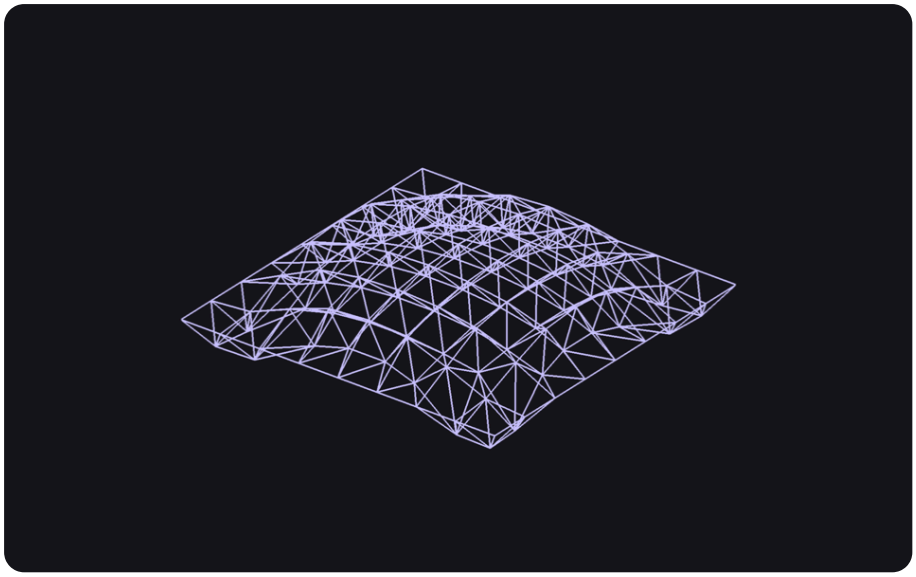
Para qué. Una malla de barras diagonales sobre una superficie, en rombos: una torre, una cúpula, una cubierta.

Entrada	Qué quiere decir
divisiones u, **divisiones v**	rombos en cada dirección
qué	las *diagonales*, los *cruces* (nudos) o los *anillos* por los nudos
barras	*rectas* o *curvas* que siguen la superficie
seguidas	sí: cada diagonal de punta a punta como una sola barra (una hélice en una torre)

Trucos.

- Con **Tubo** sobre las diagonales, la estructura; con **Tapa** sobre los anillos, las losas.

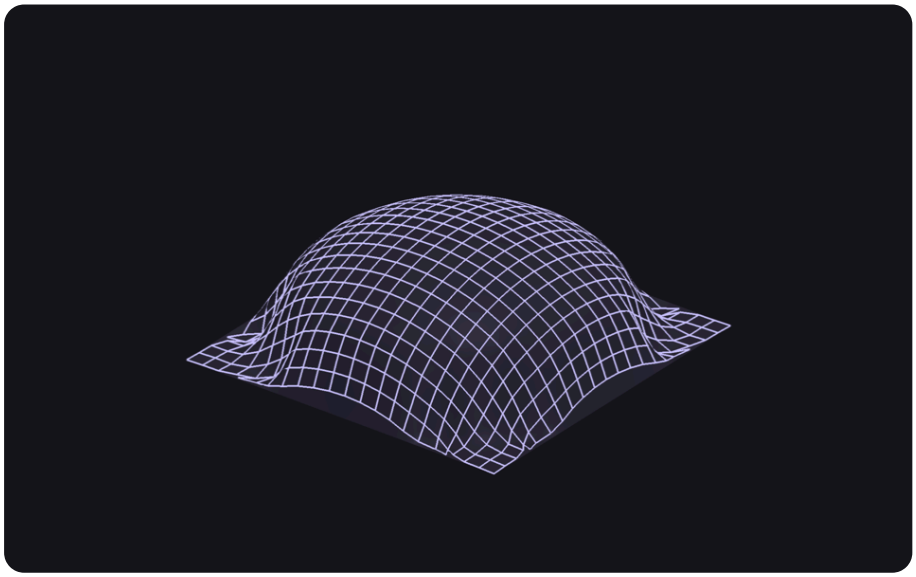
Malla espacial



Para qué. Una estructura de dos capas sobre una superficie: el cordón superior sobre ella, el inferior corrido medio módulo y bajado, y diagonales que los unen en pirámides.

Entrada	Qué quiere decir
divisiones u, **divisiones v**	módulos en cada dirección
canto	la distancia entre los dos cordones
qué	todas las barras, un cordón, las diagonales, o los cruces de arriba o de abajo

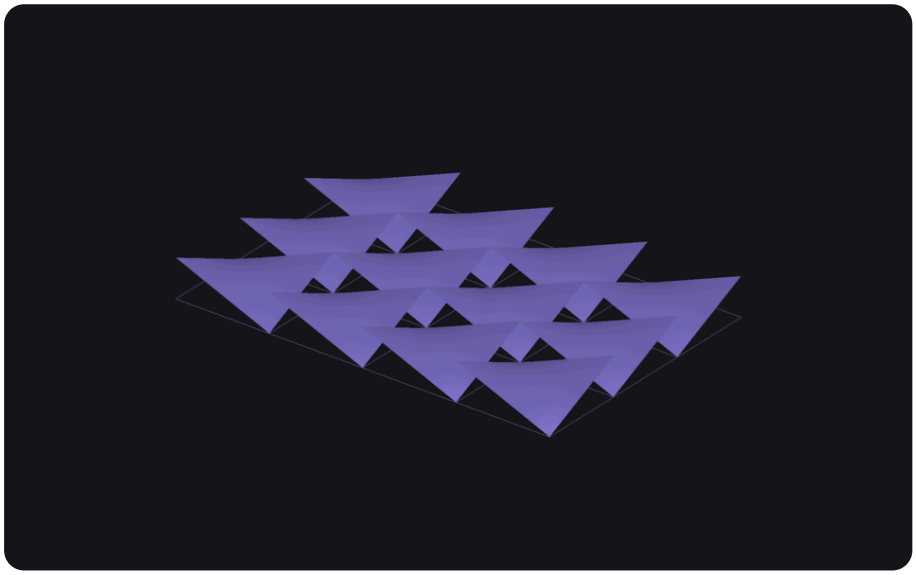
Red de Chebyshev



Para qué. Cómo se acomoda una malla de listones al doblarse, o una tela al caer: cuadriláteros de cuatro lados iguales. Para cubiertas de listones y gridshells.

Entrada	Qué quiere decir
u, **v**	el punto de partida
paso	el largo de cada lado, entre nudos
cantidad	nudos a cada lado del inicio
ángulo, **giro**	el ángulo entre los dos listones de partida, y su giro
qué	todos los listones, una familia, o los nudos

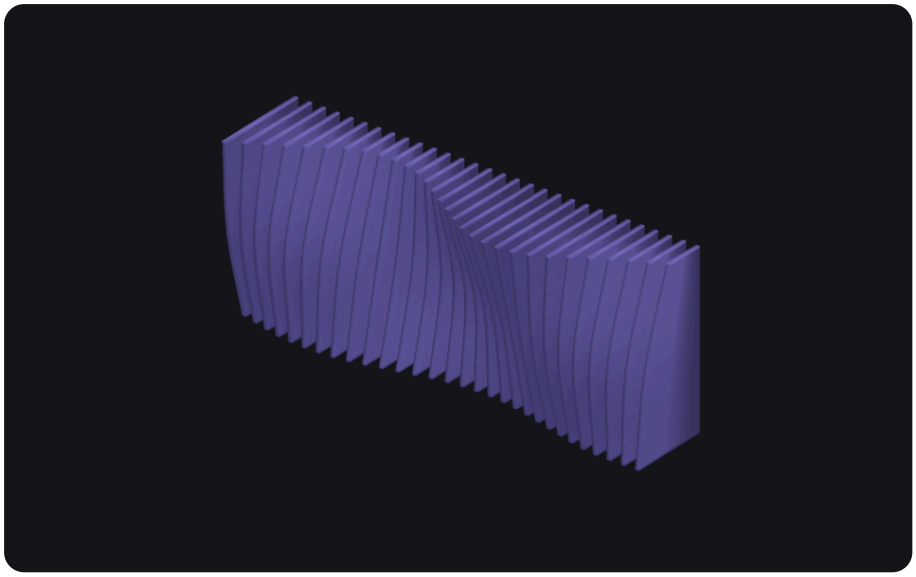
Hypar



Para qué. Para plegar cada panel en un paraboloide hiperbólico: dos esquinas opuestas suben y el panel se vuelve una silla de rectas, como un papel doblado por una diagonal.

Entrada	Qué quiere decir
paneles	paneles de cuatro esquinas: una Retícula, rectángulos
elevación	cuánto suben dos esquinas opuestas, en metros
esquinas	qué dos esquinas suben
mostrar	la *pieza plegada*, la *pieza desplegada* para cortar, el *pliegue* o el *lado más largo*

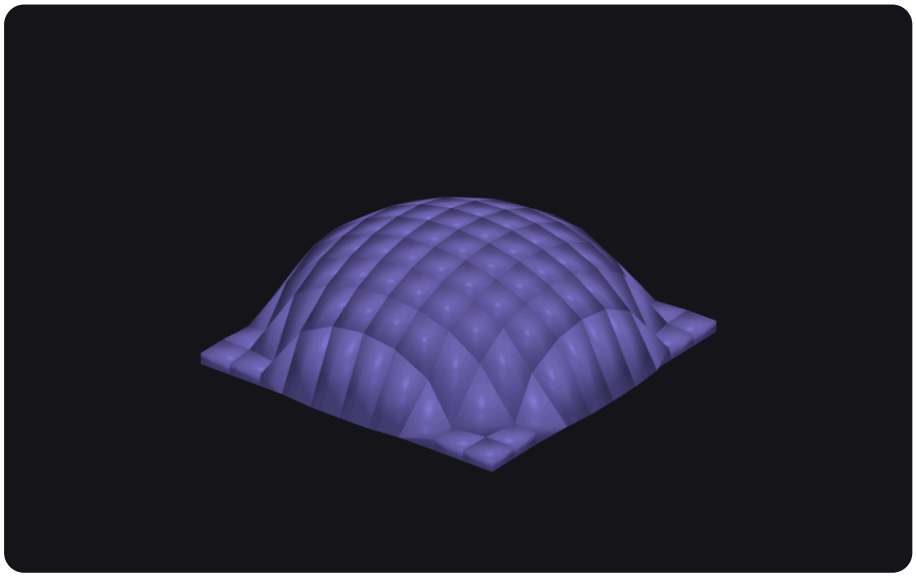
Costillas



Para qué. Para cortar una forma en tablas paralelas cerradas contra una pared: un muro de costillas, un cielorraso de listones, un banco rebanado. Mira Dibuja la forma y después córtala.

Entrada	Qué quiere decir
forma	una superficie, una malla o un volumen
cantidad, **grosor**	cuántas costillas, y su grosor
cortes	*x*, *y*: costillas verticales · *z*: rebanadas horizontales
espalda	dónde está la pared de atrás

Encajar en superficie



Para qué. Para cubrir una superficie con un módulo: la superficie se divide en celdas que siguen su curva, y el módulo se encaja en cada una, curvándose con ella.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	el módulo, dibujado en cualquier lugar; vacío: las celdas mismas
cantidad u, **cantidad v**	celdas en cada dirección
alto	cuánto sube la parte de arriba del módulo desde la superficie

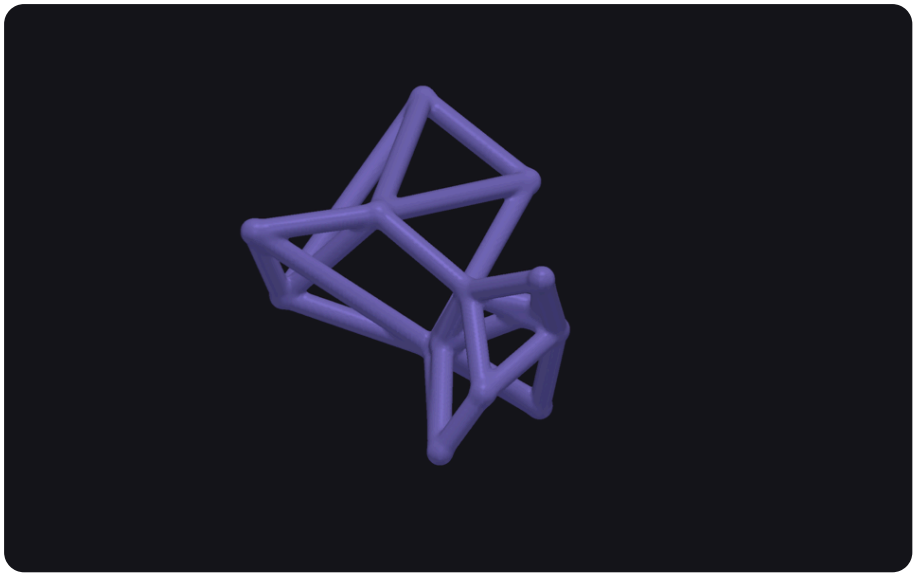
Tubo



Para qué. Una barra a lo largo de cada curva: redonda (barandas, cables), rectangular (vigas, montantes) o con un perfil que dibujas (una I, una L).

Entrada	Qué quiere decir
sección	*redonda*, *rectangular* o *perfil*
radio, **lados**	para secciones redondas
ancho, **alto**	para las rectangulares
perfil	una curva dibujada alrededor del origen, en planta
giro, **tapas**	girar la sección; cerrar los extremos

Tubos



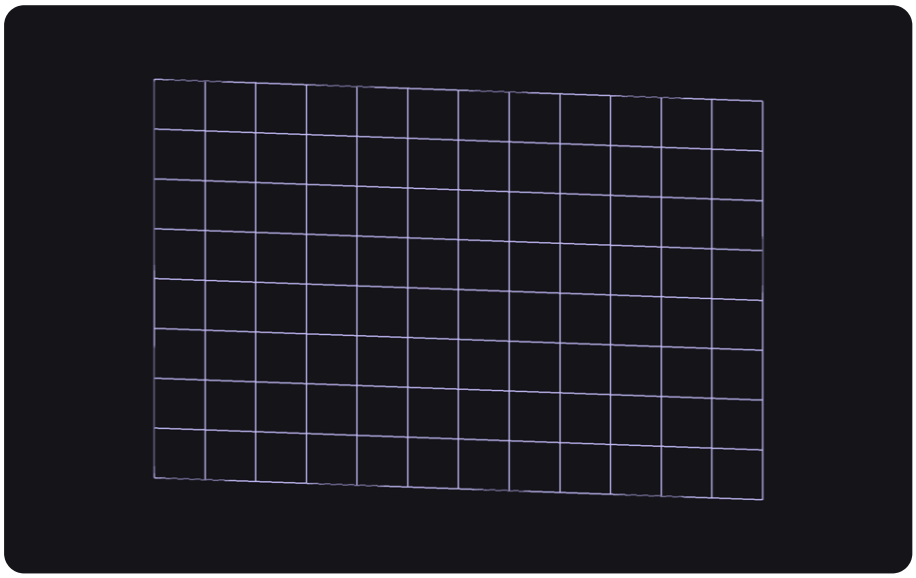
Para qué. Un tubo alrededor de cada línea, todos fundidos en una sola piel con empalmes suaves en los nudos: una sola estructura escultórica.

Entrada	Qué quiere decir
radio	de los tubos
empalme	cuánto se rellenan los nudos; `0`: nada
detalle	más es más fino y más lento

Dividir

Dividir es donde una cosa se vuelve muchas: una fachada en paneles, una caja en sus caras, una lista en grupos. Estos nodos son ocre en el lienzo.

Retícula



Para qué. Para dividir un rectángulo o una superficie curva en paneles: filas y columnas, rombos, hexágonos o triángulos.

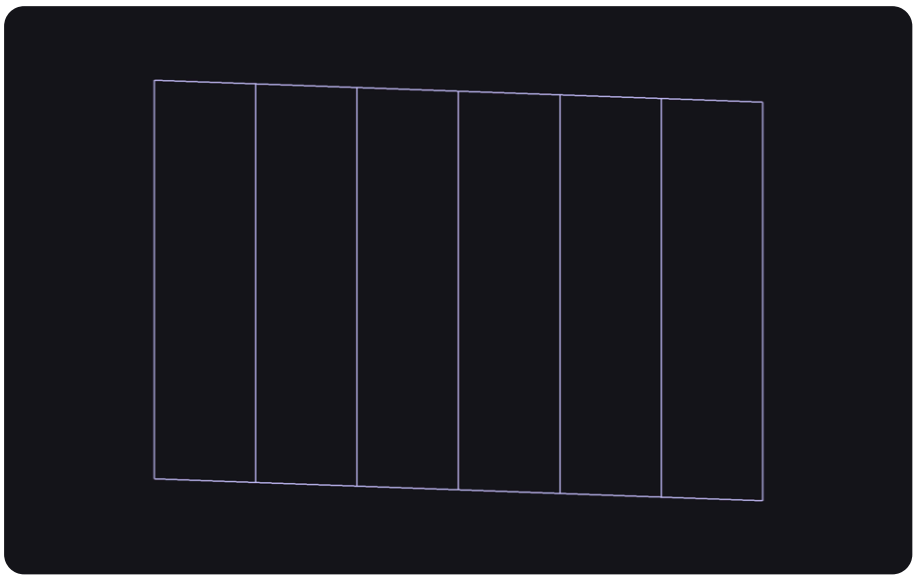
Cómo. Conecta el **rectángulo** (o una superficie) y di cómo dividirlo: por número (**columnas**, **filas**) o por medida (**ancho celda**, **alto celda**).

Entrada	Qué quiere decir
rectángulo	un rectángulo, o una superficie curva
columnas, **filas**	cuántas, o los cortes como fracciones (`0; 0,2; 0,5; 1` : disparejos)
ancho celda, **alto celda**	la medida de cada celda, en vez de cuántas
nivel filas, **nivel columnas**	los nombres de las dos listas (*fila* y *columna* de fábrica)
forma	*cuadrados*, *rombos*, *hexágonos* (un panal), *triángulos*, o *remates de rombos* (los triángulos que completan el borde)
paneles	sobre una superficie curva: *planos* (cuatro esquinas) o *curvos* (siguen la superficie)

Trucos.

- Los cortes disparejos pueden venir de otro nodo: una **Fórmula** da celdas que crecen.
- El cable dice `fila 12 × columna 20 = 240`: todo lo que viene después de la Retícula trabaja con todos los paneles a la vez.

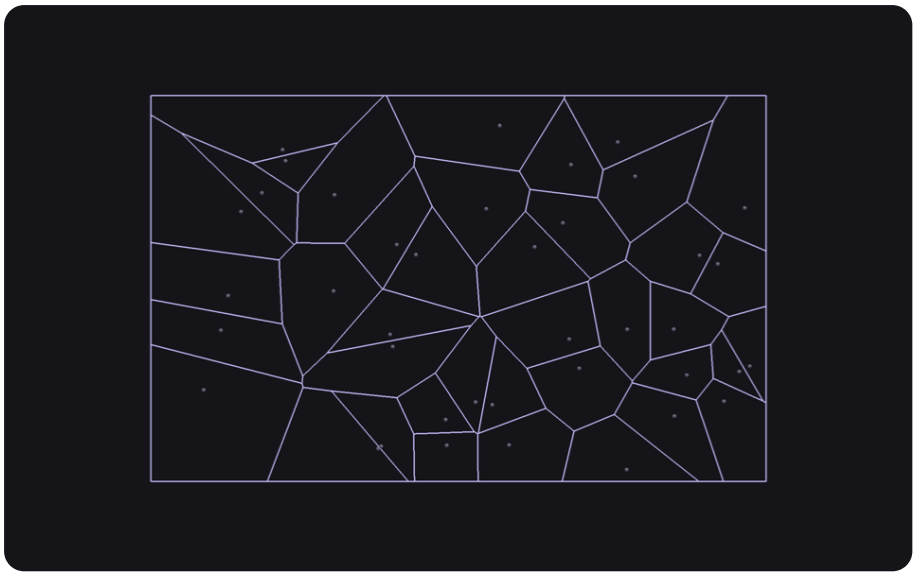
Dividir



Para qué. Para dividir un rectángulo en partes en una sola dirección: vanos a lo ancho de una fachada, franjas de un piso.

Entrada	Qué quiere decir
rectángulo	lo que se divide
partes o **medida**	cuántas partes, o la medida de cada una
dirección	a lo *ancho* o a lo *alto*
nivel	el nombre de la lista nueva (*parte* de fábrica)

Voronoi



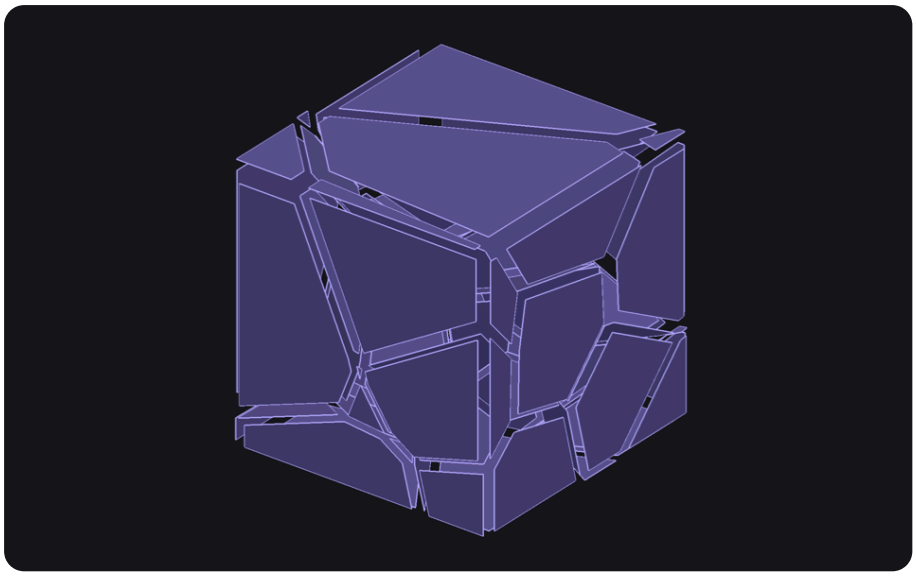
Para qué. Celdas alrededor de semillas: cada semilla se queda con la parte del plano más cerca de ella que de cualquier otra. Pieles orgánicas, pavimentos, perforaciones, la planta de un parque.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	las semillas
borde	una curva cerrada que contiene las celdas; vacío: un rectángulo un poco más grande que las semillas
radio	ninguna celda pasa de esta distancia a su semilla: se redondean y dejan huecos
nivel	el nombre de la lista de celdas (*celda* de fábrica)

Trucos.

- Semillas de **Puntos al azar** dan un aspecto natural; cambia la semilla hasta que te guste.
- Con **Vértices**, **Centro** y **Delaunay**, una pirámide en cada celda: una piel Voronoi.

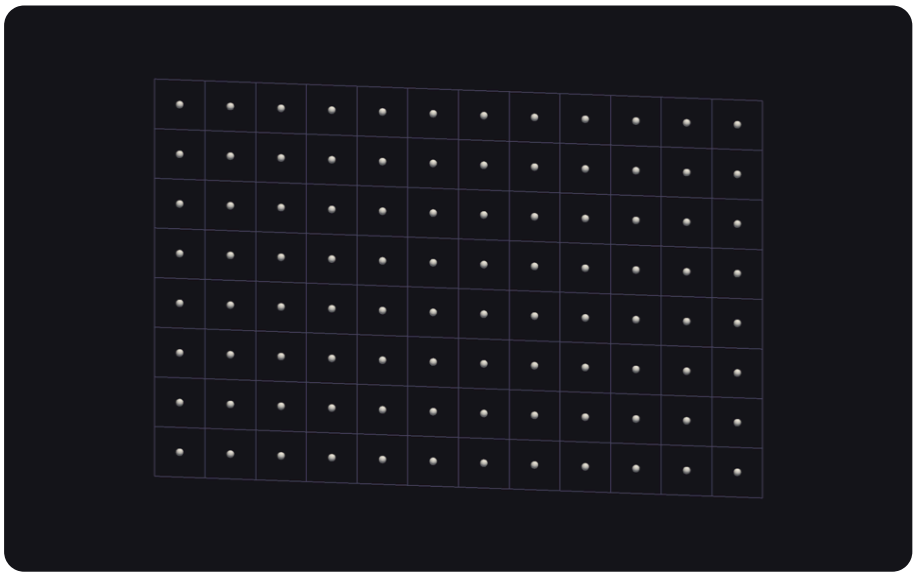
Voronoi 3D



Para qué. Lo mismo en un volumen: cada punto se queda con el espacio más cerca de él. Cada celda es un poliedro.

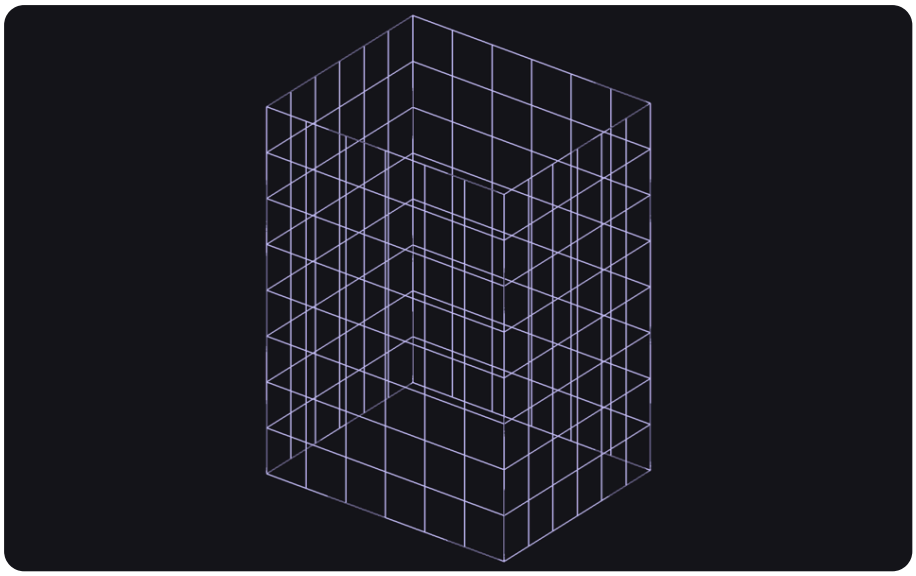
Entrada	Qué quiere decir
puntos, **región**	las semillas, y el volumen que se divide
nivel, **nivel caras**	los nombres de las celdas y de las caras de cada celda

Centro



Para qué. El centro de cada elemento: donde poner un quiebrasol, una lámpara, un rótulo, una columna.

Caras



Para qué. Las caras de un prisma o una caja, por nombre, como rectángulos: para poner paneles en la fachada sur, o paneles solares en el techo.

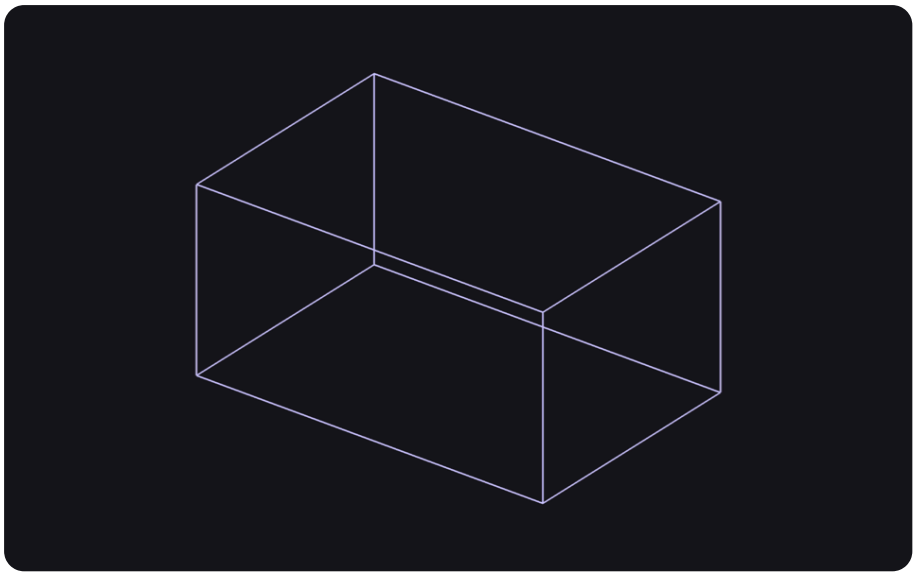
Entrada	Qué quiere decir
volumen	un Prisma o una Caja
cuáles	*sur*, *este*, *norte*, *oeste*, *techo*, *base*, o *fachadas* (las cuatro) o *todas*
nivel	el nombre de la lista nueva (*cara* de fábrica)

Vértices



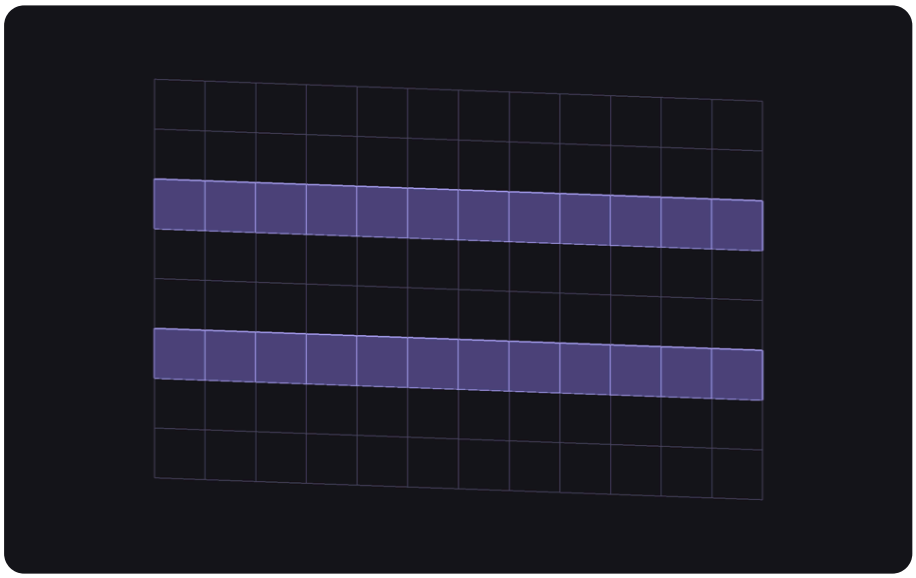
Para qué. Las esquinas de cada elemento, como puntos: las 8 esquinas de una caja, las esquinas de cada panel.

Aristas



Para qué. Los bordes de cada elemento, como líneas: las 12 aristas de una caja, el marco de cada panel.

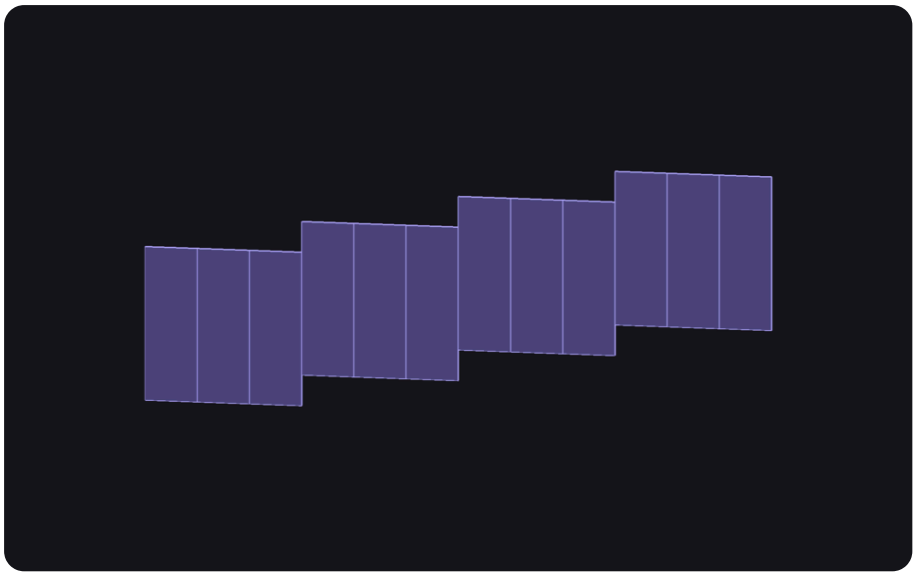
Elegir



Para qué. Para tomar elementos de una lista por su número, contando desde `0`: la fila 4, el último piso, los puntos 1, 5 y 3, del 2 al 5.

Entrada	Qué quiere decir
dato	la lista
nivel	qué nivel; vacío: el único
posición	`4` · `último` · `-1` (el último) · `1; 5; 3` · `2-5` (del 2 al 5)

Partir



Para qué. Para partir los elementos de una lista en grupos: paneles de a cuatro, una fachada en tres partes.

Entrada	Qué quiere decir
dato, **nivel**	la lista y qué nivel
modo	*grupos de*: tantos a la vez · *en partes*: en tantos grupos iguales
cantidad	cuántos por grupo, o cuántos grupos
nivel nuevo	el nombre de los grupos: *tramo*, *módulo*, *piso*

Trucos.

- Para partir en dos en un punto, usa **Elegir** con dos rangos: `0-3` y `4-último`.

Reordenar

Para qué. Para cambiar el orden de una lista: al revés, corrida unos puestos, o de menor a mayor según un valor.

Entrada	Qué quiere decir
dato, **nivel**	la lista y qué nivel; vacío en una curva: invierte su sentido
modo	*invertir*, *desplazar* u *ordenar*
cantidad	cuántos puestos se corre (negativo, hacia el otro lado)
dar la vuelta	sí: lo que sale por un extremo vuelve por el otro · no: se pierde
clave	el número por el que se ordena (una distancia, una altura); vacío: los valores mismos

Trucos.

- **Desplaza** en uno y compara cada piso con el de arriba: el *vecino*.

Unir niveles

Para qué. Para unir dos niveles en uno, en orden: *triángulo 4 × vértice 3* se vuelve *vértice 12*. Para dibujar una curva por todos los puntos, o numerarlos en fila.

Entrada	Qué quiere decir
dato	la lista
primero	el nivel de afuera; vacío: el primero
segundo	el nivel que va adentro; vacío: el último
nivel nuevo	el nombre del nivel unido; vacío: el del segundo

Trucos.

- **Partir** en grupos lo deshace.

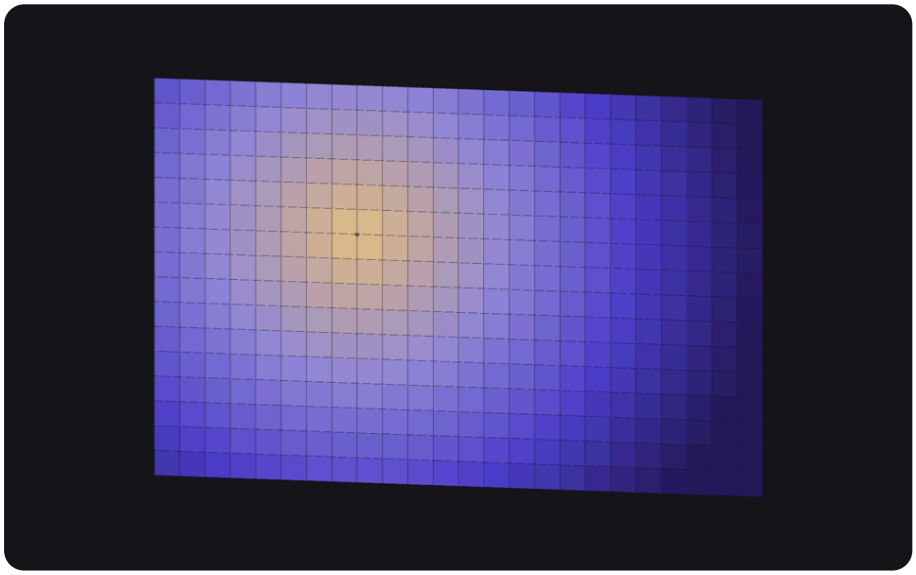
Medir

Medir es donde un diseño empieza a responder: a qué distancia está cada panel de un punto, qué tan grande es cada celda, qué piezas pasan una regla. Estos nodos son violeta en el lienzo, y la mayoría da **números**, uno por elemento, que conectas a un tamaño, un ángulo o una distancia. Mira Condiciones y atractores.

Para ver esos números sobre el modelo, pinta la geometría según un valor en su panel (**Color → según un valor**): así se hicieron las imágenes de esta página.

Cercanía

Atractor



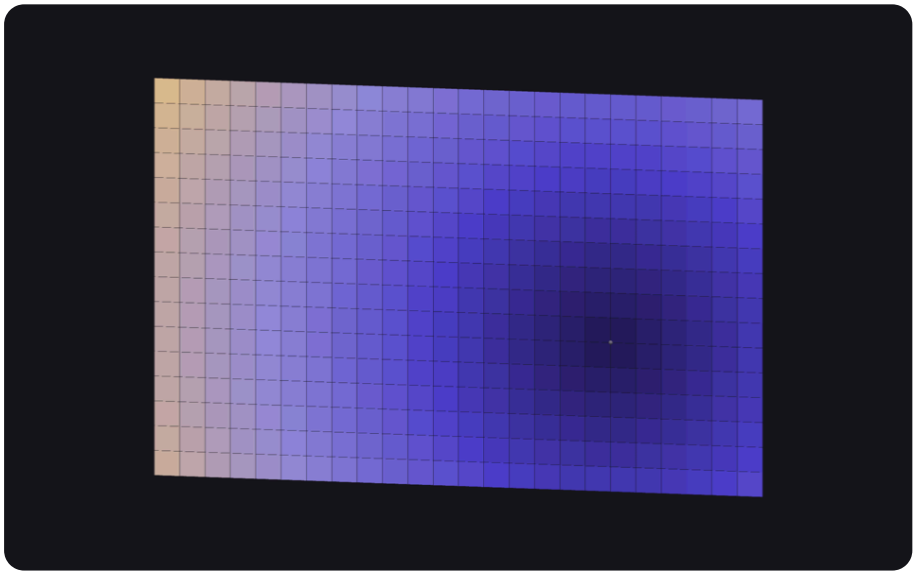
Para qué. Un valor por elemento según lo cerca que esté de unos puntos o curvas: quiebrasoles que se abren cerca de una entrada, paneles que se achican hacia una esquina, perforaciones que crecen a lo largo de un camino.

Entrada	Qué quiere decir
dónde	los puntos que lo sienten, o una geometría (cada elemento por su centro)
atractores, **más**	uno o más puntos o curvas; *más* para mezclar puntos y curvas
alcance	hasta dónde llega el efecto, en metros; vacío: hasta el más lejano
cerca, **lejos**	el valor junto al atractor, y en el alcance o más allá
varios	manda *el más cercano*, o sus efectos *se suman*
curva	*lineal*, *suave*, *acelera* o *frena*

Trucos.

- Conecta lo que da al **giro** de un Colocar, al **factor** de un Escalar o a la **distancia** de un Mover.

Distancia



Para qué. La distancia entre puntos, en metros: cada panel a un punto, cada columna a la siguiente.

Cómo. Conecta puntos a **a** y **b**. Con listas de nombres distintos, todos con todos.

Punto más cercano

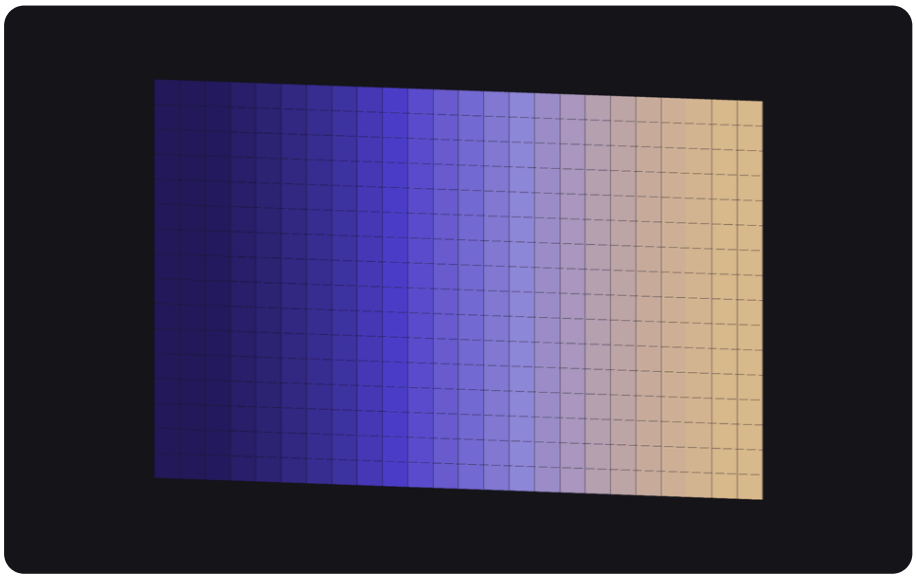


Para qué. El punto de una curva más cercano a cada punto: para unirlos con líneas, orientar algo hacia la curva, o saber dónde cae a lo largo de ella.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	los puntos, o una geometría (cada elemento por su centro)
curva	la curva donde se busca
da	el *punto* en la curva, su *fracción* a lo largo, o la *distancia*

De un rango a otro

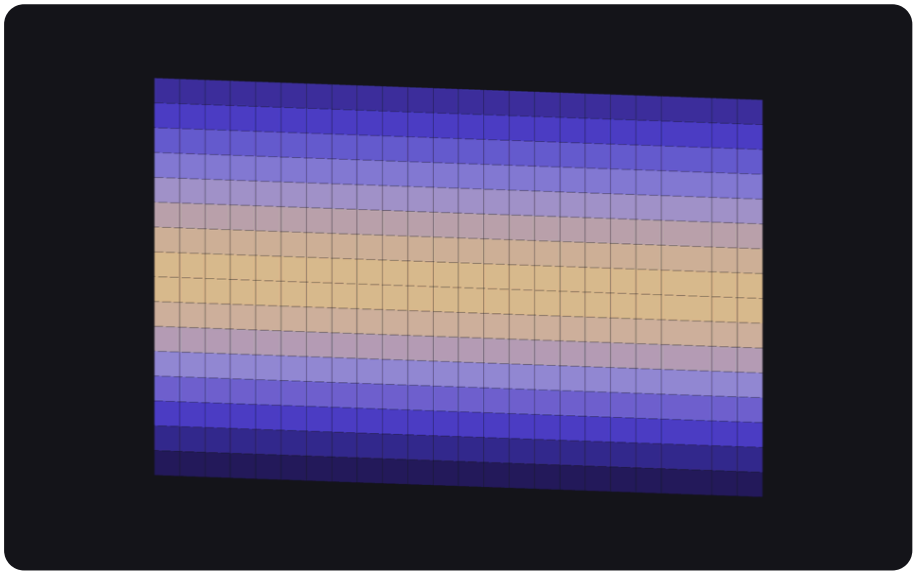
Remapear



Para qué. Llevar un valor de un rango a otro: distancias de 0 a 12 m a ángulos de 90° a 0°.

Entrada	Qué quiere decir
valor	los números que se remapean
desde min, **desde max**	el rango de origen; vacío: el menor y el mayor de los datos
hacia min, **hacia max**	el rango al que van
curva	*lineal*, *suave*, *acelera* o *frena*
limitar	sí: lo que pasa del rango de origen se queda en el extremo

Gráfica



Para qué. Como Remapear, pero **dibujas la curva** moviendo sus puntos en el panel: decides cómo cambia un valor de abajo hacia arriba sin escribir una fórmula.

Entrada	Qué quiere decir
valor	los números que pasan por la gráfica
puntos	los puntos de la curva, movidos en el panel
hacia min, **hacia max**	lo que sale abajo y arriba
suave	sí: una curva suave · no: tramos rectos
desde min, **desde max**	el rango de origen; vacío: el de los datos

Trucos.

- Una curva guía, una **Distancia** hasta ella y una **Gráfica** hacen relieves sin ninguna fórmula.

Muestreo de imagen

Para qué. Un valor en cada punto leído de una imagen: qué tan clara es ahí. Para perforar una fachada a partir de una foto, o levantar columnas a partir de un dibujo.

Entrada	Qué quiere decir
archivo	la imagen: una foto, un dibujo, un degradado
dónde	los puntos que la leen, o una geometría (cada elemento por su centro)
marco	dónde se apoya la imagen, estirada para calzar; vacío: alrededor de los puntos
plano	cómo se apoya: *planta*, *alzado* o *lateral*
canal	*luminosidad*, *rojo*, *verde*, *azul* u *opacidad*
negro, **blanco**	los valores para lo oscuro y lo claro; intercámbialos para invertir

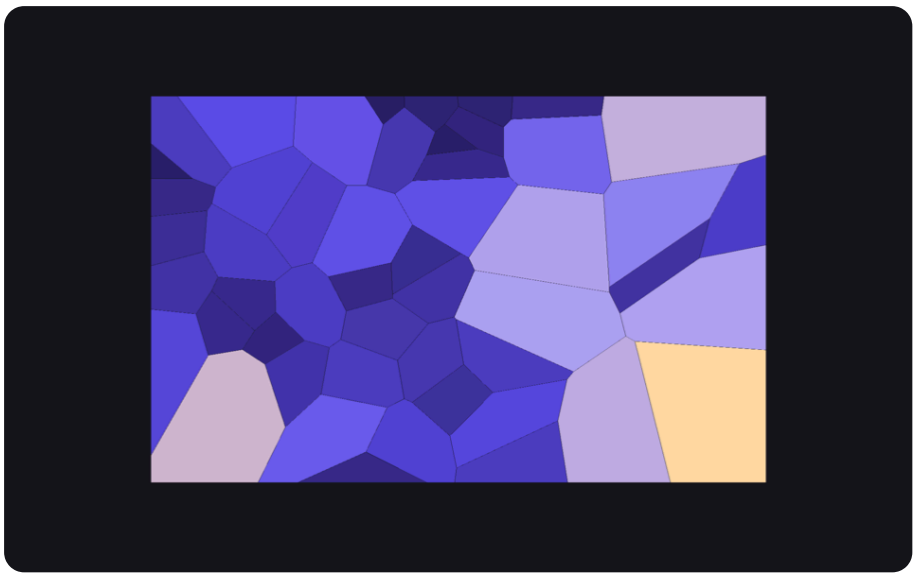
Resumir

Para qué. Un número a partir de muchos: el área total de una fachada, el piso más alto, el ángulo promedio, cuántos son.

Entrada	Qué quiere decir
dato	los números
operación	*máximo*, *mínimo*, *suma*, *promedio* o *contar*
sobre	qué nivel desaparece; vacío: todos

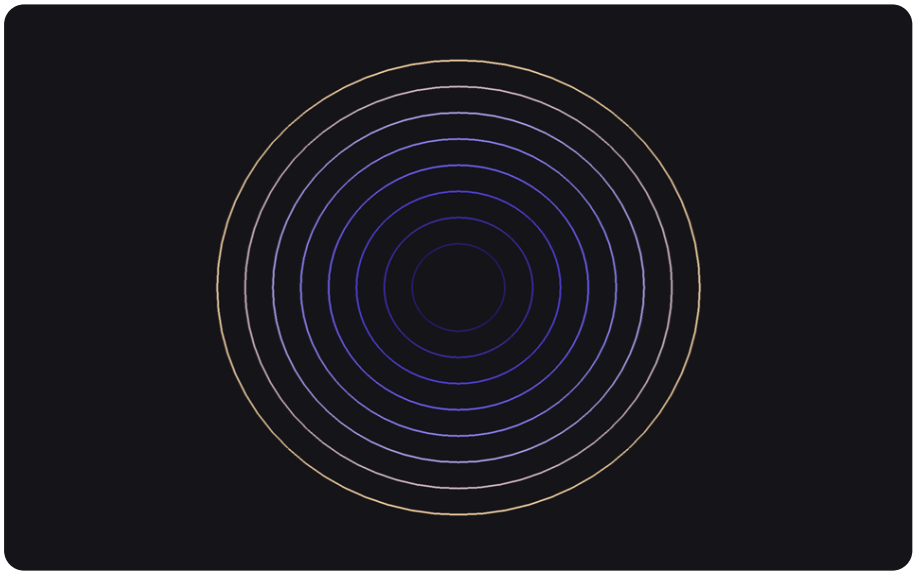
Tamaños

Área



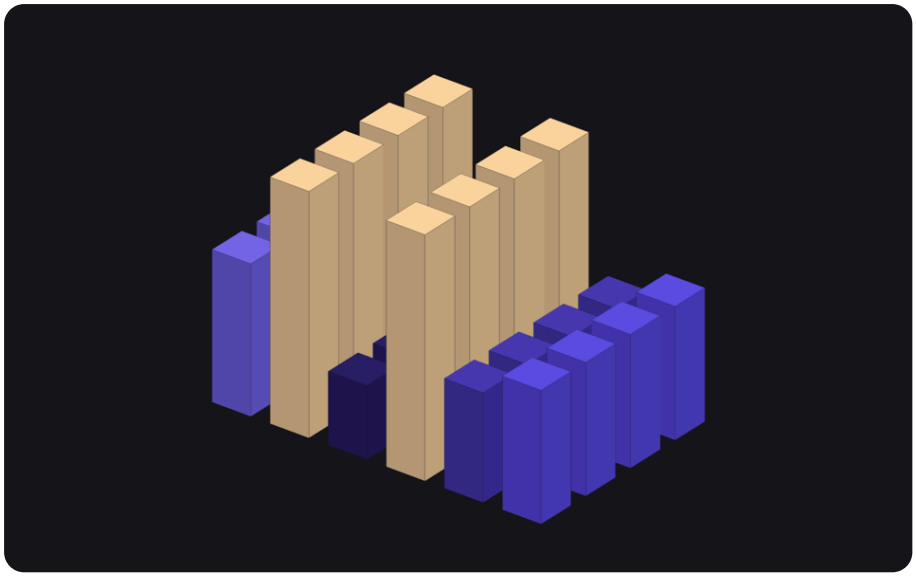
Para qué. El área de cada elemento en m^2: una planta, una superficie, la piel de un volumen.

Largo



Para qué. El largo de cada curva en metros: un cable, un borde, un perímetro.

Volumen



Para qué. El volumen de cada cuerpo cerrado en m^3: una caja, un prisma, unos tubos.

Trucos.

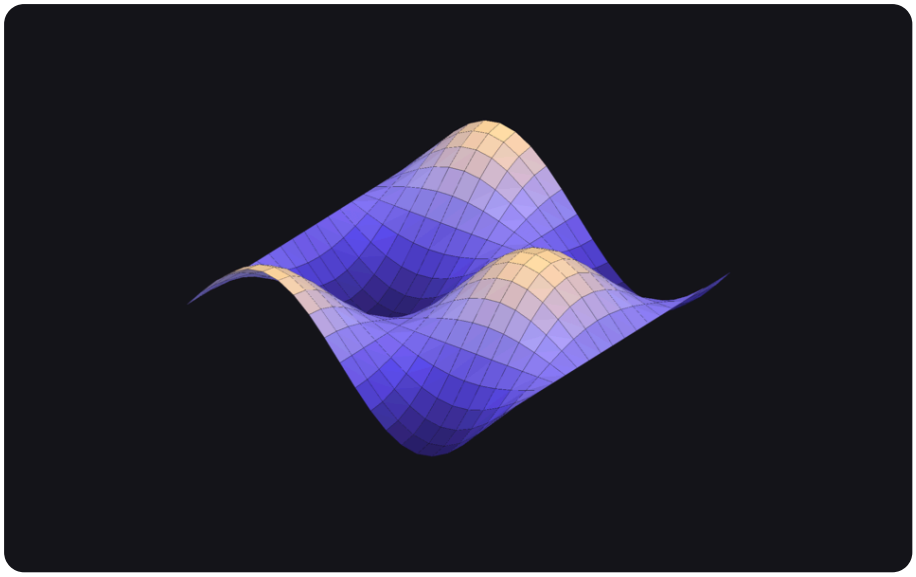
- Un rectángulo no tiene volumen: no está cerrado. Extrúyelo con tapas primero.

Centroide



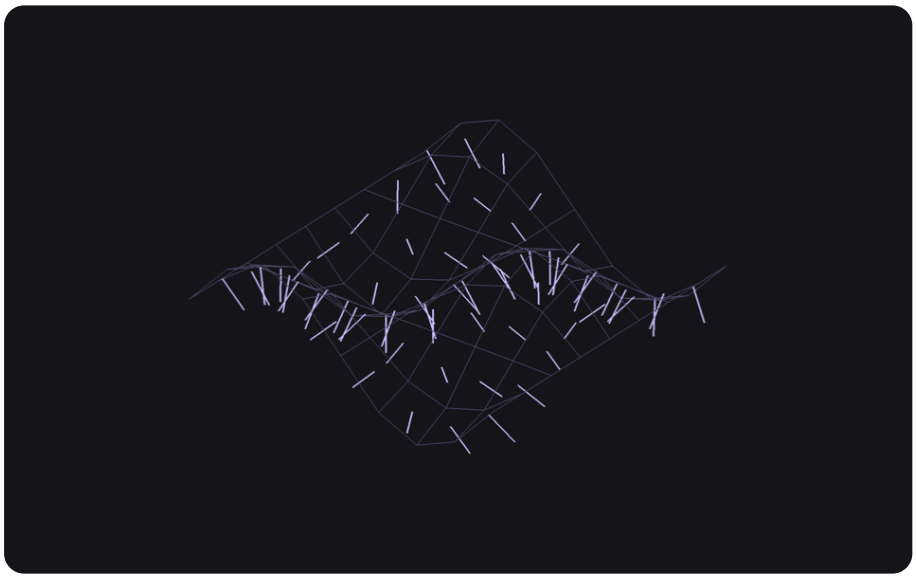
Para qué. El centro de gravedad de cada elemento: de su volumen, área o largo. No el promedio de sus esquinas, que es lo que da **Centro**.

Coordenada



Para qué. La x, la y o la z de cada punto: para compararla (los paneles de un lado, los que están sobre cierta altura) o usarla en una Fórmula.

Normal



Para qué. Hacia dónde mira cada rectángulo: hacia afuera en las caras de un prisma, o en los paneles de una superficie. Para parar cosas sobre una superficie con **Orientar**, o saber qué paneles miran al sur.

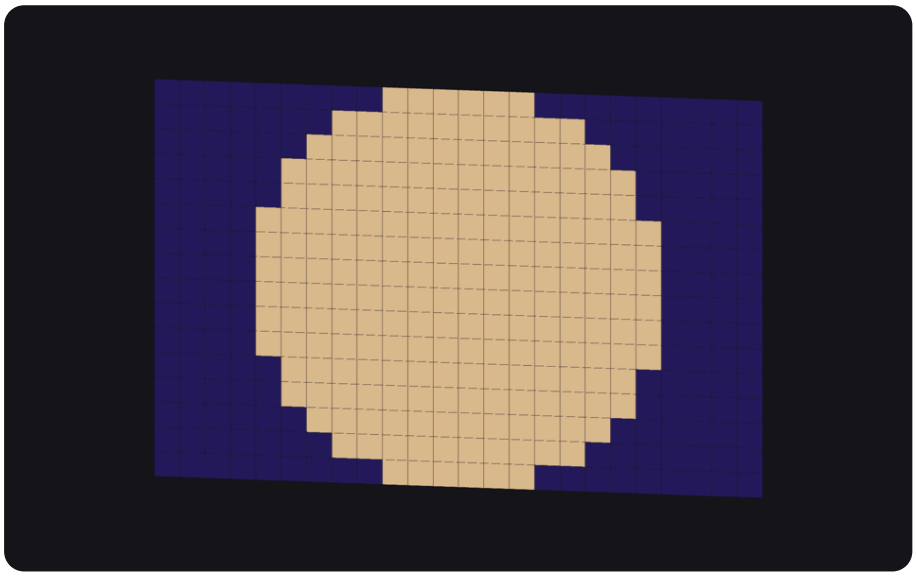
Medir vector

Para qué. El largo de un vector, o el ángulo en grados entre dos: `90`, perpendiculares.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*largo* o *ángulo*
base	el vector que se mide
otro	el segundo vector; la vertical de fábrica

Condiciones

Comparar



Para qué. Un sí o un no por elemento: *a* es *menor*, *menor o igual*, *mayor*, *mayor o igual*, *igual* o *distinto* de *b*.

Combinar condiciones

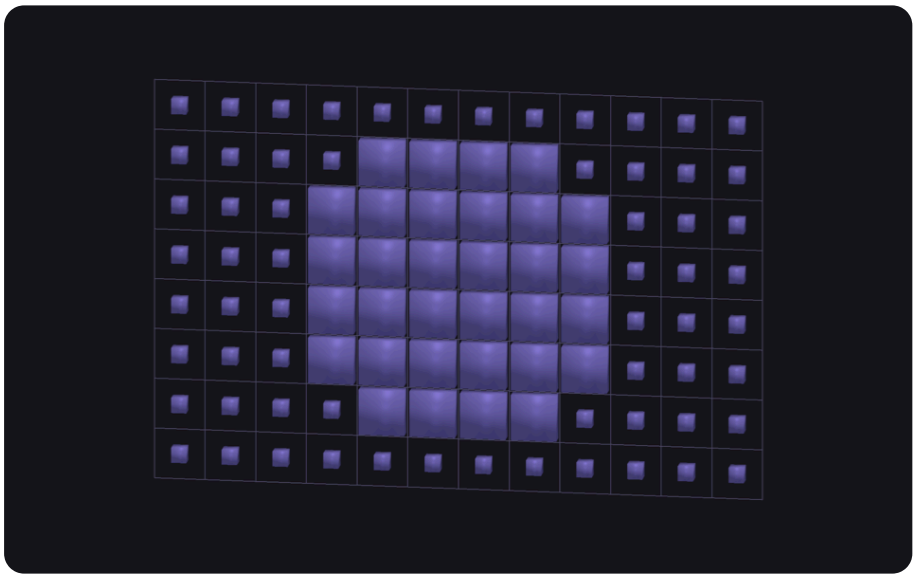
Para qué. Para juntar dos condiciones: *y* (las dos), *o* (cualquiera), *solo uno*, o *no* (lo contrario de *a*).

Dentro de



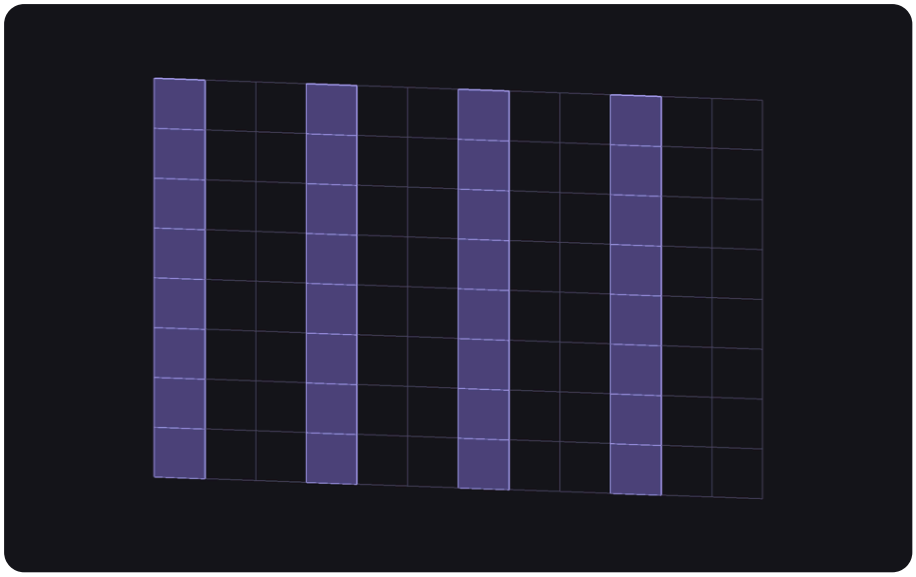
Para qué. Sí o no para cada punto: si cae dentro de una planta, vista desde arriba, o dentro de un volumen cerrado. Las columnas dentro del patio, los árboles dentro del edificio.

Escoger



Para qué. Una cosa u otra para cada elemento: donde se cumple la condición, el **sí**; si no, el **no**. Un panel abierto o uno cerrado. Con un solo **Sí o no**, toda una variante o la otra.

Filtrar



Para qué. Para quedarse con algunos elementos: los que cumplen una condición, los de un patrón, o uno de cada tantos.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*condición*, *patrón* (`sí; no; no` deja uno de cada tres) o *cada* (uno de cada tantos)
condición, **patrón**, **cada**, **desde**	los valores de cada modo
nivel	qué nivel; vacío: el único
quitar	sí: los otros se van y la lista se acorta · no: quedan en su lugar, vacíos
conservar	*los que sí* o *los que no*: dos Filtrar, uno de cada uno, parten una lista en dos

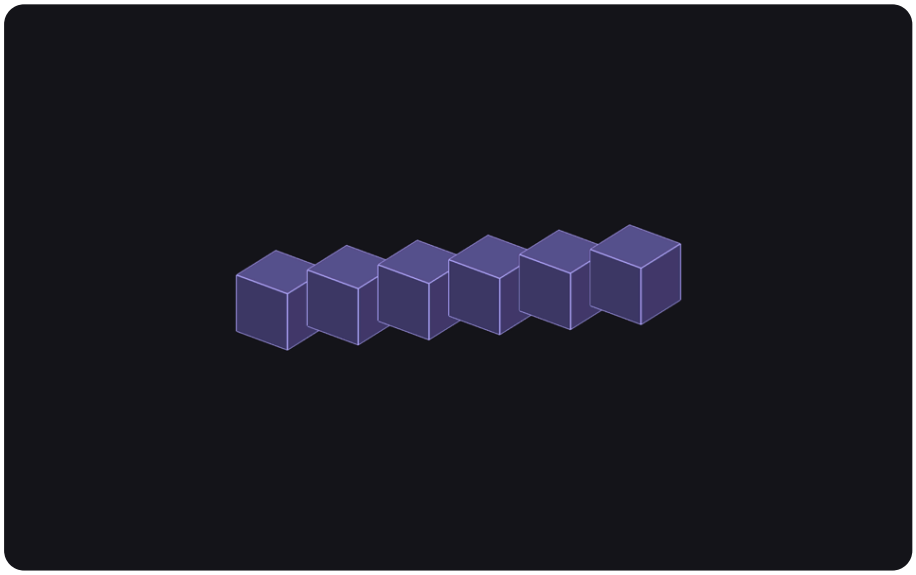
Transformar

Transformar toma una geometría y cambia dónde está o qué forma tiene: copias a lo largo de una fachada, quiebrasoles que giran, módulos que se curvan sobre una superficie. Estos nodos son rojo teja en el lienzo.

Cada transformación trabaja sobre cada elemento. Un Mover con una distancia que viene de una Serie de 6 valores da 6 copias; un Escalar cuyo factor viene de un Atractor achica cada panel según su propia medida.

Llevarla a otro lugar

Mover



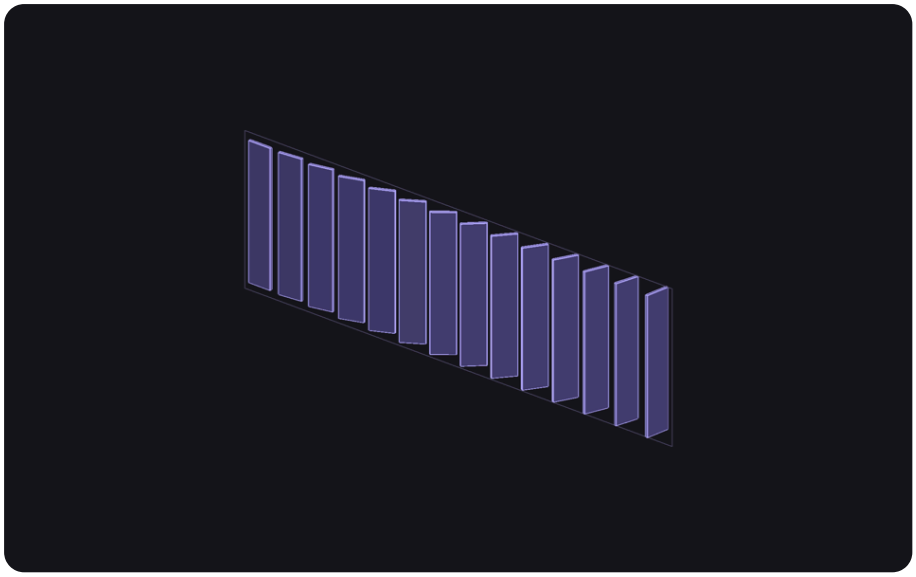
Para qué. Llevar cada elemento a otro lugar: un piso más arriba, adelante de una fachada, a otro punto.

Entrada	Qué quiere decir
modo	*vector* (hacia dónde y cuánto) o *de un punto a otro* (lo que está en *desde* termina en *hasta*)
vector	hacia dónde; hacia arriba de fábrica
distancia	si la das, el vector solo marca la dirección: `3` sube 3 m
desde, **hasta**	el punto base y dónde termina (de un punto a otro)

Trucos.

- Para subir algo sin escribir coordenadas, da solo una **distancia**: sube.

Colocar



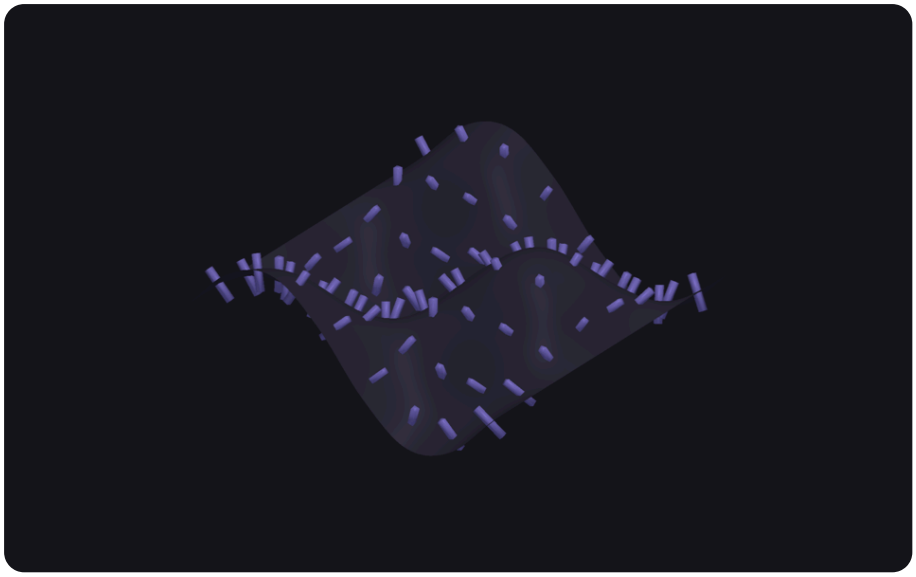
Para qué. Poner una pieza en cada punto, girada: un quiebrasol en cada panel, una columna en cada cruce.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	la pieza, dibujada alrededor del origen
en	los puntos donde van las copias
giro	grados, uno para todas o uno por punto
eje	sobre qué gira: *vertical*, *x* o *y*

Trucos.

- Una **Caja** está centrada en el origen, así que gira sobre su propio centro. Mira Tu primer proyecto.

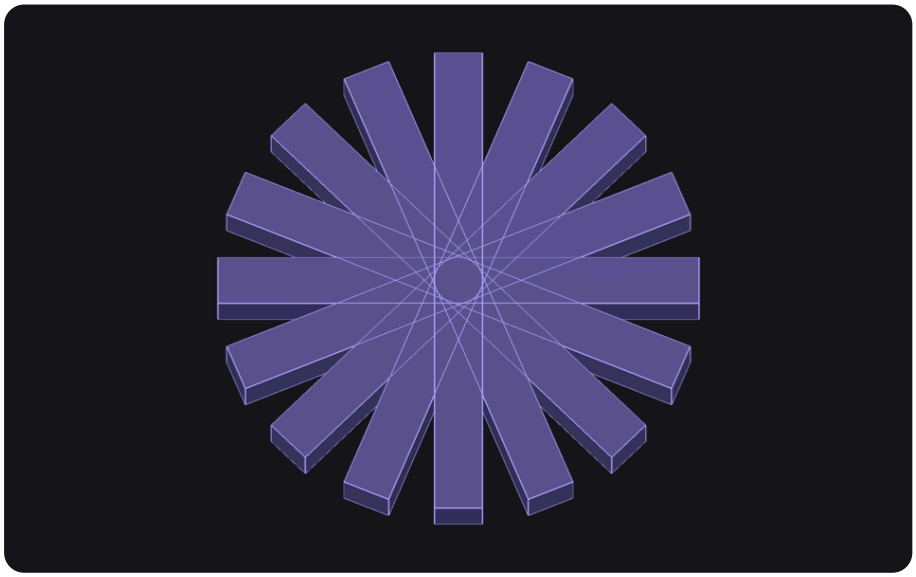
Orientar



Para qué. Llevar una pieza a otros lugares girándola hacia su dirección y su normal: un módulo en cada punto de una superficie, una pieza a lo largo de una curva. Conserva forma y tamaño.

Entrada	Qué quiere decir
desde	el punto de la pieza que va a *hasta* (su base, una esquina)
hasta	adónde va: un punto, o muchos
dirección hasta	hacia dónde mira su x ahí (unas tangentes); vacío: la x del mundo acostada en el lugar
normal hasta	qué es arriba ahí (las normales de una superficie)

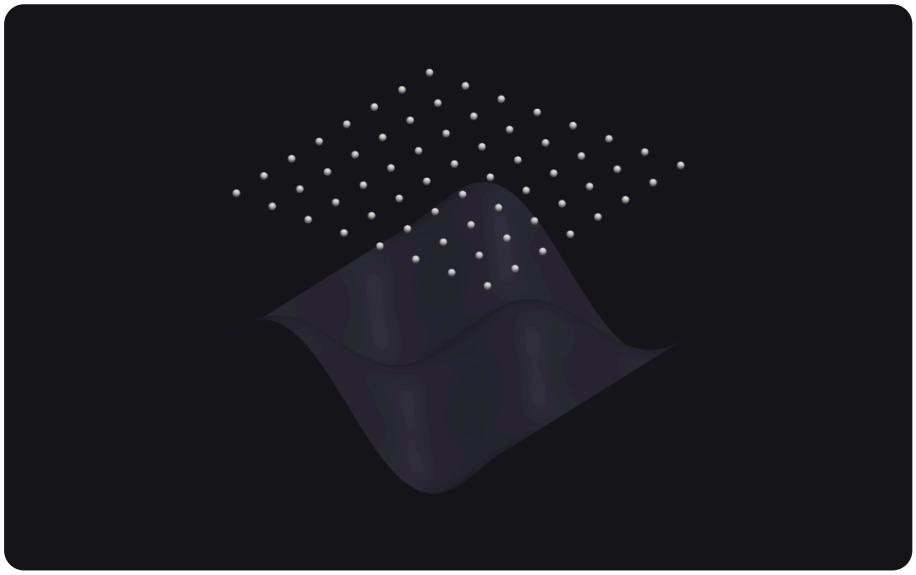
Girar



Para qué. Girar cada elemento alrededor de un eje: vertical, x, y o cualquier dirección, por un centro.

Entrada	Qué quiere decir
grados	cuánto gira
eje	*vertical*, *x*, *y* o *dirección* (una bisagra, la pendiente de una cubierta)
centro	un punto por donde pasa el eje
dirección	la dirección del eje, para *dirección*

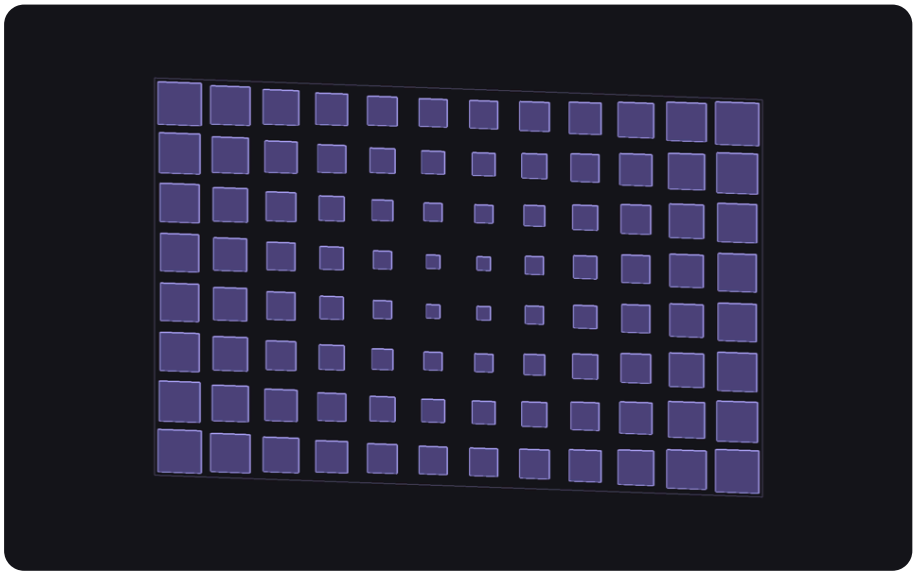
Proyectar



Para qué. Llevar una geometría plana a una altura: su huella en el suelo, o en otro nivel.

Cambiar su tamaño

Escalar



Para qué. Agrandar o achicar cada elemento: paneles que se achican hacia un punto, una copia más pequeña.

Entrada	Qué quiere decir
factor	más de 1 agranda, menos de 1 achica
centro	vacío: cada elemento sobre su propio centro

Escalar por ejes

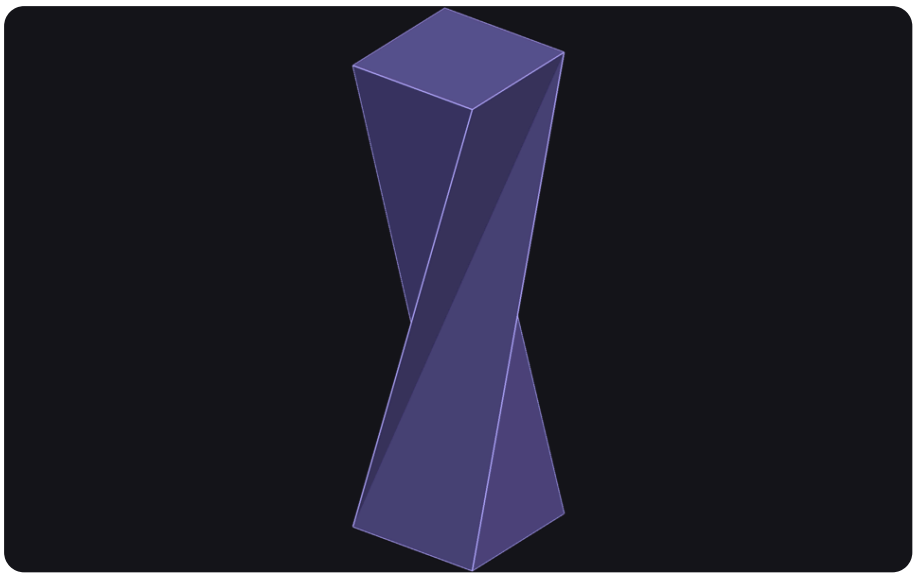


Para qué. Escalar distinto en x, y y z: un piso que se estira a lo ancho, una losa que se adelgaza.

Entrada	Qué quiere decir
x, **y**, **z**	el factor en cada dirección
centro	vacío: cada elemento sobre su propio centro

Cambiar su forma

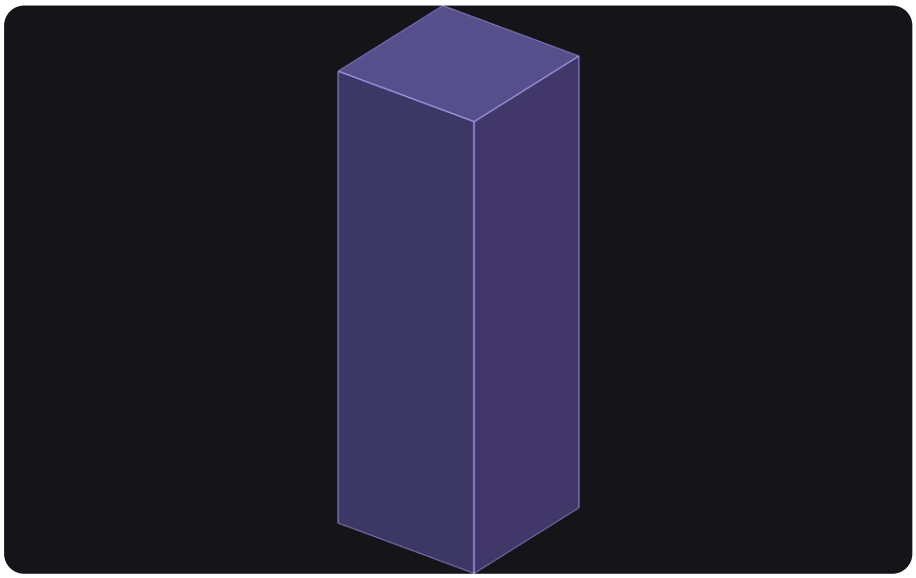
Torcer



Para qué. Torcer una geometría alrededor de un eje vertical: abajo queda quieta, arriba gira. Una torre que se retuerce.

Entrada	Qué quiere decir
grados	cuánto gira arriba
centro	por dónde pasa el eje vertical
desde	a qué altura empieza a torcerse, de 0 (abajo) a 1 (arriba)

Encajar módulo



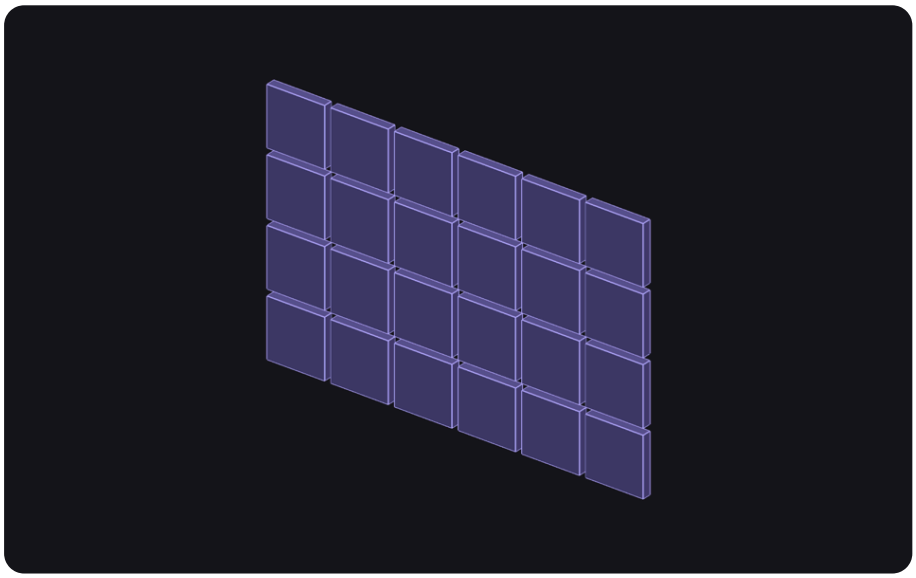
Para qué. Encajar un módulo en cada celda, curvándose con ella: lo que llena la caja del módulo llena la celda, por torcida que esté.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	el módulo, dibujado en cualquier lugar
celdas	las celdas: cajas, bloques (de Engrosar), paneles de una Retícula, u ocho esquinas movidas una por una
alto	para paneles: cuánto sube la celda desde el panel

Trucos.

- Sobre una superficie curva, **Encajar en superficie** divide la superficie y encaja el módulo en un solo paso.

Engrosar



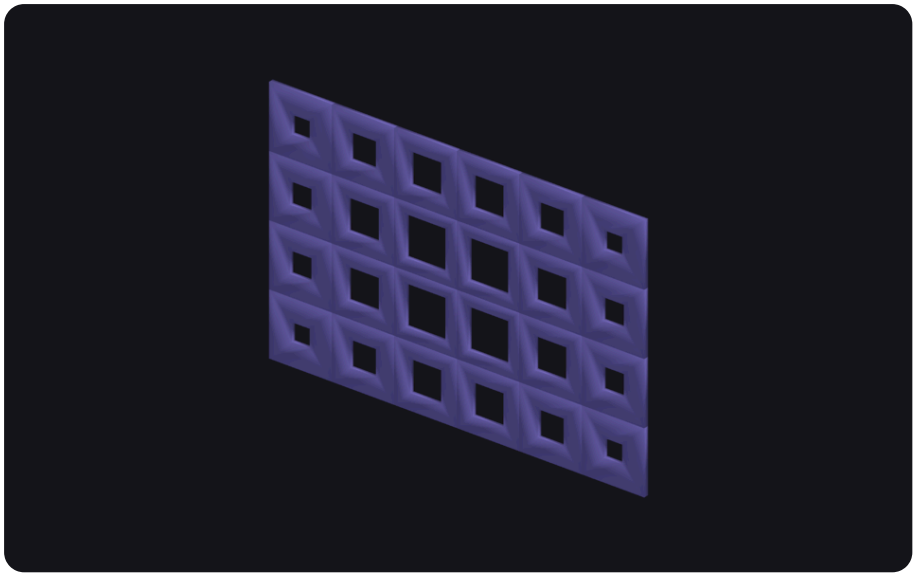
Para qué. Darle espesor a cada rectángulo, un bloque, o a una superficie: losas, paneles con espesor, muros.

Entrada	Qué quiere decir
rectángulo	los rectángulos o la superficie
espesor	positivo hacia afuera, negativo hacia adentro

Trucos.

- Crece hacia la cara de la superficie: para que crezca hacia el otro lado, da un espesor negativo o invierte la superficie.

Marco



Para qué. Un marco con una abertura en cada panel, o solo la abertura (el vidrio). Aberturas que crecen según un atractor dan una fachada que respira.

Entrada	Qué quiere decir
panel	los paneles
abertura	la abertura respecto del panel, de 0 (cerrado) a 1
espesor	`0`: un marco plano
ancho	el ancho del marco en metros, igual en todo el borde, en vez de la abertura
salida	el *marco*, o el *hueco* (el rectángulo de adentro)

Direcciones

Vector



Para qué. Una dirección con su largo, para usar donde va un punto o una dirección: en Mover, Línea por dirección, Girar.

Modo	Lo que da
x, y, z	escrito
eje	a lo largo de x, y o z
de un punto a otro	de **desde** a **hasta**
unitario, *a un largo*	la misma dirección, de largo 1 o del **largo** que des
multiplicar	por un **factor** (negativo lo invierte)
sumar, *invertir*, *perpendicular*	dos sumados, al revés, o perpendicular a dos

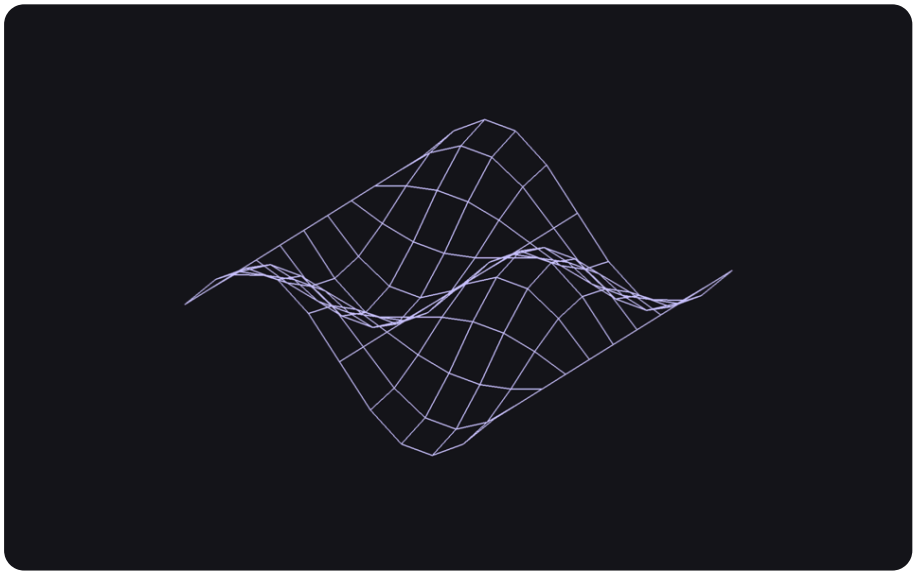
Mallas

Una malla es una superficie hecha de caras planas que comparten sus esquinas: triángulos, cuadriláteros. Es la forma de construir con vidrio plano, paneles o chapa plegada, y la forma de modelar formas libres por subdivisión. Estos nodos son cobre en el lienzo.

Geometría y topología. En una malla, los **puntos** dicen dónde están las esquinas (su geometría) y las **caras** dicen cómo se unen (su topología). Mueves un punto y las caras lo siguen; el orden de las esquinas de una cara dice cuál es su frente.

Hacer una malla

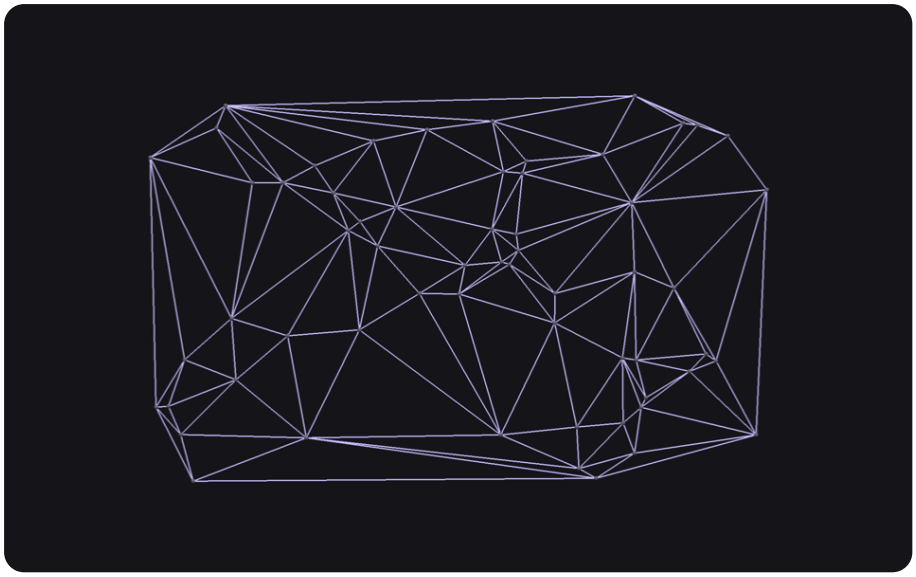
Malla de superficie



Para qué. Una superficie como una sola malla de cuadriláteros que comparten sus esquinas. Sobre una superficie de revolución o de traslación, los cuadriláteros salen planos: paneles que se pueden construir con vidrio plano.

Entrada	Qué quiere decir
superficie	una superficie, o un rectángulo
cantidad u, **cantidad v**	caras a lo ancho y a lo alto

Delaunay



Para qué. Unir puntos en triángulos lo más parejos posible, sin triángulos delgados: un terreno a partir de puntos de levantamiento, una piel de triángulos, pirámides sobre las celdas de un Voronoi.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	los puntos que se unen; con otros niveles, un grupo por cada uno
más	opcional: un punto que se suma a cada grupo, como el centro levantado de una celda para hacer una pirámide

Malla

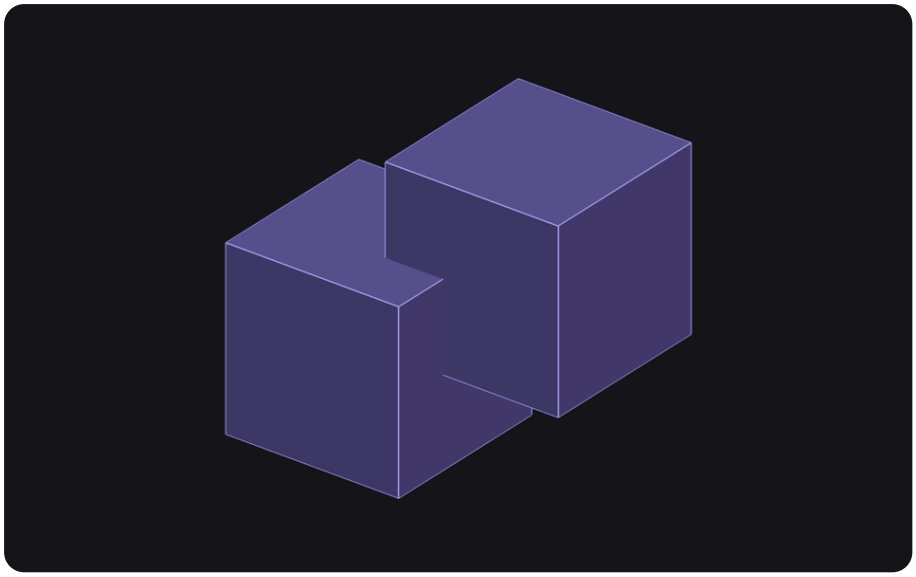
Para qué. Una malla escrita a mano, a partir de sus esquinas y sus caras: para entender las mallas, o para armar una pieza precisa.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	las esquinas, numeradas desde 0 en orden
caras	las esquinas de cada cara, `;` entre caras: `0 1 2; 2 1 3` (dos triángulos), `0 1 2 3` (un cuadrilátero)

Trucos.

- Escribe las esquinas de cada cara contra reloj, vista desde el frente.

Unir mallas



Para qué. Todo lo que tiene caras como una sola malla. Soldadas, las caras que se tocan comparten sus esquinas y quedan en una sola pieza, que es lo que necesita el suavizado.

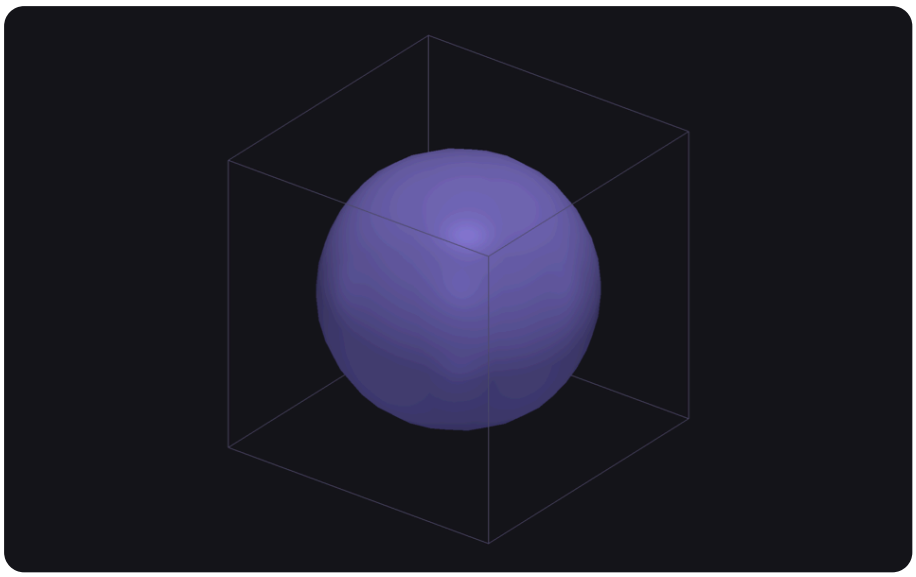
Entrada	Qué quiere decir
a … h	mallas, o cualquier cosa con caras: cajas, paneles, marcos, superficies
soldar	sí: las esquinas que se tocan se vuelven una
caras dobles	*dejar* o *quitar*: quitarlas deja de un grupo de cajas solo su piel exterior

Trucos.

- Donde los bordes de dos partes no coinciden esquina con esquina (un nodo en T), no se sueldan. **Aristas de malla** con *libres* muestra esas costuras.

Cambiarla

Suavizar malla



Para qué. Una malla suave a partir de una simple: modela la forma con pocas caras y deja que los niveles la redondeen. Una mesa, un pabellón, una forma libre.

Entrada	Qué quiere decir
método	*Catmull-Clark* (cualquier cara; se vuelven cuadriláteros) o *Loop* (triángulos)
niveles	cuántas veces se subdivide: cada nivel, unas cuatro veces las caras
borde	*suave*, *fijo* o *esquinas fijas*

Trucos.

- Para una forma de varias partes, **únelas y suéldalas** primero.

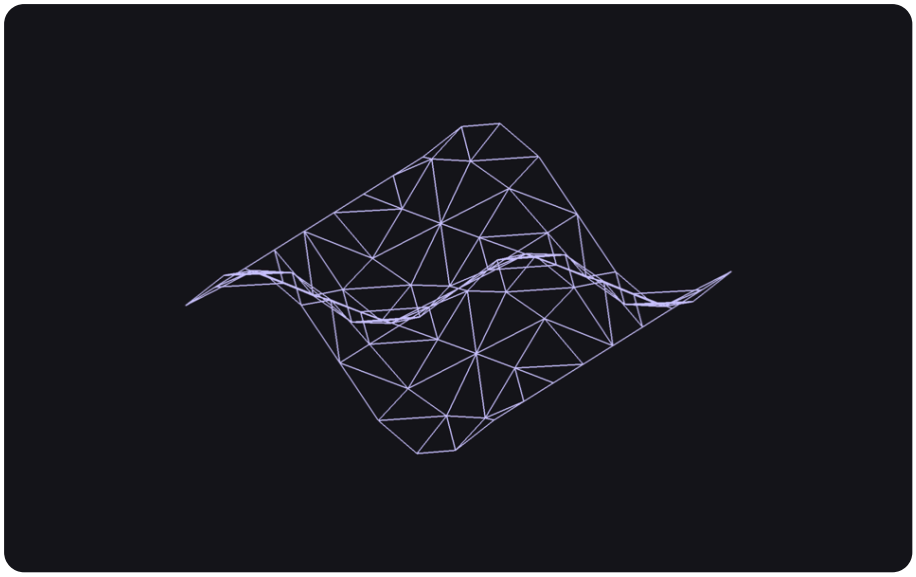
Editar malla

Para qué. Dar forma a una malla a mano: en la vista 3D, elige sus esquinas y arrástralas (Alt: hacia arriba o abajo). Solo se guardan las movidas, así que si la malla que entra cambia, las ediciones se mantienen.

Trucos.

- **Editar malla** seguido de **Suavizar malla** es la forma de modelar una forma libre: una jaula gruesa movida a mano, y los niveles la redondean.

Triangular



Para qué. Cada cara como triángulos: cada cuadrilátero partido por una diagonal. Los triángulos siempre son planos.

Entrada	Qué quiere decir
diagonal	la *más corta*, o siempre la *primera* (0-2) o la *segunda* (1-3)

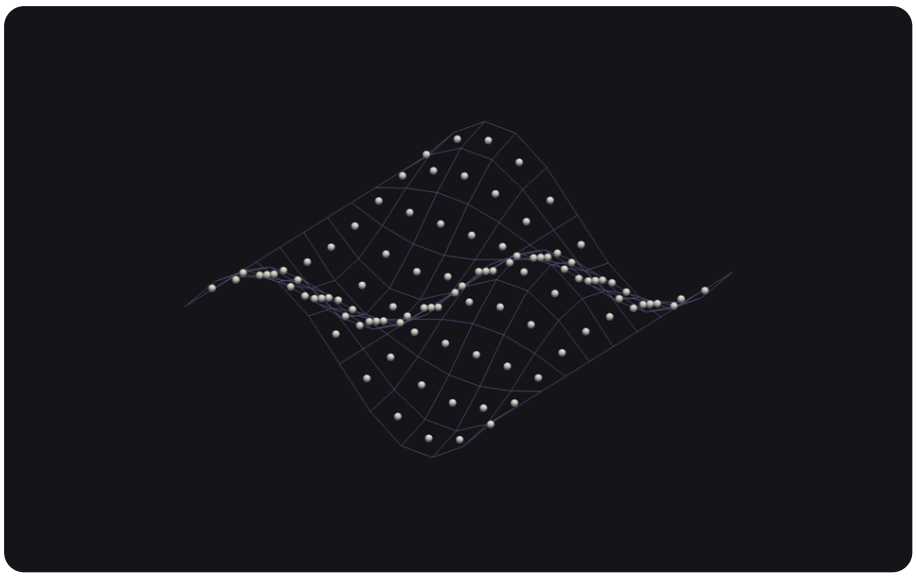
Voltear caras

Para qué. Voltear caras, que el frente pase a ser el dorso: para que todas las caras de una malla miren hacia el mismo lado.

Entrada	Qué quiere decir
cuáles	las caras que se voltean (`1` · `0 3`); vacío: todas

Leerla

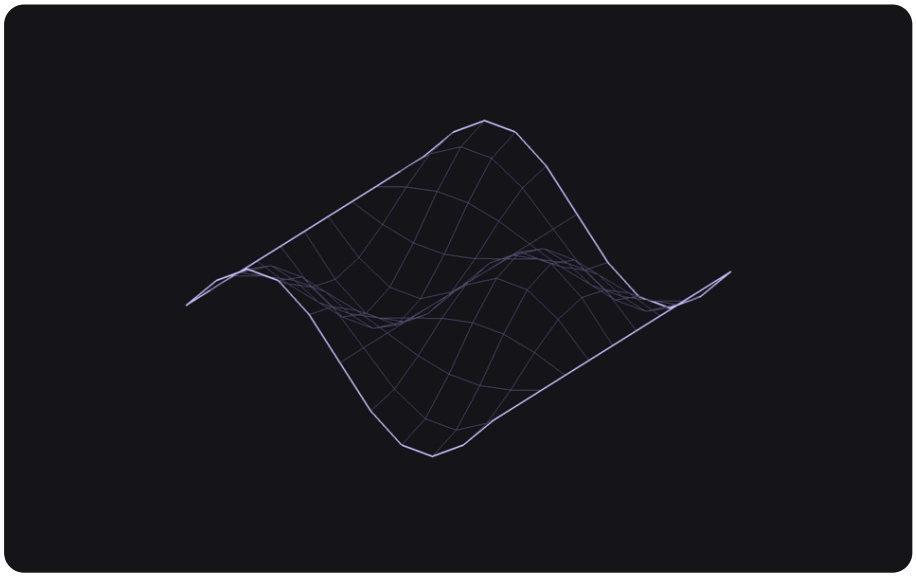
Caras de malla



Para qué. Leer cada cara de una malla: su contorno, su centro, su normal, cuántos lados tiene, si mira hacia el mismo lado que sus vecinas, o qué tan plana es.

Entrada	Qué quiere decir
qué	*contornos*, *centros*, *normales*, *lados*, *orientación* (+1 como sus vecinas, −1 volteada) o *planitud*

Aristas de malla



Para qué. Las aristas de una malla como líneas: su borde, o las barras de una estructura a lo largo de sus aristas.

Entrada	Qué quiere decir
cuáles	*libres* (de una sola cara: el borde, o una costura que no se soldó), *interiores* (compartidas) o *todos*

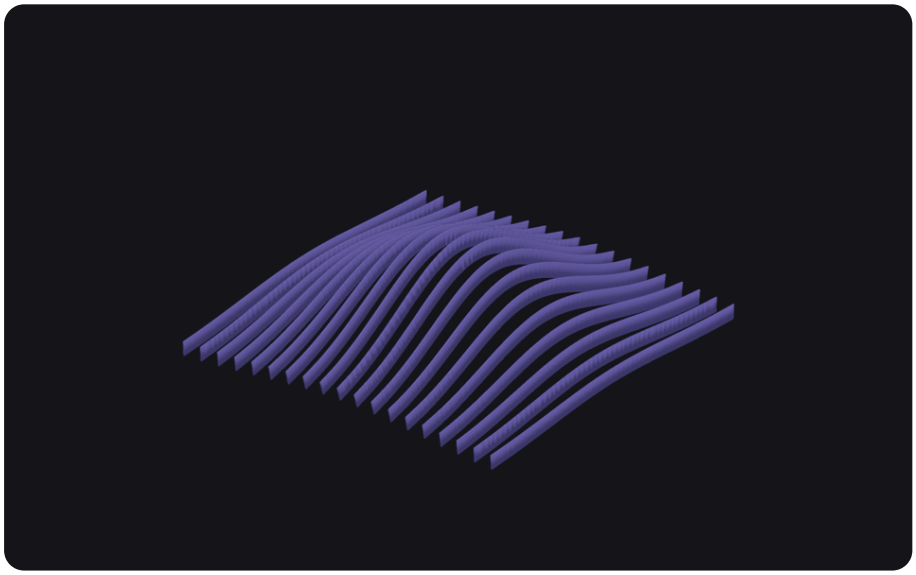
Fabricación

Fabricación lleva un diseño a la máquina: una cortadora láser, una fresadora, una impresora 3D. Estos nodos son verde oliva en el lienzo. Las medidas van en metros de fábrica, como en todo Tensela: `0,003` es una plancha de 3 mm (o escribe `3 mm`; mira Preferencias).

El camino habitual a un archivo de corte: corta la forma en tablas con **Secciones** (y **Encastres** para un waffle), acuéstalas con **Acostar en planchas**, súmales sus números con **Números y planchas**, y exporta con **Archivo → Exportar → Archivo de corte**: rojo para cortar, azul para grabar.

Cortar la forma

Secciones



Para qué. Cortar una forma en tablas del espesor de una plancha, cada una un contorno cerrado listo para cortar: una maqueta de terreno, un paisaje rebanado, un pabellón de costillas. Pegadas en orden, las tablas rearman la forma.

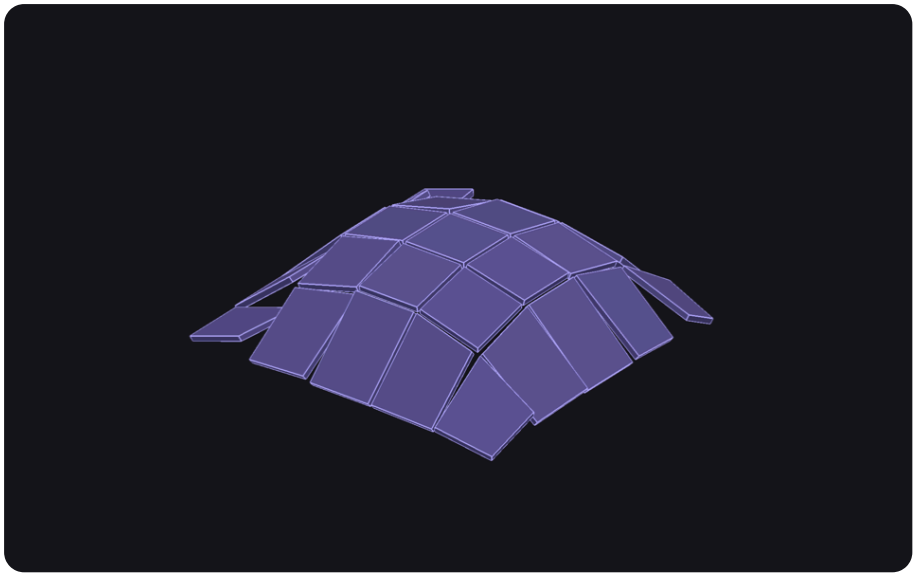
Entrada	Qué quiere decir
forma	una superficie, una malla o un cuerpo
espesor, **separación**	de las tablas, y entre una y la siguiente (`0`: pegadas)
cortes	*x*, *y*, *z* (tablas a nivel, apiladas), *radial* (como los gajos de una naranja) o *a lo largo de una curva*
cantidad	cuántas tablas radiales
guía	la curva que siguen las tablas, cada una a escuadra con ella (un espinazo, el eje de una torre inclinada)
trozo	cómo la sección de una superficie se vuelve pieza: una *franja* que la sigue, o *hasta la base* común
fondo	qué tan honda es la franja, o cuánto baja la base bajo el punto más bajo
mostrar	los *contornos* para cortar, o las *tablas* con su espesor, para verlas

Encastres

Para qué. Donde se cruzan dos familias de tablas (un waffle, una caja de huevos), una ranura hasta la mitad en cada una: una ranurada desde arriba, la otra desde abajo. Ranuradas, las tablas entran una en otra y la estructura se sostiene sola.

Entrada	Qué quiere decir
primero, **segundo**	dos familias de tablas planas que se cruzan (Secciones en x y en y)
espesor	de las tablas: el ancho de cada ranura
holgura	lo que se suma a la ranura para que las tablas entren (láser: 0,1 a 0,2 mm; fresadora: más)
ranurada	qué familia va ranurada desde arriba
mostrar	la familia *primera* o *segunda* con sus ranuras, lista para acostar, o todas las *tablas*

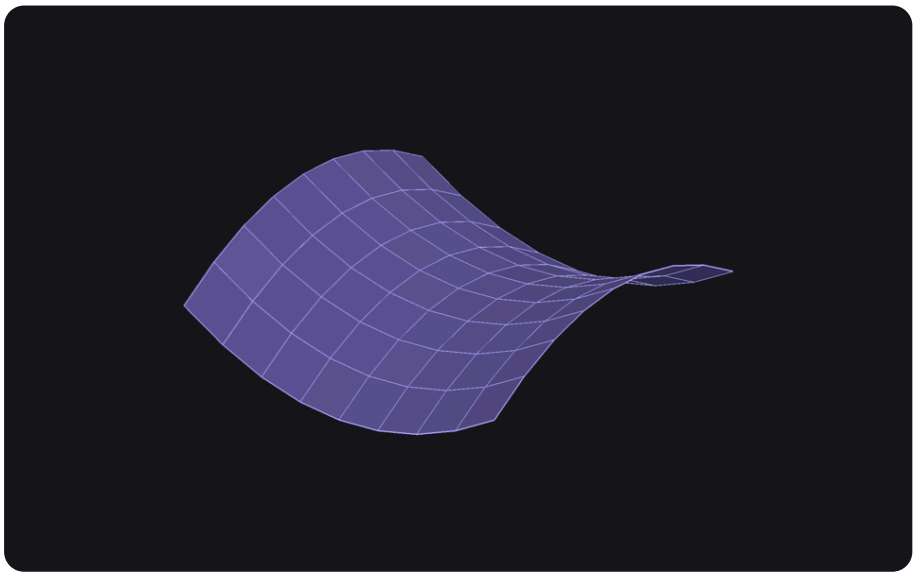
Placas



Para qué. Convertir cada cara de una forma en una placa con espesor, recortada desde cada borde para que las placas mantengan la misma separación en cualquier ángulo. Para pabellones facetados de tableros.

Entrada	Qué quiere decir
forma	una malla, una caja o una superficie: cada cara, una placa
espesor, **separación**	del tablero, y entre dos placas que se juntan
mostrar	las *placas*, sus *contornos* para acostar, los *ángulos* de las aristas, o los *retiros*

Planarizar



Para qué. Dejar planos los paneles de una superficie curva, para cortarlos de tableros o vidrio, sin que dejen de juntarse esquina con esquina.

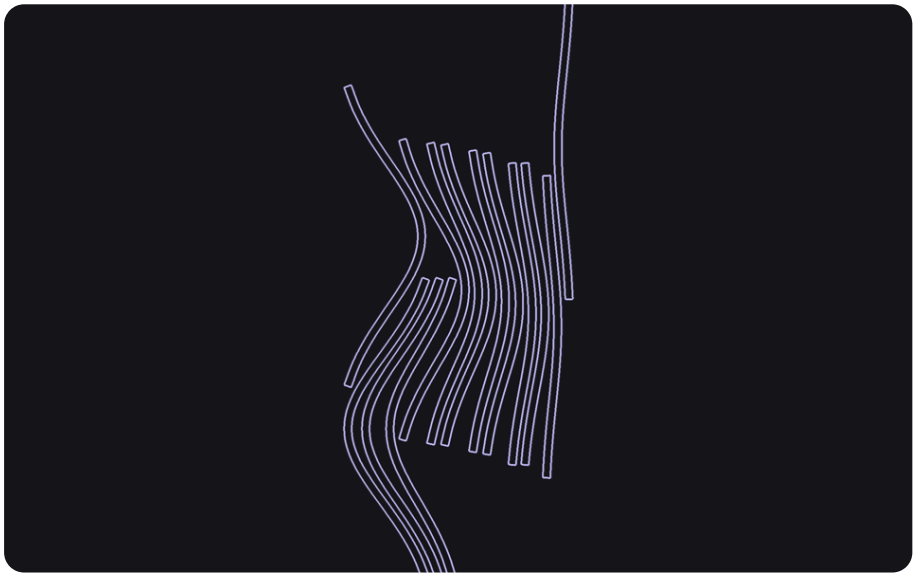
Entrada	Qué quiere decir
paneles	los paneles de una superficie, que comparten sus esquinas (una Retícula sobre una superficie)
mostrar	los *paneles* planos, su *planitud* ahora, o su *planitud antes*

Trucos.

- Es fácil en una bóveda o un rollo; en una silla de montar, los paneles se curvan un poco hacia adentro.

A la máquina

Acostar en planchas



Para qué. Acostar piezas planas en planchas, listas para cortar: encajadas unas en otras, las pequeñas en los huecos de las grandes, cada una con un número adentro, el mismo que le da la vista 3D.

Entrada	Qué quiere decir
trozos	curvas cerradas planas: de Secciones, Encastres, Desarrollar…
ancho, **alto**	de la plancha (600 × 400 mm: la cama de un láser; 2440 × 1220 mm: un tablero para fresadora)
separación, **margen**	entre piezas, y desde el borde
girar	girar piezas un cuarto si caben mejor
número	el alto de los números grabados (`0` : sin números)
origen	dónde va la primera plancha
más	una segunda familia en las mismas planchas: los números llevan *A* y *B*

Trucos.

- El panel dice cuántas planchas son y cuánto se aprovechan.
- Si una pieza no cabe, un aviso dice cuánto mide: usa planchas más grandes, o divide la pieza.

Números y planchas

Para qué. Los números de las piezas acostadas por un Acostar en planchas, para grabar, o los contornos de sus planchas. Siempre siguen a las piezas.

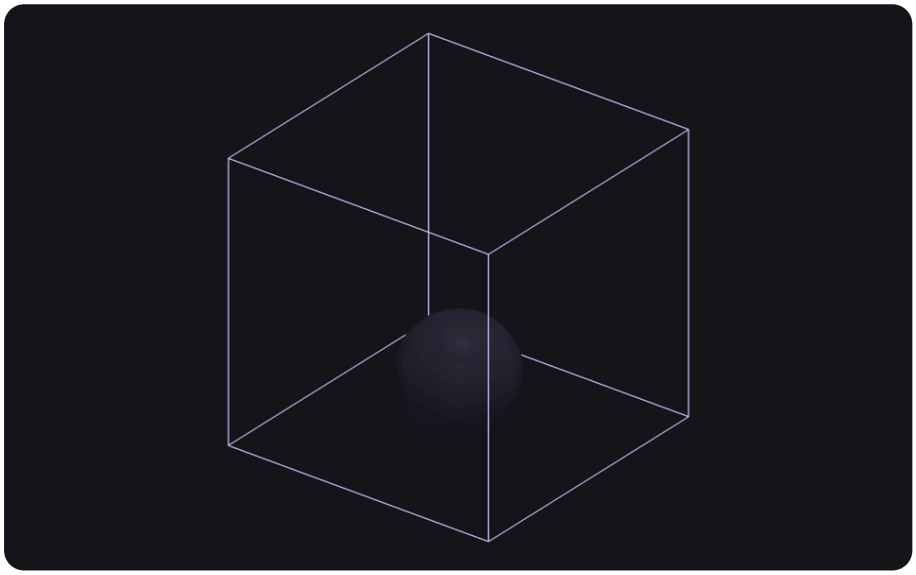
Entrada	Qué quiere decir
acostadas	las piezas de un Acostar en planchas
mostrar	*números* o *planchas*
letra, **grosor**, **lectura**, **tipografía**	cómo se dibujan los números: un trazo, negrita o contorno; a lo largo de la plancha o girados

Bisel

Para qué. Tablas con sus bordes suavizados, para verlas, imprimirlas o fresarlas con una fresa de bisel. Un láser siempre corta recto.

Entrada	Qué quiere decir
trozos	contornos planos, o las tablas de Secciones
espesor, **medida**	de la tabla, y cuánto entra el bisel
perfil	*redondeado*, *chaflán*, *media caña*, o *propio* (dibujado con una **curva**)
facetas	del redondeado o la media caña
caras	*las dos caras*, *cara de arriba* o *cara de abajo*

Revisar impresión



Para qué. Saber si una pieza se puede imprimir en 3D, y si no, por qué y dónde: cerrada, cada arista entre dos caras, las caras hacia afuera, sin cruzarse a sí misma, que quepa en la impresora, sin paredes demasiado delgadas.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	la pieza, o varias
mostrar	los *problemas* como líneas rojas, si está *lista*, o el volumen de la *impresora* alrededor
ancho, **fondo**, **alto**	el volumen de impresión
espesor	la pared más delgada que puede hacer (`0`: no se revisa)

Trucos.

- Un rectángulo no está cerrado: no tiene volumen y no se puede imprimir. Dale espesor primero.

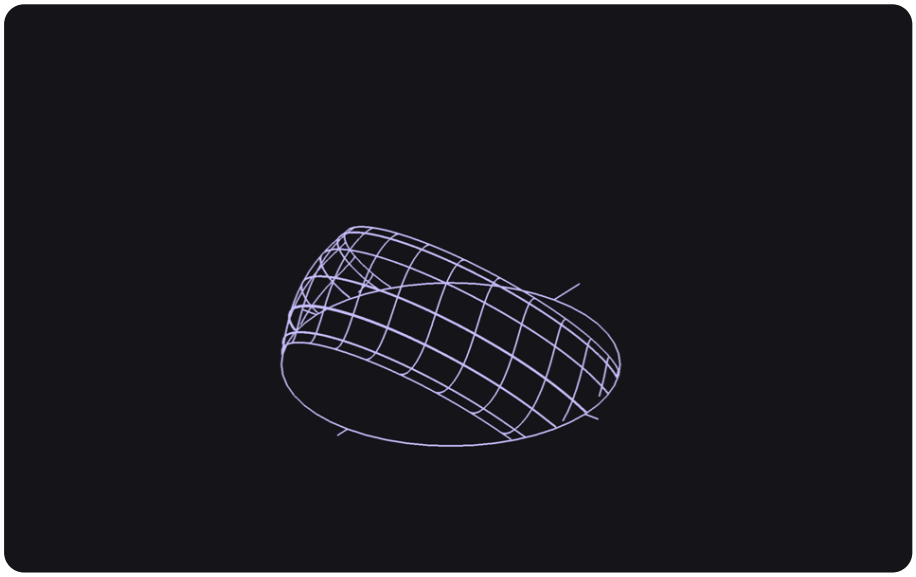
Ambiente

Ambiente trae el lugar al diseño: dónde está el sol, a qué caras llega, cuánta luz entra. Estos nodos son ámbar en el lienzo.

La hora es la hora local estándar, sin horario de verano. `13,5` es la una y media. El **huso horario** son las horas desde UTC sin horario de verano: Madrid `+1`, Montevideo `-3`.

Sol y sombra

Sol



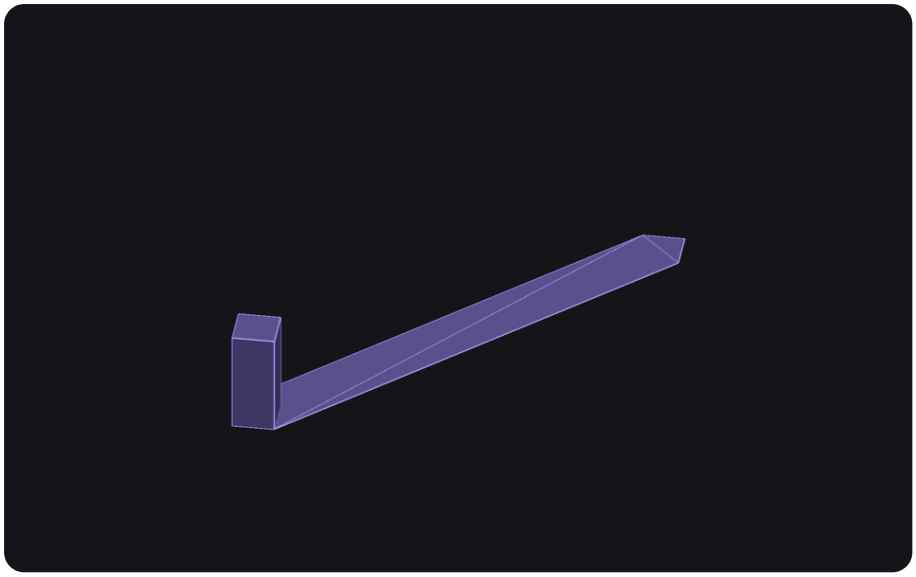
Para qué. Dónde está el sol para un lugar, un día y una hora, y su recorrido: el diagrama solar, el rayo de luz para sombras y ángulos, su altura y azimut, la salida y la puesta.

Entrada	Qué quiere decir
lugar	una ciudad de la lista, u *otro lugar* para dar su **latitud**, **longitud** y **huso horario**
día, **mes**, **hora**	el momento; cada uno puede ser una lista
escala	el radio del diagrama y la distancia del sol, en metros
mostrar	el *diagrama*, el *recorrido del día*, la *posición*, un *haz*, el *rayo*, la *altura*, el *azimut*, la *salida*…

Trucos.

- El ▶ de la hora, en el panel, recorre el día: las sombras y los ángulos se mueven con él.
- Para **Sombra** e **Incidencia**, pon **mostrar** en *rayo*.

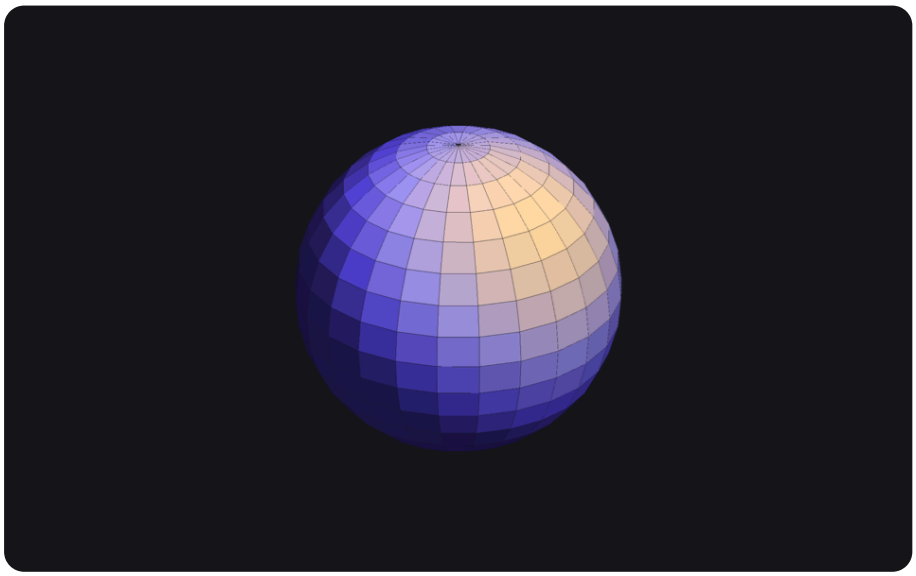
Sombra



Para qué. La sombra de una geometría con el rayo de un Sol: en el suelo, exacta, con su contorno y su área; o sobre otras superficies (un terreno, una fachada), cara por cara.

Entrada	Qué quiere decir
geometría	lo que hace sombra
rayo	el rayo de un Sol; con una lista de horas, las sombras de todas
suelo	la altura del suelo
superficies	opcional: donde cae en vez del suelo, cara por cara
mostrar	la *sombra*, su *contorno*, su *área*, o las caras *al sol* o *en sombra*

Incidencia

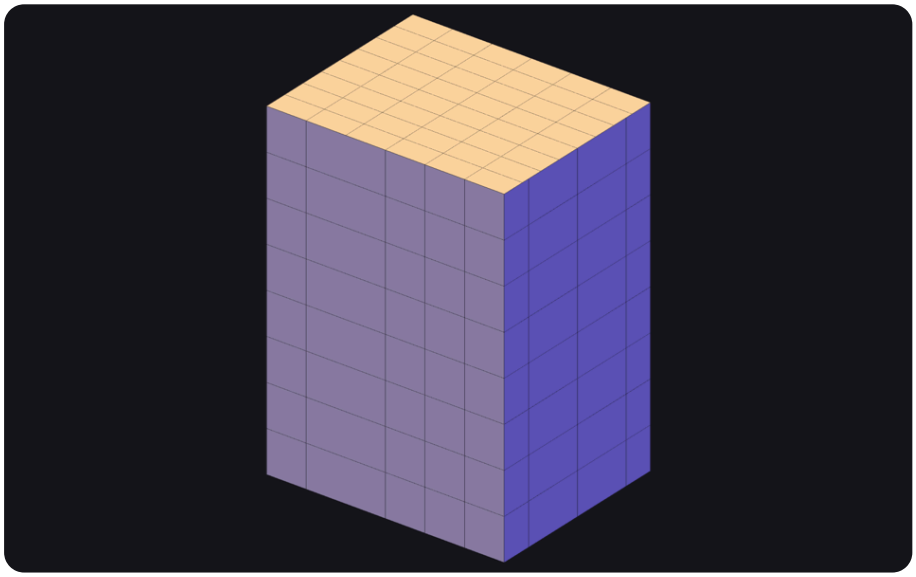


Para qué. Qué tan de frente llega el sol a cada cara: 1 cuando cae a escuadra, 0 cuando roza o viene de atrás. Para paneles que se abren o cierran con el sol, o para ver qué lado de un edificio recibe sol.

Entrada	Qué quiere decir
caras	paneles, una malla, una superficie o una caja
rayo	el rayo de un Sol; con una lista de horas, su promedio
lado	*su cara* (hacia donde mira cada cara) o *las dos caras*
mostrar	*sol que llega* (1 a 0) o el *ángulo* desde la cara, en grados

Energía y luz

Asoleamiento



Para qué. La energía solar que recibe cada cara en un período, con lo que la sombrea: en kWh/m², las horas de sol, o cuánto cielo ve. Para la ganancia pasiva (mucho sol en invierno, poco en verano) y para ubicar paneles solares. Una estimación para comparar opciones, no un cálculo energético ni de rendimiento.

Entrada	Qué quiere decir
caras	lo que se analiza
obstrucciones	opcional: lo que la sombrea (vecinos, árboles, el resto del edificio)
clima	opcional: un nodo **Clima**, para el sol real de cada hora; sin él, un cielo despejado
lugar y su **latitud**, **longitud**, **huso horario**	el lugar
período	*año*, *verano*, *invierno*, *mes* o *día*
mostrar	*radiación*, *directa*, *difusa*, *horas de sol* o *factor de cielo*

Trucos.

- Pinta las caras según su valor (**Color → según un valor**) para ver el resultado sobre el edificio.

Luz natural

Para qué. Cuánta luz natural llega a unos puntos dentro de una sala bajo un cielo nublado: el factor de luz diurna, los lux, y el promedio y la uniformidad de la sala. Una estimación simplificada para comparar opciones; para normativa o certificación, una simulación validada.

Entrada	Qué quiere decir
puntos	dónde se mide: una retícula a la altura de un escritorio, de 0,7 a 0,85 m
sala	la sala: una caja, o sus muros, piso y cielorraso
vidrio	las ventanas: rectángulos sobre los muros
obstrucciones	opcional: lo que tapa el cielo afuera (quiebrasoles, aleros, vecinos)
transmisión	cuánta luz deja pasar el vidrio, en % (doble vidrio, unos 70)
reflexión	cuánta luz reflejan los muros, en % (muros claros, unos 70; oscuros, 30)
mostrar	*factor de luz diurna*, *iluminancia*, *componente de cielo*, *iluminancia media*, *factor de luz diurna medio* o *uniformidad*

Trucos.

- Como referencia, suele tomarse 2 % como una sala bien iluminada y 5 % como una muy luminosa.

Clima

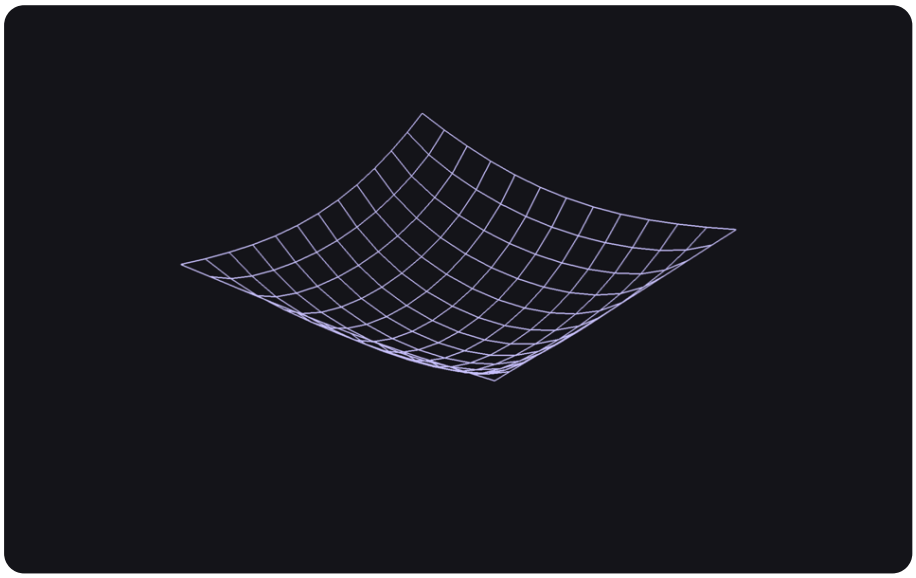
Para qué. El clima de un lugar a partir de un archivo meteorológico (`.epw`): temperatura, humedad, sol y viento de cada hora de un año típico. Conectado a **Asoleamiento**, el sol real en vez de un cielo despejado.

Entrada	Qué quiere decir
archivo	un archivo meteorológico `.epw`, o el `.zip` en que viene (climate.onebuilding.org)
mostrar	*temperatura*, *humedad*, *radiación*, *velocidad* o *dirección del viento*, *nubosidad*
por	*hora* (8760), *día* (365) o *mes* (12)

Simulación

Simulación deja que las fuerzas dibujen la forma, o te dice cuánto trabaja una estructura. Estos nodos son rosa en el lienzo. Las fuerzas van en newtons: 1 kg pesa unos 10 N, 1 kN son 1000 N.

Equilibrio



Para qué. La forma que toma en reposo un cable, una red, una membrana o una cáscara, colgada de sus apoyos o apoyada en un piso, bajo su peso y sus cargas: la búsqueda de forma de las maquetas colgantes, las redes de cables, las telas tensadas, las películas de jabón y las cáscaras. Invertida, la bóveda que trabaja sobre todo a compresión.

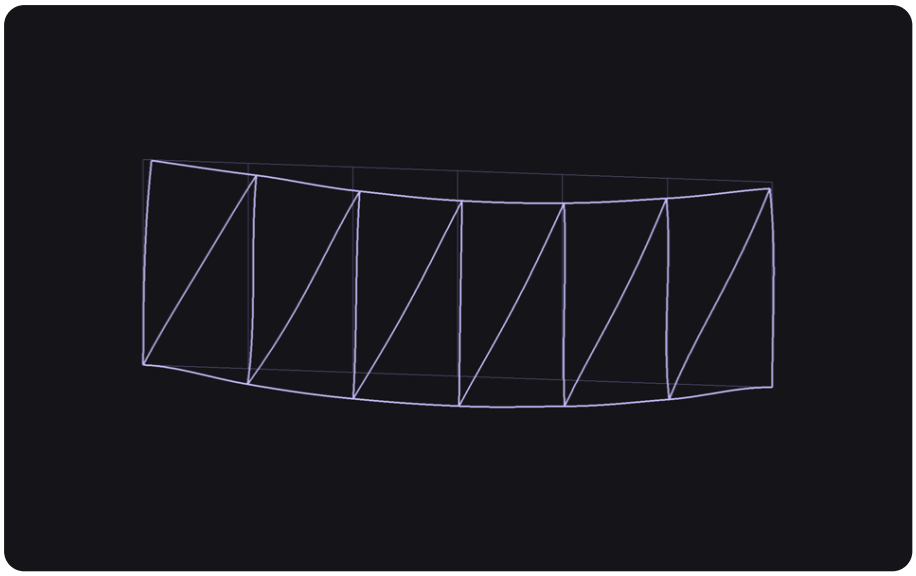
Cómo. Conecta lo que cuelga a **forma**: curvas (cables) o una malla (una membrana, desde **Malla de superficie**). Siempre da la forma ya en reposo: cambias un apoyo o una carga y vuelve a colgar.

Entrada	Qué quiere decir
forma	curvas o líneas (cables) o una malla (una membrana)
tramos	en cuántos tramos se divide cada curva; una malla conserva los suyos
apoyos, **más apoyos**	*extremos o esquinas*, todo el *borde*, el *inicio*, o *ninguno*; y puntos que también la sostienen
peso propio	de todo, en N
cargas, **carga**	puntos donde cuelga una carga, y cuánta
rigidez	la fuerza que la estiraría al doble de su largo: más, se estira menos
largo en reposo	cuánto quiere medir cada tramo: `1` elástico, menos pretensado, `0` una película de jabón
diagonales	ninguna, una red de cables; una o las dos por cuadro, una lámina que conserva su forma
flexión	`0` un cable o una tela; `0,001` goma; `0,01` o más, una cáscara
piso	la altura de un piso donde se apoya; con piso no necesita apoyos
lazos	líneas cuyos extremos se juntan, como puntadas (un fruncido, un pliegue)
gravedad	hacia dónde va el peso; hacia arriba da la forma que trabaja a compresión
instante	`1` en reposo, `0` el inicio: el ▶ del panel lo recorre
mostrar	la *forma*, los *tramos*, su *alargamiento* o sus *fuerzas*

Trucos.

- Los apoyos se pueden mover a mano en la vista 3D con **Mover apoyos**: la forma los sigue.
- Las fuerzas sirven para encontrar la forma, no para dimensionar cables ni membranas.

Análisis de barras



Para qué. Cuánto se deforma una estructura de barras y cuánto trabaja cada barra: vigas, columnas, pórticos, cerchas, gridshells. Un primer dimensionado: no revisa pandeo ni uniones, y no aplica coeficientes de seguridad ni normas: una aproximación para diseñar, que revisa un ingeniero estructural.

Entrada	Qué quiere decir
forma	las barras: líneas, curvas o una malla (cada arista una barra)
diagonales	de cada cuadro de una malla: ninguna (un marco) o arriostrada como una cercha
apoyos, **apoyo**	puntos sostenidos, y cómo: *empotrado*, *articulado* o *rodillo*
cargas, **carga**, **carga por metro**	cargas puntuales, y una carga repartida en cada barra (una losa, nieve)
peso propio	sumar el peso de las barras
material	acero, madera, madera laminada, hormigón o aluminio
sección	`IPE 300`, `HEA 200`, `rect 200x400`, `tube 200x100x8`, `pipe 168x8` … en mm
mostrar	la *deformada*, los *desplazamientos*, los *axiles*, los *momentos*, el *aprovechamiento*, las *reacciones*, el *mayor* de cada uno, o el *peso total*

Trucos.

- Un **aprovechamiento** sobre 1 (100 %) quiere decir que la barra no alcanza: una sección mayor, o más apoyos. Por debajo de 1 no es una garantía: es una primera revisión.

Optimización topológica



Para qué. Dónde debe ir el material, dentro de una región, para llevar unas cargas a unos apoyos con lo mínimo. Empieza lleno y delgado, y vuelta a vuelta el material se va adonde trabaja, hasta que queda una estructura: los arcos y diagonales de una viga, las patas de un puente. Un estudio de forma: el resultado hay que diseñarlo y verificarlo como estructura.

Entrada	Qué quiere decir
región	dónde puede ir el material: un contorno (2D) o un cuerpo (3D)
vacíos, **partes macizas**	lo que debe quedar vacío (una puerta) o lleno (una losa)
apoyos, **rodillos**	puntos o contornos sostenidos en toda dirección, o solo en la del peso
cargas, **carga**	dónde se aplica una fuerza, y cuánta
densidad	cuánto de la región queda lleno: `0,3` deja el 30 %
resolución	celdas a lo largo del lado más largo: más, más fino y más lento
mostrar	la *forma* (contornos para extruir o cortar), la *placa*, las *celdas*, la *densidad*, la *tensión*…

Grupos

Cómo agrupar nodos, entrar en un grupo, repetirlo o poner grupos dentro de grupos se cuenta en Grupos, entre las ideas clave. Esta página es sobre el único nodo de la familia.

Resultado de grupo

Para qué. Otro resultado de un grupo que da varios. La tarjeta del grupo da el primero; cada Resultado de grupo toma uno más, **sin volver a calcular el grupo**.

Cómo. Aparece solo cuando agrupas nodos y dos de ellos se usan afuera: al lado de la tarjeta del grupo, con el nombre del nodo que reemplaza. Para tomar uno más a mano, conecta la tarjeta del grupo a **grupo** y escribe en **da** el nombre del resultado que quieres.

Entrada	Qué quiere decir
grupo	la tarjeta de un grupo con varios resultados
da	qué resultado: el nombre de uno de sus nodos *Salida del grupo*

Trucos.

- Por qué una tarjeta por resultado: un cable lleva una sola cosa. La tarjeta del grupo da el primer resultado, y cada Resultado de grupo da otro.

Dentro de un grupo

Dentro de un grupo, el buscador ofrece dos clases de nodo más, que solo existen ahí:

- **Entrada del grupo:** lo que llega al grupo desde afuera, una por cada entrada de su tarjeta.
- **Salida del grupo:** lo que sale del grupo. Conéctale el resultado; agrega más Salidas del grupo, cada una con su nombre, para un grupo que da varios.

Teoría

Teoría

No necesitas nada de esto para diseñar con Tensela. Estas páginas son para quien quiere saber de dónde salen las cosas, y vienen en dos partes.

Diseñar con reglas

Las ideas y la matemática del diseño paramétrico, que son las mismas en cualquier herramienta:

- Algoritmos visuales: el algoritmo como receta, los grafos de nodos y de dónde viene el diseño paramétrico.
- Unidades y direcciones: metros, grados, el norte y la hora.
- Curvas y superficies NURBS: puntos de control, grado, pesos y nudos.
- Curvatura y superficies desarrollables: chapa plana o moldeada.
- Mallas: geometría, topología, caras planas y subdivisión.
- Búsqueda de forma y el mejor valor: cómo funcionan Equilibrio y *Buscar el mejor*.

Tensela por dentro

Cómo funciona este programa en particular, con esquemas y algo de código:

- Cómo piensa Tensela: bloques de números con niveles con nombre.
- Las listas con nombre, por dentro: cómo se guarda una lista y la única regla que las combina.
- Cómo se calcula un proyecto: el grafo, qué se recalcula y los límites.
- Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo: las mismas tareas en las tres.

Algoritmos visuales

Un algoritmo es una receta

Un **algoritmo** es una lista de pasos que, seguidos en orden, siempre dan un resultado: una receta. No necesita una computadora. *Toma un rectángulo de 20 × 12 m, pártelo en paneles de 1 m, pon un quiebrasol en el centro de cada panel* ya es un algoritmo.



La misma receta se puede escribir de tres maneras. En palabras la entiende cualquiera, pero ninguna máquina la ejecuta. En código la ejecuta una máquina, pero para leerla hay que aprender un lenguaje. Un **algoritmo visual** la dibuja como nodos y cables: se lee como la receta y se ejecuta como el código.

Qué es un algoritmo visual

Un algoritmo visual es un **grafo**: un conjunto de nodos unidos por cables.

- **Un nodo es una función:** recibe unas entradas y da un resultado. Una Retícula recibe un rectángulo y dos medidas, y da paneles. Con las mismas entradas, siempre da el mismo resultado.
- **Un cable es un dato:** lleva el resultado de un nodo a una entrada de otro.
- **Los datos van en un solo sentido.** De los valores que escribes, por los nodos, hasta la forma. Por eso el grafo se lee de izquierda a derecha.
- **No hay vueltas.** Un nodo no puede depender de su propio resultado: Tensela no acepta el cable que cerraría un círculo, y dice por qué. Eso hace que el grafo siempre dé una respuesta, y que Tensela sepa exactamente qué recalcular cuando algo cambia (Cómo se calcula un proyecto).

Repetir sin vueltas

Si no hay vueltas, ¿cómo se repite un paso 240 veces? No se repite: se le da al paso **una lista de 240**, y trabaja con todos a la vez. Para eso están las listas con nombre.

Cuando un paso de verdad tiene que trabajar sobre su propio resultado (un fractal, una curva que se subdivide, un crecimiento), un grupo puede **repetirse** una cantidad de veces: la vuelta queda cerrada dentro de una tarjeta, con una cuenta, así que siempre termina.

Qué lo hace paramétrico

Paramétrico no quiere decir curvo ni complicado. Quiere decir que el diseño se describe por sus **parámetros** (el ancho, la cantidad de pisos, el ángulo) y por las **dependencias** entre sus partes: los paneles dependen de la fachada, los quiebrasoles de los paneles. Cambias un parámetro y todo lo que depende de él lo sigue.

El valor no está en una forma sino en la **familia de formas** que puede dar la receta: el mismo proyecto hace una fachada de 12 m o de 40 m, abierta o cerrada, y eliges entre ellas mirando.

De dónde viene

Diseñar con reglas es mucho más antiguo que las computadoras.

- **Antoni Gaudí** encontraba la forma de sus bóvedas colgando cadenas con pesos e invirtiendo la maqueta: la forma salía de la gravedad, no de un dibujo. El nodo Equilibrio hace lo mismo.
- **Frei Otto** estudió películas de jabón y redes colgantes para encontrar las formas de sus cubiertas tensadas, como la del Estadio Olímpico de Múnich.
- **Luigi Moretti**, en Italia, habló de *arquitectura paramétrica* a mediados del siglo XX, con estudios de estadios cuya forma salía de parámetros como la vista desde cada asiento.
- **Sketchpad, de Ivan Sutherland**, en 1963, fue uno de los primeros programas para dibujar con reglas: líneas que siguen paralelas, puntos que siguen unidos.
- A fines de los años 2000 la **programación visual** llegó a los arquitectos, con herramientas como Grasshopper y, después, Dynamo. Tensela viene de esa tradición, y busca una curva de aprendizaje suave.

La matemática detrás

Cada familia de nodos se apoya en un poco de geometría. No la necesitas para diseñar, pero ayuda saber de dónde salen las cosas:

- **Coordenadas y vectores:** cada punto son tres números, cada dirección una flecha. Unidades y direcciones.
- **Curvas y superficies:** puntos de control que tiran de una forma suave. NURBS.
- **Curvatura:** por qué algunas superficies se construyen con chapa plana y otras no. Curvatura.
- **Mallas:** formas hechas de caras planas, el idioma de la fabricación y la simulación. Mallas.

- **Fuerzas y optimización:** formas que se encuentran solas, y el mejor valor entre muchos. Búsqueda de forma.

Unidades y direcciones

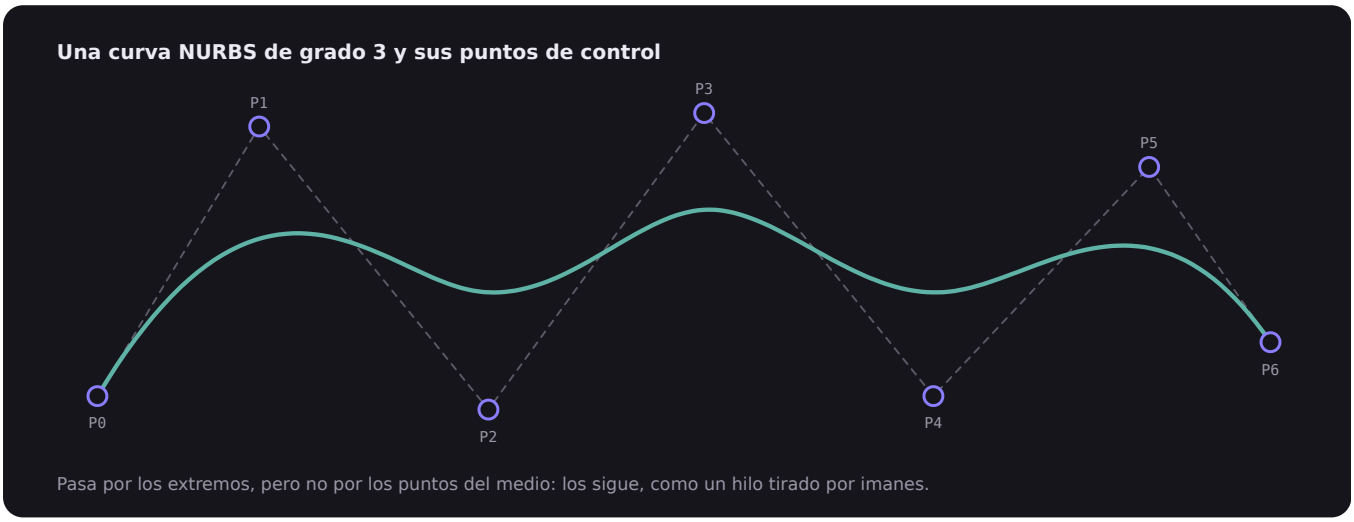
	En Tensela
Largos	metros de fábrica: `0,003` es un tablero de 3 mm. Se pueden mostrar en cm, mm, pies o pulgadas (**Preferencias → Unidades**) y escribir en cualquier unidad (`120 cm`, `4'`); el proyecto se guarda siempre en metros
Áreas, volúmenes	m², m³
Ángulos	grados: `90` es un ángulo recto; en una Fórmula, `sen(30)` es 0,5
Direcciones	X va al este, Y al norte, Z hacia arriba
Planta, alzado, lateral	*planta* está acostada en el suelo; *alzado* está de pie mirando al sur; *lateral*, de pie mirando al este
Fuerzas	newtons: 1 kg pesa unos 10 N, 1 kN son 1000 N
Hora	hora local estándar, sin horario de verano: `13,5` es la una y media
Decimales	coma o punto: `3,5` o `3.5`
Varios valores	separados por punto y coma: `1,5; 2; 3`
Un punto	`0 0 0`, `8 0 2,5` o `(0; 0; 1,5)`

Los exportados usan milímetros donde la máquina los espera: los archivos para imprimir en 3D (STL, 3MF) y los archivos de corte (DXF, SVG) se escriben en milímetros, y el aviso lo dice.

Curvas y superficies NURBS

Una **NURBS** es una curva o superficie suave definida por unos pocos números. Es la forma habitual de describir formas libres con precisión: un pasamanos, el borde de una losa, una cáscara.

Puntos de control



La curva **no** pasa por sus puntos de control (solo, por lo general, por el primero y el último): **la tiran como imanes**. Esa es la diferencia con **Curva por puntos**, que pasa por cada punto. El polígono de los puntos de control es una buena guía de la forma: la curva lo sigue, suavizado.

Grado

Qué tan suave y tensa es la curva: `1` es el mismo polígono de control, `2` hace arcos, `3` es la curva suave de siempre, y más es más tensa. Una curva necesita al menos un punto de control más que su grado.

Pesos

Cuánto tira cada punto de control. Lo que cuenta es la diferencia entre ellos: todos en `2` es lo mismo que todos en `1`. Con los pesos justos, una NURBS dibuja un círculo exacto, cosa que una curva polinómica sola no puede.

Nudos

Cómo se reparte la curva entre sus puntos de control: parejo, por distancia, o a mano. Repetir un nudo hace un quiebre. Solo hacen falta para afinar una curva.

Superficies: u y v

Una superficie NURBS es lo mismo en dos direcciones: una retícula de puntos de control, filas por columnas, con un grado en cada dirección. Sus dos direcciones son **u** (a lo largo de las filas) y **v** (a lo largo de las columnas), cada una de `0` a `1`. Cada punto de la superficie tiene su u y su v, que es como los nodos piden *un punto en el medio* o *las curvas en u*.

Juzgar una curva

El **peine de curvatura** muestra si una curva es buena: puntas sin saltos es una curva suave; un salto, un cambio brusco; un pico, una esquina.

Curvatura y superficies desarrollables

La pregunta del constructor

Antes que nada, un constructor le pregunta a una superficie curva: **¿se puede hacer con chapa plana** (metal, contrachapado (terciado), cartón) **o hay que moldearla?** La curvatura lo responde.

Curvatura gaussiana

- **Cero:** se puede hacer con chapa plana sin estirarla. Planos, cilindros, conos.
- **Positiva:** se curva hacia el mismo lado en todas las direcciones, como una cúpula. Hay que moldearla o cortarla en gajos.
- **Negativa:** se curva hacia lados opuestos, como una silla de montar. También hay que moldearla.

Curvatura media

Cuánto se **dobla** la superficie en promedio. Una silla equilibrada tiene curvatura media cero y aun así no se puede hacer con chapa plana: por eso hacen falta las dos. El signo de la media depende de hacia dónde mira la cara; para un patrón, usa su valor absoluto (`abs` en una Fórmula).

Superficies desarrollables

Una superficie que sale de doblar una hoja sin estirarla es **desarrollable**: su curvatura gaussiana es cero en todas partes. **Curvatura de superficie** responde sí o no, y **Desarrollar** la estira sobre el plano de forma exacta.

Una superficie que no es desarrollable, como una cúpula, igual se puede construir con piezas planas: córtala en gajos con **Parte de superficie** y desarrolla cada uno. **Desarrollar** dice cuánto se estira cada pieza; con más gajos, cada uno se estira menos.

Mallas

NURBS o malla

Una **NURBS** es una sola entidad suave definida por una fórmula. Una **malla** es un conjunto de caras planas unidas por sus esquinas: no es suave, solo se ve más suave cuantas más caras tiene. Para formas libres difíciles de describir (una mesa, un objeto), una malla suavizada por subdivisión es más cómoda que una NURBS.

Geometría y topología

Una malla tiene **vértices**, que son su **geometría** (dónde están las cosas), y **caras**, que son su **topología** (cómo se unen). Los mismos puntos unidos de otra forma son otra malla; las mismas caras con un punto movido son otra geometría con la misma topología.

El frente de una cara

El orden de las esquinas de una cara dice cuál es su frente: contra reloj visto desde el frente. Dos caras vecinas son **compatibles** cuando recorren su arista común en sentidos opuestos; una malla con todas sus caras compatibles es **orientable**. **Caras de malla** con *orientación* dice +1 o −1 para cada cara.

Paneles planos

Los triángulos siempre son planos; un cuadrilátero puede no serlo. Para la arquitectura libre construida con vidrio o tablero plano, lo que importa es una malla de **cuadriláteros planos**. Una superficie de revolución o de traslación (una curva que recorre otra) los da; una forma libre no, y entonces **Planarizar** deja planos los paneles, o **Triangular** los parte en triángulos a cambio de más juntas.

Subdivisión

Suavizar malla parte cada cara y mueve los vértices hacia la superficie suave que la malla representa, nivel tras nivel. Modela una jaula gruesa con pocas caras, mueve sus esquinas a mano con **Editar malla**, y deja que los niveles la redondeen.

Búsqueda de forma y el mejor valor

Equilibrio: partículas y resortes

Equilibrio reemplaza un cable o una membrana por **partículas** (puntos, cada uno con una parte del peso) unidas por **resortes**: cada resorte tira o empuja según cuánto se estiró desde su largo en reposo. Algunas partículas son apoyos y no se mueven. Las partículas se mueven hasta que todas las fuerzas se equilibran.

La forma encontrada así lleva sus cargas **solo a lo largo de los resortes**, a tracción o a compresión. Es el principio de las maquetas colgantes de Gaudí y de las estructuras tensadas de Frei Otto: cuélgala, e inviértela para tener una bóveda que trabaja solo a compresión.

Por dentro usa **relajación dinámica**, el método habitual para estructuras tensadas: las partículas se mueven con las fuerzas que no están en equilibrio, y cada vez que su movimiento llega al máximo se detienen y vuelven a partir desde ahí, hasta quedar en reposo. El nodo siempre da la forma ya en reposo.

Buscar el mejor

Buscar el mejor… mueve algunos deslizadores hasta que un número que da un nodo llegue a su mínimo, a su máximo o a un valor: el menor material, el mayor sol en invierno, un área dada.

- **Cerca** afina desde donde están los deslizadores: prueba un paso hacia arriba y uno hacia abajo en cada uno, se queda con lo que mejora, y achica los pasos cuando nada mejora. Encuentra el mejor valor cerca del inicio.
- **En todo el rango** mantiene una población de candidatos que se cruzan y mutan, generación tras generación, hasta que el mejor deja de mejorar. Explora más, y tarda más.

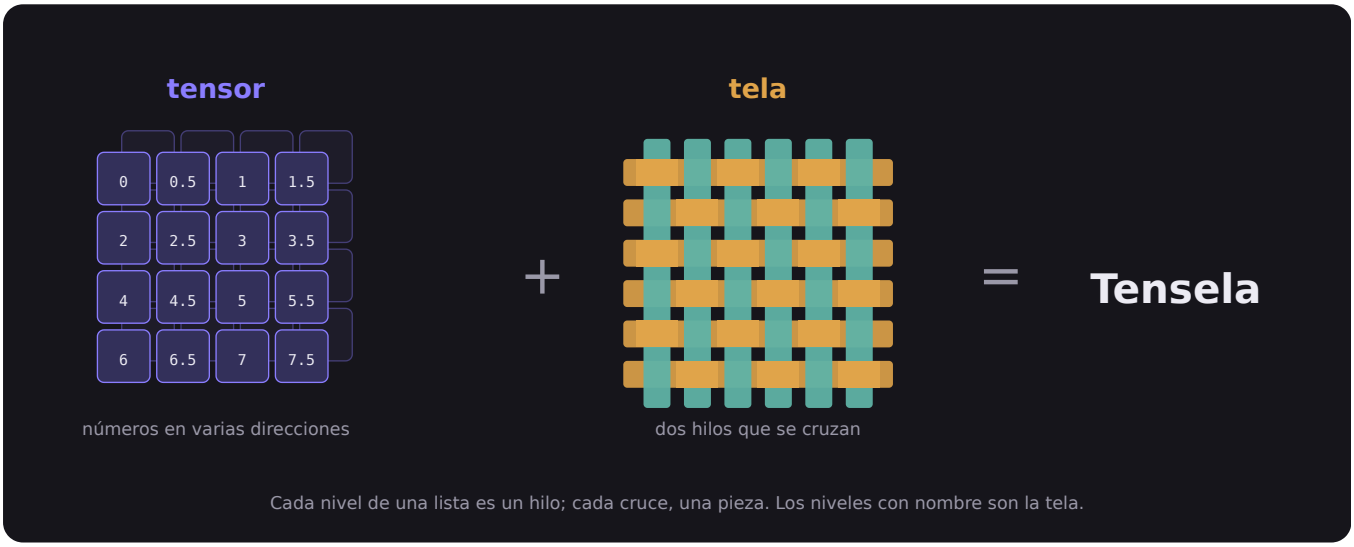
Los dos se quedan dentro de los rangos de los deslizadores y caen en valores que los deslizadores pueden mostrar.

Cómo piensa Tensela

Bloques de números

Por dentro, en Tensela cada valor es un **bloque de números**: un número, una lista, una tabla, o un bloque con más direcciones. Los 240 paneles de una fachada son un bloque `fila 12 × columna 20`; las esquinas de cada panel suman una dirección más, `esquina 4`; sus coordenadas, otra más, `x y z`.

En matemática, un bloque de números con varias direcciones se llama **tensor**. Ese es el *ten* de Tensela.



Direcciones con nombre

Lo que hace distinto a Tensela es que cada dirección de un bloque tiene un **nombre**: su **nivel**. *Fila*, *columna*, *piso*, *costilla*. Cuando un nodo combina dos bloques, los alinea por nombre:

- las direcciones con el **mismo nombre** van uno con uno;
- las direcciones con **nombres distintos** se cruzan, todas con todas.

El resultado tiene todas las direcciones de los dos. Esa es la *tela* de Tensela: dos listas son la urdimbre y la trama, y cada cruce es una pieza. Mira Listas con nombre.

Por qué es rápido

Un nodo no va elemento por elemento: calcula **todo el bloque de una vez**. Mover 240 paneles, o 24 000, es una sola operación sobre un bloque. Por eso una fachada de miles de piezas puede actualizarse mientras arrastras un deslizador.

Por qué no hay nada que acomodar

Como las direcciones tienen nombre y no orden, `fila × columna` y `columna × fila` son el mismo bloque. No hace falta transponer, aplanar ni injertar listas antes de combinarlas: los nombres dicen cómo van juntas. Cuando dos listas con el mismo nombre tienen tamaños distintos, un aviso lo dice en vez de adivinar.

Para ir más lejos

- Las listas con nombre, por dentro: la regla en código, los niveles de tamaño variable y los huecos.
- Cómo se calcula un proyecto: qué se recalcula cuando cambias algo.
- Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo: las mismas tareas en las tres.

Las listas con nombre, por dentro

Esta página es para quien quiere saber cómo funcionan por dentro las listas con nombre, con algo de código. No la necesitas para diseñar. El código es Python, simplificado del código fuente de Tensela (el archivo `data.py`); los nombres van en inglés, como en el programa.

Qué es un valor

Cada valor de Tensela, desde un solo número hasta las esquinas de mil paneles, es un **Data**: un bloque de números (un arreglo de *numpy*) y los nombres de sus primeras direcciones, sus **niveles**.



Las esquinas de 240 paneles: tres direcciones con nombre, y en cada celda un punto (x y z).

```
centres = Data(values,                    # un arreglo de numpy de 12 × 20 × 3
               levels=("row", "column"),  # los nombres de las dos primeras direcciones
               name="centres")

centres.sizes   # {"row": 12, "column": 20}
centres.shape   # "row 12 × column 20 = 240"   (lo que dice el cable)
```

Las direcciones después de los niveles describen **cada elemento**: un número no tiene ninguna, un punto tiene una de tamaño 3 (x y z), un rectángulo tiene sus cuatro esquinas. Así, el bloque de 240 centros es de 12 × 20 × 3, pero solo *fila* y *columna* son listas.

La única regla

Todo nodo que combina entradas pasa por la misma función, `align`. Tiene tres pasos:

1. **El resultado tiene todos los niveles de las entradas**, en el orden en que aparecen.
2. **Un nivel que está en dos entradas tiene que tener el mismo tamaño en las dos**; va uno con uno. Si los tamaños no coinciden, Tensela se detiene con un aviso en vez de adivinar.

3. **Un nivel que está en una sola entrada se cruza** con todos los demás.

```
def align(*inputs):
    levels, sizes = [], {}
    for data in inputs:
        for level, size in data.sizes.items():
            if level not in sizes:              # un nivel nuevo: entra en el resultado
                levels.append(level)
                sizes[level] = size
            elif sizes[level] != size:          # el mismo nombre, otro tamaño: un aviso claro
                raise ShapeError(f"No coinciden los tamaños de «{level}»: …")
    return levels, [extend(d, levels, sizes) for d in inputs]
```

`extend` lleva cada bloque a todas las direcciones del resultado. Lo gira al orden del resultado, le da tamaño 1 en los niveles que no tiene y lo **estira** hasta el tamaño completo. El estirado es el *broadcasting* de numpy: no se copia ningún número, el bloque solo se lee como si fuera más grande.




```
def extend(data, levels, sizes):
    order = sorted(range(len(data.levels)), key=lambda axis: levels.index(data.levels[axis]))
    block = numpy.transpose(data.values, order + element_axes)
    block = block.reshape([data.sizes.get(n, 1) for n in levels] + element_shape)
    return numpy.broadcast_to(block, [sizes[n] for n in levels] + element_shape)
```

Con las entradas alineadas, un nodo se escribe **una vez, para bloques enteros**, y funciona igual para un elemento que para 24 000:

```
>>> heights = Data([0, 3.5, 7, 10.5], levels=("piso",), name="alturas")
>>> x = Data([0, 1, 2, 3, 4], levels=("vano",), name="x")
>>> points = apply(make_point, x, heights)        # nombres distintos: se cruzan
>>> points.shape
'piso 4 × vano 5 = 20'
>>> shift = Data([0, 0.2, 0.4, 0.6], levels=("piso",), name="desplazamiento")
>>> apply(add, heights, shift).shape              # el mismo nombre: uno con uno
'piso 4'
>>> apply(add, heights, Data(range(5), levels=("piso",), name="cinco"))
ShapeError: No coinciden los tamaños de «piso»: 4 en «alturas», 5 en «cinco».
```

Trabajar sobre un nivel, por su nombre

Como los niveles tienen nombre, una operación puede decir **sobre cuál** trabaja sin contar posiciones:

```
reduce(areas, "sum", along="panel")      # el área de cada piso: se suman los paneles
reorder(points, "piso", mode="invert")   # los pisos al revés; los vanos como estaban
```

Resumir, **Reordenar**, **Filtrar**, **Elegir** y **Partir** piden un nivel por su nombre. No hay *transponer*: `piso × vano` y `vano × piso` son el mismo bloque, porque el orden de los niveles nunca decide nada.

Listas que no son rectangulares

Los proyectos reales no siempre son bloques regulares:

- **Niveles de tamaño variable.** Una torre con más paneles abajo que arriba: el nivel *panel* tiene un tamaño distinto en cada piso. Tensela guarda el bloque completado hasta el tamaño mayor, la **cuenta** de paneles de cada piso y una **máscara** que dice qué celdas existen de verdad. Los nodos solo leen las celdas que existen.
- **Huecos.** De fábrica, **Filtrar** no quita elementos: los deja **vacíos en su lugar**, así la retícula se sigue leyendo igual (el panel de la fila 3, columna 7 sigue ahí, o es un lugar vacío). Con *quitar: sí*, los que quedan se numeran de nuevo.
- **Numeración.** Los elementos de un nivel se numeran desde 0, salvo que el nivel empiece en otro número: con dos subsuelos, los pisos van desde −2.

Una red de seguridad

Antes de calcular, `align` multiplica los tamaños del resultado. Por encima de **5 millones de elementos** se detiene con un aviso en vez de congelar la computadora: casi siempre son dos niveles que se cruzan y deberían ir uno con uno (el mismo nombre), o un dígito de más.

Por qué «tensor»

Un bloque de números con varias direcciones es lo que la matemática llama **tensor**. La mayoría de los programas numeran sus direcciones (eje 0, eje 1, eje 2). Tensela les pone nombre. Ese cambio pequeño es lo que quita la necesidad de acomodar los datos a mano, y de ahí viene el nombre *Tensela*: Cómo piensa Tensela.

Cómo se calcula un proyecto

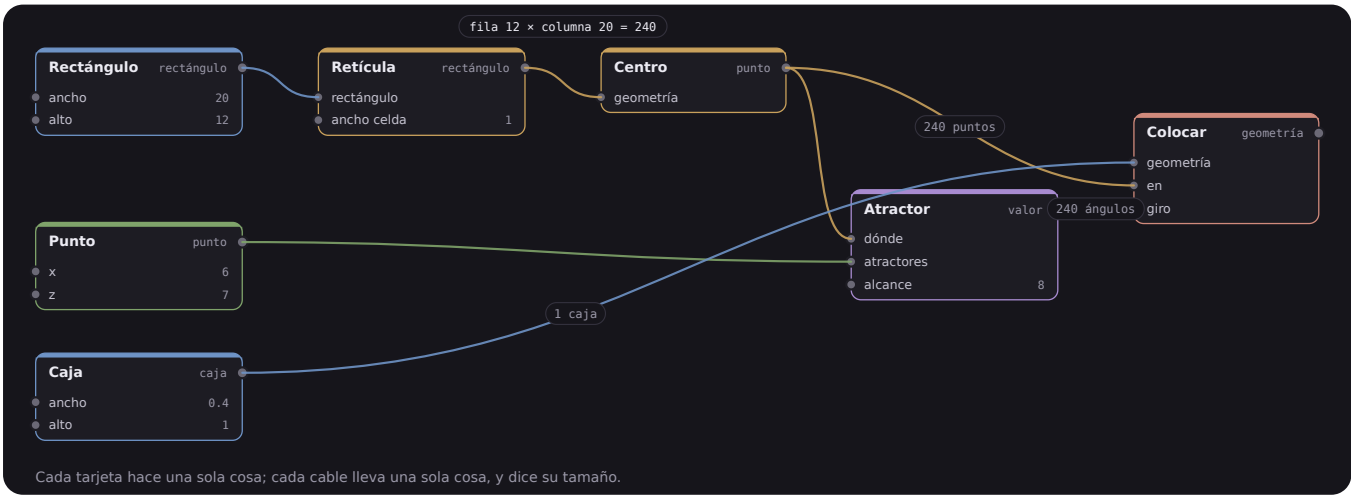
Lo que pasa entre el momento en que cambias un número y el momento en que la vista 3D muestra la forma nueva. Para quien quiera saberlo; no lo necesitas para diseñar.

Un proyecto es un grafo

Un proyecto de Tensela es una lista de nodos, cada uno con sus entradas: un valor fijo, o una conexión a otro nodo. El archivo `.tela` dice exactamente eso, en texto común (JSON). Este es entero Tu primer proyecto:

```
{
  "nodes": {
    "facade":    {"type": "Rectangle", "width": 20, "height": 12, "plane": "elevation"},
    "panels":    {"type": "Grid", "rectangle": {"node": "facade"}, "cell_width": 1, "cell_height":
1},
    "centres":   {"type": "Centre", "geometry": {"node": "panels"}},
    "point":     {"type": "Point", "x": 6, "z": 7},
    "attractor": {"type": "Attractor", "where": {"node": "centres"}, "attractors": {"node":
"point"},
                  "reach": 8, "near": 90, "far": 0},
    "fin":       {"type": "Box", "width": 0.4, "depth": 0.05, "height": 1.0},
    "fins":      {"type": "Place", "geometry": {"node": "fin"}, "at": {"node": "centres"},
                  "rotation": {"node": "attractor"}}
  }
}
```

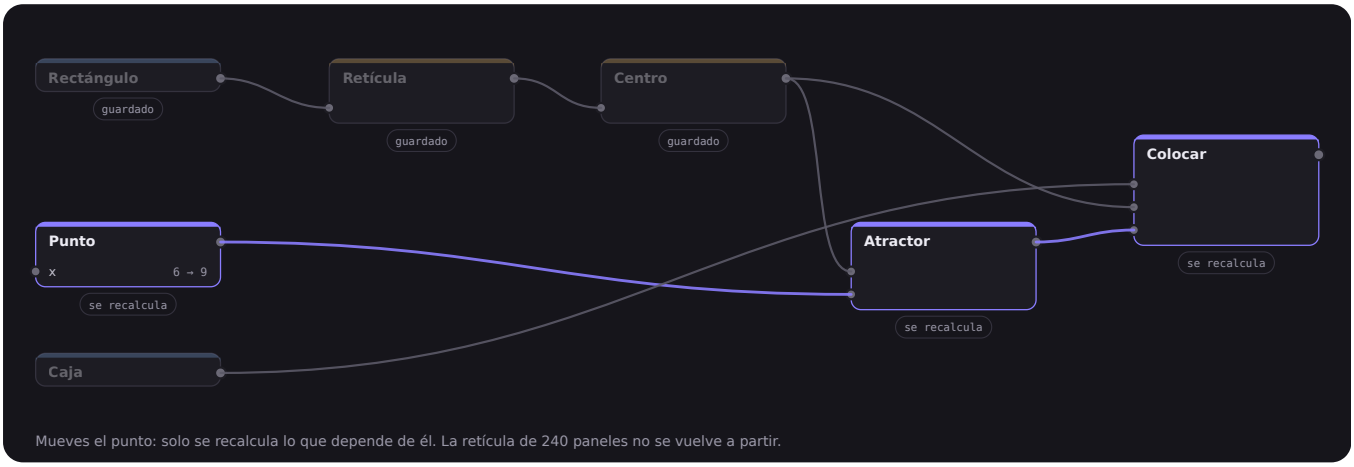
`{"node": "facade"}` es un cable. Las clases de nodos y sus entradas se guardan siempre en inglés, así un proyecto hecho con Tensela en español se abre igual en cualquier idioma. Como es texto, se puede leer, comparar entre dos versiones o guardar en un sistema de control de versiones como cualquier otro archivo de texto.



Se calcula cuando se pide, se guarda hasta que cambia

Tensela no calcula todo el proyecto cada vez. Trabaja al revés:

1. Cuando la vista necesita el resultado de un nodo, Tensela pide primero sus entradas, y esas piden las suyas, hasta los valores que escribiste.
2. Cada nodo se calcula **una vez**, y guarda su resultado.
3. Cuando cambias una entrada, Tensela borra el resultado guardado de **ese nodo y de todo lo que depende de él**, y de nada más.



Mueves el punto: solo se recalcula lo que depende de él. La retícula de 240 paneles no se vuelve a partir.

Así, cuando arrastras el punto del atractor, la retícula de 240 paneles no se vuelve a partir: solo se recalculan el Punto, el Atractor y el Colocar. Por eso un proyecto grande sigue respondiendo mientras arrastras un deslizador.

```
def change(node, input, value):
    node.inputs[input] = value
    clear(node)                        # este nodo y todo lo que viene después

def clear(node):
    node.result = None
    for after in nodes_that_use(node):
        clear(after)

def result(node):
    if node.result is None:            # no está guardado: se calcula con sus entradas
        inputs = {name: result(v) if is_node(v) else v for name, v in node.inputs.items()}
        node.result = node.kind.function(**inputs)
    return node.result
```

Sin vueltas

Como un nodo se calcula a partir de sus entradas, un nodo no puede depender de sí mismo. Si un cable cerraría un círculo, Tensela no lo conecta y lo dice: *Conectar «a» a «b» haría un círculo: «b» ya está antes de «a».* Para repetir un paso sobre su propio resultado, usa un grupo que se repite.

La ventana sigue respondiendo

Si un cálculo tarda más de una décima de segundo, más o menos, sigue **por detrás**: la vista 3D conserva el último resultado, aparece *Calculando… Detener*, y puedes seguir trabajando. Si cambias algo mientras tanto, ese cálculo se descarta (ya no sirve) y empieza uno nuevo con los valores nuevos. **Detener** lo descarta y vuelve a lo que se mostraba.

Los errores en palabras

Cuando un nodo no puede calcular, su tarjeta dice por qué, en palabras: qué falta, qué no encaja, y casi siempre cómo arreglarlo. El error queda en ese nodo y en los que dependen de él; el resto del proyecto sigue funcionando.

Límites que protegen tu trabajo

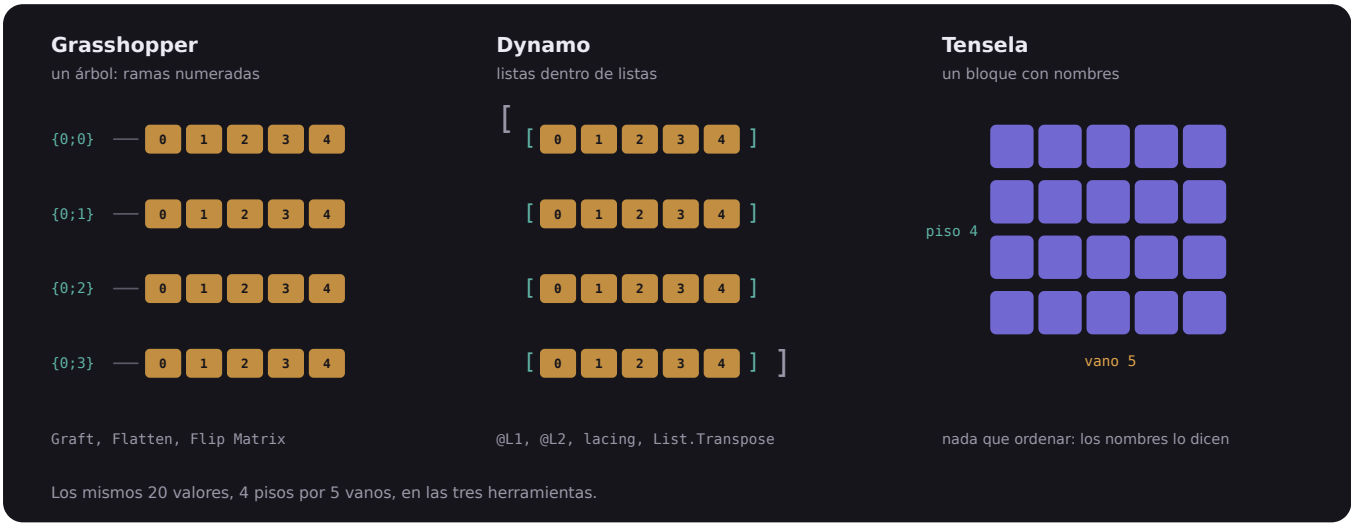
- **5 millones de elementos** por resultado como máximo: por encima, un aviso antes de calcular. Casi siempre es un cruce de niveles que debía ir uno con uno.
- **50 000 piezas** en la vista: por encima, la vista pregunta antes de dibujar (**Mostrarlos** o **Apagar su ojo**).
- **El nodo Código** está hecho para no llegar a la red: Tensela revisa el código antes de ejecutarlo y lo detiene si intenta abrir archivos, conectarse o abrir otros programas. Ejecuta tu Python solo con una lista de nombres permitidos, y lo detiene a los 10 segundos.

Grupos

Un grupo es un grafo dentro de un nodo. Por dentro se calcula como cualquier proyecto; por fuera es una tarjeta con sus entradas y su salida. Un grupo que **se repite** ejecuta su grafo varias veces, devolviendo su resultado a la entrada, una cantidad fija de veces.

Las listas en Tensela, Grasshopper y Dynamo

Si vienes de Grasshopper o de Dynamo, el cambio más grande es cómo se guardan y se combinan las listas. Esta página pone las tres lado a lado, con los mismos 20 valores: 4 pisos por 5 vanos.



Grasshopper: un árbol de ramas numeradas

En Grasshopper los datos se guardan en un **árbol**. Cada rama tiene una **ruta** de números, como `{0;2}`, y guarda una lista. Los 4 pisos son 4 ramas, cada una con una lista de 5 vanos.

- Cuando un componente recibe dos entradas, las empareja elemento por elemento y, de fábrica, repite el último elemento de la lista más corta (*longest list*).
- Para combinar **cada piso con cada vano** hay que cambiar antes la estructura: **Graft** a una de las listas (cada elemento a su propia rama), o usar **Cross Reference**.
- **Flatten**, **Graft**, **Simplify**, **Flip Matrix** y **Shift Paths** existen para darle otra forma al árbol antes de combinar.

Es muy potente y muy explícito: la forma del árbol la controlas tú, paso a paso.

Dynamo: listas dentro de listas

En Dynamo los datos son **listas anidadas**: una lista de 4 pisos, cada uno una lista de 5 vanos.

- Cómo se combinan dos listas se elige en cada nodo con su **lacing**: *shortest*, *longest* o *cross product*.
- Las **replication guides** (`<1>` , `<2>`) y los **niveles de lista** (`@L1` , `@L2`) dicen sobre qué nivel de las listas anidadas trabaja un nodo.
- **List.Transpose** intercambia lo de adentro y lo de afuera.

Tensela: un bloque con nombres

En Tensela los 20 valores son un solo bloque, `piso 4 × vano 5`. Los nombres deciden cómo se combina: el **mismo nombre** va uno con uno, **nombres distintos** se cruzan. No hay árbol que acomodar ni lacing que elegir; la regla es siempre la misma. Cómo funciona por dentro: Las listas con nombre, por dentro.

Las mismas tareas en las tres

Tarea	Grasshopper	Dynamo	Tensela
Cada piso con cada vano	Graft a una entrada, o Cross Reference	lacing *cross product*, o `<1>` `<2>`	nombres distintos: solo
Cada piso con su propio valor	la misma estructura de árbol en los dos lados	lacing *shortest* o *longest*	el mismo nombre: solo
Invertir solo los pisos	Flip Matrix, Reverse List, Flip Matrix	List.Reverse en el nivel justo (`@L2`)	**Reordenar**, nivel *piso*
Intercambiar pisos y vanos	Flip Matrix	List.Transpose	nada que hacer: los niveles no tienen orden
El total de cada piso	Mass Addition en cada rama	Math.Sum en el nivel justo	**Resumir**, suma a lo largo de *vano*
Dos listas que no encajan	se repite el último elemento de la más corta	depende del lacing	un aviso con los dos tamaños

Lo que ganas, y lo que cambia

- **Ganas:** el cable dice lo que lleva (`piso 4 × vano 5`), la misma regla vale en todos los nodos, y una operación sobre un nivel dice cuál por su nombre. Un error de tamaños da un aviso con los dos tamaños.
- **Lo que cambia:** los niveles no tienen posición, así que no existe *el segundo nivel*: le pones nombre. Los datos irregulares, como más paneles abajo de una torre que arriba, se guardan como **niveles de tamaño variable**, y lo que saca un filtro deja **huecos**, así la retícula se sigue leyendo igual.

Rhino y Grasshopper son marcas de Robert McNeel & Associates. Dynamo y Revit son marcas de Autodesk. Tensela no está asociada con ellas.

Más

Tropiezos frecuentes

Cosas que confundieron a quienes probaron Tensela mientras se hacía, para que no tengas que descubrirlas tú.

Al instalar y abrir

- **No abre con doble clic.** Primero revisa que se pueda ejecutar (el paso 2 de Instalar). Después ábrela desde una terminal, `./Tensela-*.AppImage`, para leer qué dice. Si habla de **FUSE**, a tu sistema le falta una biblioteca que usan las AppImage: instálala (en Ubuntu 24.04 o más nuevo `sudo apt install libfuse2t64`, antes `libfuse2`), o abre Tensela sin ella con `./Tensela-*.AppImage --appimage-extract-and-run`.
- **La vista 3D queda negra, o la ventana se cierra al abrir.** Son los gráficos: Tensela necesita OpenGL 3.2 o más nuevo (mira Qué necesitas). Actualiza tu sistema; en una máquina virtual, activa su aceleración 3D.
- **El programa está en otro idioma. Preferencias → General → Idioma**; se aplica la próxima vez que abras Tensela.

Escribir números

- **Decimales:** valen `3,5` y `3.5`.
- **Varios valores:** siempre separados por punto y coma, `1,5; 2; 3`. Con decimales, `0,0,1,5` no se puede leer: escribe `0; 0; 1,5` o `0 0 1.5`.
- **Un punto:** `0 0 0`, `8 0 2,5` o `(0; 0; 1,5)`.
- **Unidades:** las medidas van en metros, salvo que lo cambies en **Preferencias → Unidades**. También puedes escribir la unidad con el número, `120 cm`, y Tensela la convierte.

En la tarjeta

- **Tab** pasa al valor siguiente de la tarjeta.
- **Supr** dentro de un campo borra letras, no el nodo.
- **Un nivel vacío** en Reordenar, Filtrar o Partir quiere decir *automático*: la tarjeta dice qué nivel tomó, por ejemplo `auto: punto`.

Situaciones comunes

- **Subir un punto sin escribir coordenadas:** usa **Mover** con una distancia (sube de fábrica), o **Línea por dirección**.
- **Después de Filtrar**, con **quitar: sí** los elementos que quedan se numeran de nuevo desde 0. Con **no**, los otros quedan en su lugar, vacíos.

- **Una curva con puntos vacíos** pasa por los puntos que hay.
- **Un rectángulo no es un cuerpo cerrado**, así que no tiene volumen. Para medir un volumen, extrúyelo con tapas primero.
- **Relieves sin fórmulas:** una curva guía, una **Distancia** hasta ella y una **Gráfica** para dar forma a la respuesta.
- **Una superficie suave con escalones:** una superficie suave por una retícula gruesa de puntos muestra pequeños escalones en las aristas vivas. Usa más puntos, o apaga **suave** en formas con aristas.

Cuando va lento

- **Apaga los ojos** de los nodos que no necesitas ver: dibujar miles de piezas suele tardar más que calcularlas.
- **Prueba ideas con cantidades pequeñas** (menos paneles, menos secciones) y súbelas al final.
- **Los nodos pesados** (Optimización topológica, Equilibrio, Asoleamiento) tardan más cuanto más fino trabajan: baja la resolución, los tramos o la cantidad de paneles que les das mientras buscas la forma.

Cuando la vista pregunta antes de dibujar

Si un nodo con el ojo encendido da más de 50 000 piezas (o 2 millones de puntos), arriba de la vista aparece una franja: **Mostrarlos** o **Apagar su ojo**. Casi siempre es un dígito de más en una cantidad, o dos listas que se cruzan sin querer. Revisa los nombres de sus niveles.