



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Diseño y fabricación mediante prototipado rápido de utillajes en el sector de la automoción

Autor

Jorge Carela Güerri

Ponente

Emilio Royo Vázquez

Director

Pedro Martínez

Grado de Ingeniería Mecánica

Escuela de ingeniería y arquitectura

2021

**TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER**



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
Universidad Zaragoza

**DECLARACIÓN DE  
AUTORÍA Y ORIGINALIDAD**

(Este documento debe remitirse a [seceina@unizar.es](mailto:seceina@unizar.es) dentro del plazo de depósito)

D./Dª. Jorge Carela Güerri

en aplicación de lo dispuesto en el art. 14 (Derechos de autor) del Acuerdo de  
11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se  
aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de Estudios de la titulación de  
Grado en Ingeniería Mecánica

(Título del Trabajo)

Diseño y fabricación mediante prototipado rápido de utilajes en el sector de la  
automoción

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser  
citada debidamente.

Zaragoza, 27/01/2022

Fdo:



## RESUMEN

Este proyecto se basa en la utilización de nuevas tecnologías para diseñar y fabricar unos apoyos y soportes junto a sus bases o anclados a mesas de transferencia que soporten piezas de automoción fabricadas mediante distintos métodos de fabricación con plásticos, ya sea soplado o inyección. Con esto nuestra intención es hacer más fácil el trabajo de colocación de espumas y control de troqueles por parte de los operarios de la línea de producción.

Se ha establecido una metodología de trabajo de diseño de utilajes en la que se ha tenido en cuenta su función en operaciones posteriores a la de conformación por inyección o soplado, tales como troquelado o verificación.

Como metodología de trabajo se ha aplicado a dos tipos de componentes con geometrías muy diferenciadas: salpicaderos y tubos de ventilación.

Para realizar esto, empezamos con las piezas que en un futuro se van a fabricar en formato CAD. En estas piezas podremos observar donde se van a montar las espumas (por lo que tendremos que hacer apoyos en estas para que no se muevan durante el montaje) y en que partes se van a hacer los troqueles (por lo que tendremos que hacer controladores de troqueles en estos puntos. Cuando tengamos esto hecho, podremos diseñar los apoyos o bases de nuestro soporte con el fin de buscar la óptima colocación de estos.

Realizaremos un análisis de los materiales que vayamos a utilizar en función de los requisitos técnicos necesarios para las piezas fabricadas. Estos requisitos involucran operaciones de clipaje, soldadura, colocación de espumas o control de troquelados. También será importante diferenciar si se va a trabajar con superficie estética o con superficie operativa del componente plástico para seleccionar el material a utilizar y que no deje marcas en las piezas fabricadas.

Finalmente se realiza un estudio económico para comparar el nuevo método a utilizar y el método que se utiliza en la actualidad, y así ver cuál de los dos es más rentable.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | 3  |
| 1. Objetivo .....  | 6  |
| 1.1 Antecedentes .....   | 6  |
| 1.2 Definición del proyecto.....                                     | 7  |
| 1.3 Metodología de trabajo .....                                     | 7  |
| 2. Las tecnologías de prototipado rápido e impresión 3D .....        | 10 |
| 2.1 Estudio de tecnologías .....                                     | 10 |
| 2.1.1 Prototipado rápido .....                                       | 10 |
| 2.1.2 Tecnologías relacionadas.....                                  | 11 |
| 2.2 Estudio de mercado de impresoras 3D .....                        | 15 |
| 2.2.1 Materiales .....   | 15 |
| 2.2.2 Acabados .....   | 17 |
| 2.2.3 Costes .....   | 18 |
| 3. Análisis de requerimiento de diseño.....                          | 19 |
| 3.1 Definición de que se va a diseñar .....                          | 19 |
| 3.2 Restricciones de diseño .....                                    | 19 |
| 3.3 Restricciones mecánicas .....                                    | 20 |
| 4. Diseño de los utilajes .....                                      | 21 |
| 4.1 Metodología para diseño CAD de apoyos y soportes.....            | 21 |
| 4.1.1 Apoyos y soportes para conductos de aire .....                 | 21 |
| 4.1.2 Apoyos y soportes para salpicaderos .....                      | 32 |
| 4.2 Metodología para impresión 3D.....                               | 39 |
| 4.2.1 Apoyos y soportes para conductos de aire .....                 | 39 |
| 4.2.2 Apoyos y soportes para salpicaderos .....                      | 41 |
| 4.2.3 Explicación de la utilización del programa Ultimaker Cura..... | 43 |
| 5. Estudio de viabilidad.....  | 47 |
| 5.1 Técnico .....  | 47 |
| 5.1.1 Alternativas de diseño .....                                   | 47 |
| 5.1.2 Análisis de medidas .....                                      | 49 |
| 5.2 Económico.....   | 50 |
| 5.2.1 Apoyos en Algontec .....                                       | 50 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2.2 Apoyos en CEFA .....  | 51 |
| 6. Conclusión .....   | 52 |
| 7.Bibliografía.....   | 53 |
| 8. Anexo .....  | 54 |
| 8.1 Tecnología de impresión FDM.....                                    | 54 |
| 8.3 Recopilación de soportes diseñados con Nx .....                     | 56 |
| 8.3.1 Soportes para conductos de ventilación.....                       | 56 |
| 8.3.2 Soportes para salpicadero.....                                    | 60 |
| 8.4 Recopilación de soportes impresos mediante prototipado rápido. .... | 67 |
| 8.5 Cotas generales piezas y utilajes .....                             | 73 |
| 8.5.1 Soportes para conductos de ventilación .....                      | 73 |
| 8.5.2 Soportes para salpicadero .....                                   | 79 |
| 8.5.3 Salpicadero con clips .....                                       | 84 |
| 8.6 Documentación técnica impresoras.....                               | 85 |
| 8.6.1 BCN3D Epsilon W50.....  | 86 |
| 8.6.2. Sindoh 3DWOX 2X .....  | 89 |

## 1. Objetivo

### 1.1 Antecedentes

Hoy en día gracias a las nuevas tecnologías se están reduciendo costes y tiempos de producción. Este proyecto, se basa en sustituir los apoyos de las mesas de trabajo donde los operarios realizan diferentes operaciones con las piezas fabricadas como colocar espumas en las bocas, controles de troqueles....

En un principio estas mesas eran fabricadas de metal por empresas externas las cuales las mecanizaban con máquinas CNC. Esto supone una gran inversión para cada apoyo, cosa que no es del todo rentable ya que al ser una empresa que fabrica piezas para diferentes marcas de automóviles (tales como Opel, Mercedes, Tesla...) y dentro de cada marca diferentes modelos (los cuales de vez en cuando no se fabrican durante más de un par de meses por lo que supone grandes inversiones en tiempos reducidos), el gasto en apoyos se eleva hasta cifras muy altas.

La intención principal de este proyecto es poder realizar las piezas mediante impresión 3D dentro de la empresa. Esto conlleva diferentes aspectos positivos:

- En primer lugar, la reducción de costes. Dentro de estos costes debemos tener en cuenta los costes de compra de los apoyos comparándolos con lo que cuesta producirlos imprimiendo estos mediante impresoras 3D, los costes de el trasporte de estos hasta la fábrica y los costes referidos al tiempo en el que no se está produciendo esa pieza debido a que su apoyo se está fabricando externamente.
- La reducción de pérdidas de tiempo en la cadena, ya que en cuanto un comprador pide que se realice una pieza, al día siguiente se puede tener realizado el apoyo, lo que conlleva producirlo en el menor tiempo posible, no tener retrasos en las entregas de los pedidos y ganar fidelidad con los clientes frente a posibles empresas de la competencia.
- Otra ventaja referida al tiempo y al coste podemos observarla cuando algún apoyo sufre un daño o se rompe alguna parte de este habría que volver a mandar esta al proveedor, arreglarlo, o incluso tener que fabricar una desde 0. Si esto ocurre con un apoyo impreso en 3D no hay ningún problema ya que los apoyos están realizados en diferentes partes unidas las cuales se han diseñado con el fin de reducir el tiempo de fabricación de una nueva en el caso de que algo se rompa. En este caso simplemente habría que realizar una única pieza del apoyo y volverla a montar, cosa que en cuestión de horas podría estar resuelta.

## 1.2 Definición del proyecto

El objetivo del proyecto que voy a realizar se basa en aplicar la tecnología 3D en el sector de la automoción para el diseño de utilajes para el apoyo de diferentes componentes de automóviles tales como conductos de ventilación, salpicaderos y depósitos de agua o aceite. Estos apoyos no van integrados dentro de las máquinas de inyección y soplado, sino que se colocan en mesas de trabajo para las posteriores operaciones a realizar sobre estas piezas por parte de los operarios. Como principal reto, se busca una mejora económica y unas características técnicas similares a los métodos utilizados en el momento.

## 1.3 Metodología de trabajo

En este apartado vamos a explicar los puntos a seguir para diseñar y fabricar los apoyos y soportes necesarios para los componentes fabricados.

### Análisis de pieza

En este análisis estudiaremos la geometría de la pieza y el número de operaciones que se tienen que realizar en esta por parte de los operarios, y así saber dónde tenemos que posicionar los apoyos y donde colocar los comprobadores de troqueles.

La geometría sobre la que vamos a trabajar es especificada por parte de la empresa (CEFA aunque también trabajamos con Algontec y MRA, las cuales son empresas del mismo grupo) y hay gran variedad de formas. Cuando tenemos estas geometrías (archivo CAD) empezaremos a trabajar en el programa de diseño, en mi caso NX 12.0.

### Elección del tipo de impresión 3D

Dependiendo de las características y requerimientos para la aplicación de las piezas a fabricar seleccionaremos el tipo de material que utilizaremos para fabricar sus apoyos. Veremos que hay diferencia entre los materiales necesarios para los conductos de ventilación los cuales van en el interior del vehículo y los necesarios para el salpicadero el cual no puede tener ningún defecto ya que, al ir a la vista del conductor, el mínimo defecto haría que el comprador nos rechazara estas piezas.

La idea principal es cambiar apoyos metálicos o teflón (realizados mediante mecanizado) por apoyos de diferentes materiales plásticos con la utilización de impresoras 3D.

### Analizar puntos de referencia de la pieza

En este apartado estudiamos en que posición tienen que ir los apoyos para nuestros soportes. Para esto primero tenemos que saber que operaciones van a realizar los

operarios después de la fabricación de la pieza para la correcta posición de estos apoyos para que estos impidan los movimientos de la pieza. Al hacer el diseño hay que intentar colocar el mínimo número de apoyos para reducir el gasto de su fabricación.

En este apartado es muy importante tener en cuenta el tamaño de la impresora para no diseñar piezas demasiado grandes las cuales no se puedan imprimir en nuestra impresora. En este caso dependiendo del tipo de pieza con la que vayamos a trabajar podrían separar en varias partes y posteriormente unirlas mediante tornillos si es posible.

### **Diseño del soporte y del apoyo**

Diseñamos los apoyos y soportes en Nx 12.0 a partir del archivo CAD de la pieza.

Dependiendo del tipo de pieza con la que vayamos a trabajar:

- Conductos de aire acondicionado: Para estos casos se diseñan tanto los apoyos como el soporte. Los soportes se fabrican del mismo material, y van anclados a las mesas de trabajo de los operarios mediante bridas ya que son de muy poco peso y hay que ir cambiando los apoyos constantemente en función de la pieza que se esté fabricando en ese momento.
- Salpicaderos: En este caso solo diseñamos los apoyos, y el soporte es más firme que en el anterior. En este los apoyos van montados en mesas con railes y unidos al soporte que se mueve por el rail mediante tornillos por lo que se consigue un anclaje mucho mejor.

Hay que tener en cuenta la diferencia de tamaño y peso entre ambas piezas, por eso en el caso de los conductos de aire no hace falta que estén tan fuertemente anclados y unas simples bridas sirven perfectamente para su anclaje. Las operaciones que se realizan en estas también son más sutiles (se colocan espumas en sus bocas) por lo que no necesitan un anclaje menor que en los salpicaderos en los cuales se trabaja mucho más sobre su superficie.

### **Impresión del apoyo**

Cuando tenemos los apoyos y soportes realizados en NX, exportamos estos archivos a .stl (es la única extensión que acepta el programa de la impresora para poder imprimir desde esta). Cuando los tenemos en el software de la impresora, posicionamos nuestra pieza en función de nuestras necesidades (normalmente buscando que haya la mínima cantidad de superficies donde necesitemos material de aporte para poder realizar por ejemplo partes en voladizo y agujeros roscados o abocardados para atornillar posteriormente) y le indicamos al programa los parámetros con los que vamos a trabajar, tales como espesor de capa, % de relleno, tipo de relleno... y en función de todos estos parámetros el software nos indicará la cantidad de material necesario así como el tiempo que tardará en imprimir nuestra pieza.

## Realización del soporte

En el caso de los soportes para conductos de aire acondicionado, se realizan de la misma manera que los apoyos, siguiendo los puntos detallados en el párrafo anterior.

Para el caso de los salpicaderos, como he indicado, ya están realizados y simplemente tenemos que montar nuestros apoyos sobre ellos.

## Validación del resultado

Una vez diseñado, se imprime el primer prototipo, se inspecciona a simple vista por parte de la persona que ha realizado el diseño y por el equipo de calidad y se prueba en este nuevo soporte las piezas que se están fabricando para comprobar que cumpla los requisitos especificados y trabaje de igual manera que los anteriores apoyos.

## Estudio económico

En este apartado realizamos una comparación del precio de compra de los posicionadores antiguos (realizados mediante mecanizado) y los nuevos, teniendo en cuenta para estos, el precio del material, el coste de trabajo de la impresora 3D y los costes de diseño por parte del equipo encargado.

## Montaje

Para el caso de los posicionadores y apoyos de los conductos de aire, una vez impresas las distintas torres de soporte, se pasa un macho de roscar con la métrica correspondiente a la indicada en el diseño (ya que el acabado de esta rosca en la impresora no es del todo bueno). Posteriormente, se ancla cada una de las torres a la base por medio de tornillos de rosca y longitud especificados en el diseño.

Para el caso de los salpicaderos, una vez impresas las torres, se va a la mesa de trabajo (que son las mesas con raíles) y en estos se monta directamente en los apoyos de los raíles. Antes del montaje también se ha pasado el macho de roscar a todas las roscas de los posicionadores para su correcta unión a los apoyos.

## 2. Las tecnologías de prototipado rápido e impresión 3D

### 2.1 Estudio de tecnologías

#### 2.1.1 Prototipado rápido

La impresión 3D es una forma diferente de producir piezas en comparación con las tecnologías tradicionales de fabricación sustractiva (mecanizado CNC) o fabricación de moldeo por inyección. La creación de un objeto impreso en 3D se consigue mediante procesos aditivos. En un proceso aditivo se crea un objeto colocando capas sucesivas de material hasta que se forma todo el objeto. Cada una de estas capas puede verse como un corte transversal del objeto.

Una idea llamada prototipado rápido (RP) surgió durante la década de 1980 como solución a diversos problemas. Esta significa desarrollar modelos y prototipos mediante métodos más automatizados, por norma general en horas o días en lugar de las semanas que solía tardar el prototipado tradicional.

La impresión 3D es una extensión lógica de esta idea en la que los diseñadores de productos fabrican sus propios prototipos rápidos, en horas, utilizando máquinas sofisticadas similares a las impresoras de inyección o chorro de tinta.

Pasos de la impresión 3D:

1. **Creación del contenido:** Lo primero en la impresión 3D es crear un archivo digital tridimensional del objeto que queremos imprimir. La forma más habitual de crear un modelo digital es el diseño asistido por ordenador (CAD). Sin embargo, hay una gran variedad de programas profesionales y de nivel básico que pueden producir un archivo adecuado para la impresión 3D.
2. **Conversión a formato STL:** Una vez terminado el diseño CAD, es el momento de enviarlo a la impresora. En primer lugar, hay que convertirlo en un formato de archivo adecuado. El formato de archivo de impresión 3D más común se llama STL
3. **Slicing:** Este es el proceso de traducir el archivo 3D en instrucciones para que la impresora 3D las siga. Básicamente, el Slicing consiste en dividir o cortar el modelo 3D en cientos o miles de capas horizontales, diciéndole a la máquina con exactitud lo que debe hacer, paso a paso. Después de cortar los archivos, se genera un nuevo formato de archivo llamado G-code, con la extensión de archivo .gcode. El código G es el lenguaje de la máquina y es lo que utilizamos para comunicarnos con ella.
4. **Imprimir:** Antes de imprimir hay que limpiar la superficie de impresión, añadir algún pegamento (aunque en mi caso utilizamos laca de pelo y funciona perfectamente) y calibrar la impresora tanto en altura de la base como en los distintos ejes del cabezal.

5. **Extraer las piezas de la impresora:** Una vez terminada la impresión se extrae la pieza de la base despegándola de esta. Normalmente se utilizan unas paletas para ir despegándola poco a poco hasta que la extreos por completo.
6. **Post-procesamiento:** Se suelen utilizar distintos métodos, pero principalmente se terminan de acabar bien las roscas con machos de roscar (ya que la impresora no hace perfectamente la métrica que le indicas). También se suelen realizar otras operaciones como el lijado, pulido, pintura...

### 2.1.2 Tecnologías relacionadas

En el prototipado rápido hay diferentes tipos de tecnologías, las cuales van a ser explicadas a continuación:

#### Tecnologías de deposición de material plástico:

- **Fused deposition modeling (FDM):**

La impresión con esta tecnología comienza desde la capa inferior, creando una superficie en la base para poder separar la pieza. Se utiliza un fino hilo de plástico pasa por el extrusor que es, en resumen, un dispositivo que calienta el material hasta el punto de fusión. En ese momento el plástico se deposita en la posición correspondiente de la capa que se está imprimiendo en cuestión. Tras ser depositado en su lugar, el material se enfriá y solidifica, una vez acabada esa capa, se desplaza verticalmente una pequeña distancia para comenzar la siguiente capa.

Es una tecnología que permite conseguir piezas utilizando plástico ABS o bien PLA. En el ANEXO se puede encontrar información más detallada de esta tecnología

#### Técnica FDM

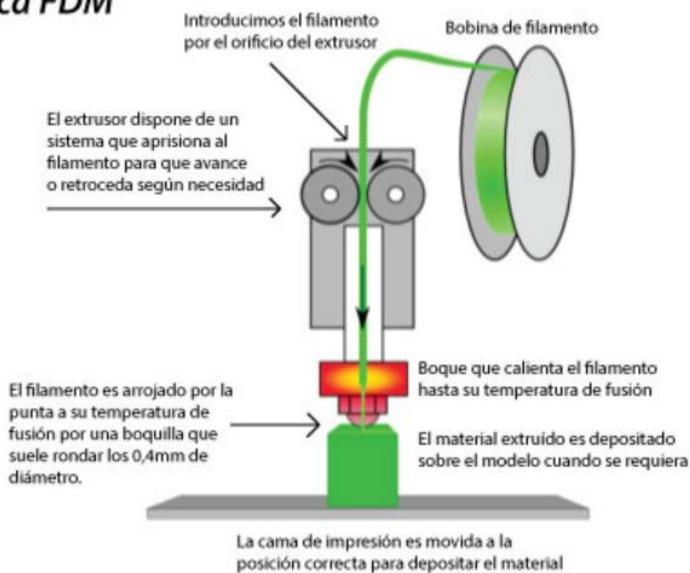


Figura2.1 Proceso FDM

- **Estereolitografía (SLA):**

Esta tecnología tiene un funcionamiento también capa a capa, pero a diferencia del método anterior en esta ocasión se parte de una base que se va sumergiendo (o saliendo) capa a capa en un baño de resina fotocurable. El láser de luz ultravioleta activa la curación de la resina líquida, solidificándola. En ese momento la base se desplaza hacia abajo para que el láser vuelva a ejercer su acción.

Con esta tecnología se consiguen piezas con gran detalle, pero se desperdicia bastante cantidad de material dependiendo de la geometría de nuestra pieza ya que tiene que realizar soportes que habrá que eliminar en el post-procesado.

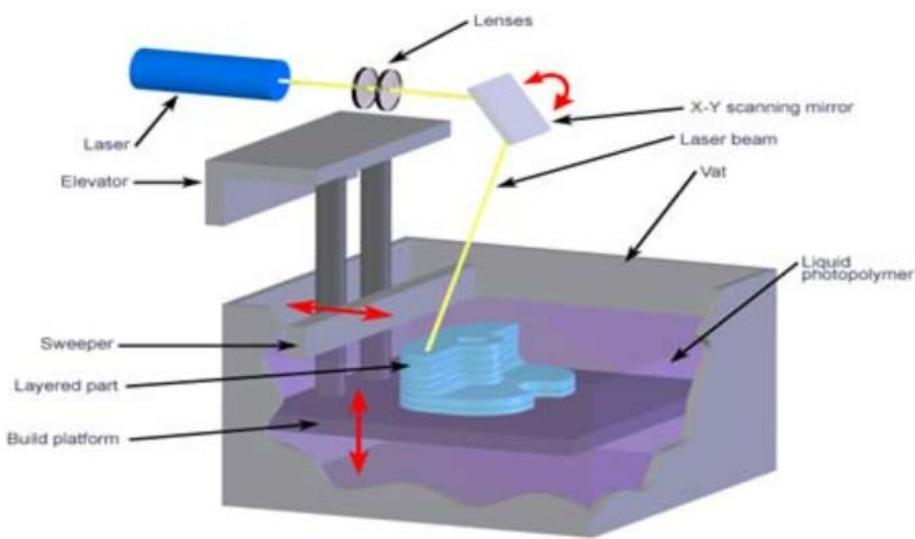


Figura 2.2 Proceso SLA

- **Sinterización Selectiva Láser (SLS):**

La principal ventaja de esta es que se pueden utilizar una gran cantidad de materiales. En esta tecnología se parte del material en forma de polvo (ya sea cerámica, metal, plástico, vidrio...) en el interior de un recipiente. Después de esto, un láser funde el material en distintos puntos de la superficie creando una capa. Más tarde un rodillo alineador coloca una nueva capa de polvo para que el material vuelva a ser fundido al igual que antes y este proceso se repite hasta finalizar el modelo.

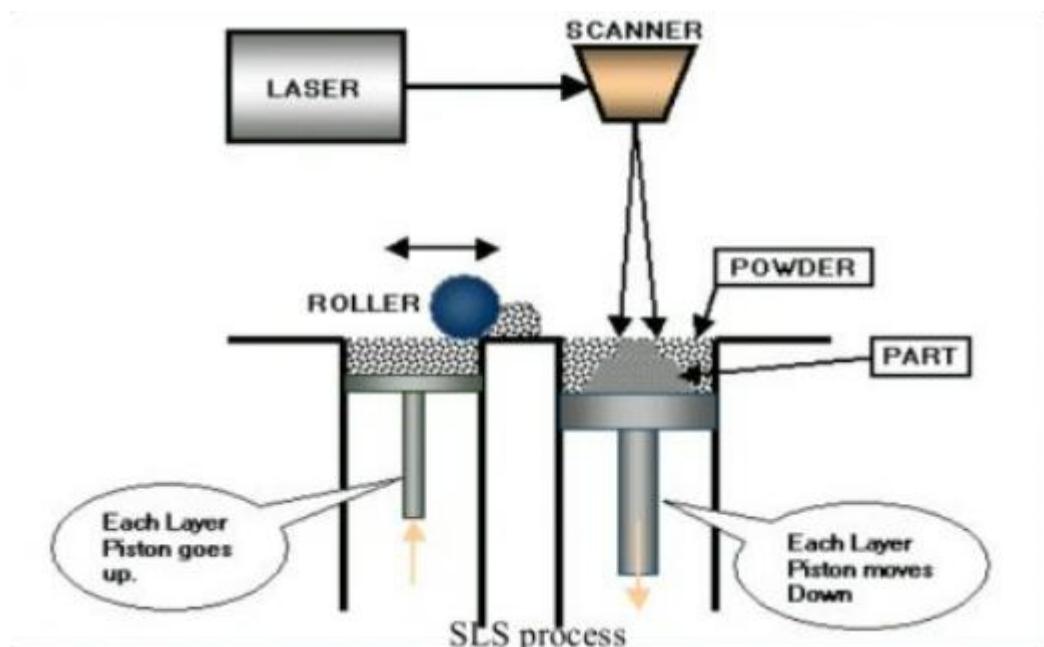


Figura 2.3 Proceso SLS

- **3DP (Three dimensional printing)**

Este proceso es muy similar a la impresión de tinta habitual la cual conocemos. El material base puede ser yeso o resina. En este proceso se crea una capa de polvo mientras se introduce un aglutinante junto a tita en una sección transversal de la pieza. Con esta tecnología podemos crear modelos de colores.

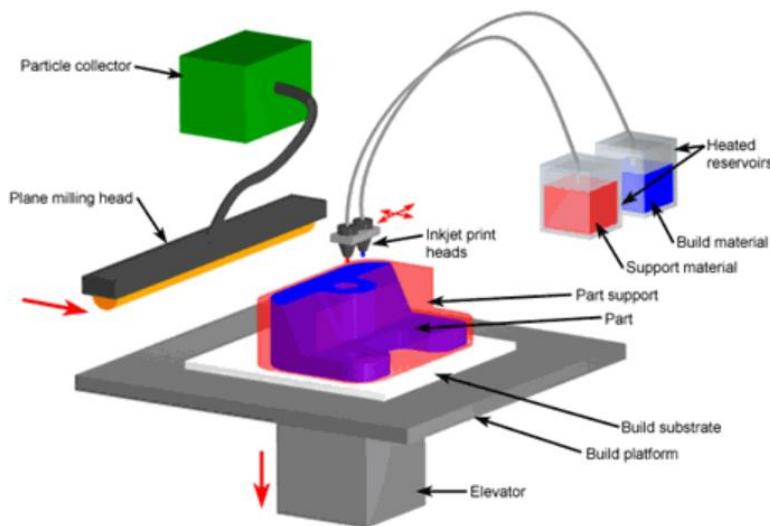


Figura 2.4 Proceso 3DP

## 2.2 Estudio de mercado de impresoras 3D

### 2.2.1 Materiales

Para el proyecto que llevaremos a cabo vamos a trabajar solo con materiales plásticos. Para el caso de los conductos de ventilación y los depósitos, no queremos deformarlos ni marcarlos, pero en caso de que se produjera algún pequeño roce en la pieza, no supondría un gran problema ya que estas van a ir en el interior del coche y nadie va a ver estas piezas una vez montadas. En cambio, para el caso de los salpicaderos necesitaremos un material más blando ya que si se produce la mínima muesca en estos, el comprador rechazaría el producto ya que nadie va a querer comprar un coche con una imperfección en su salpicadero.

Los materiales plásticos que más se utilizan en el prototipado rápido son el ABS, PLA y filamentos flexibles para FDM y resinas fotopoliméricas para SLA. Vamos a hablar un poco de ellos:

#### PLA

En este caso estamos hablando del filamento más utilizado para impresión 3D. En mi caso es el que estoy utilizando tanto para posicionadores, galgas, poka-yokes, e incluso algún pasa no pasa.

Este material es de origen natural (la principal materia prima es el maíz) y es biodegradable (lo cual es una ventaja y es reciclable).

Es muy estable y fácil de imprimir. Esta facilidad la podemos ver por ejemplo en que no necesita de cama caliente para su impresión. Se utiliza una temperatura del extrusor alrededor de los 200º.

Este material también presenta alguna desventaja, por ejemplo, tiene poca resistencia térmica (a las 60ºC se vuelve endeble), mecánica (más frágil que otros materiales) y es sensible a la humedad por lo que hay que conservarlo en vacío o lejos de zonas húmedas.

Sus principales aplicaciones son decorativas, maquetas, prototipos...

En nuestro caso es muy útil, ya que es muy fácil de manejar y en ningún lugar de la fábrica se dan temperaturas cercanas a los 60ºC y al utilizarse como posicionador de piezas plásticas fabricadas por soplado (muy ligeras), su resistencia mecánica no corre peligro en ningún caso.

## ABS

Este material es el segundo más utilizado después del PLA, y es más robusto y resistente al mecanizado que este por lo que se pueden hacer cortes y perforaciones. Resiste muy bien a las altas temperaturas (sobre todo conservando su tenacidad a temperaturas extremas, entre -40°C y 90°C). También es resistente a impactos y a ataques químicos.

Como puntos negativos, podemos decir que es más complejo de manejar que el PLA y puede dar problemas durante la impresión. Es necesario tener una cama calentada a unos 60°C-80°C y la temperatura del extrusor debe ser superior a la del PLA (unos 235°C). Para conseguir que la pieza no se resquebraje (por la contracción de capas bastante rápida) hay que conseguir unas condiciones óptimas de temperatura en el entorno, por esto no es recomendable utilizar ventiladores de capa.

Se suele utilizar para elementos mecánicos, piezas de automoción y piezas industriales en general, aunque también se utiliza para fabricar elementos decorativos

## Filamentos flexibles (TPE o TPU)

Este tipo de filamentos consiste en una mezcla de plástico y caucho lo cual nos da las mejores propiedades de cada tipo.

Estos materiales están compuestos en base a elastómeros que les confieren una gran elasticidad por lo que amortiguan muy bien los impactos y tienen gran resistencia a la rotura por fatiga. Además, son resistentes a la abrasión, tienen gran durabilidad y no se encojen al enfriarse. Tampoco se necesita que la impresora 3D posea cama caliente. También se puede remarcar que es un material muy suave, lo que hace que sea el óptimo para utilizar en los apoyos realizados para los salpicaderos que fabricamos.

Este material también tiene alguna desventaja, es poco resistente al calor y a ataques químicos, pierde elasticidad si funden a temperaturas por encima de las establecidas y con el paso del tiempo, pierden capacidad elástica conforme su uso.

Se suelen utilizar para partes táctiles suaves de herramientas, elementos protectores, pulseras, collares, elementos decorativos, juguetes flexibles...

Entre el TPE y el TPU también existen algunas diferencias. Por ejemplo, el TPE es más transparente, mientras que el TPU tiene una mejor resistencia a grasas y aceites, por lo que suele ser usado en automoción.

## Resinas fotopoliméricas

Estos materiales utilizados para estereolitografía se curan por medio de luz ultravioleta. Con estas conseguimos una buena calidad superficial y buenas tolerancias geométricas (mejores que con PLA y ABS), pero también es más caro que estos y se deforma a temperaturas de unos 50 o 60 grados centígrados.

## 2.2.2 Acabados

Vamos a comparar las características de las piezas, precisión de acabado, la adherencia de materiales, la eliminación de soportes y el post-procesado de los modelos impresos con las tecnologías de FDM y SLA.

### Características:

Las impresas mediante FDM obtienen mejores propiedades mecánicas frente a las fabricadas con SLA. Eso sí, en esto influye mucho como están dispuestas las capas frente a grandes cargas. Por ejemplo, si la orientación de la pieza no es la adecuada respecto a la carga, el SLA es mejor opción que el FDM.

### Precisión de acabado:

En las impresoras FDM lo normal es conseguir acabados buenos con alturas de capa de 0.1 mm, pero siempre y cuando las piezas impresas no tengan partes con formas muy complejas o de tamaño reducido. El mínimo espesor posible, está limitado al diámetro del nozzle. Cuando utilizamos soportes, pueden ser del mismo material (el acabado superficial suele quedar poco uniforme, necesitando un post-procesado en la zona de contacto de los soportes), o distinto material para este soporte (se suelen utilizar materiales de soporte solubles para evitar el post-procesado tales como PVA que se diluye en agua o HiPS que se diluye en D-limoneno)

En las impresoras con tecnología SLA la precisión de impresión es muy alta, incluso con formas complejas debido a que el diámetro del láser que solidifica la resina es muy pequeño. Algunas impresoras pueden trabajar con alturas de capa de 0.025mm por lo que obtienen resultados muy precisos y con mucho detalle, utilizando estas para modelos de joyería y de aplicación dental.

### Adherencia:

Para el caso de FDM por lo general la adhesión con la base no es ningún problema y existen productos muy eficaces para la adherencia del material (incluso la laca de pelo da muy buen resultado). También existen pegatinas adherentes las cuales pegan a la superficie de impresión las cuales son muy duraderas y no necesitan ningún tipo de pegamentos o lacas. En cuanto a la extracción, es muy simple, tanto que la gran mayoría de veces se puede realizar con la mano.

En el caso del SLA no hay problema con la adherencia, pero sí se necesita más dedicación a la hora de retirar las piezas de la base de impresión. Estas suelen quedar tan unidas a la base que se necesita una espátula especial para despegarlas. A parte, al terminar una impresión la base queda llena de resina, por lo que hay que limpiarla.

En el caso de impresoras SLA no existe la posibilidad de impresión con dos materiales distintos, lo que implica tener que retirar los soportes de forma manual con unos alicates o aplicar un post-procesado para conseguir eliminarlos por completo.

#### **Post-procesado:**

Este es bastante sencillo en ambos, para el FDM solo hace falta retirar los soportes y lijar si es necesario para dar un mejor acabado. Para el SLA debemos eliminar la capa superficial de resina que queda sin solidificar en un baño de alcohol isopropílico.

En conclusión, Las impresoras FDM son también muy útiles para conseguir piezas funcionales directas gracias a la gran variedad de materiales que existen. Por el contrario, las impresoras SLA se recomienda utilizarlas para piezas u objetos que requieren un gran acabado con medidas exactas, del nivel de piezas finales, pero con finalidad de prototipo, las cuales no están sometidas a tensiones ni esfuerzos

#### **2.2.3 Costes**

En este aspecto hay diferencias entre ambas. Las impresoras SLA tienen un precio superior que las FDM al igual que los materiales utilizados en estas. Por esto es importante que, si realizamos una pieza en FDM y cumple todos los requisitos necesarios, no sería necesario realizarla con SLA aunque con esta pudieran tener mejores acabados, los cuales si no son necesarios, no saldrían rentables ya que incrementarían el coste.

Por lo que, para nuestro proyecto, fijándonos en los aspectos comentados en el apartado anterior, elegimos la tecnología FDM con el uso de PLA en el caso de conductos de calefacción y depósitos. Para el caso de los salpicaderos, también elegimos la tecnología FDM, pero en este caso utilizaremos TPU como material de impresión.

### 3. Análisis de requerimiento de diseño

En este apartado hablaremos solamente del caso de CEFA (fabricación de salpicaderos).

#### 3.1 Definición de que se va a diseñar

En este proyecto vamos a realizar el diseño de apoyos para los salpicaderos, pero no para una única posición en la planta. Todos estos apoyos van a realizarse para posiciones intermedias entre trabajo de máquinas sobre salpicadero, en las cuales los operarios tengan que hacer algún proceso sobre este (clipaje, introducir componentes, soldadura...) Se realizarán tanto para cara vista como para cara no vista, dependiendo esto de la necesidad que se tenga en planta, ya sea por la rotura de alguno de los apoyos antiguos o para la remodelación de algunas de las mesas. Por ejemplo, las que vamos a crear con un eje rotatorio para poder trabajar en la misma mesa con salpicaderos LH o RH dependiendo para qué país sea el pedido. Con esto ahorraremos tiempo en montaje y desmontaje de células que se reducirá a la rotación de una mesa por lo que cuando haya este tipo de cambios, se podrá empezar la producción cuanto antes.

#### 3.2 Restricciones de diseño

Para poder diseñar los apoyos que más tarde colocaremos en las mesas, tenemos varias restricciones que debemos tener en cuenta para el correcto funcionamiento de los soportes que vamos a fabricar.

En primer lugar, como vamos a montar los apoyos impresos sobre unas mesas con railes en forma de T con posiciones definidas, a la hora de diseñar tendremos que crear un plano base, el cual recreará la mesa, y a partir de este, ir colocando los apoyos en las distintas posiciones deseadas (donde la mesa tenga soportes para estos) y a la altura requerida por las torres ubicadas en las distintas posiciones de la mesa.

Hay que tener en cuenta la orientación de la pieza en la mesa de transferencia, sabiendo que el operario coge el salpicadero desde la cara vista y coloca este sobre la mesa. Esto hará que tengamos que rebajar material en ciertas zonas para la correcta colocación de las piezas con la finalidad de que el operario pueda colocarla rápido y fácilmente y no retrase la producción en la línea.

Para el caso de los salpicaderos, la mesa que vamos a utilizar es una mesa rotativa, para poder tener en la misma los apoyos para los salpicaderos con volante en la izquierda y los de volante en derecha. Para cambiar de una a otra, simplemente se sueltan unos seguros y mediante unos rodamientos laterales se rota la mesa con respecto a un eje central.

Como se trabaja con una mesa rotativa, los apoyos van a tener que estar bien fijados a la base, para que no se muevan ni se suelten al rotar la mesa, ni cuando estos estén boca abajo porque se esté fabricando el otro salpicadero en la línea. Por esto los apoyos van a tener que fijarse mediante uniones roscadas a la mesa las cuales están explicadas junto a imágenes en los anexos.

### 3.3 Restricciones mecánicas

Vamos a realizar estos apoyos mediante impresión 3D ya que vamos a tener que realizar piezas en repetidas ocasiones, entonces con el archivo .stl una vez realizado, podemos fabricar una pieza tantas veces como queramos ya que a veces necesitamos varias mesas iguales, o se puede romper una pieza y necesitaríamos otra en el menor tiempo posible para no parar la producción.

Las mesas sobre las que colocaremos estos soportes ya están fabricadas, por lo que necesitaremos tomar esta base como referencia y a partir de aquí realizar los apoyos en sus correspondientes torres. Es un factor muy importante a tener en cuenta ya que si hay alguna equivocación en el diseño de estos apoyos no podremos realizar las operaciones correctamente y habrá que parar la producción lo que supondrá grandes pérdidas.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que nuestros salpicaderos no se pueden mover una vez colocados sobre los apoyos en nuestra mesa. Para ello crearemos una estructura de apoyos que sobre todo se sitúan sobre el perímetro de la pieza para mantener fija a esta. En caso de realizar alguna otra operación (soldadura, troquelado...) habrá que añadir apoyos en distintas zonas que pueden sufrir diferentes esfuerzos al realizar estas operaciones.

En caso de necesitar de una soldadura, debemos tener en cuenta que se va a realizar una soldadura por presión, para esto tenemos que realizar unos apoyos característicos en los puntos a soldar para que esta soldadura se haga correctamente, y habrá que dar unos parámetros determinados antes de imprimir para que no se rompan los apoyos durante la realización de esta soldadura.

Por último, debemos tener en cuenta en qué posiciones se van a realizar los clips, para que cerca de estos haya apoyos y la pieza no se mueva cuando el operario o el robot intenten introducir estos clips. Esta operación puede venir combinada con la de soldadura por lo que habría que planificar todos los posibles apoyos.

## 4. Diseño de los utilajes

### 4.1 Metodología para diseño CAD de apoyos y soportes

Para el diseño de los soportes y apoyos se usa NX 12 que es el programa que usan tanto Algontec como CEFA.

Nx es un programa de software CAD-CAM-CAE que pertenece a Siemens que en este caso usaremos para diseñar con el paquete del CAD.

El trabajo habitual de este programa se basa en crear piezas mediante diferentes operaciones que nos deja el programa, como extruir, cortar, unir... que aparecen en los distintos paneles del navegador del programa. A medida que vamos creando piezas tenemos que crear el ensamblaje entre todas nuestras piezas, el cual nos aparecerá en el navegador de ensamblajes.

#### 4.1.1 Apoyos y soportes para conductos de aire

Para la realización de estos apoyos, partimos únicamente de la pieza en CAD que vamos a producir (la cual es enviada por el comprador que nos indica como quiere cada una de sus piezas). Partiendo de esto, en primer lugar, tenemos que ver dónde vamos a montar las espumas para realizar apoyos en estas y así no se muevan las piezas en la fase de montado de las espumas por parte del operario. También tenemos que ver dónde colocar las torres que controlen los troqueles que se realizan en las distintas máquinas.

Para la realización de las bases de apoyo, una vez realizadas las torres, crearemos la base con el tamaño especificado para colocarlo en planta. En esta base tendremos que hacer los huecos para poder colocar los apoyos en su posición y unirlo a la base en el post-procesado (en caso de imprimirla todo a la vez, si se rompiera alguna parte del soporte habría que volver a imprimir todo, lo que supondría muchas horas de impresión y mucho material utilizado). En este paso es muy importante tener en cuenta el tamaño de la base y el tamaño de superficie de impresión en nuestra impresora, ya que habría que dividir la placa en diversas partes y unirlas en el post-procesado para poder imprimirla en nuestra impresora.

Para estos soportes hay 3 tipos de piezas:

- Torres de apoyo para colocación de espumas.
- Torres para control de troqueles.
- Bases.

Dependiendo de la pieza a producir puede cambiar la geometría de estas, pero básicamente solo están estos tres tipos. Voy a explicar paso a paso la realización de estos y en el ANEXO aparecerán todas las piezas que forman el soporte por separado y el ensamblaje final.

- En primer lugar, el fabricante envía la pieza que quiere que realicemos en formato CAD.

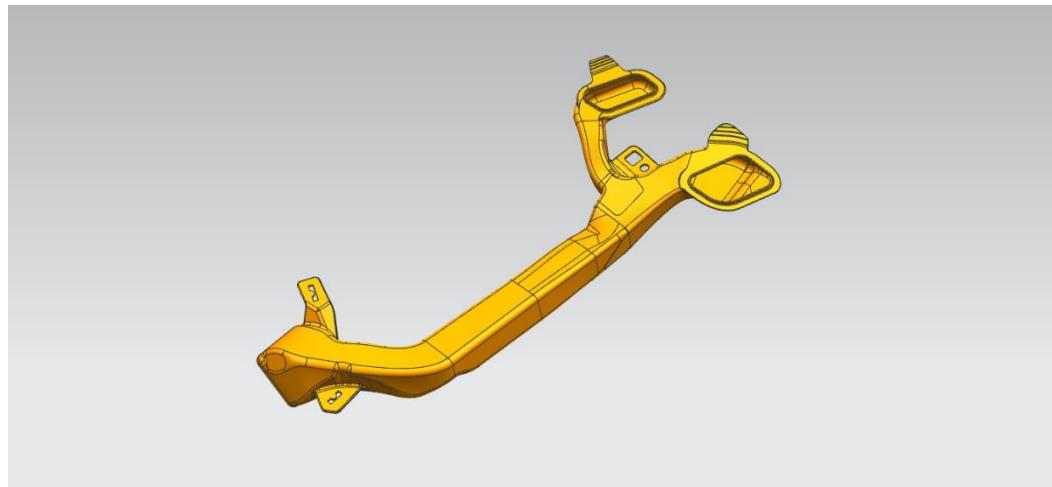


Figura 4.1 Pieza para realizar los apoyos.

- En segundo lugar, vemos donde tenemos que colocar las espumas y donde tenemos que colocar troqueles. Así sabremos cuantas torres vamos a necesitar.
- Voy a explicar la realización de la base, de una torre para espumas y otra para troqueles (los procedimientos del resto son similares).
- Para la base, realizamos un plano con la orientación XY que contenga al punto más bajo de nuestra pieza (así, las torres serán las más bajas posibles por lo que gastaremos menos material). Una vez hecho esto, sobre ese plano realizamos un croquis rectangular que sea algo más grande que la pieza.

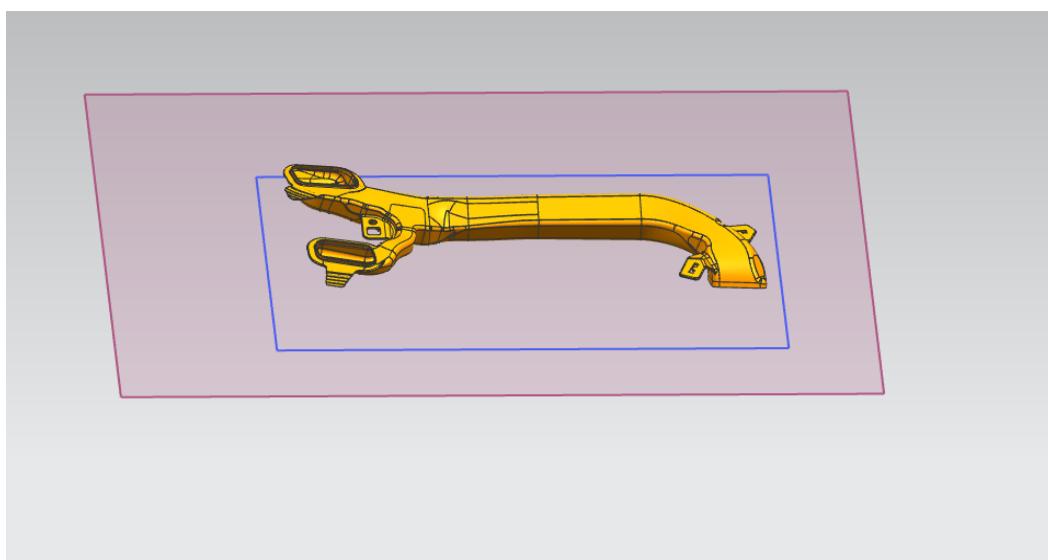


Figura 4.2 Plano base

- Después de esto, extruiremos el croquis para tener la forma inicial de nuestra base. En nuestro caso extruimos 20 mm en sentido contrario a la pieza.

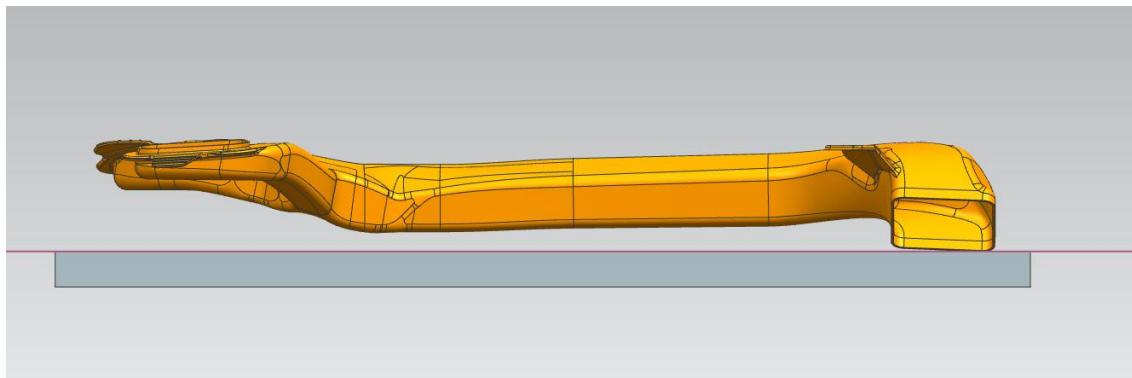


Figura 4.3 Extrusión de la base

- Con la base ya creada vamos a empezar con la creación de las torres. En primer lugar, una de las torres para colocación de espumas. Para esto, necesitaremos copiar la superficie (con la herramienta geometría de enlaces WAVE) y agrandarla para que al posicionarla haya algo de holgura.

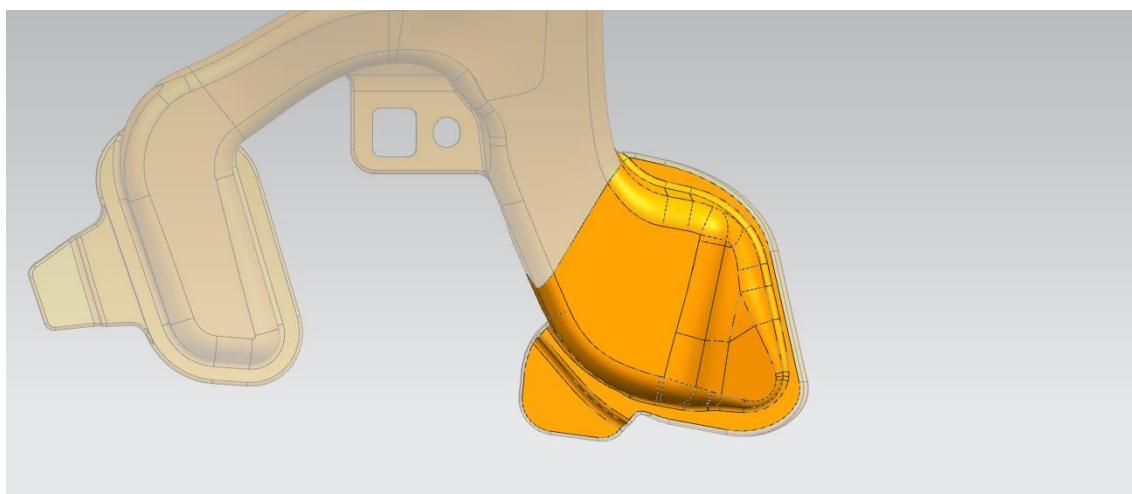


Figura 4.4 Copia de la estructura

- Ahora haremos una superficie desplazada de esta indicando 2 mm. Esto es lo que nos dará la holgura necesaria.

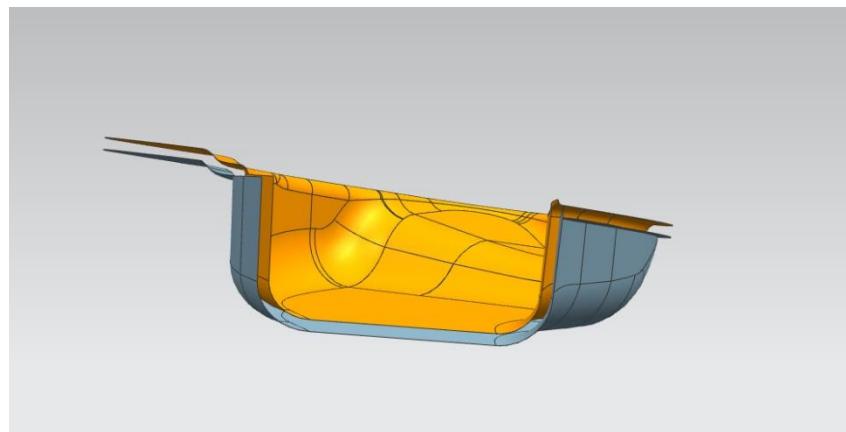


Figura 4.5 Superficie desplazada

- Después realizaremos un plano paralelo al inicial en la base pero 10 mm en sentido opuesto a la pieza. En ese plano será donde terminen todas las torres que vamos a realizar y donde se unirán a la base mediante tornillería. Como queremos hacer esto con la base, proyectaremos la superficie desplazada sobre ese plano y uniremos esta proyección mediante líneas perpendiculares al plano con la superficie desplazada.

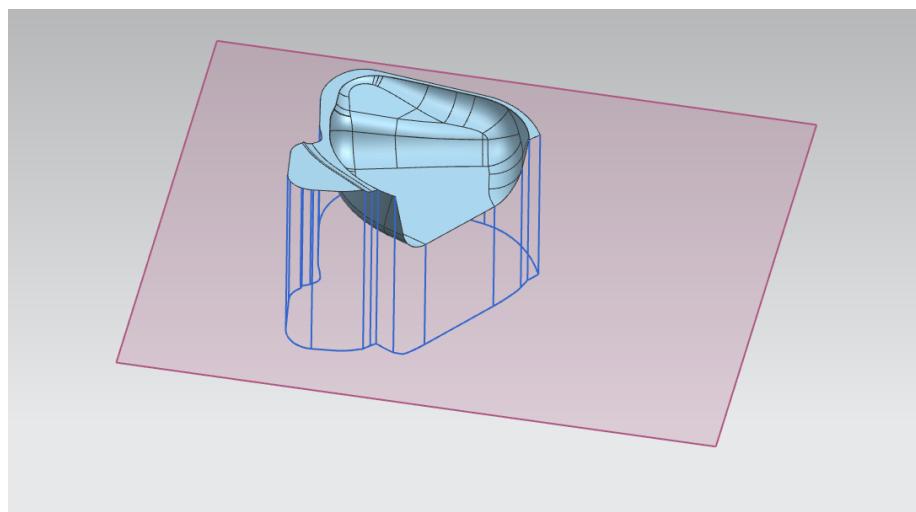


Figura 4.6 Curva y líneas proyectadas.

- Ahora vamos a unir estas líneas y crearemos superficies en sus distintas caras para pasar de una superficie a poder crear un sólido.

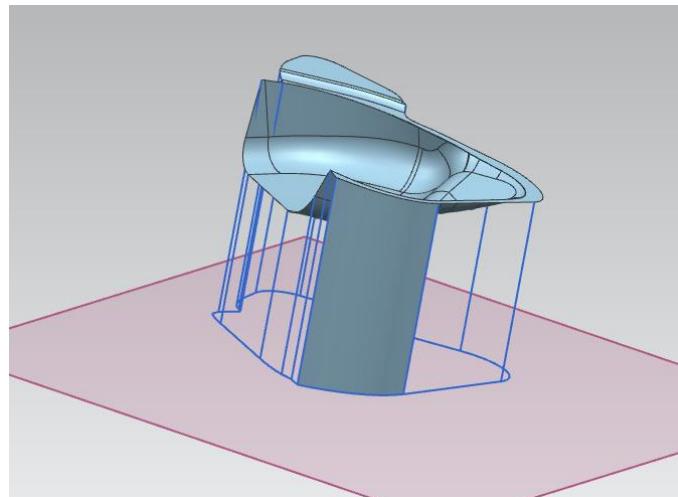


Figura 4.7 Superficie de relleno

- Realizamos el mismo paso en todas las caras y en la base hasta obtener el siguiente resultado. Después de esto con la herramienta coser seleccionamos todas las caras y nos creará el cuerpo sólido.

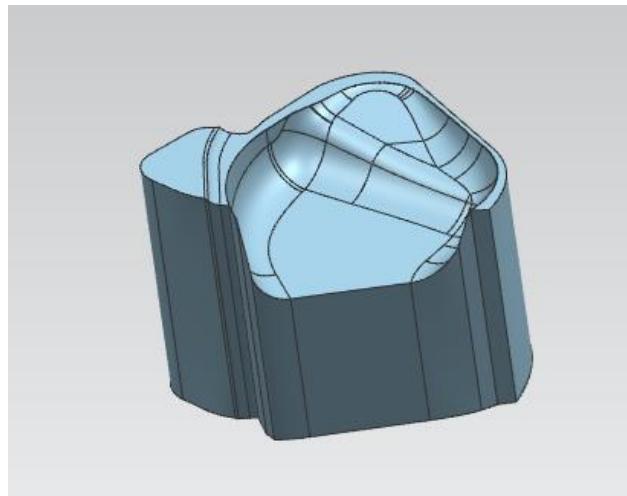


Figura 4.8 Cuerpo sólido.

- Ahora lo único que nos queda son los acabados, tanto el redondeo de aristas como dos agujeros roscados para la unión con la base. En nuestro caso uno de métrica 6 y otro de métrica 8.

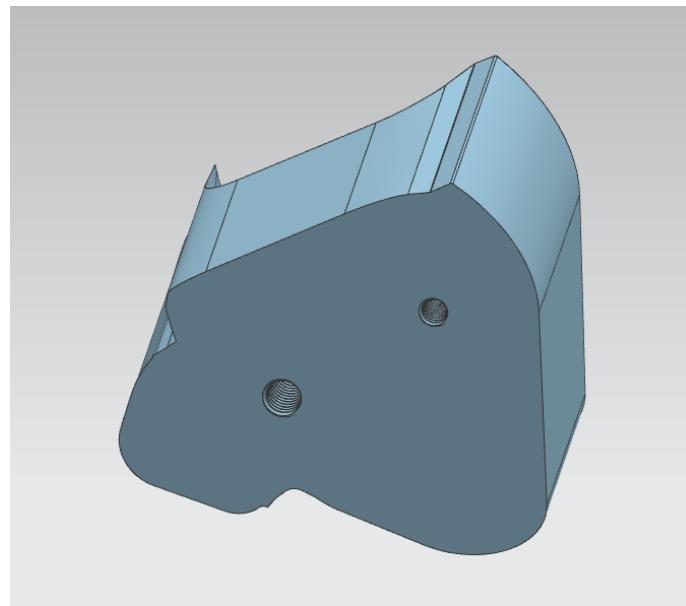


Figura 4.9 Torre final

- El siguiente paso, será crear el alojamiento en la base para esta pieza. Para esto proyectaremos la geometría de la torre en el plano base y haremos una curva desplazada 0.5 mm de la proyectada para poder introducir bien la pieza una vez la vayamos a montar.

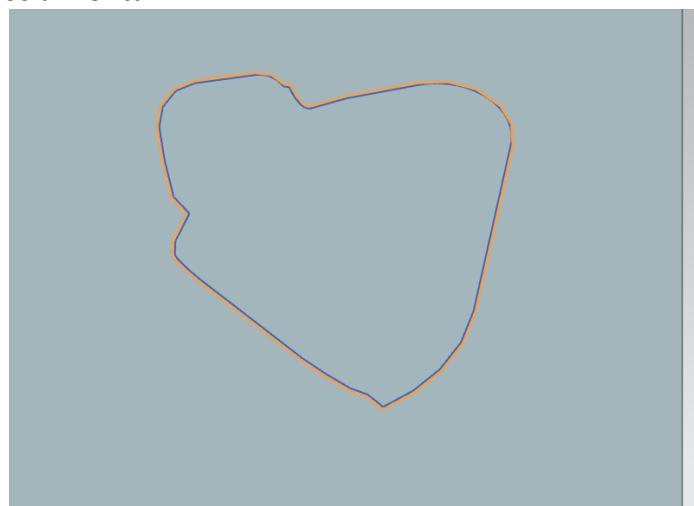


Figura 4.10 Curva proyectada (azul) y curva desfasada (naranja) sobre plano base

- Para terminar, extruimos la curva desfasada 10 milímetros en dirección de la base, sustrayendo material de esta para que pueda introducirse nuestra torre.

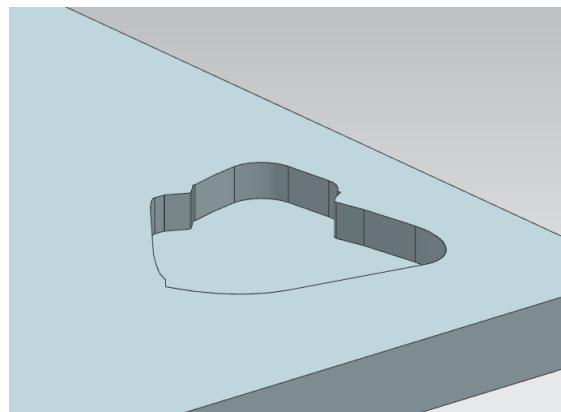
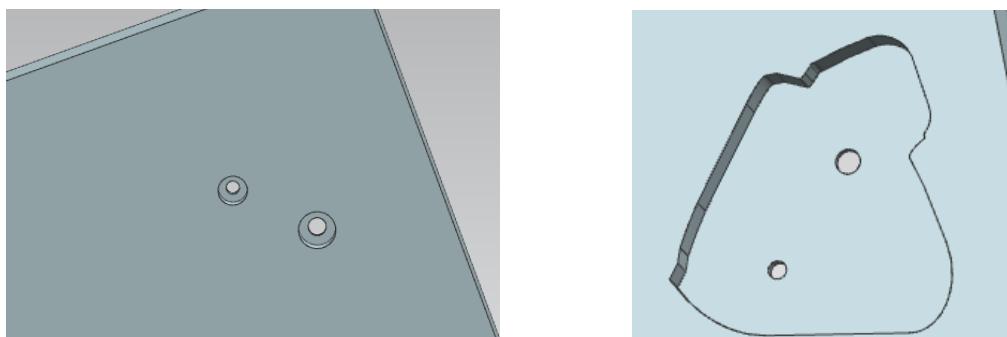


Figura 4.11 Extrusión en la base

- Por último proyectaremos los centros de los agujeros roscados en la base y realizaremos agujeros abocardados en esta para su unión en el post-procesado.



Figuras 4.12 y 4.13 Agujeros abocardados para unión atornillada.

- Este proceso se realizará con todas y cada una de las torres para realizar así sus huecos en la base. Finalmente se realizan chaflanes en las esquinas, y vaciados en las partes que no necesitamos material para ahorrar. En caso de que la base sea de un tamaño mayor que la placa de impresión habrá que dividirla en varias partes. Al final la base queda así:

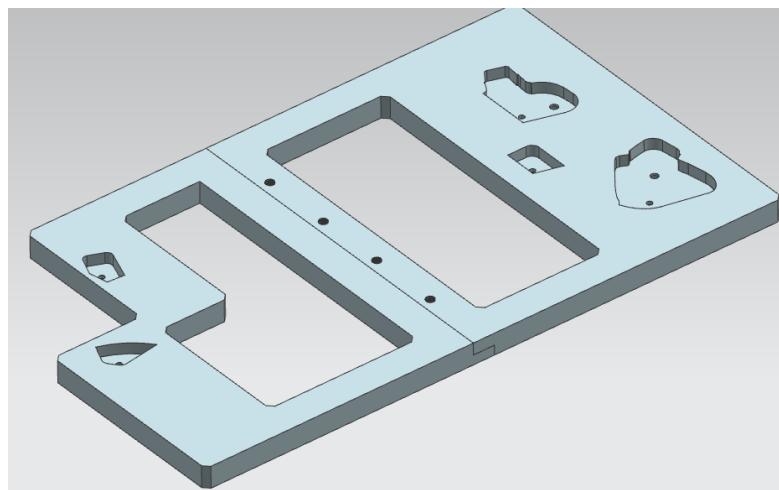


Figura 4.14 Base final.

- Ahora vamos a ver como se realiza el proceso de una de las torres con controlador de troquel. En primer lugar, comenzamos con la torre anteriormente explicada. Con la función WAVE copiamos la geometría de la zona donde vamos a posicionar la torre para controlar el troquel.

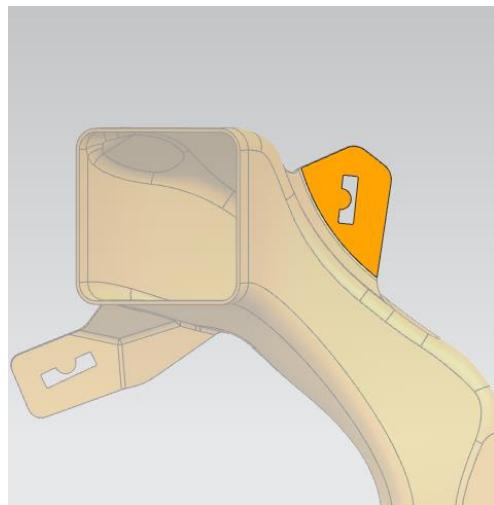


Figura 4.15 Superficie copiada.

- Después de esto, creamos un plano a 1 mm de la cara que hemos creado, y sobre este proyectamos la cara copiada.

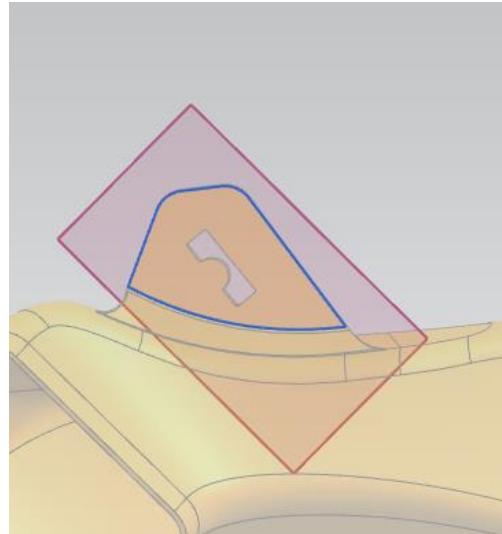


Figura 4.16 Curva proyectada.

- Ahora extruimos esta curva hasta 10 mm por debajo del plano base (donde terminara la cavidad en la base para nuestra torre)

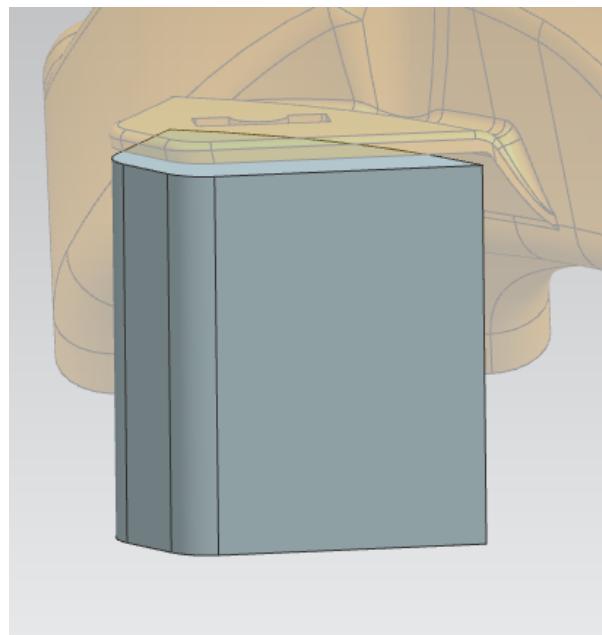


Figura 4.17 Extrusión del perfil.

- Ahora tendremos que hacer en la parte superior el controlador del troquel. Para esto proyectamos la zona que tiene que estar troquelada y marcamos un punto como centro para el controlador que vamos a hacer.

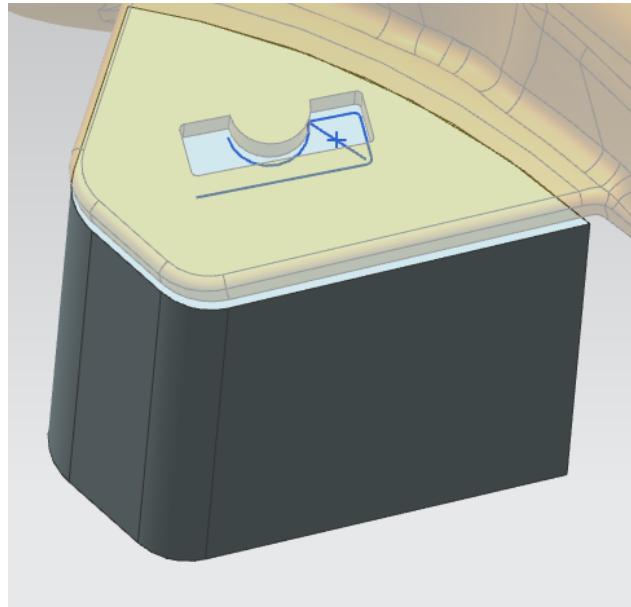


Figura 4.18 Curva proyectada sobre superficie de torre.

- En este punto crearemos un plano perpendicular a la cara superior que pase por el punto que hemos creado en el paso anterior. En este plano crearemos un croquis con forma de tronco de cono para su posterior revolución.

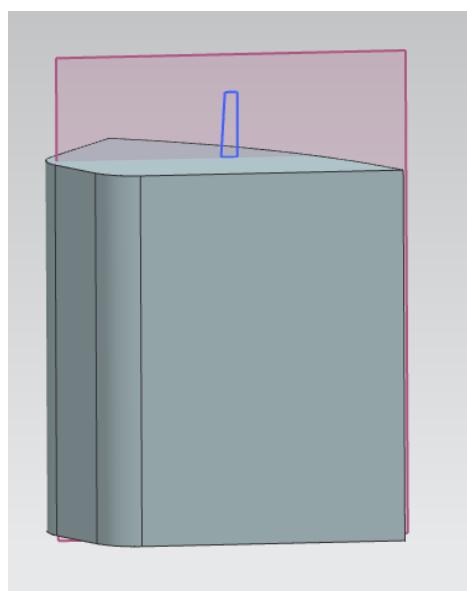
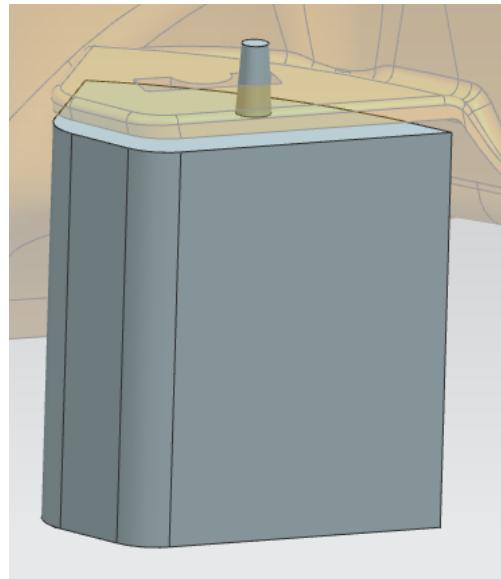


Figura 4.19 Croquis del tronco de cono

- Ahora haremos una revolución del tronco de cono usando como eje la línea vertical del propio tronco. Con esto ya tendremos el controlador del troquel.



4.20 Controlador de troquel.

- Por último, solo queda redondear las aristas y realizar un agujero roscado en su base de métrica 6 con una profundidad de 20 mm para su posterior unión con la base en el post-procesado.

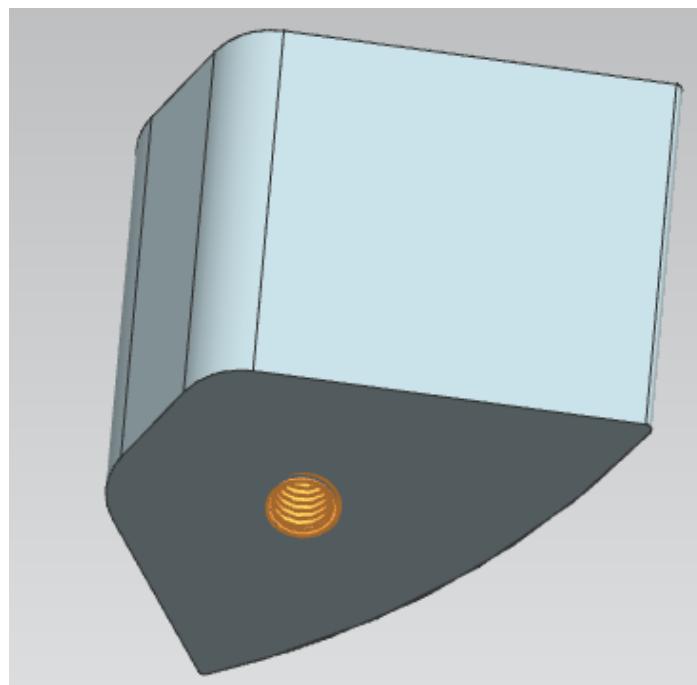


Figura 4.21 Aristas redondeadas y agujero roscado.

#### 4.1.2 Apoyos y soportes para salpicaderos

Para la realización de estos apoyos, partimos únicamente de la pieza en CAD que vamos a producir (la cual es enviada por el comprador que nos indica como quiere cada una de sus piezas). Partiendo de esto, en primer lugar, tenemos que ver dónde vamos a necesitar los apoyos dependiendo de las tareas que vayan a realizar los operarios sobre la pieza.

En este caso no tenemos que fabricar las bases ya que las mesas de trabajo tienen guías metálicas con anclajes los cuales moveremos a diferentes posiciones dependiendo de las dimensiones de los salpicaderos. En estos anclajes será donde colocaremos posteriormente los apoyos fabricados con la impresora mediante uniones roscadas.

Para ver fotos tanto de los anclajes como de todo el soporte ya montado, ver el anexo.

- En primer lugar, partimos del salpicadero en formato .stp y lo importamos al programa NX donde vamos a realizar los apoyos para este.

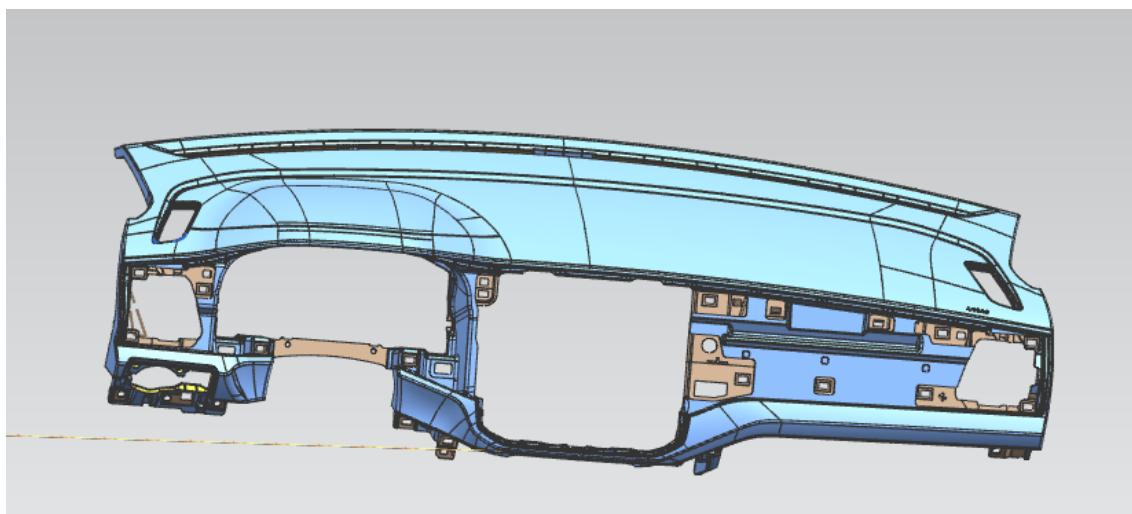


Figura 4.22 Salpicadero

- A partir de aquí necesitamos saber que operaciones va a realizar el operario en el puesto de trabajo para saber dónde tenemos que colocar apoyos para que resistan las distintas fuerzas que sobre este se van a hacer y no dañemos así el salpicadero en estos procesos.
- En este caso sabemos que vamos a hacer los apoyos para la cara no vista (por lo que el material a utilizar puede ser el PLA) y que en esta se va a realizar una presión en la parte superior para colocar la rejilla de ventilación, y se van a realizar distintos clips por toda la superficie. Por esto tendremos que realizar varios apoyos en la parte de la rejilla de ventilación para que no flecte nuestra pieza en esa parte y se pueda producir alguna deformación que haga que la pieza

no sea válida. Al igual, habrá que realizar apoyos de sujeción de la pieza, y si es necesario cerca de algún clip para que no se deformen estas zonas.

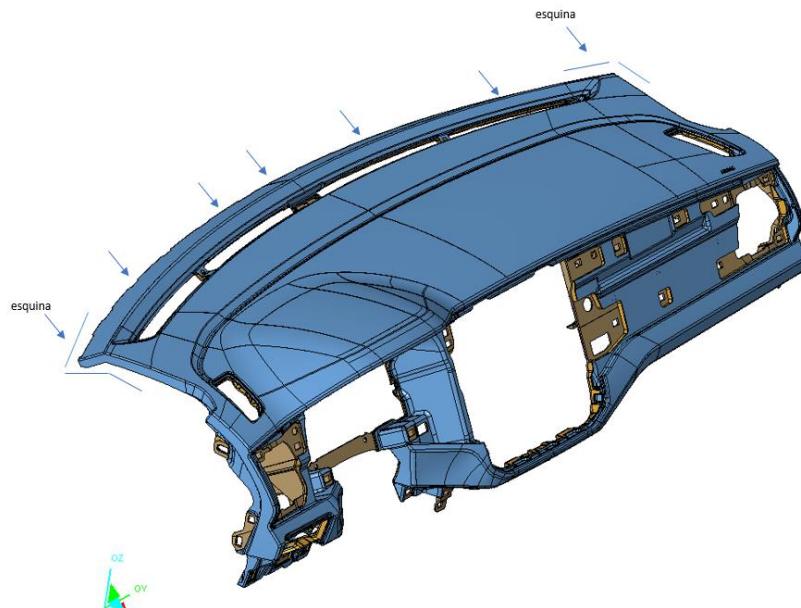


Figura 4.23 Salpicadero con zonas donde colocar apoyos

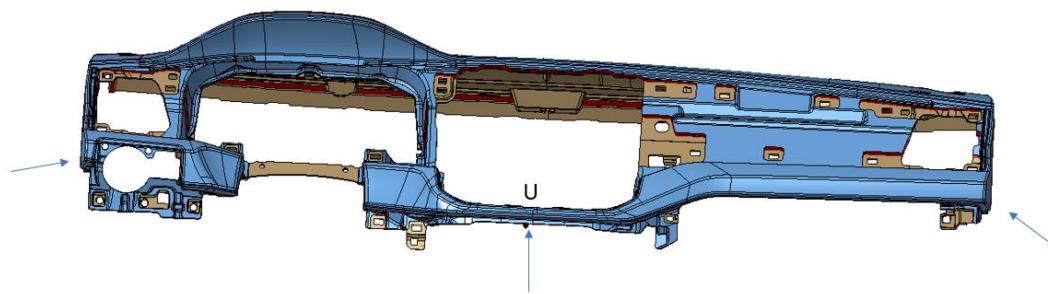


Figura 4.24 Salpicadero con zonas donde colocar apoyos.

- A partir de aquí voy a explicar paso a paso como se realizan estos apoyos. Para comenzar, explicaré el de la parte superior, necesario tanto para posicionamiento como para resistir los esfuerzos de la colocación de la rejilla.

- En primer lugar, al igual que hacíamos en la parte de los apoyos para conductos de ventilación, seleccionamos con la herramienta “Geometría de enlaces Wave” la parte del salpicadero que queremos copiar para realizar ahí su apoyo.

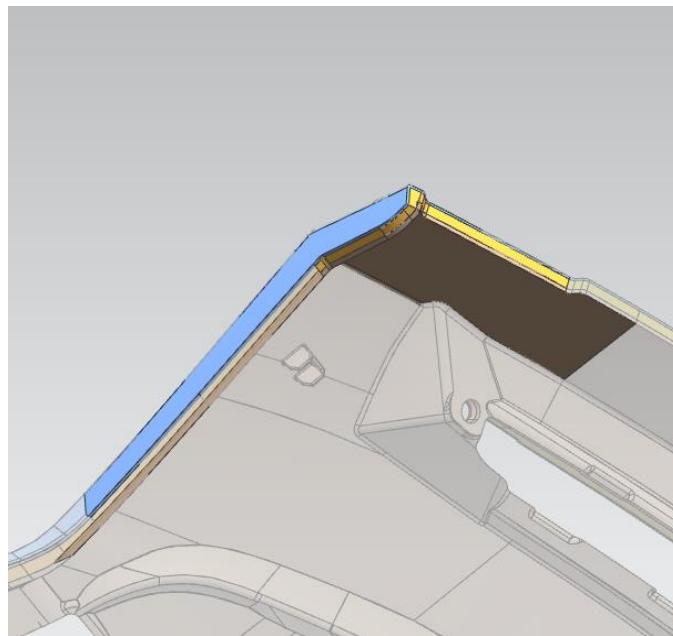


Figura 4.25 Caras del salpicadero copiada.

- Después cosemos todas estas caras para poder trabajar con ella como una geometría única. Con esto, nos saldría una pieza muy grande, por lo que creamos unos planos con los que vamos a recortar la pieza para a partir de ahí crear nuestro sólido.

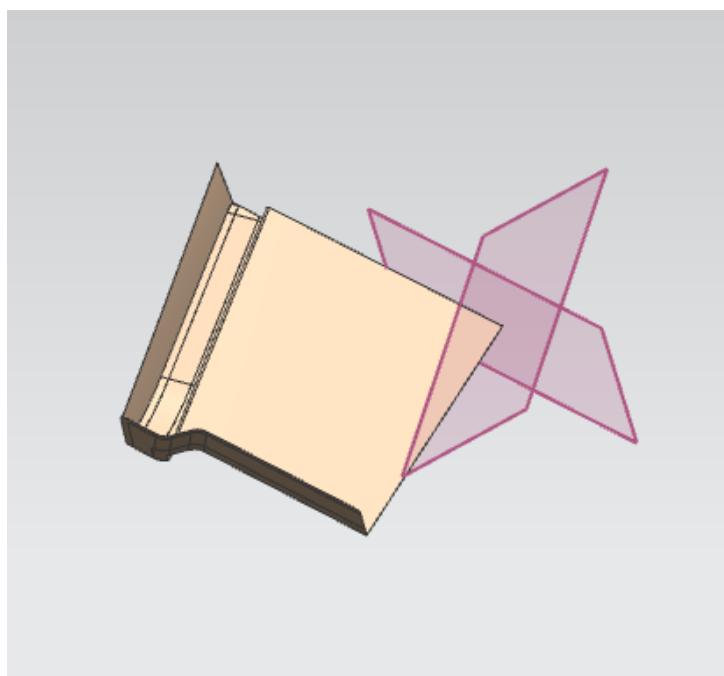


Figura 4.26. Cara cosida y recortada.

- Ahora, tomando un plano base de referencia para todas las piezas a realizar, proyectamos el contorno de nuestra pieza donde luego uniremos mediante líneas verticales los puntos de la pieza con los de la curva proyectada para poder crear caras y obtener un objeto sólido.

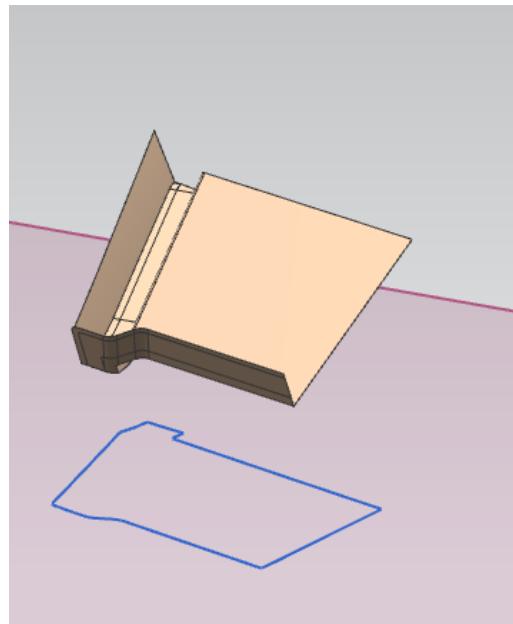


Figura 4.27 Curva proyectada sobre plano base

- Como queremos crear paredes gruesas y con mayor altura que el salpicadero para que apoyen bien en esta y no rompan la pieza pronto, proyectaremos la curva también sobre un plano superior (para hacer paredes altas) y sobre uno a unos 10mm de la arista lateral (para paredes gruesas)

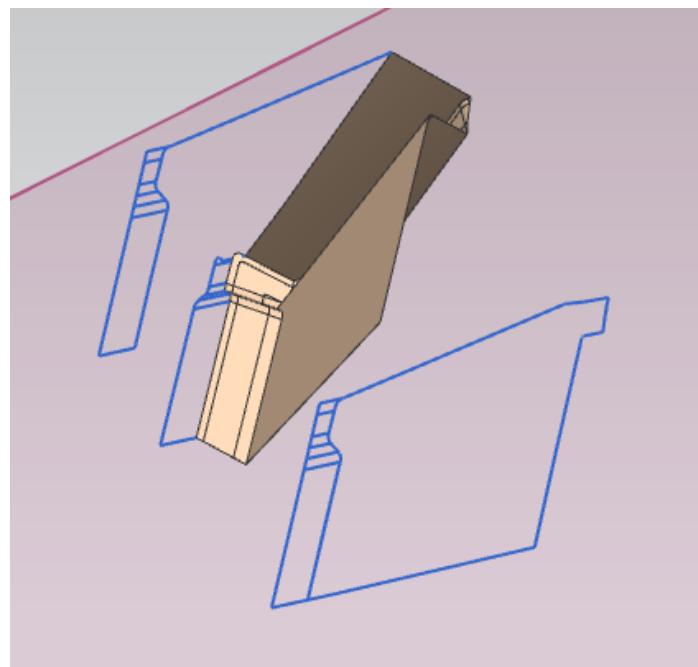


Figura 4.28. Curvas proyectadas sobre distintos planos

- Uniremos mediante líneas verticales los mismos puntos proyectados en distintos planos para realizar así las paredes de nuestro sólido

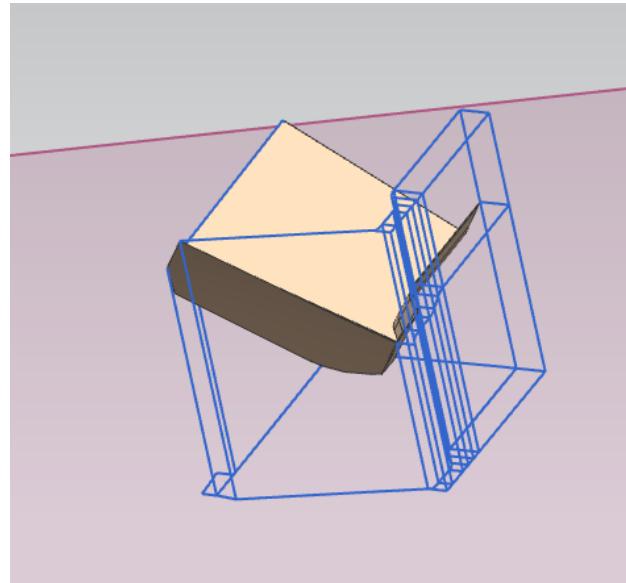


Figura 4.29 Uniones para realizar caras de sólido.

- Empezaremos a crear las distintas caras de nuestro sólido hasta tenerlo por completo cerrado. Después de esto coseremos las caras y si no tenemos ningún error habremos conseguido un objeto sólido. (Al final tuve que hacer más gruesas las paredes para darle mayor resistencia a la pieza. Esto lo hice proyectando al igual que en el paso anterior, pero poniendo los planos sobre los que proyectaría, unos milímetros más lejos de la arista proyectada)

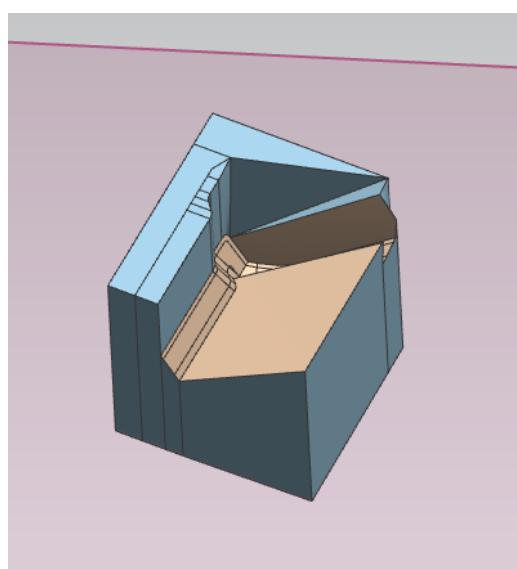


Figura 4.30 Soporte completamente sólido

- Ahora solo nos quedan un par de pasos, en primer lugar, redondear las aristas (con un radio de 1 mm por lo general excepto alguna zona en la que no se pueda utilizar un radio tan grande donde lo reduciremos) para que no queden aristas vivas que puedan rallar nuestra pieza y realizar los agujeros para las uniones roscadas.

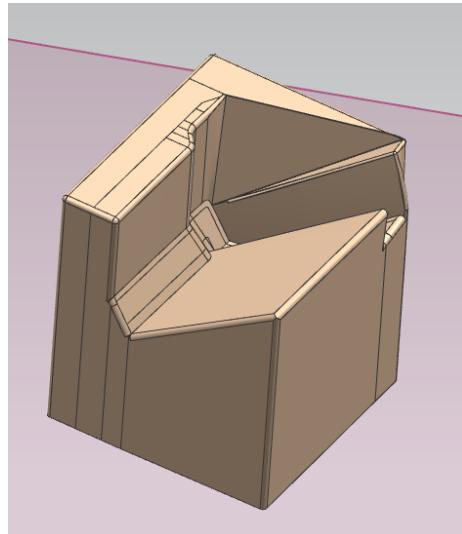


Figura 4.31. Sólido con arista redondeadas.

- Finalmente, los agujeros abocardados para la unión con las ranuras los cuales tienen diámetro de abocardado 11mm y de agujero 5mm.

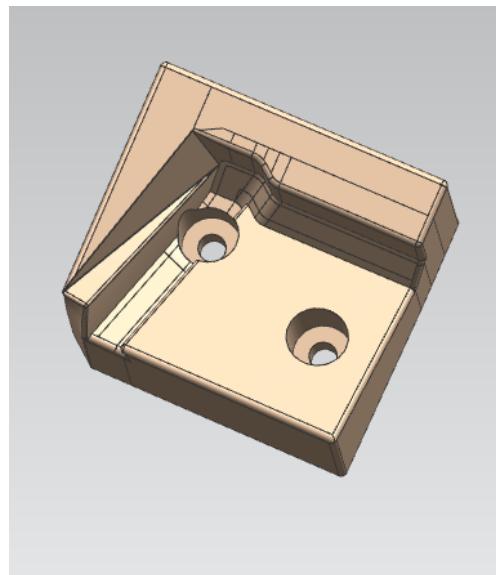


Figura 4.32 Sólido con agujero abocardado.

- Este es el CAD de la mesa, en esta como podemos observar hay distintas torres sobre los raíles. Algunas piezas irán directamente sobre los raíles y otras irán sobre las torres. Para el caso de la pieza que estamos realizando, al ser una de las laterales irá sobre torre.
- Esta mesa se realiza en función del diseño de los apoyos. Este simplemente es un ejemplo de una mesa ya diseñada.

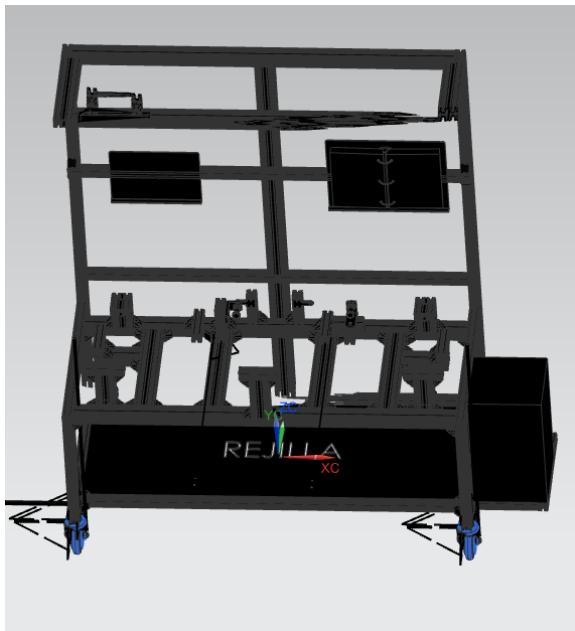


Figura 4.33 mesa de trabajo.

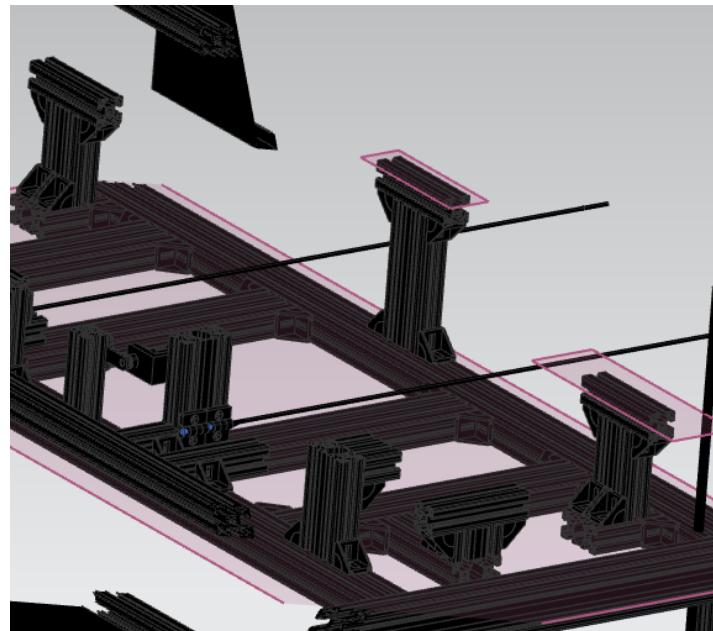


Figura 4.34 Zoom mesa con distintos planos.

## 4.2 Metodología para impresión 3D

Una vez tenemos realizado nuestro apoyo en Nx como archivo .prt tenemos que exportarlo para convertirlo en archivo .stl. Estos archivos son de tipo CAD y se encargan de realizar una malla cerrada (con la geometría deseada que indicaremos en el programa) con la finalidad de definir la geometría del objeto en 3D y así lo pueda leer el programa de la impresora y pueda crear las capas necesarias para imprimir el objeto.

### 4.2.1 Apoyos y soportes para conductos de aire

Para imprimir los apoyos de estos conductos (realizado en la empresa Algontec) disponemos de la impresora BCN3D Epsilon W50 que utiliza el programa Ultimaker Cura para convertir el archivo de .stl a .gcode que es el archivo que puede leer la impresora (este archivo una vez creado no se puede modificar). Las características técnicas de esta impresora están indicadas en el ANEXO.

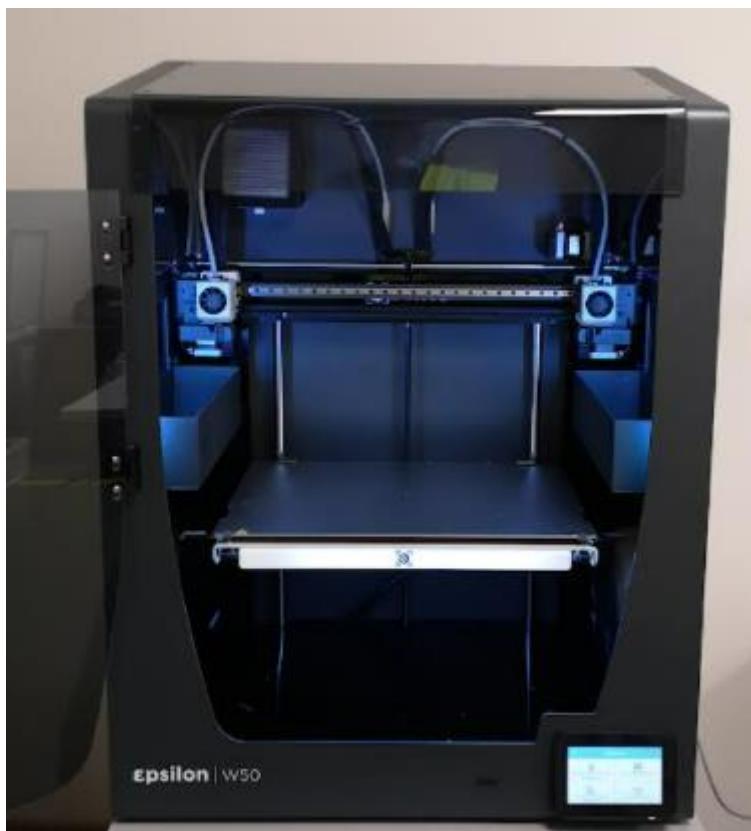


Figura 4.35 Impresora BCN3D Epsilon W50

Las partes más importantes de esta impresora son:

- Panel de control: Desde este se controlan todas las operaciones de nuestra impresora, iniciar impresiones, calibrar la impresora, cambios de filamentos...



Figura 4.36 Panel de control de la impresora

- Bandeja de impresión: Hace de base para realizar las impresiones, sobre esta se coloca un cristal en el cual se imprime y se extrae cuando la impresión ha terminado para extraer la pieza.
- Cabezales: Estos se encargan de extruir el material y depositarlo en la bandeja de impresión, en este caso nuestra impresora cuenta con dos cabezales, uno de ellos extruye el material base y otro el material de soporte, aunque también se podría utilizar el material base como material de soporte y utilizar así solo un cabezal.
- Bobinas de material: En estas está enrollado el filamento que utilizamos para imprimir. En este caso en el exterior tenemos el PLA y en el interior de la impresora el material de soporte (BVOH)



Figura 4.37 Bobina de material.

#### 4.2.2 Apoyos y soportes para salpicaderos

Para imprimir los apoyos de estos salpicaderos (realizado en la empresa CEFA) disponemos de la impresora Sindoh 3DWOX 2X que utiliza el programa Ultimaker Cura para convertir el archivo de .stl a .gcode que es el archivo que puede leer la impresora

Las características técnicas de esta impresora están indicadas en el **ANEXO**.



Figura 4.38 Impresora Sindoh 2X

Las partes más importantes de esta impresora son las mismas que la del apartado anterior y al igual que la impresora BCN3D, esta tiene también dos cabezales.

Panel de control:



Figura 4.39 Panel de control

Bobina de material:

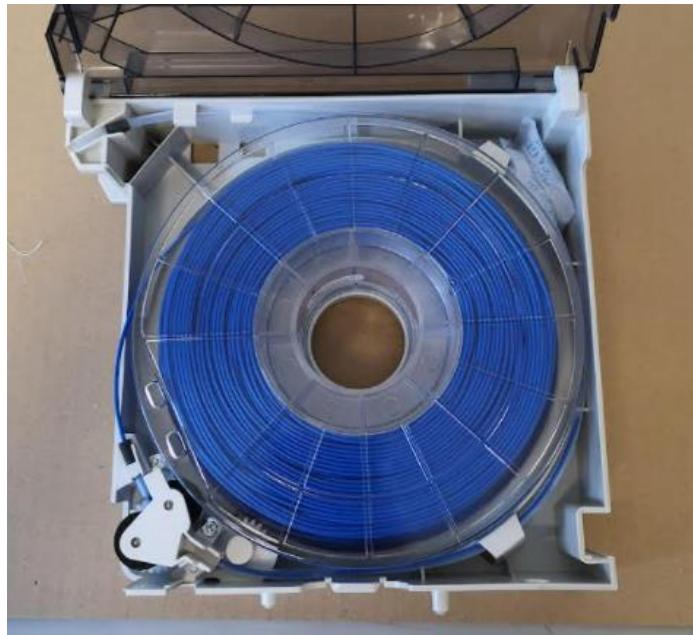


Fig. 4.40 Bobina de material en su cartucho.

Bandeja de impresión:



Fig. 4.41 Bandeja de impresión.

En este caso es metálica y tiene una pegatina adherente en su superficie. Esto ayuda a la adherencia a la hora de la impresión, y para la extracción al ser metálica y poder flectar, conseguimos una extracción limpia y rápida. No es necesaria la limpieza posterior de la superficie lo que hace que esta pegatina sea muy útil.

#### 4.2.3 Explicación de la utilización del programa Ultimaker Cura.

Ahora vamos a explicar las partes y parámetros más importantes del programa Ultimaker Cura (utilizado en ambos procesos) y los pasos que tendremos que realizar para crear el archivo .gcode y poder enviarlo a la impresora.

En primer lugar abrimos el programa y cargamos un archivo con extensión .stl

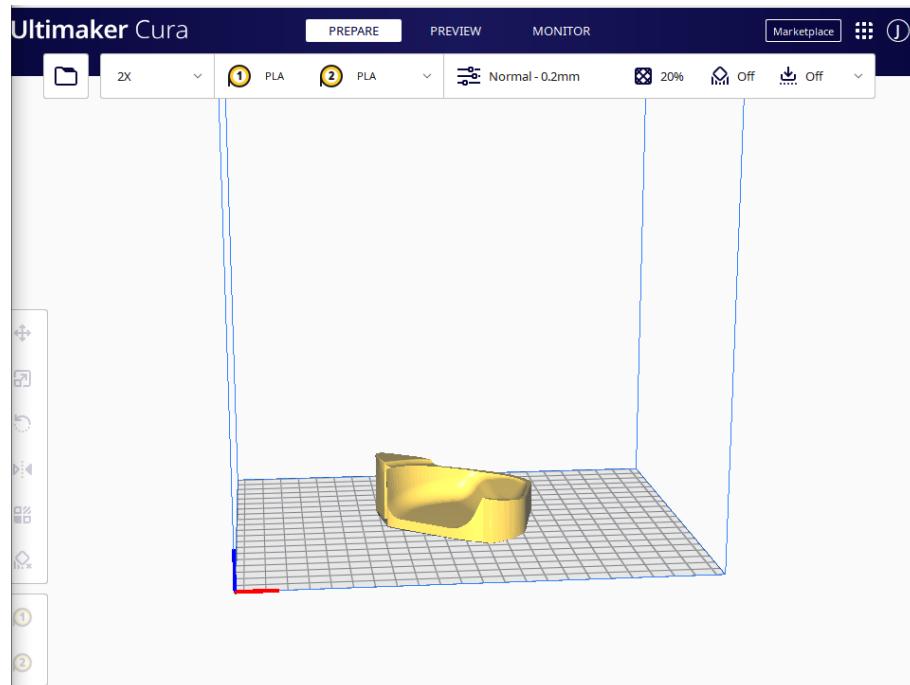


Fig. 4.42 Primer paso Cura

Después de esto, tenemos varias barras de tareas donde podemos indicar distintos datos para nuestra impresión:



En primer lugar, el primer botón se utiliza para mover la pieza en los ejes x y z. Con esto se coloca la pieza en la posición deseada sobre la cama de impresión.

Con este botón, podemos reescalar la pieza, introduciendo el % deseado en función del tamaño inicial de la pieza.

Con esta función nos permite rotar la pieza con respecto a los 3 ejes principales.

Esta función se utiliza para imprimir en espejo (dos piezas a la vez, una con cada extrusor).

Y por último las dos últimas que son distintas opciones de soporte.

Fig. 4.43 Opciones de edición Cura



Fig. 4.44 Menú material Cura

En este menú, podemos seleccionar el material que hemos cargado en los distintos extrusores. Al elegir el material, muchas de las opciones de impresión son añadidas por defecto por el programa ya que conoce las características de cada material.

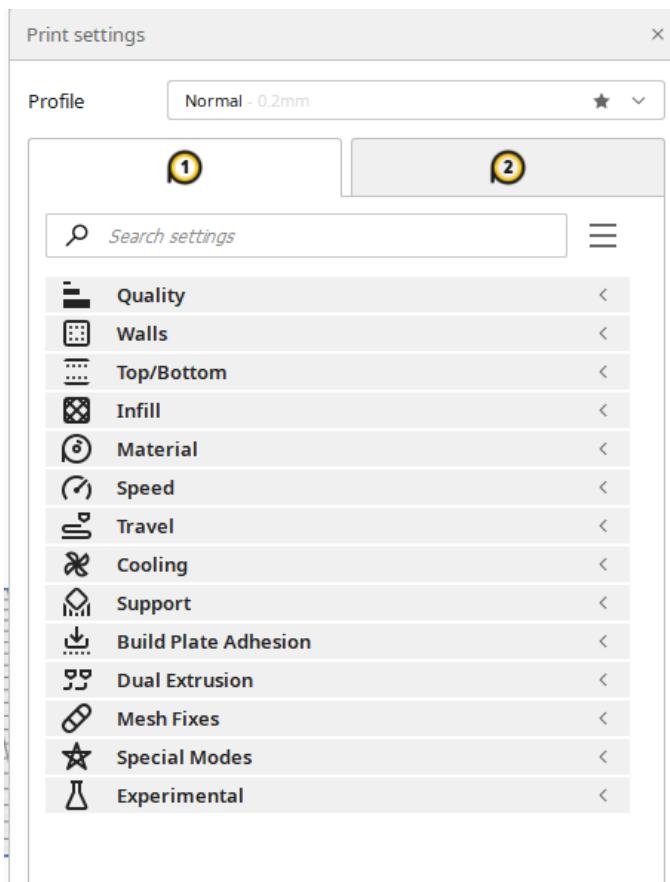


Figura 4.45 Características de la pieza a imprimir

En esta tabla podemos observar las principales características de impresión para la pieza.

- En el menú profile seleccionamos cuanta distancia sube el extrusor en cada capa (cuanto menor sea, mejor acabado tendrá la pieza)

También podemos encontrar distintas carpetas donde hay muchísimas características distintas para nuestra pieza.

- Por ejemplo, en walls podemos indicar el número de capas de paredes exteriores, el grosor de estos... Al igual que pasa en top/bottom con las capas superiores e inferiores de la pieza.

- En infill podemos encontrar características del relleno, como su porcentaje, su forma...
- En material especificamos la temperatura de impresión de cada uno de los extrusores, la temperatura de la cama caliente...
- En speed la velocidad de impresión para la pieza, pudiendo variar esta para las primeras capas, para el soporte....
- En travel se trata principalmente el tema de la retracción indicando valores para esta para distintos momentos de impresión.
- En cooling seleccionamos los parámetros de los ventiladores.
- Si necesitamos hacer un soporte para nuestra pieza, seleccionaríamos la opción support. Dentro de esta seleccionamos características como el patrón de soporte, el porcentaje de relleno del soporte, la distancia entre soporte y pieza...
- Por último, Build Plate adhesión se utiliza para generar un apoyo para nuestra pieza, sobre todo se utiliza para purgar algo de material antes de imprimir (función skirt) y para piezas con geometrías complicadas en la base. En este caso de utiliza la función Brim o Raft que generan una base y a partir de ahí comienzan la construcción de la pieza.

El resto de las opciones no se van a tocar para estas piezas y se dejarán los datos que aparecen por defecto.

Se han realizado diferentes pruebas de impresión para seleccionar estos parámetros.

Lo primero que se ha estudiado es la altura de capa, en este caso la altura de la primera capa se realiza a 0.3mm (para favorecer la adhesión de esta con la base, ya que la primera capa es siempre la más importante) y a partir de ahí se cambia la altura de capa a 0.2 mm la cual da un muy buen resultado y ahorra mucho tiempo respecto a las realizadas con una altura de 0.1 mm.

En cuanto a las paredes y capas inferior y superior, se quiere que sean rígidas ya que van a tener que soportar esfuerzos en los distintos procesos a realizar. Aquí se ha elegido un grosor de pared de 1.6 mm lo que equivale a cuatro paredes con un relleno del 100%. Para las capas superior e inferior se seleccionó una altura de 1.2 mm evitando así el warping que se observaba al realizarlas con 1.6 mm.

La temperatura suele estar marcada por el fabricante dependiendo el material que se está utilizando, para el caso del PLA ronda los 200º y la temperatura de la cama entre 60º y 70º.

Se hicieron pruebas con varios rellenos, la resistencia variaba dependiendo de estos y el tiempo de impresión no crecía mucho por un incremento del 5% por lo que se optó por un porcentaje de relleno de un 25%.

La velocidad es un parámetro muy importante, sobre todo la de la primera capa la cual es la más complicada. Para esta primera capa se trabaja con una velocidad de impresión de 20 mm/s y a partir de aquí la velocidad de impresión y de relleno es de 35 mm/s. Para los momentos en los que no está imprimiendo y solo se desplaza, se selecciona una velocidad de 120 mm/s.

La retracción es importante para el acabado final porque muchas veces pueden quedar pequeños hilos de material en lugares que no deberían. Para esto se selecciona una velocidad de retracción de 30mm/s y una longitud de retracción de 10mm.

Otro parámetro muy importante es el tiempo mínimo por capa, este es útil para zonas en las que cada capa tiene muy poco material. Para esto se selecciona un tiempo mínimo por capa de siete segundos para conseguir así que el material de la última capa haya enfriado antes de colocar la siguiente y poder tener el acabado deseado.

En caso de necesitar la utilización de soportes, hay opción de colocarlo solo donde se toca la cama o en todas partes. Dependiendo de la pieza se elegirá uno u otro. Para este soporte también se elige la densidad de relleno el cual suele ser de 20%, el ángulo a partir del cual se realiza soporte que se selecciona de 60º, la distancia X/Y a la pieza original (unos 0.8 mm) y la distancia en Z (unos 0.2 mm).

Para el caso de los ventiladores se les hace trabajar al 100% de su capacidad para así enfriar la última capa cuanto antes y que no aparezca warping o cracking.

Finalmente, la adhesión a la cama; después de muchas pruebas, se ha observado que el resultado con un brim o raft es muy parecido al que se obtiene sin ellos por lo tanto no merece la pena gastar tiempo y material que luego se va a desechar para obtener prácticamente lo mismo y se suele trabajar con un skirt con una cantidad de líneas igual a 3 con la única finalidad de que purgue material antes de empezar a imprimir la pieza.

## 5. Estudio de viabilidad

### 5.1 Técnico

#### 5.1.1 Alternativas de diseño

En este apartado vamos a hablar sobre las distintas alternativas de diseño que se han valorado.

En primer lugar, para el caso de las mesas para los salpicaderos, hemos tenido principalmente en cuenta el material a utilizar, ya que este es muy importante porque al trabajar con caras vistas no se puede rallar el material y hay que hacer distintas pruebas para ver cuál es el más adecuado.

También hay que tener en cuenta que en algunos de estos soportes vamos a realizar soldaduras entre piezas, por lo que aparte de no rallar el material, van a necesitar ciertas características de resistencia.

El proveedor principal de materiales es LEON3D y este tiene gran variedad de materiales flexibles (Flexiprint, semiflex, y semiflex-hard) y Ultra TPU los cuales tienen características distintas y necesitaremos probar cómo se comportan tanto a la hora de ser impresos, como a la hora de soportar los esfuerzos.

Para la primera mesa de apoyos, al ser de cara no vista, vamos a realizar los apoyos en PLA. En este caso solo se necesitarán estos apoyos como resistencia para clipaje y para colocación de la rejilla de ventilación por lo tanto tiene que ser resistente. Para ello al realizar el diseño he aplicado un grosor de pared de 1.6 milímetros lo cual significa 4 capas de relleno al 100% en la pared. Aparte de esto el relleno interno es del 20%. Con esto obtenemos una resistencia bastante alta la cual se probará directamente en planta para ver cómo se comporta.

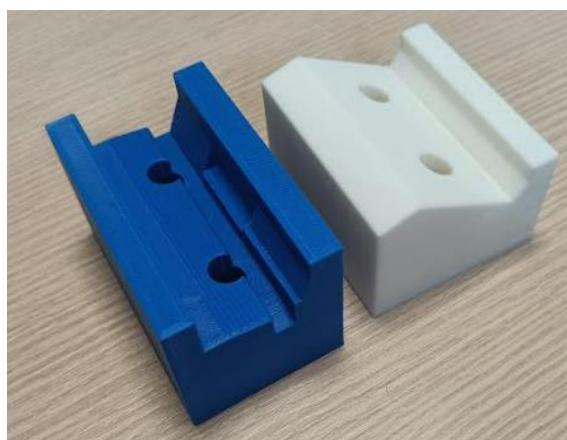


Figura 5.1 Piezas finales TU y TC impresas en PLA azul y blanco respectivamente

También hemos realizado la impresión de distintas piezas con el material semiflex, el cual se comporta de forma muy distinta dependiendo el grosor de paredes y el relleno interior, variando de ser muy flexible con espesores pequeños y un bajo porcentaje de relleno a ser casi rígido por completo con un relleno superior al 70%.

Dependiendo de que trabajos se vayan a realizar sobre las piezas que descansarán sobre nuestros apoyos, necesitaremos unas características u otras para la impresión de estas. En el caso de clipajes por ejemplo será mejor que las características sean más flexibles, en cambio, para la soldadura, al ser por presión, necesitaremos obviamente cierta flexibilidad para no dañar la pieza, pero también una mínima rigidez para que la soldadura se realice correctamente y en la posición deseada.

La parte más importante del estudio era ver si el material rallaba la superficie del salpicadero cuando se trabaja sobre cara vista. Para esto, los utilajes impresos se colocaron encima de un ejemplo de las piezas que se van a fabricar, se realizaron movimientos del salpicadero sobre las piezas para comprobar que no se rallaba y se generaron situaciones que pueden ocurrir en el día a día para comprobar que este material era el que se estaba buscando. Como estas pruebas salieron bien, este material será el elegido cuando se fabriquen soportes para cara vista y el PLA para cara no vista (Ya que es más barato y da menos problemas de impresión).

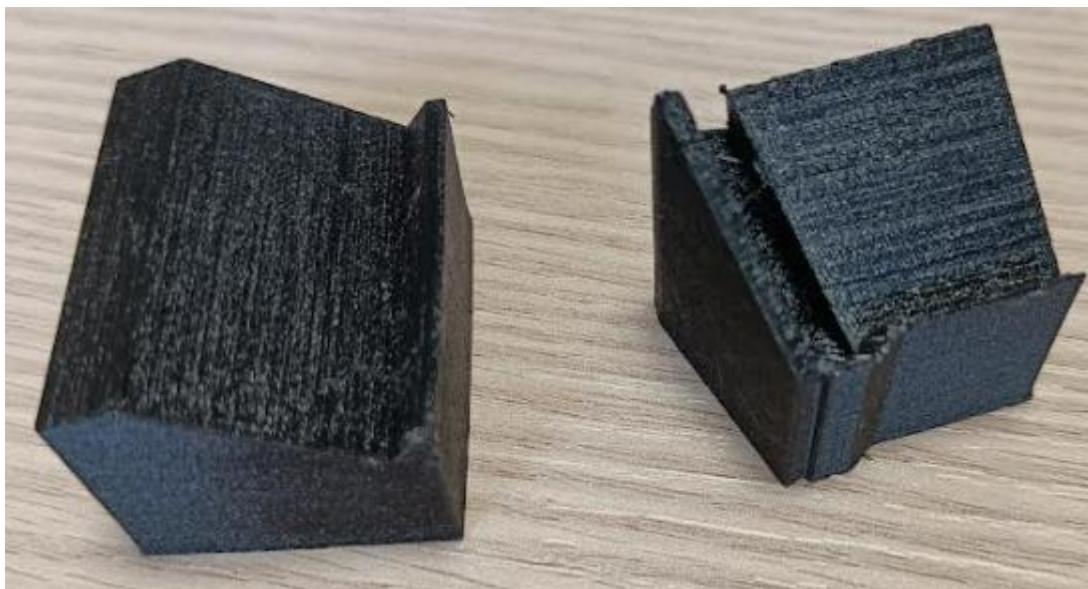


Figura 5.2 Piezas TC y TL1.1 a escala reducida con material semiflex negro.

El material semiflex-hard quedó descartado ya que al hablar con el proveedor nos comentó que era un material muy poco flexible y a porcentajes de rellenos bajos se comportaba como un rígido.

En el caso del material flexiprint, tiene una flexibilidad demasiado elevada que no se adapta a las condiciones que necesitamos para los apoyos de salpicaderos para cara vista.

Se estudio la posibilidad de utilizar un tipo de uniones que rebajesen la cantidad de material de cada pieza para poder abaratar así costes de material y tiempo de impresión. Finalmente descartamos esta opción, ya que para generar ese tipo de geometrías se iban a necesitar soportes hechos también por la impresora, lo cual generaría peores acabados superficiales y apenas abaratamiento del material, ya que el que se ahorra de eliminar el material, se gasta en hacer soporte y luego se desecha. Aparte de esto, al tener la mesa rotativa, la mayoría de ideas que se habían planteado fueron desechadas.

Uno de los ejemplos estudiados fue el uso de pasadores en vez de uniones roscadas ya que funcionarían bien con las mesas rotativas, pero la reducción de material era muy grande (lo que era favorable) pero se fabricaban piezas muy poco robustas y frágiles, lo que haría que al cabo de pocos lotes de producción fueran sustituidas.

### 5.1.2 Análisis de medidas

En este apartado se comentará brevemente el proceso que se realiza con una pieza una vez impresa.

Cuando las distintas piezas que conforman una mesa son impresas, antes de pasar a la línea de trabajo, son revisadas visualmente, en caso de tener alguna rebaba o material sobrante, este es eliminado mediante cuchillas. Se revisa sobre todo las aristas de la pieza para que no sean muy vivas ya que podrían dañar a las piezas a producir en cualquier roce o golpe. Para esto se usan lijas en caso de que sea necesario redondear alguna de las aristas. En caso de que sea generalizado en toda la pieza, se revisa el diseño aumentando los radios de redondeo y se vuelve a imprimir para conseguir un mejor acabado.

En cuanto a las medidas de las piezas, cuando salen de la impresora y se han enfriado, se toman medidas generales de estas con un pie de rey para ver las posibles desviaciones que ha podido generar la impresora respecto a la pieza CAD original. Si las medidas son muy distintas por diversos defectos que se han podido producir en la impresión como puede ser el warping. Aun que tengan defectos, se prueban en la mesa para comprobar como funcionan trabajando a la vez con el resto de piezas. La ventaja es que, al trabajar en la línea con un operario, no importa en gran medida que tengan pequeñas desviaciones, cosa que sería más complicado para piezas que vayan a trabajar con un robot las cuales tendrían que trabajar con rigurosas reglas de medición.

## 5.2 Económico

En este apartado vamos a comparar económicamente el coste de los posicionadores y apoyos realizados mediante la tecnología de impresión 3D, respecto a los utilizados en las empresas (los cuales son comprados a empresas externas que los fabrican mediante mecanizado con máquinas CNC).

### 5.2.1 Apoyos en Algontec

En este caso, el jefe del departamento de ingeniería de fabricación estima que el posicionador SWD\_DS\_LHD tendría un coste que rondaría entre los 4000 y los 5000€. El montaje de este en la línea de producción no vendría incluido en el precio, sino que serían los propios operarios de Algontec los que lo montarían.

Para este diseño mediante prototipado rápido, hemos utilizado material PLA el cual tiene un precio de 0.049 €/gramo. Los costes de impresión se han estimado en 0.084 €/hora y los costes de diseño en 20 €/hora. Con esto hemos realizado una tabla analizando el precio de la fabricación de cada componente y finalmente el total.

| Solicitud               | Pieza   | Cantidad | Diseñado | Materiales         | Coste (€/gr) | Peso (gr) | Horas impresión | Horas diseño | Coste   | TOTAL    |
|-------------------------|---------|----------|----------|--------------------|--------------|-----------|-----------------|--------------|---------|----------|
| Posicionador SWD_DS_LHD | BASE 1  | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 357       | 26              | 1            | 29,68 € | 124,69 € |
|                         | BASE 2  | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 268       | 20              | 1            | 24,78 € |          |
|                         | TORRE 1 | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 66        | 5               | 1            | 23,69 € |          |
|                         | TORRE 2 | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 60        | 5               | 1            | 23,34 € |          |
|                         | TORRE 3 | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 10        | 1               | 0,35         | 7,57 €  |          |
|                         | TORRE 4 | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 12        | 1               | 0,35         | 7,68 €  |          |
|                         | TORRE 5 | 1        | Jorge    | PLA<br>Soporte PLA | 0,049        | 17        | 2               | 0,35         | 7,96 €  |          |

Figura 5.3 Tabla de costes para Posicionador SWD\_DS\_LHD

A esto habría que sumarle el coste de las horas de post-procesado, lo cual no sería mucho ya que un operario en unas 2 horas habría montado todo el posicionador. En este solo faltaría roscar los agujeros roscados con el macho de roscar y atornillar las bases entre sí, y las torres a las bases.

Habrá que tener en cuenta las distintas piezas que se realizan como pruebas, algunas piezas que salen defectuosas y hay que volverlas a hacer... Pero esto no aumentaría en exceso el precio y se quedaría más o menos como el que podemos ver en la tabla.

Con esto podemos ver el gran ahorro que genera realizar un posicionador como estos mediante prototipado rápido. Poco a poco estos diseños van apareciendo en la industria automovilística, ya que como se puede observar, generan un gran ahorro en la producción.

## 5.2.2 Apoyos en CEFA

En este caso, el jefe del departamento de ingeniería de fabricación estima que el posicionador 2GM\_857\_002\_GEO\_TM\_004\_Z\_IT\_OBERTEIL\_VW216EUPA tendría un coste que rondaría los 10000€. A esto habría que sumar el precio de la mesa la cual no se fabricaría en la misma empresa ya que hay que diseñarla en función de las torres, pero suele ser un precio que no sobrepasa los 1000€.

Para este diseño mediante prototipado rápido, hemos utilizado material PLA el cual tiene un precio de 0.0211 €/gramo (este precio es distinto al del apartado anterior ya que CEFA y Algontec tienen distintos proveedores). Los costes de impresión se han estimado en 0.084 €/hora y los costes de diseño en 20 €/hora. Con esto hemos realizado una tabla similar a la del apartado anterior analizando el precio de cada pieza y finalmente el precio total.

| Solicitud   | Pieza | Cantidad | Materiales | Peso (gr) | Horas impres. | Horas diseño | Coste  | TOTAL    |
|---|-------|----------|------------|-----------|---------------|--------------|--------|----------|
| 2GM_857_002_GEO_TM_004_Z_IT_OBERTEIL_VW216EUPA_BFR_211122 | TC    | 1        | PLA        | 84        | 15            | 2            | 43,021 | 515,82 € |
|   | TU    | 1        | PLA        | 108       | 19            | 3            | 63,891 |          |
|   | TL1.1 | 1        | PLA        | 65        | 12            | 4            | 82,391 |          |
|   | TL1.2 | 1        | PLA        | 65        | 12            | 1            | 22,391 |          |
|   | TL3   | 1        | PLA        | 39        | 8             | 4            | 81,501 |          |
|   | TL4   | 1        | PLA        | 72        | 14            | 4            | 82,711 |          |
|   | TV1.1 | 1        | PLA        | 93        | 16            | 2            | 43,331 |          |
|   | TV1.2 | 1        | PLA        | 93        | 16            | 1            | 23,331 |          |
|   | TV2.1 | 1        | PLA        | 189       | 32            | 2            | 46,631 |          |
|   | TV2.2 | 1        | PLA        | 189       | 32            | 1            | 26,631 |          |

Figura 5.4 Tabla de costes para Posicionador 2GM\_857\_002\_GEO\_TM\_004\_Z\_IT\_OBERTEIL\_VW216EUPA

A esto como he mencionado anteriormente habría que sumarle el precio de la mesa de railes que vamos a utilizar para anclar nuestros apoyos y los procesos manuales que haya que realizar en las piezas. Estos procesos son mínimos, como mucho eliminar algún soporte o limar la pieza en alguna zona donde haya podido quedar exceso de material (no suele ser habitual)

Como podemos observar el ahorro que supone realizar estas piezas con prototipado rápido es enorme cosa que hace que esta tecnología día a día este creciendo más en el sector automovilístico y en general en el sector de la producción.

## 6. Conclusión

Este proyecto se ha realizado sobre el diseño de apoyos para distintas piezas plásticas en el sector de la automoción, mediante el programa Nx de diseño asistido, así como la impresión de estas mediante el prototipado rápido, conocido habitualmente como impresión 3D.

En primer lugar, tener todos estos apoyos que hemos realizado guardados en nuestro ordenador, da la posibilidad de la reimpresión en caso de rotura o pérdida de alguno de estos. Esto es muy útil ya que reduce el tiempo que tendría que estar parada la célula hasta que se trajera de nuevo la pieza sustituta. Con esto ahorraremos también costes en mantenimiento.

Con este proyecto, el factor de la impresión 3D ha sido el que ha abaratado la mayoría de los costes. La diferencia de precio entre el plástico utilizado para imprimir y el material utilizado con anterioridad es muy grande, y sumándole a esto el ahorro que genera utilizar una impresora 3D frente a una máquina CNC, se consigue un abaratamiento que supera con creces el 50%.

Para los diferentes apoyos a fabricar, se ha realizado el estudio de diferentes materiales, viendo cómo se comportarían estos con las diferentes superficies de trabajo, diferenciando en este caso entre cara vista y cara no vista.

Se ha establecido una metodología de diseño para los apoyos en los que se valora que posición de la línea van a ocupar y por lo tanto qué procesos se van a realizar en esta. En función de estos datos, crear un número concreto de apoyos, con ubicaciones determinadas y cumpliendo ciertos requisitos.

Una posible mejora que se podría aplicar sería la medición con distintos equipos de metrología de estas piezas impresas en 3D para poder así ver las desviaciones que tienen con respecto a las originales diseñadas en CAD. Con esto observaremos el desgaste que tienen las piezas a lo largo de los lotes de producción.

También como posible mejora se podría intentar optimizar el diseño para aligerar los utilajes y con esto generar un ahorro tanto económico como de tiempo. Habría que estudiar también el cambio en la resistencia de los utilajes, ya que, a menor cantidad de material, menor resistencia de estos.

Para situaciones futuras en las que las piezas estén situadas en mesas que trabajen con robots será necesaria la utilización de una mayor precisión en impresión de utilajes, así como un mayor estudio de la geometría del utilaje al completo posterior a la impresión.

## 7. Bibliografía

<https://www.cursoaula21.com/que-es-la-impresion-3d/>

<https://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes Esperar-de-ellas>

<http://replicant3d.com/tecnologias-de-impresion-3d/#:~:text=Hay%20dos%20sistemas%20que%20emplean%20tecnolog%C3%ADas%20para,%20para,Laser%20Sintering%20%28popularmente%20conocida%20con%20Olas%20siglas%20SLs%29>

<http://impresorad3d.com/filamento-para-impresoras-3d-tipos/>

<https://www.impresoras3d.com/la-guia-definitiva-sobre-los-distintos-filamentos-para-impresoras-3d/>

[https://filament2print.com/es/blog/38\\_tecnologias-impresion-3D-FDM-SLA.html](https://filament2print.com/es/blog/38_tecnologias-impresion-3D-FDM-SLA.html)

<https://es.rs-online.com/web/p/impresoras-3d/2182024/>

<https://www.leon-3d.es/>

<https://tu3dprintlab.club/impresion-3d-de-modelado-por-deposicion-fundida-fdm>

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

## 8. Anexo

### 8.1 Tecnología de impresión FDM

El fundador de Stratasys, Scott Crump, inventó la tecnología FDM hace más de 20 años, y Stratasys ha seguido liderando la revolución de la impresión 3D desde entonces.

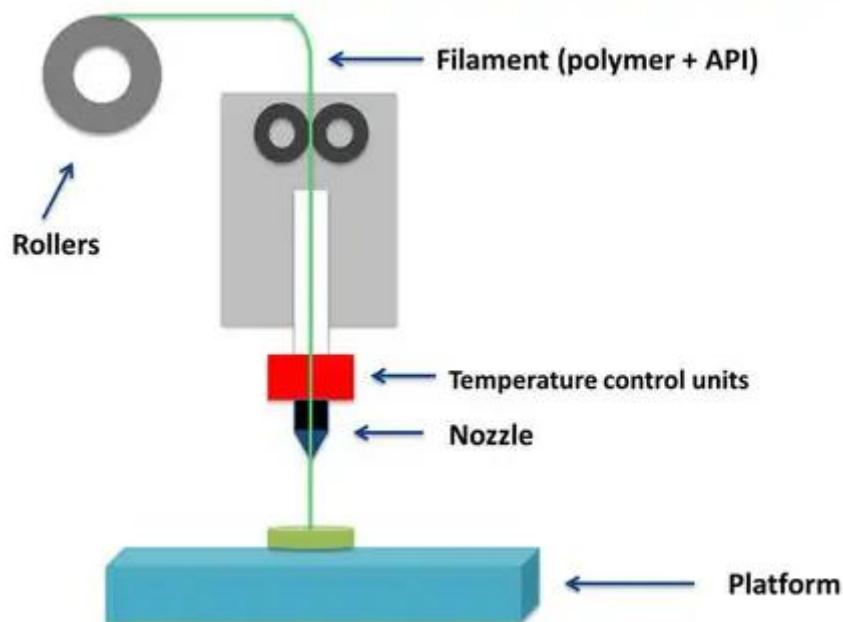


Fig 8.1 Partes de la impresión FDM

El proceso comienza con la carga de la bobina de filamento termoplástico. Estos filamentos termoplásticos son el material para la impresión FDM. Este filamento va a la extrusora cuando la temperatura del cabezal de impresión alcanza el punto de fusión del filamento específico. La temperatura variará según la selección de materiales en las impresoras 3D FDM.

Debe tener un diseño listo para imprimir. Según el diseño 3D, el cabezal de impresión se mueve alrededor de los diferentes ejes. Ahora, cuando el cabezal de extrusión se carga con el material termoplástico fundido, la deposición comienza con el movimiento del cabezal de extrusión. Una capa tras otra, el material se deposita según el diseño 3D que se ha introducido en la impresora 3D FDM. Después de cada capa, se lleva a cabo el enfriamiento del material termoplástico mediante los ventiladores de enfriamiento que están conectados al cabezal de extrusión.

Después de que se completa cada capa, la plataforma de impresión se mueve hacia abajo dando espacio para la deposición de la siguiente capa. La siguiente capa se superpone a la anterior y todo el proceso continúa hasta que se imprime la pieza 3D completa fuera de la máquina.

Los soportes para impresión 3D permiten crear piezas complejas, sin ajustes que limiten el diseño. Gracias a los materiales de soporte, que funcionan en combinación con los materiales del modelo, es posible crear salientes, mallas y pequeños detalles intrincados en las piezas. Los materiales de soporte FDM se encuentran en formato soluble y desprendible. El soporte soluble se elimina en una solución de agua caliente y un agente limpiador sin necesidad de usar las manos, con lo que se mejora la productividad. Los soportes desprendibles se retiran manualmente. El material del que está hecha la pieza determina el tipo de soporte que se puede utilizar.

El soporte de ruptura se utiliza con diseños más sencillos con fácil acceso para su retirada, así como con piezas fabricadas con termoplásticos que utilicen exclusivamente este tipo de soporte. El soporte soluble es más eficaz para piezas con detalles a los que resulte más difícil acceder manualmente y para conjuntos de varias piezas con holguras pequeñas entre las partes móviles. El soporte de estas áreas se elimina fácilmente mediante lavado cuando se sumerge la pieza en el depósito de disolución.

El soporte soluble, se utiliza en partes donde es difícil acceder. Este es muy fácil de eliminar. Dependiendo del material es soluble solo en agua o en otros casos en agua y algún agente limpiador. Como inconveniente se podría remarcar que no termina de dar un buen acabado superficial, dejando una superficie un tanto rugosa.



Fig. 8.2 Ejemplo objeto con soporte y una vez eliminado

## 8.3 Recopilación de soportes diseñados con Nx

### 8.3.1 Soportes para conductos de ventilación.

En este apartado voy a enseñar todos los apoyos que componen el posicionador SWD\_DS\_LHD, el cual consta de 5 torres, 2 de ellas para espumas y 3 para control de troqueles y 2 bases. Anteriormente era solo una base, pero como no cabía en la superficie de impresión necesitamos dividirla en dos.

**TORRE 1**

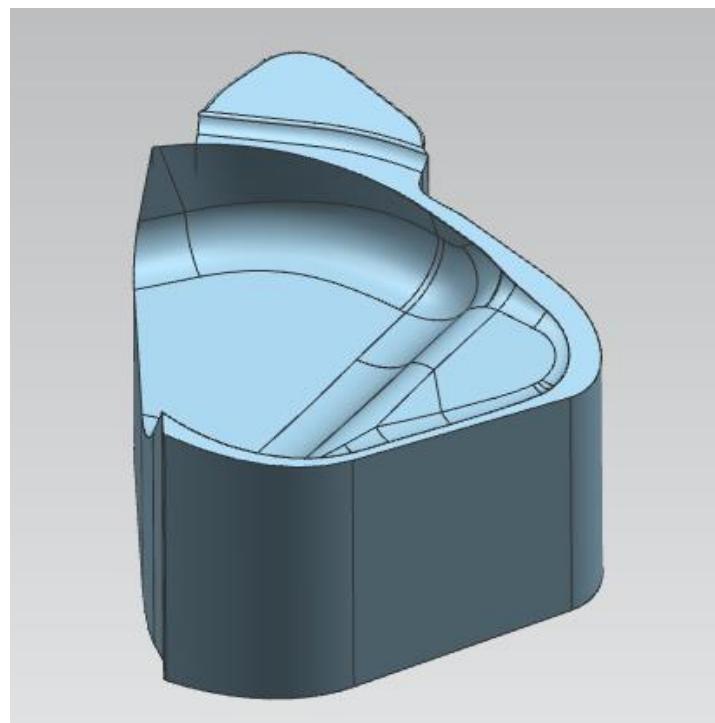


Figura 8.3 Torre 1

### TORRE 2

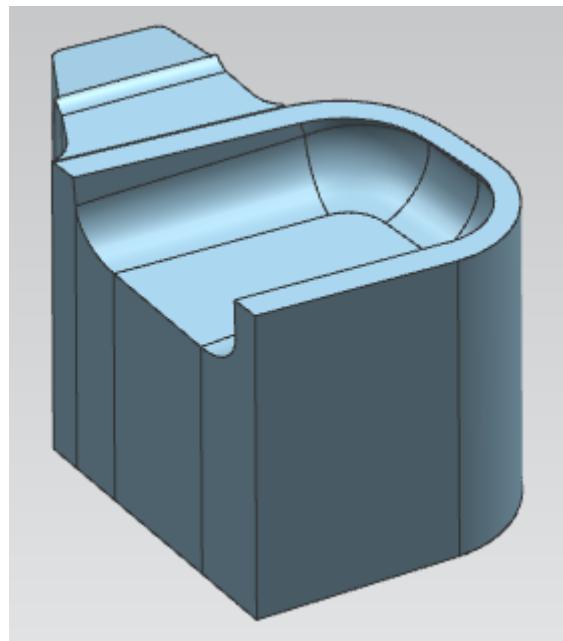


Figura 8.4 Torre 2.

### TORRE 3

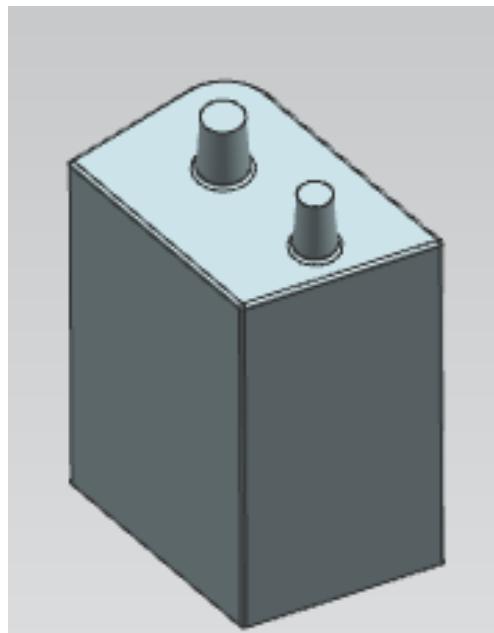


Figura 8.5 Torre 3.

### TORRE 4

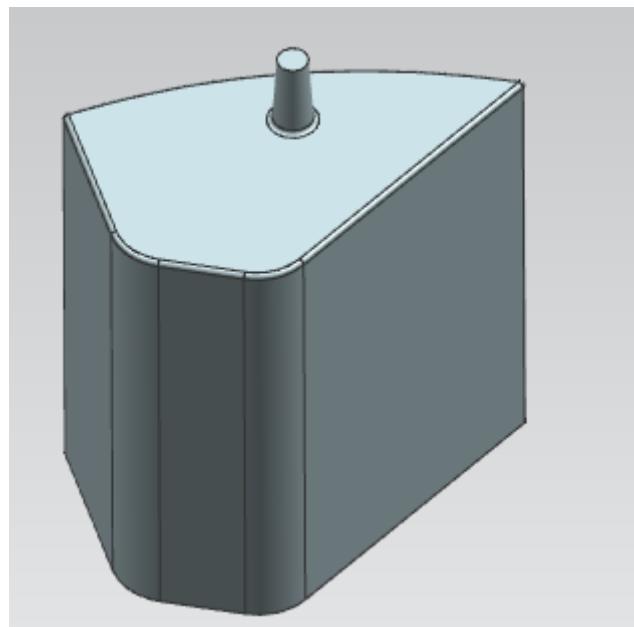


Figura 8.6 Torre 4.

### TORRE 5

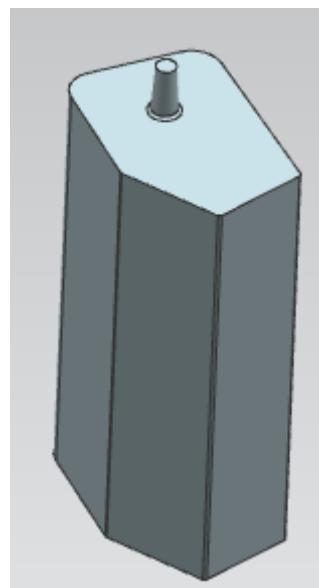


Figura 8.7 Torre 5.

**BASE**

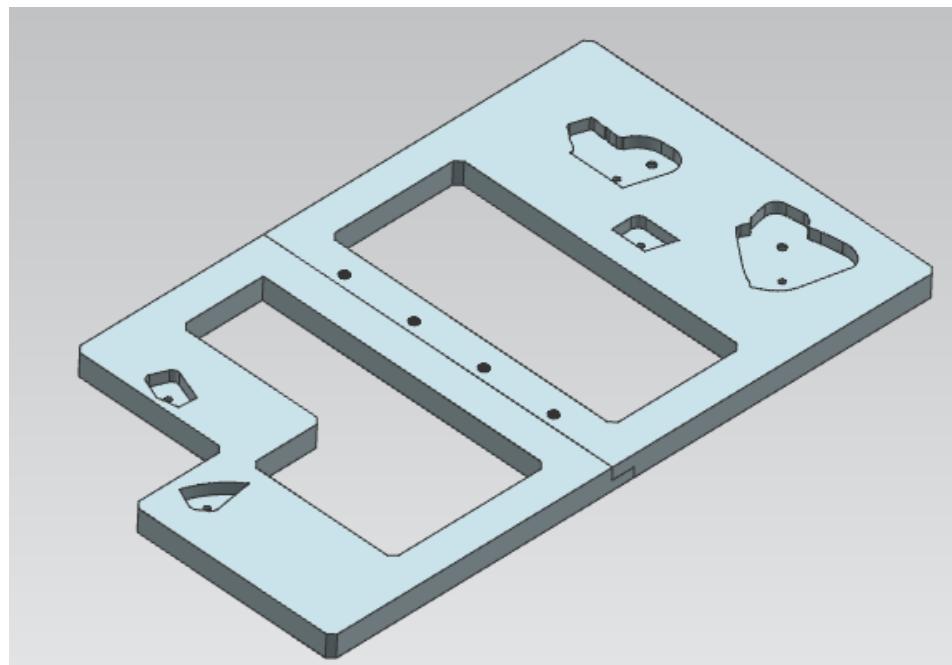


Figura 8.8 Base.

**ENSAMBLAJE FINAL**

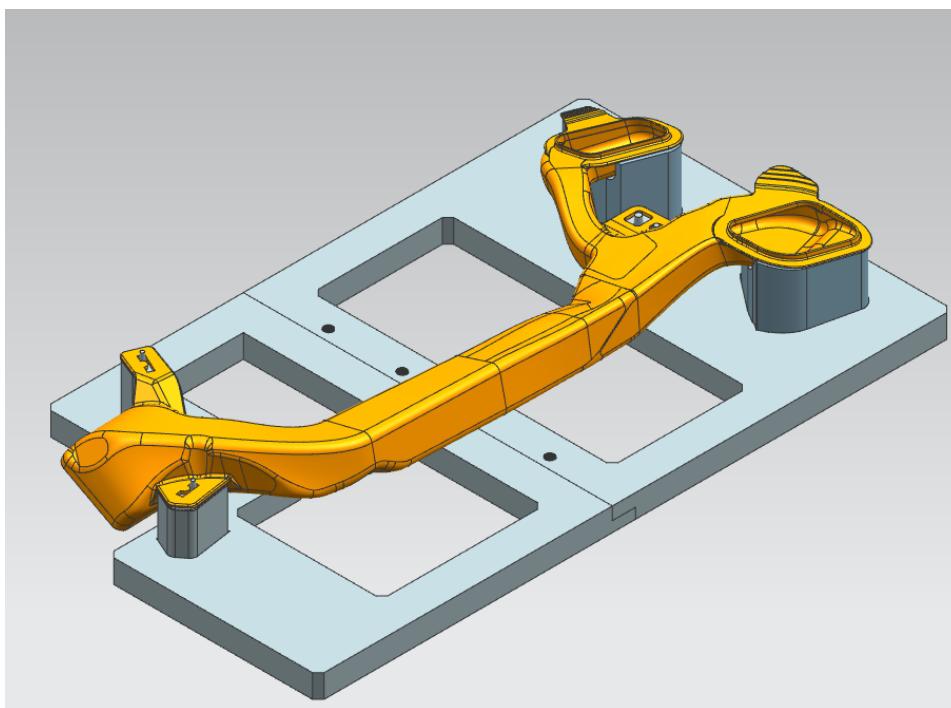


Figura 8.9 Ensamblaje final.

### 8.3.2 Soportes para salpicadero.

En este apartado voy a enseñar todos los apoyos que componen el posicionador 2GM\_857\_002\_GEO\_TM\_004\_Z\_IT\_OBERTEIL\_VW216EUPA. Consta de 10 torres de soporte.

**TL1.1**

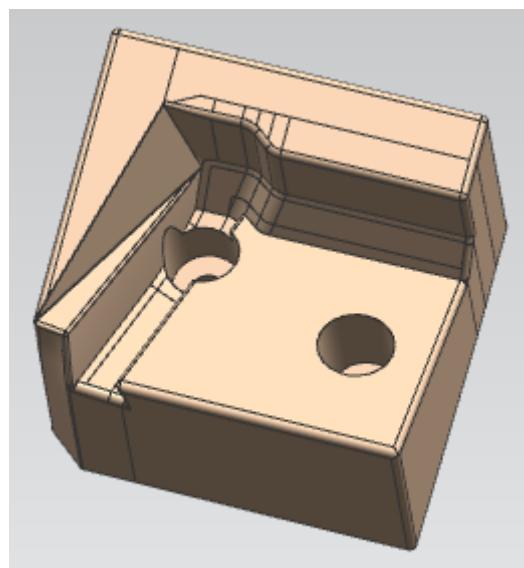


Figura 8.10 TL1.1

**TL1.2**

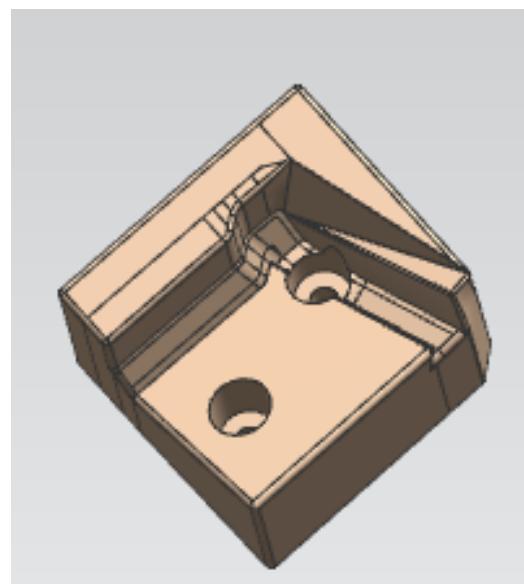


Figura 8.11 TL1.2

**TV1.1**

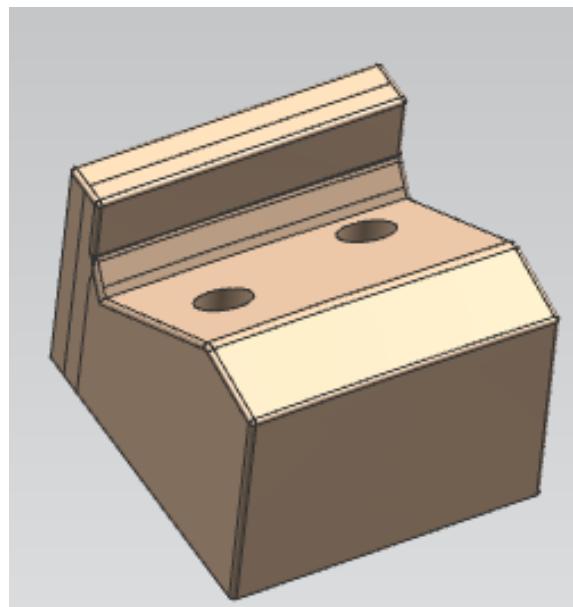


Figura 8.12 TV1.1

**TV1.2**

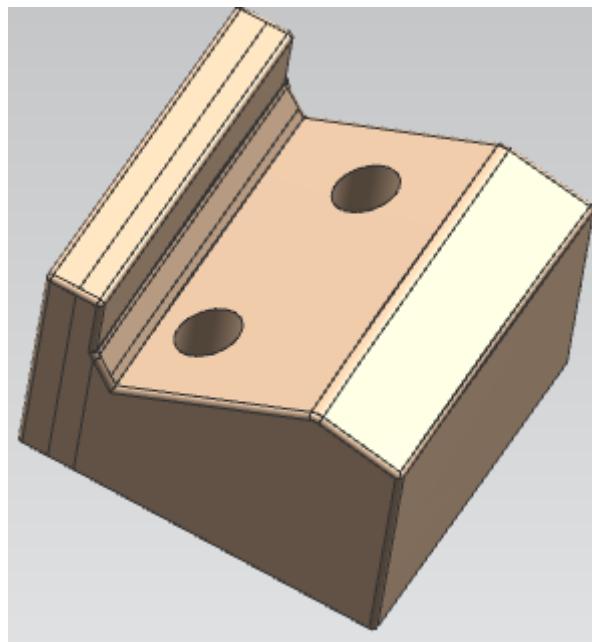


Figura 8.13 TV1.2

**TV2.1**

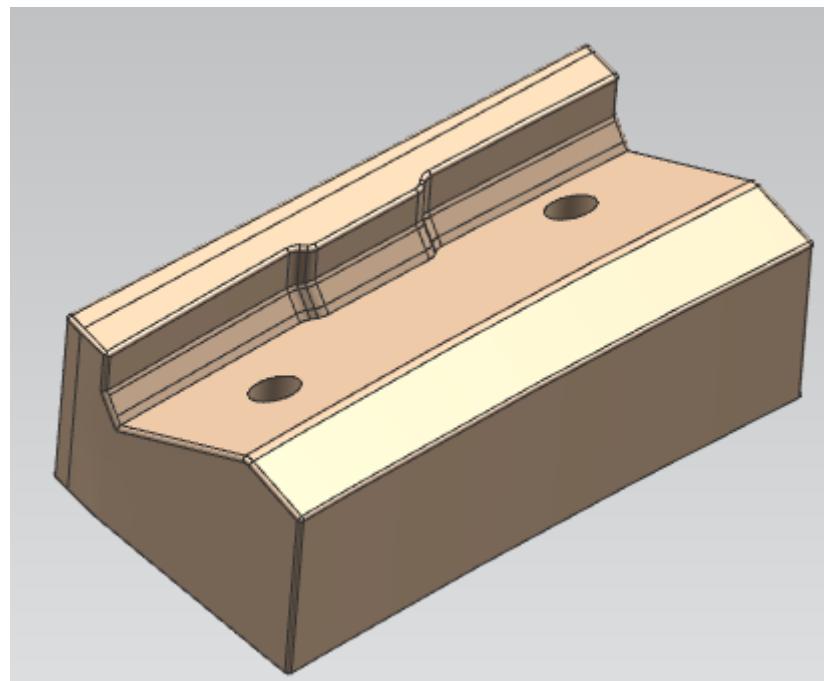


Figura 8.14 TV2.1

**TV2.2**

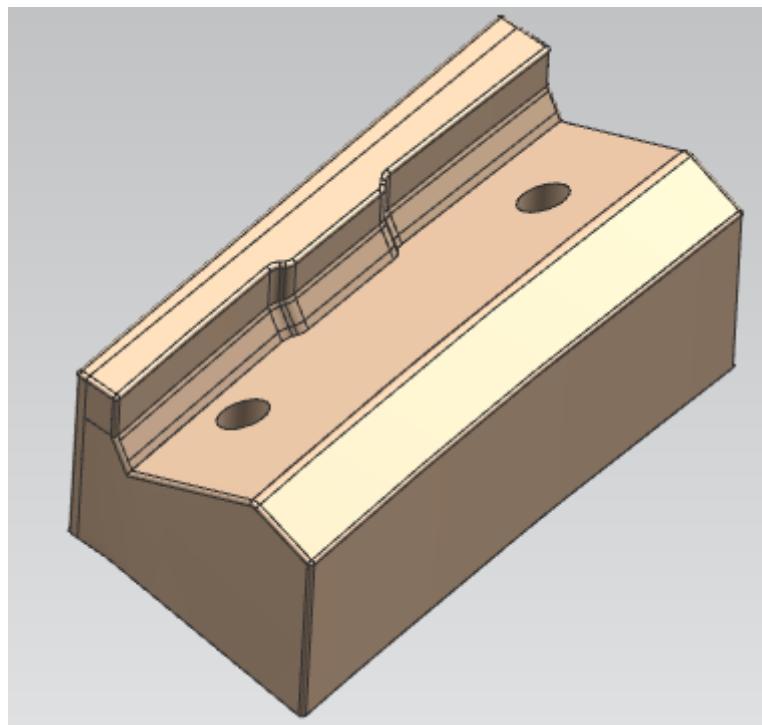


Figura 8.15 TV2.2

**TC**

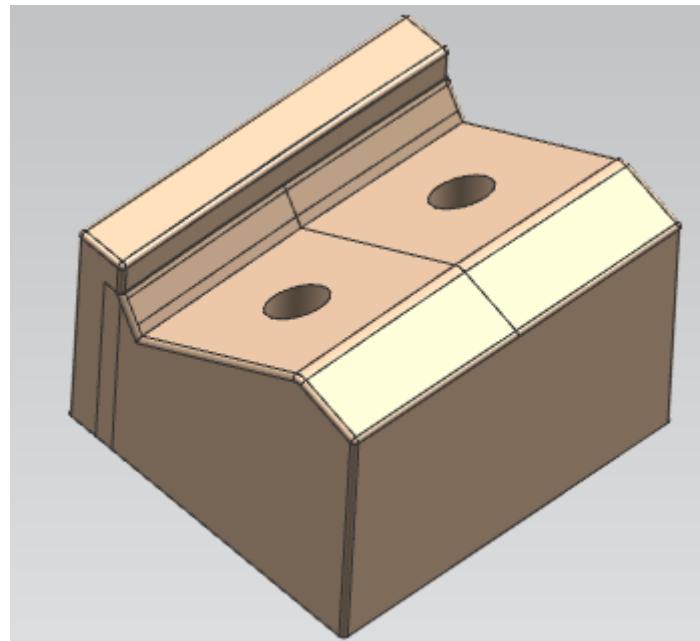


Figura 8.16 TC

**TU**

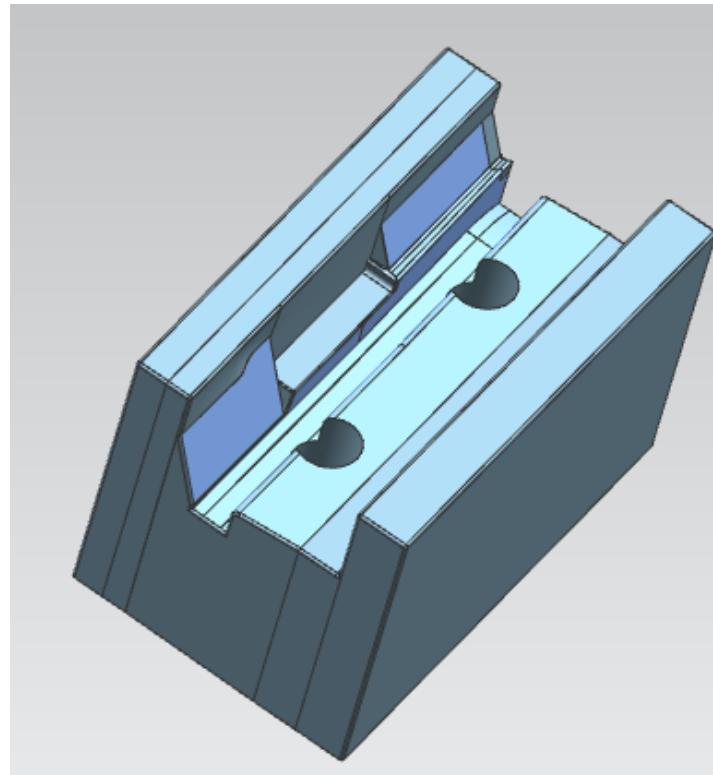


Figura 8.17 TU

**TL3**

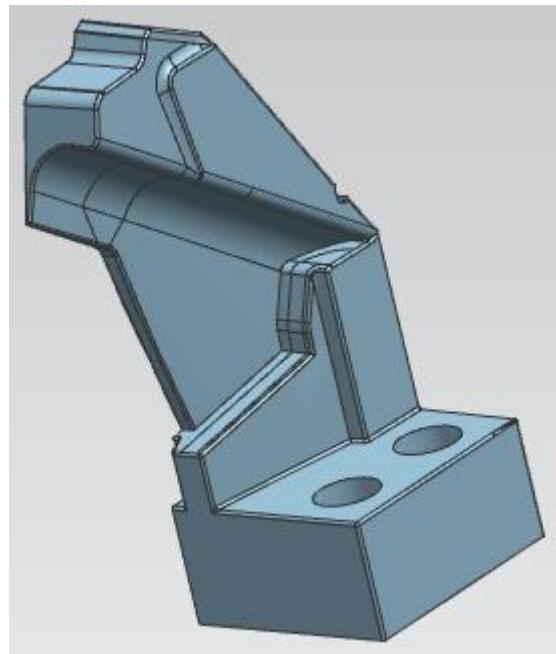


Figura 8.18 TL3

**TL4**

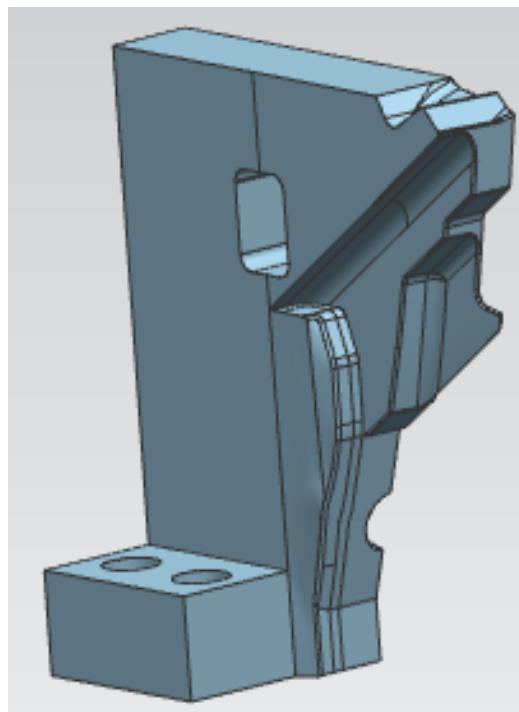


Figura 8.19 TL4

**Ensamble total**

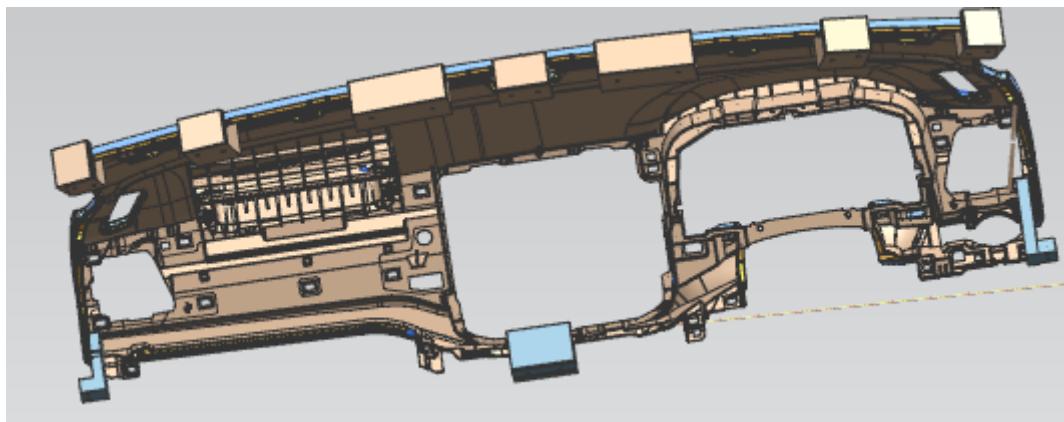


Figura 8.20 Ensamblaje total

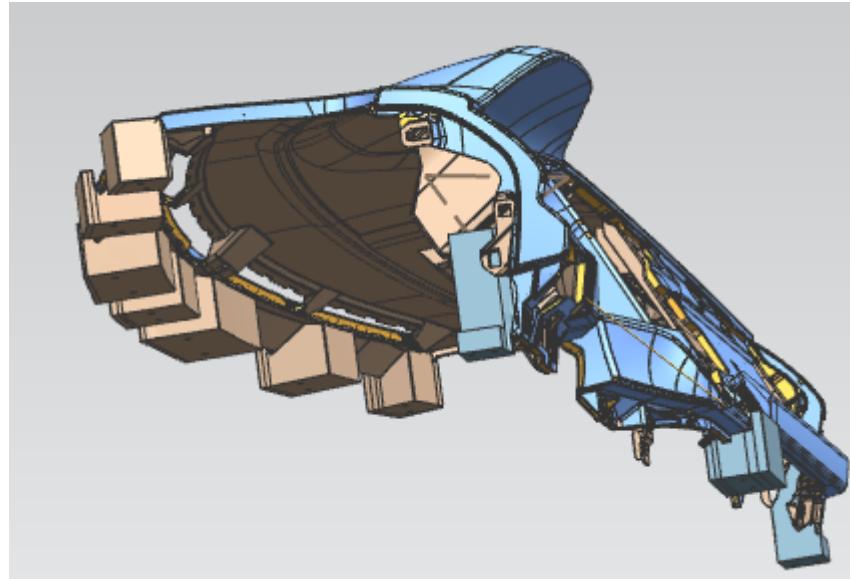


Figura 8.21 Ensamblaje total

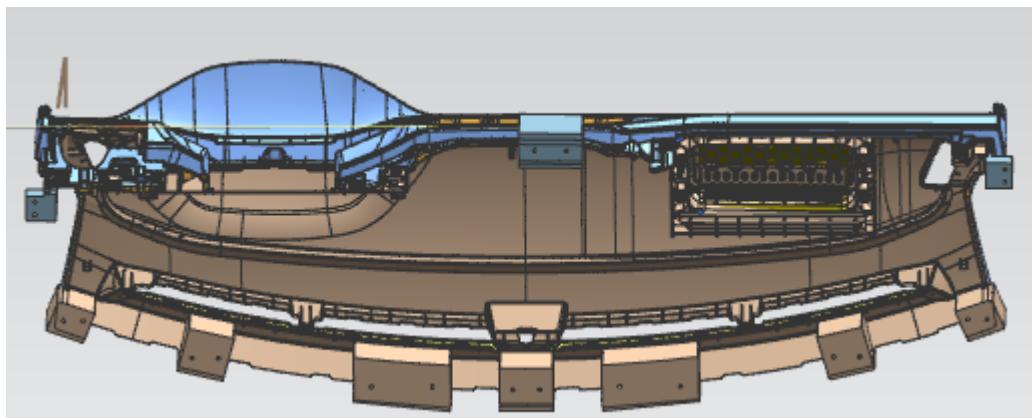


Figura 8.22 Ensamblaje total

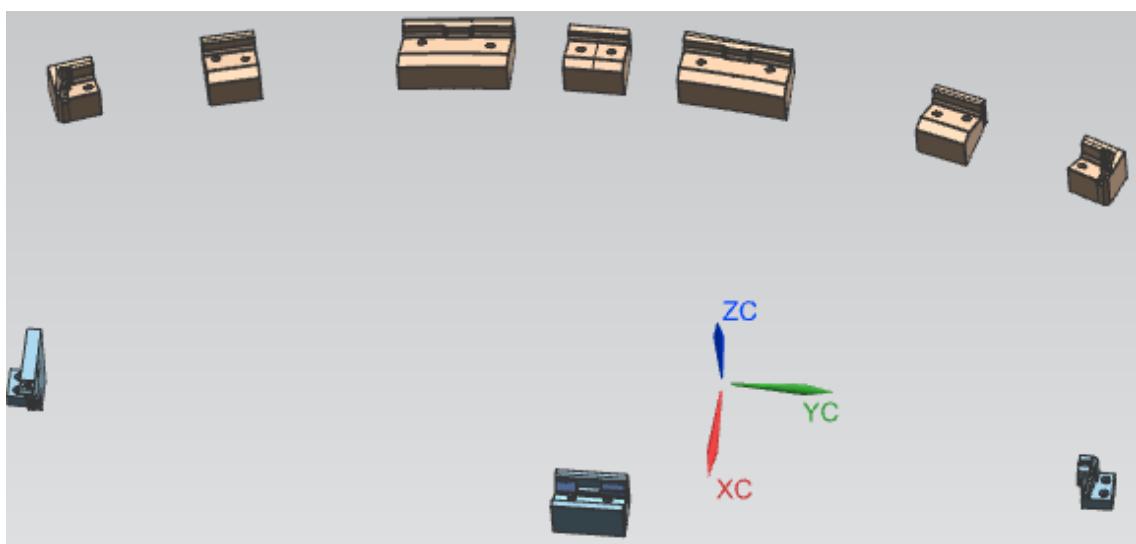


Figura 8.23 Ensamblaje total (sin salpicadero)

## 8.4 Recopilación de soportes impresos mediante prototipado rápido.

En este apartado voy a enseñar todos los apoyos impresos que componen el posicionador 2GM\_857\_002\_GEO\_TM\_004\_ \_Z\_IT\_OBERTEIL\_VW216EUPA. Consta de 10 torres de soporte los cuales han sido impresos con la impresora Sindoh 3DWOX 2X.

**TL 1.1**



Figura 8.24 TL 1.1

**TL 1.2**



Figura 8.25 TL 1.2

**TV 1.1**



Figura 8.26 TV 1.1

**TV 1.2**

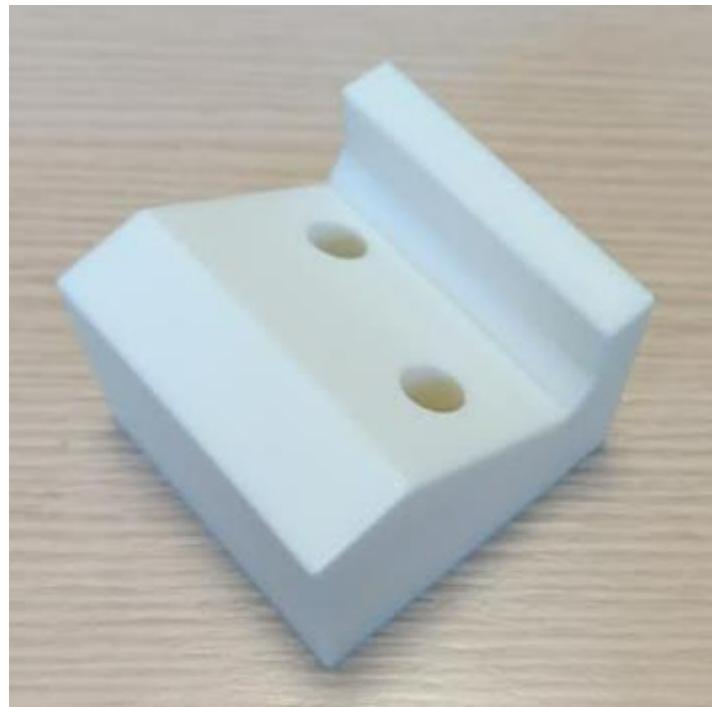


Figura 8.27 TV 1.2

**TC**

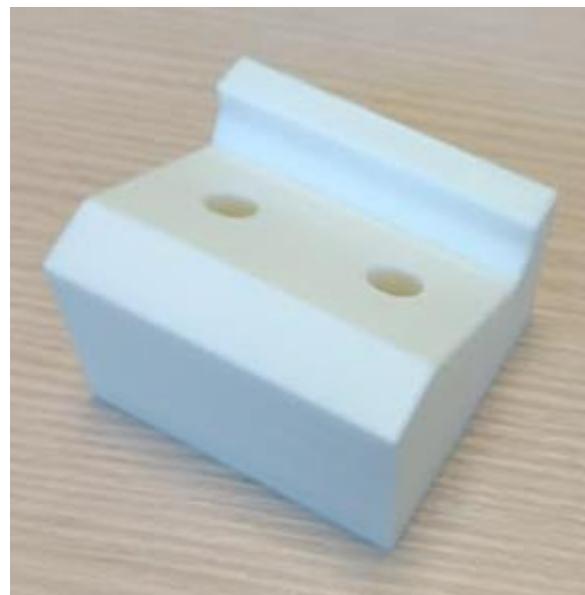


Figura 8.28 TC

**TL3**



Figura 8.29 TL3

**TL4**

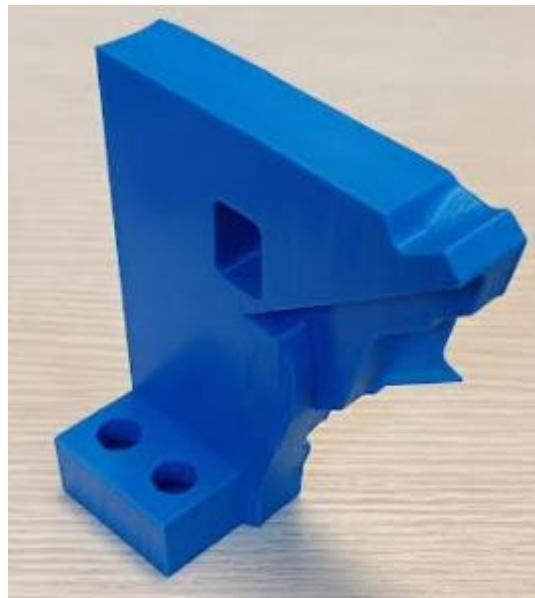


Figura 8.30 TL4

**TV 2.1**



Figura 8.31 TV 2.1

### TV 2.2

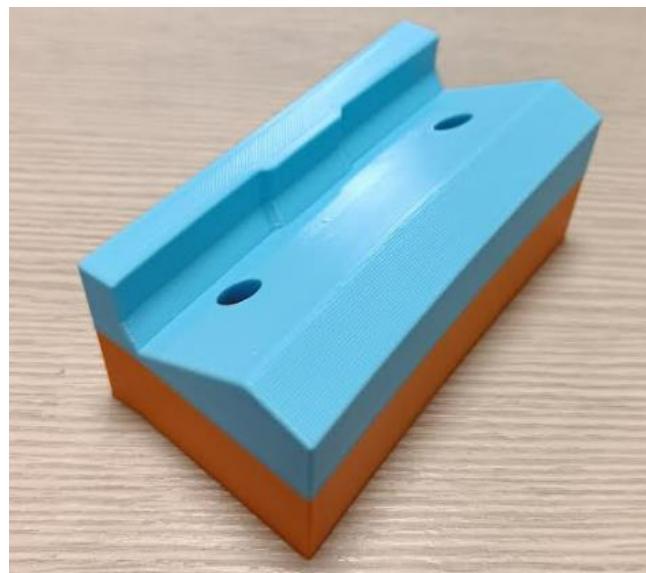


Figura 8.32 TV 2.2

### Ensamblaje completo

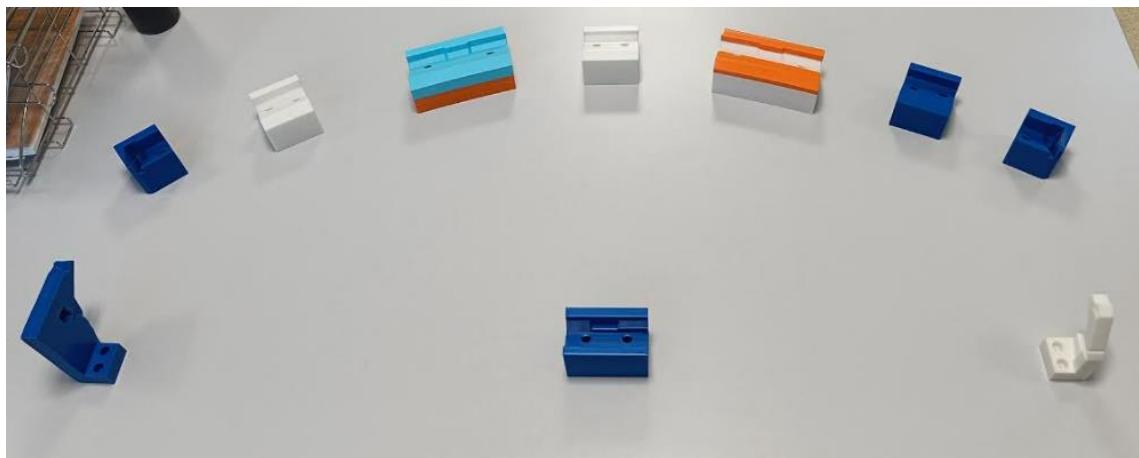


Figura 8.33 Ensamblaje completo.

### Ensamblaje completo

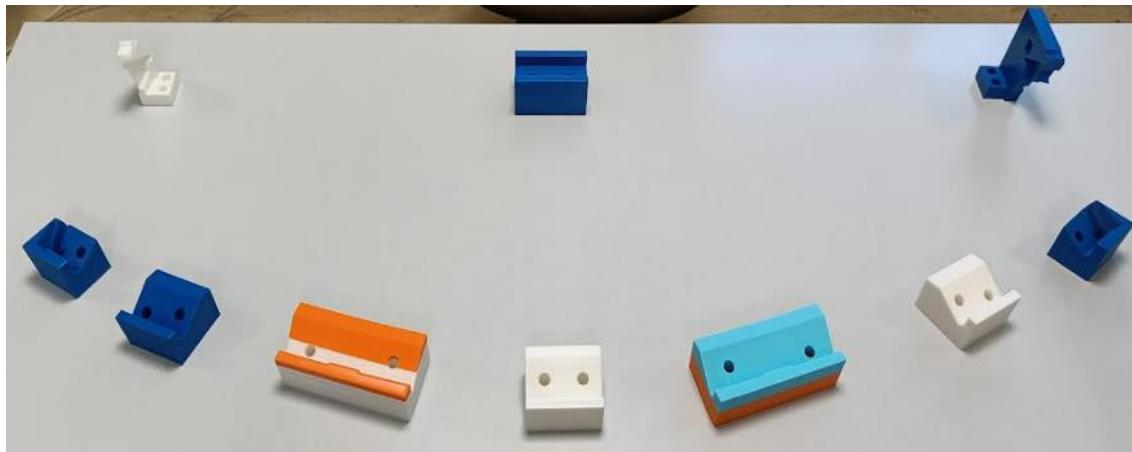


Figura 8.34 Ensamblaje completo 2.

## 8.5 Cotas generales piezas y utilajes

### 8.5.1 Soportes para conductos de ventilación

#### Cotas generales conducto ventilación

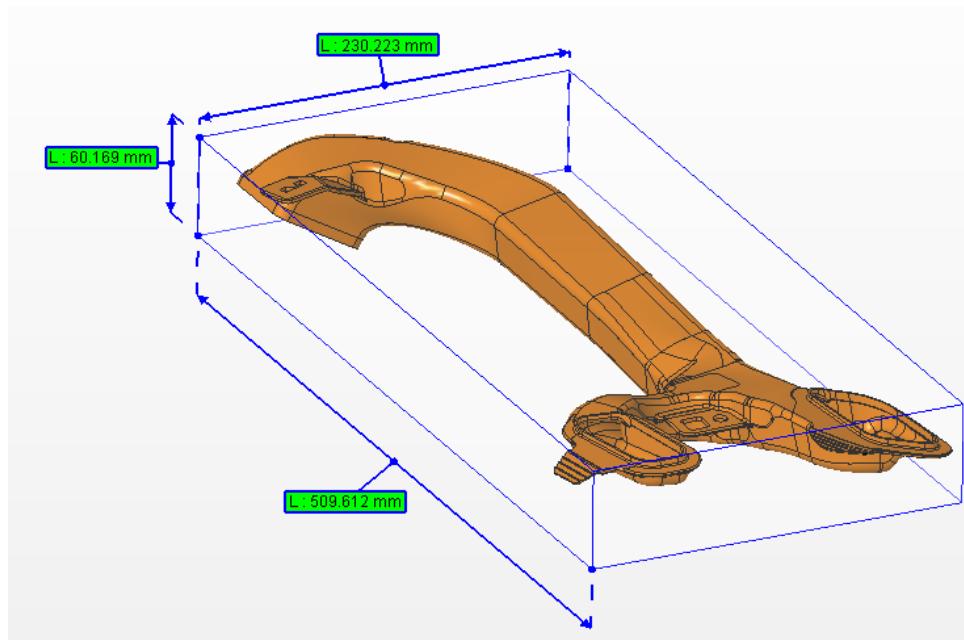


Fig 8.35 Cotas conducto ventilación

#### Torre 1

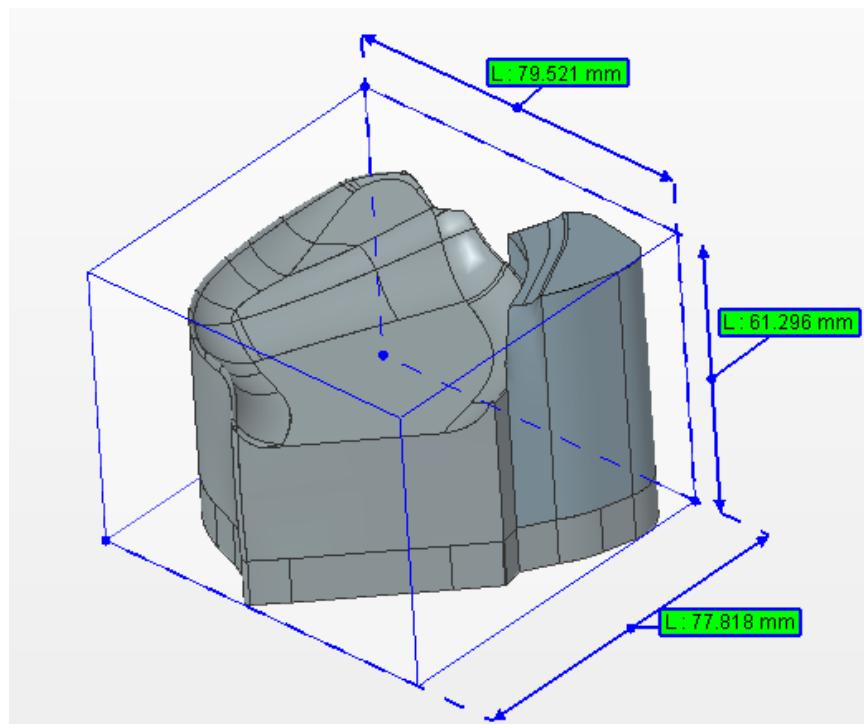


Fig 8.36 Cotas Torre 1

**Torre 2**

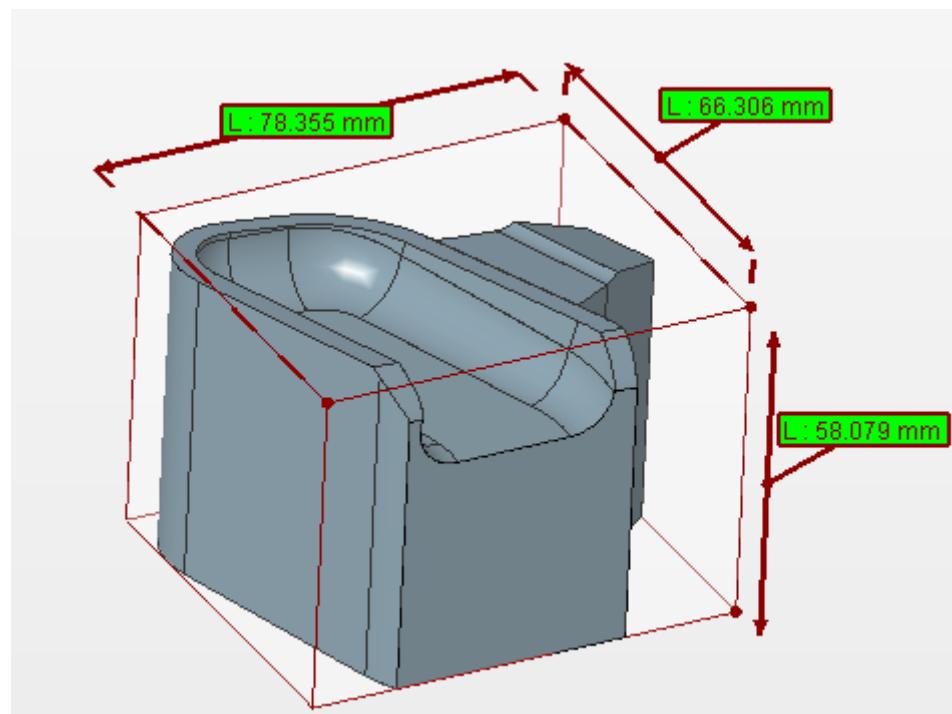


Fig 8.37 Cotas Torre 2

**Torre 3**

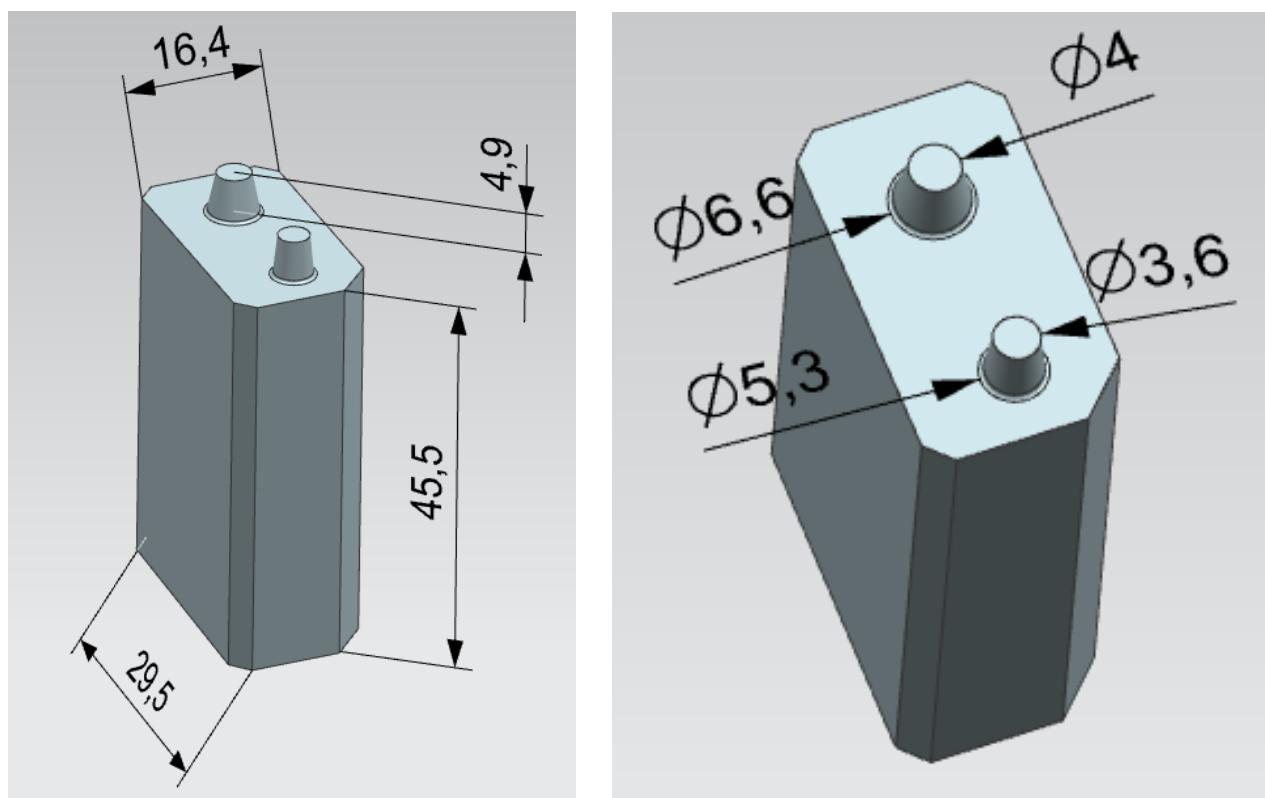


Fig 8.38 y 8.39 Cotas Torre 3

### Torre 4

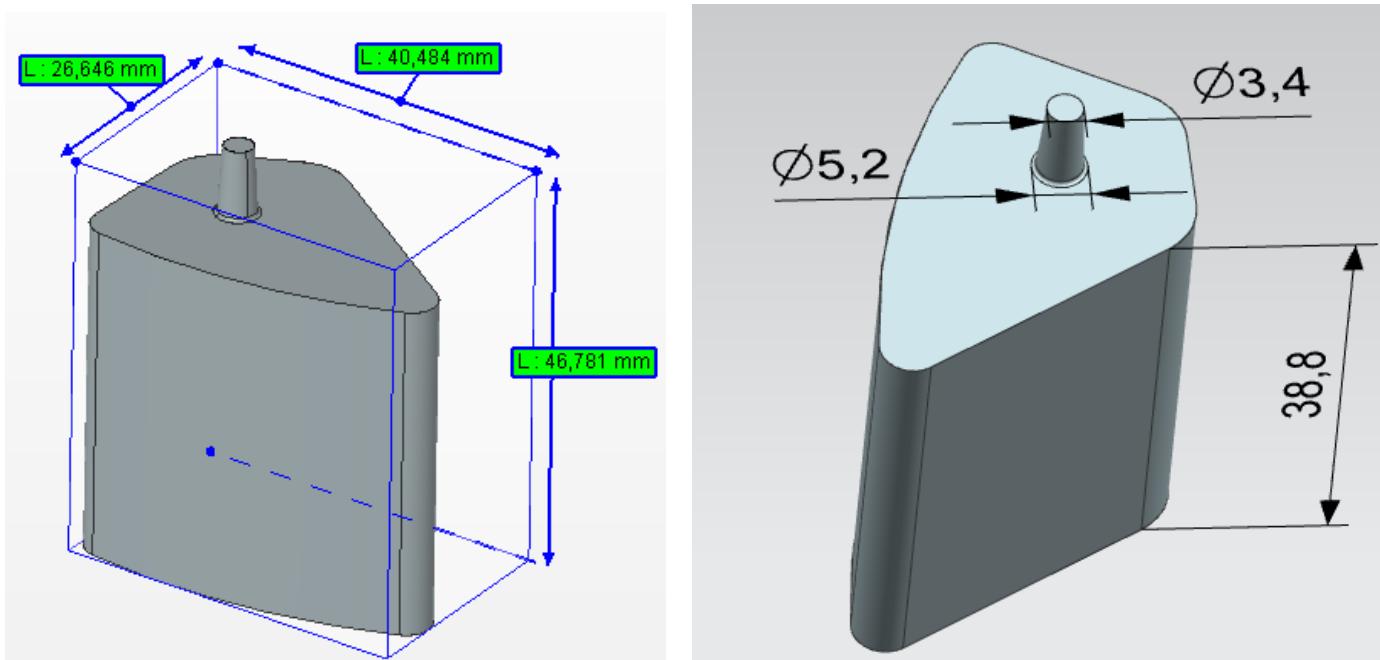


Fig 8.40 y 8.41 Cotas Torre 4

### Torre 5

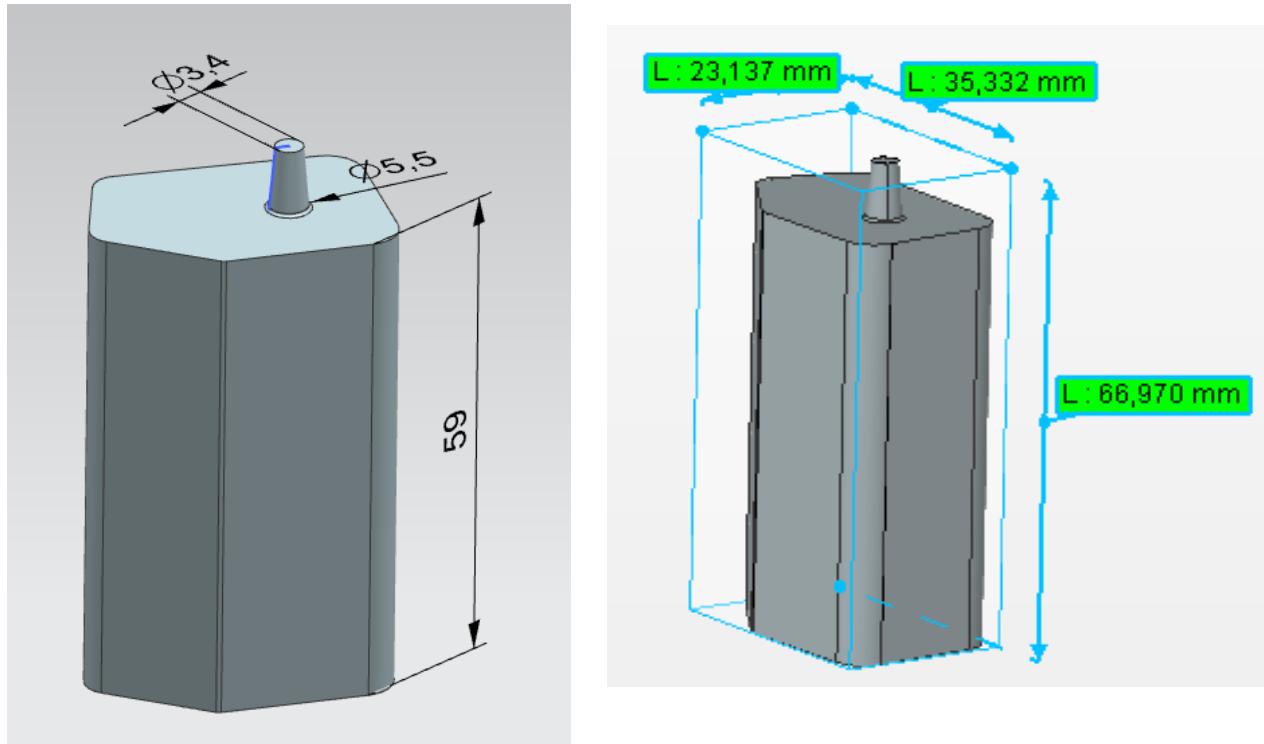


Fig 8.41 y 8.42 Cotas Torre 5

### Base general

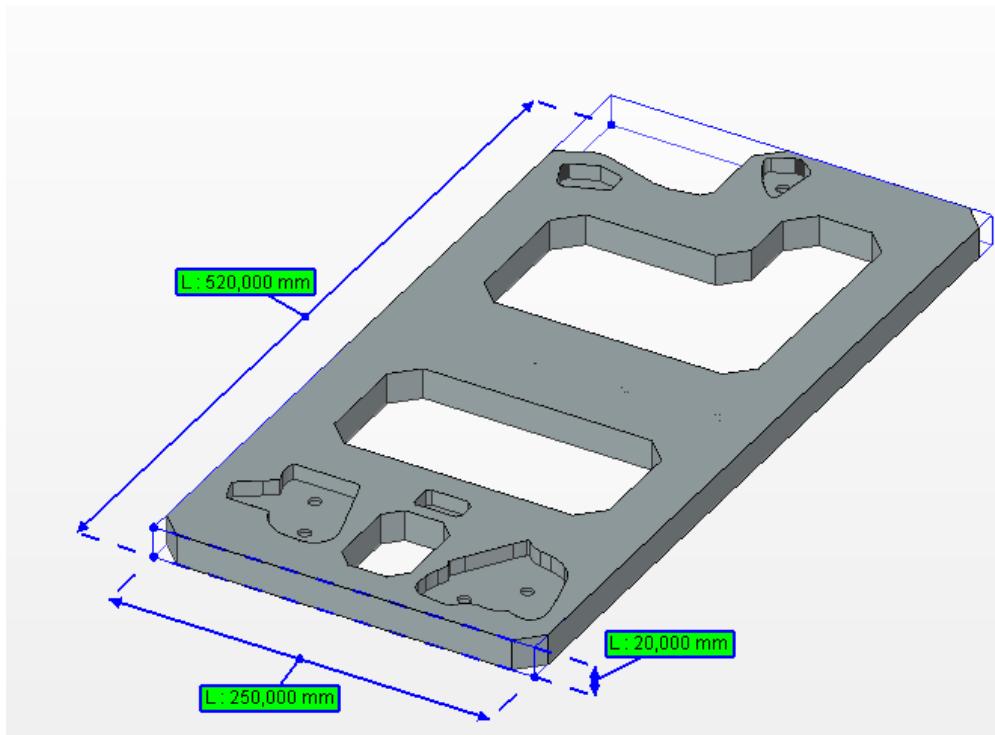


Fig 8.41 Cotas Base

En las torres se han realizado distintos agujeros roscados:

- En la Torre 3, se ha realizado un agujero roscado de 5mm de diámetro y 15 mm de longitud.
- En las Torres 4 y 5 se ha realizado un agujero roscado en cada una de ellas de 6.8 mm de diámetro y 20 mm de longitud.
- En las Torres 1 y 2 se han realizado dos agujeros roscados en cada una de ellas de 6.8 mm de diámetro y 20 mm de longitud.

En la base se han realizado distintos agujeros abocardados:

- En el hueco de la Torre 3 un agujero abocardado con diámetro de escariado igual a 11mm, 7mm de longitud de escariado y 5mm de diámetro de agujero.
- En los huecos de las Torres 4 y 5 se ha realizado un agujero abocardado en cada una de ellas de 14 mm de diámetro de escariado, 8mm de profundidad de escariado y 6.8 mm de diámetro de agujero.
- En los huecos de las Torres 1 y 2 se han realizado dos agujeros roscados en cada una de ellas de 14 mm de diámetro de escariado, 8mm de profundidad de escariado y 6.8 mm de diámetro de agujero.

### Base 1

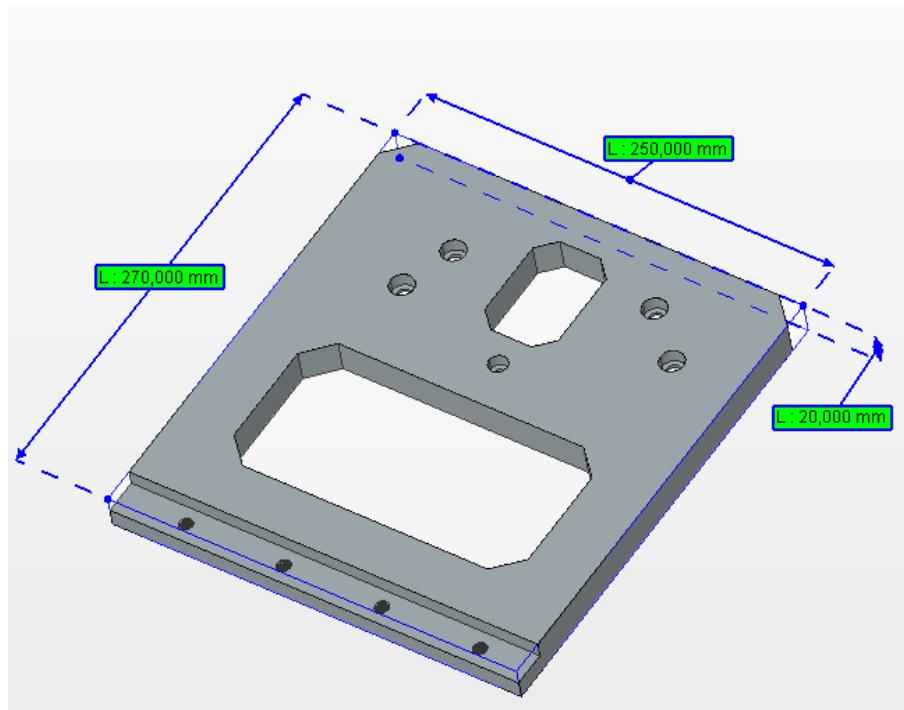


Figura 8.42 Base 1 (Cara inferior)

En este caso las uniones que se han realizado para unirla con la base 2 son agujeros roscados de 6.8mm de diámetro y 10mm de profundidad.

### Base 2

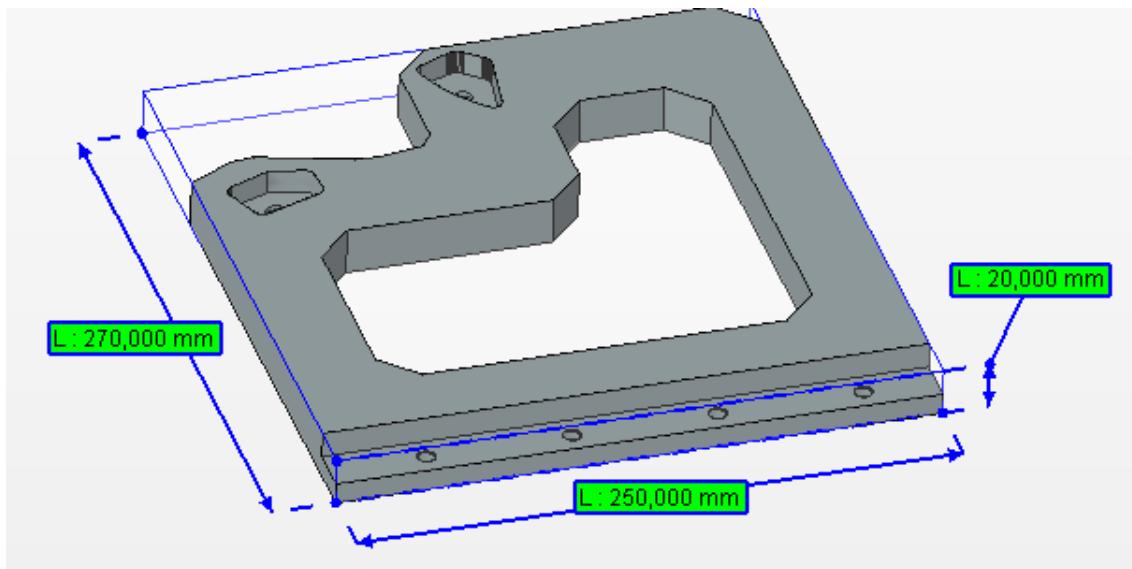


Figura 8.43 Base 2 (Cara superior)

En este caso los agujeros abocardados para la unión con la base 1 tienen un diámetro de escariado de 14 mm, longitud de escariado de 8mm y diámetro de agujero de 6.8mm.

### Medidas unión

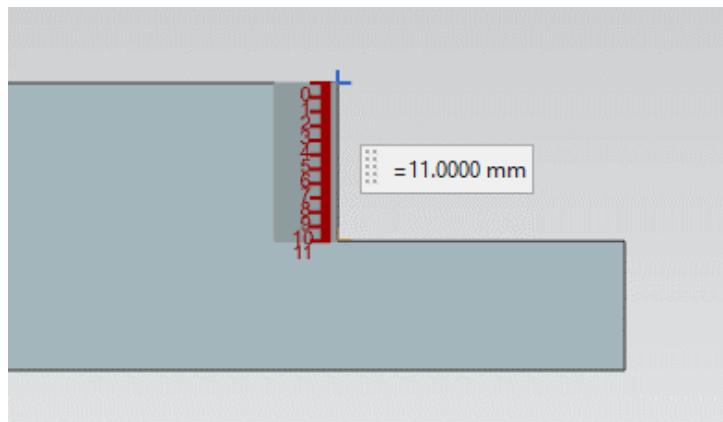


Figura 8.45 Altura escalón

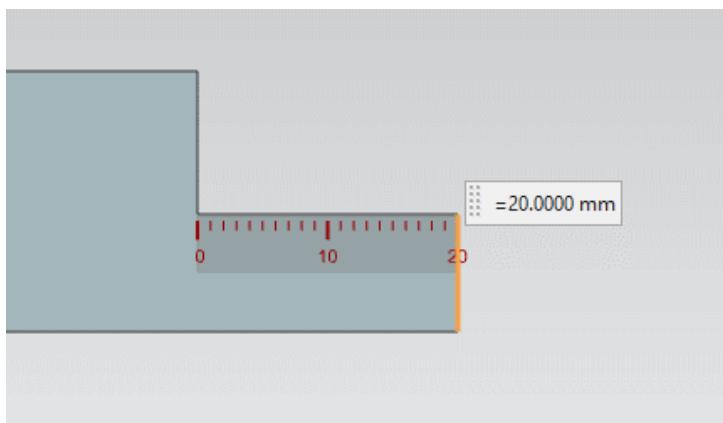


Figura 8.46 Longitud escalón

### 8.5.2 Soportes para salpicadero

#### Cotas generales salpicadero

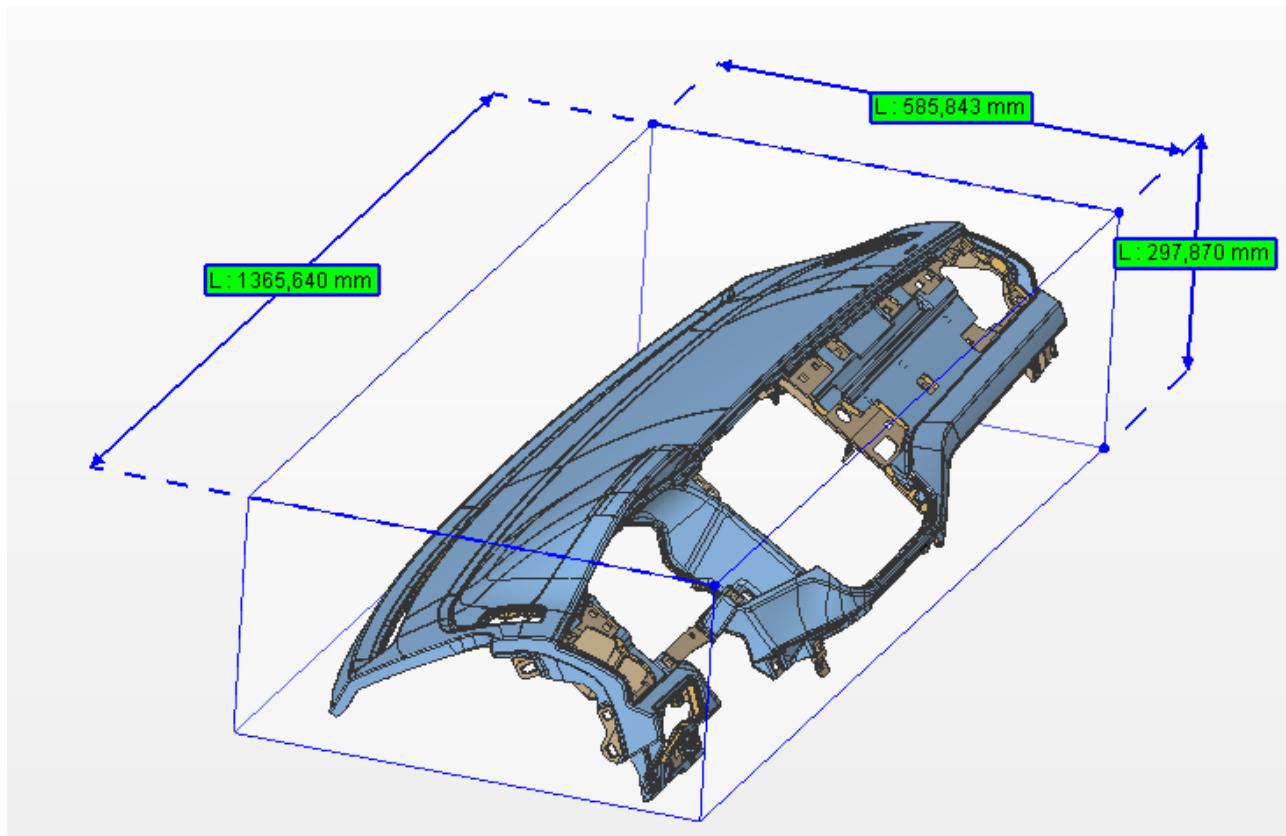


Fig 8.42 Cotas generales salpicadero

**TC**

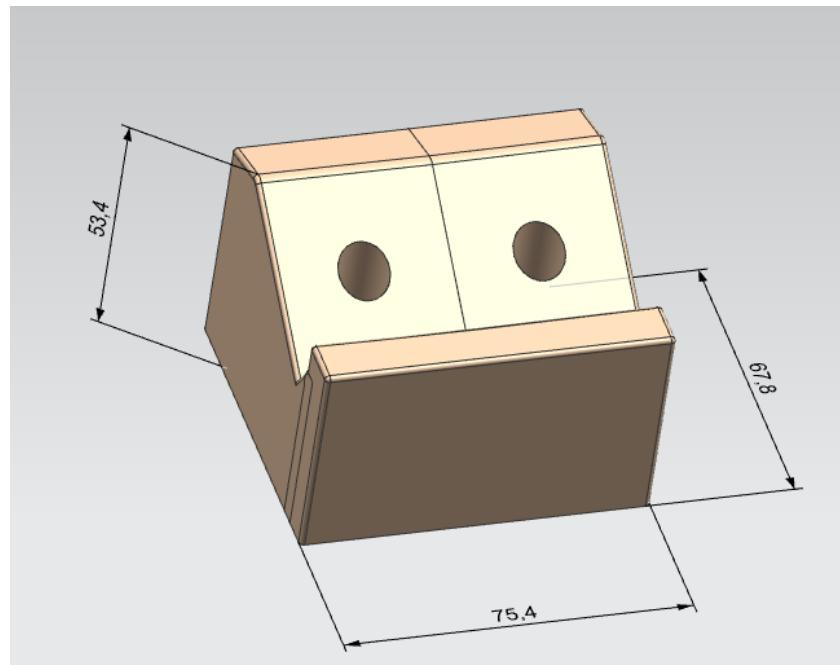


Figura 8.43 Cotas TC

**TV 1.1 y TV 1.2**

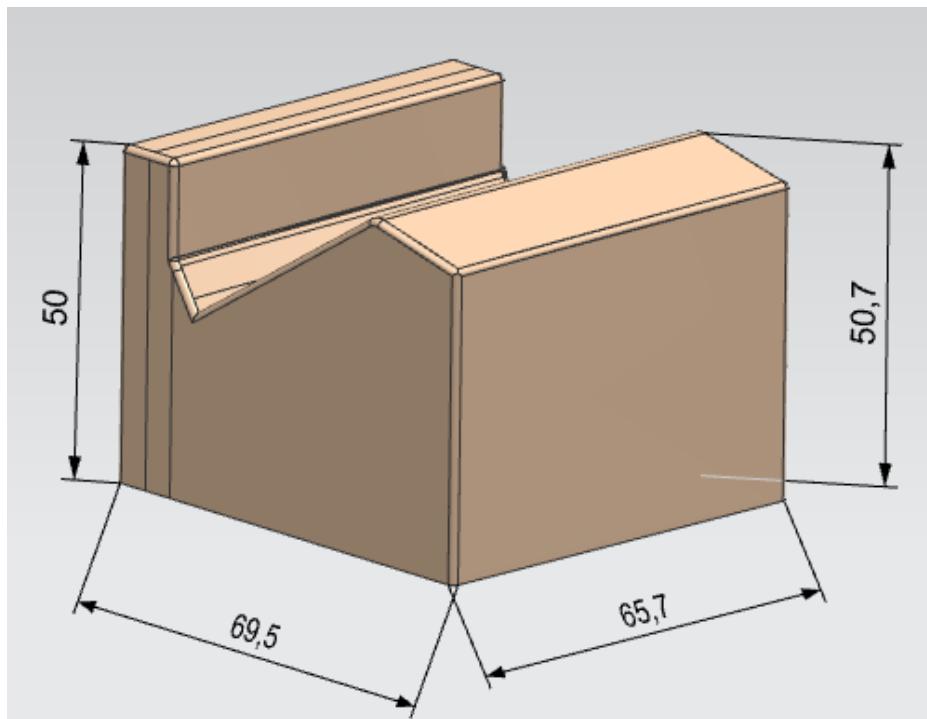


Figura 8.44 Cotas TV1.1 y TV1.2

### TV 2.1 y TV 2.2

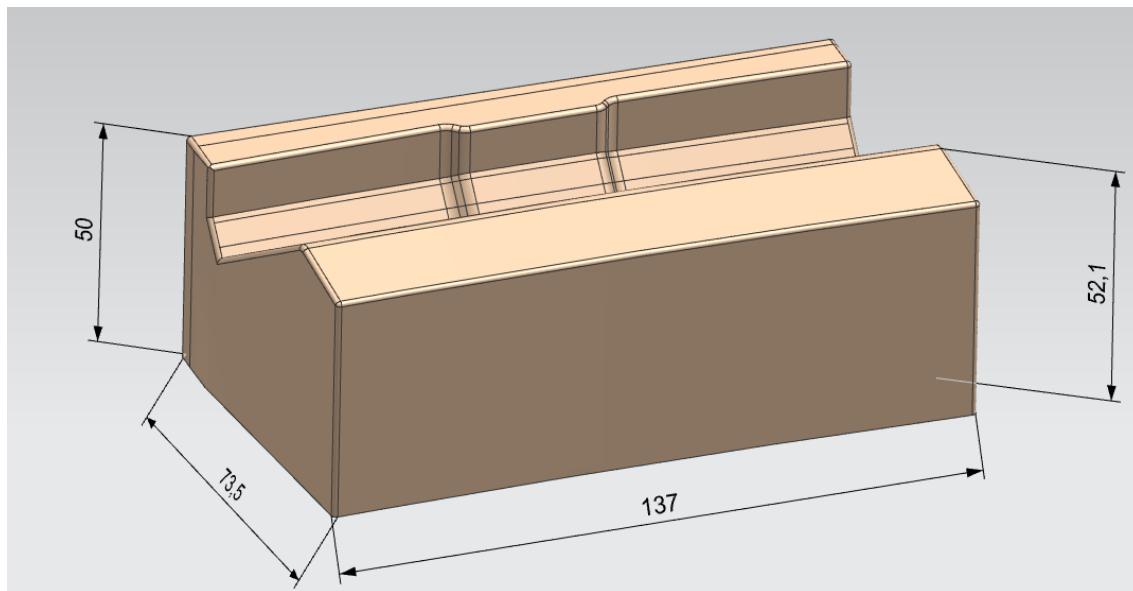


Figura 8.45 Cotas TV 2.1 y TV 2.2

### TL3

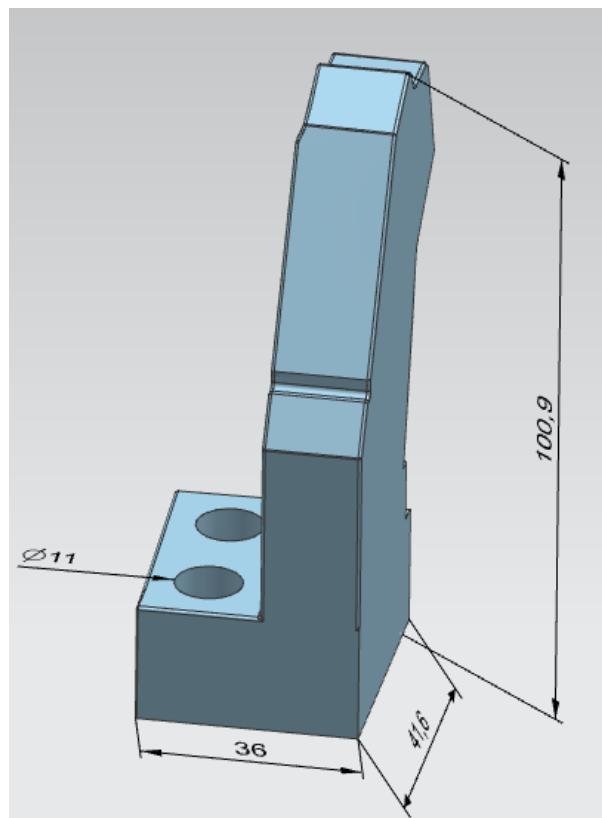


Figura 8.46 Cotas TL3

### TL 1.1 y TL 1.2

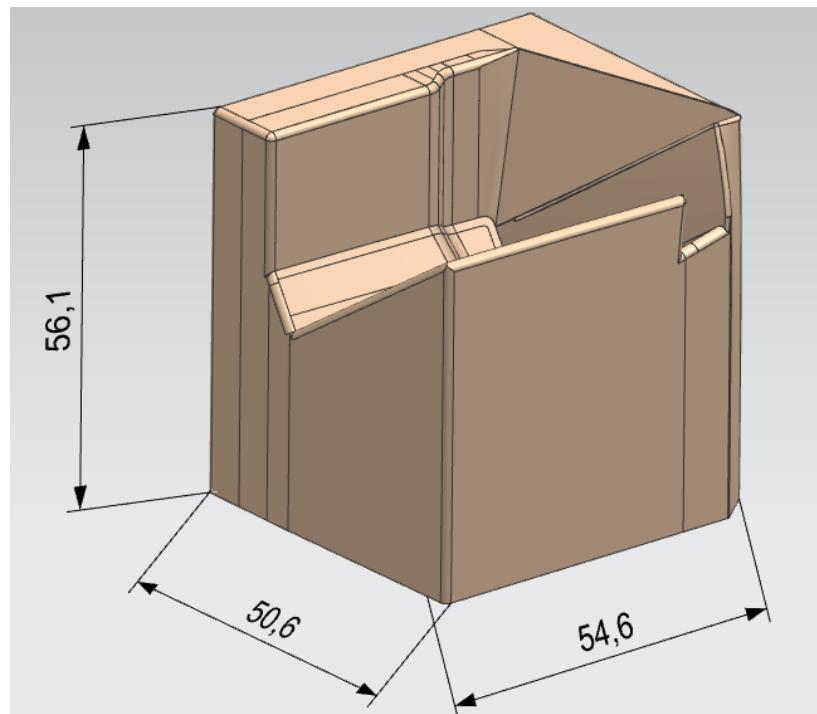


Figura 8.47 Cotas TL 1.1 y TL 1.2

### TL4

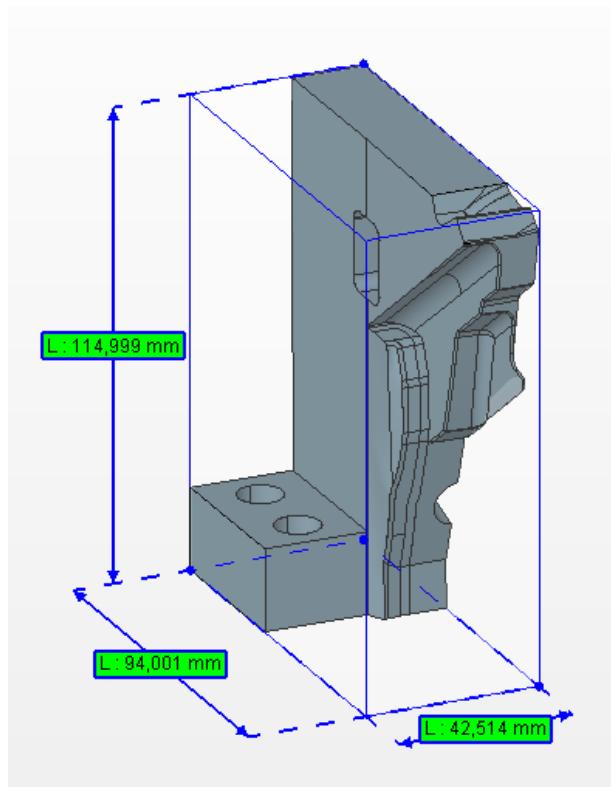


Figura 8.48 Cotas TL4

**TU**

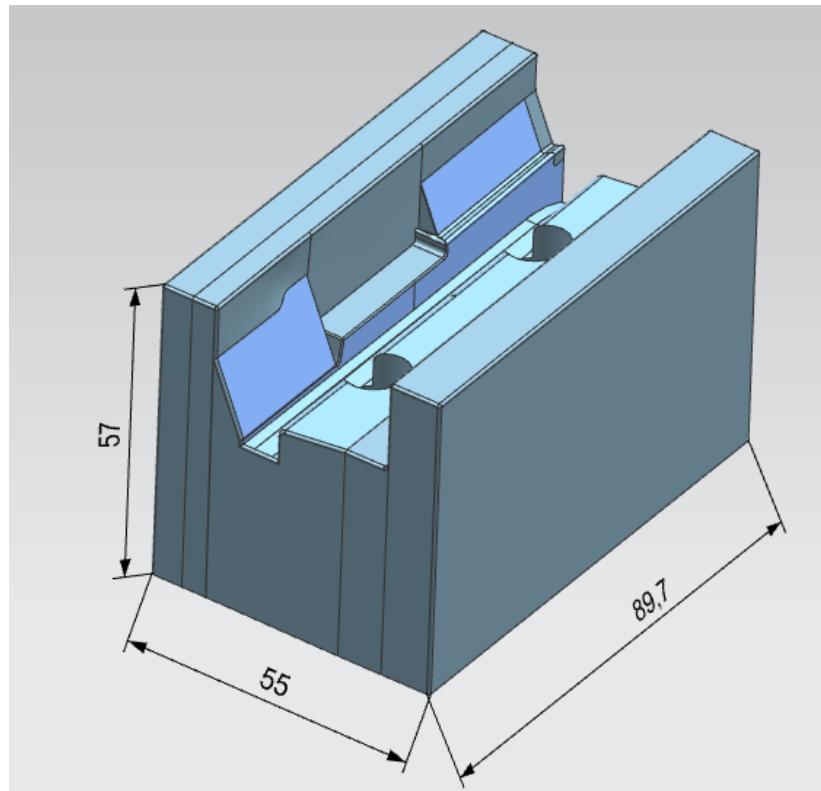


Figura 8.49 Cotas TU

Todos los agujeros son abocardados, con un diámetro de abocardado de 11 mm y diámetro de agujero de 5 mm. La longitud del agujero de diámetro de 5 mm es siempre de 10 mm. La longitud del abocardado depende de donde empiece el agujero.

### 8.5.3 Salpicadero con clips

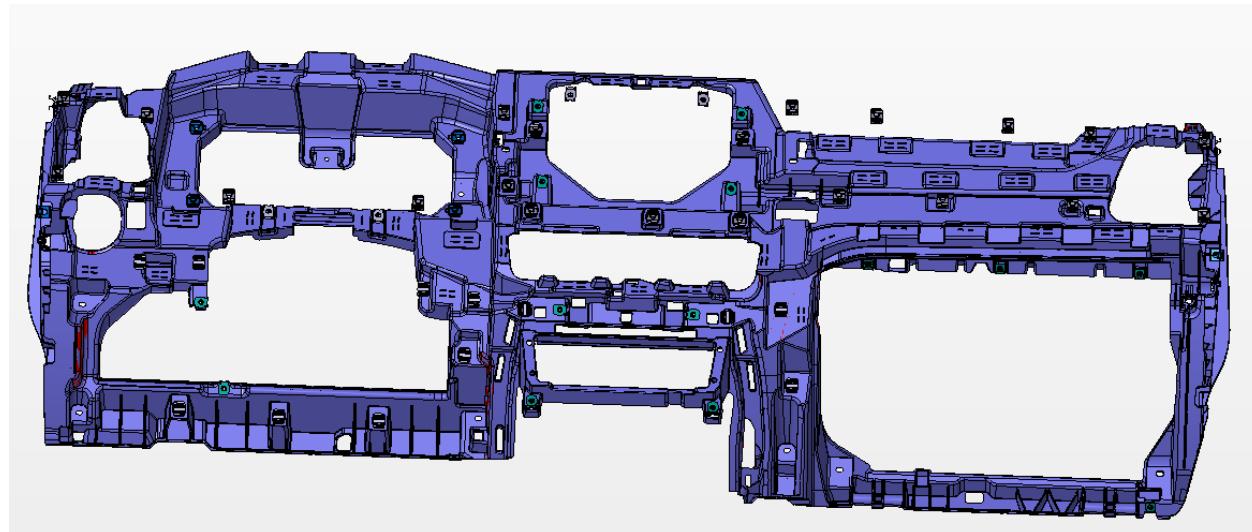


Figura 8.50 Salpicadero con clips

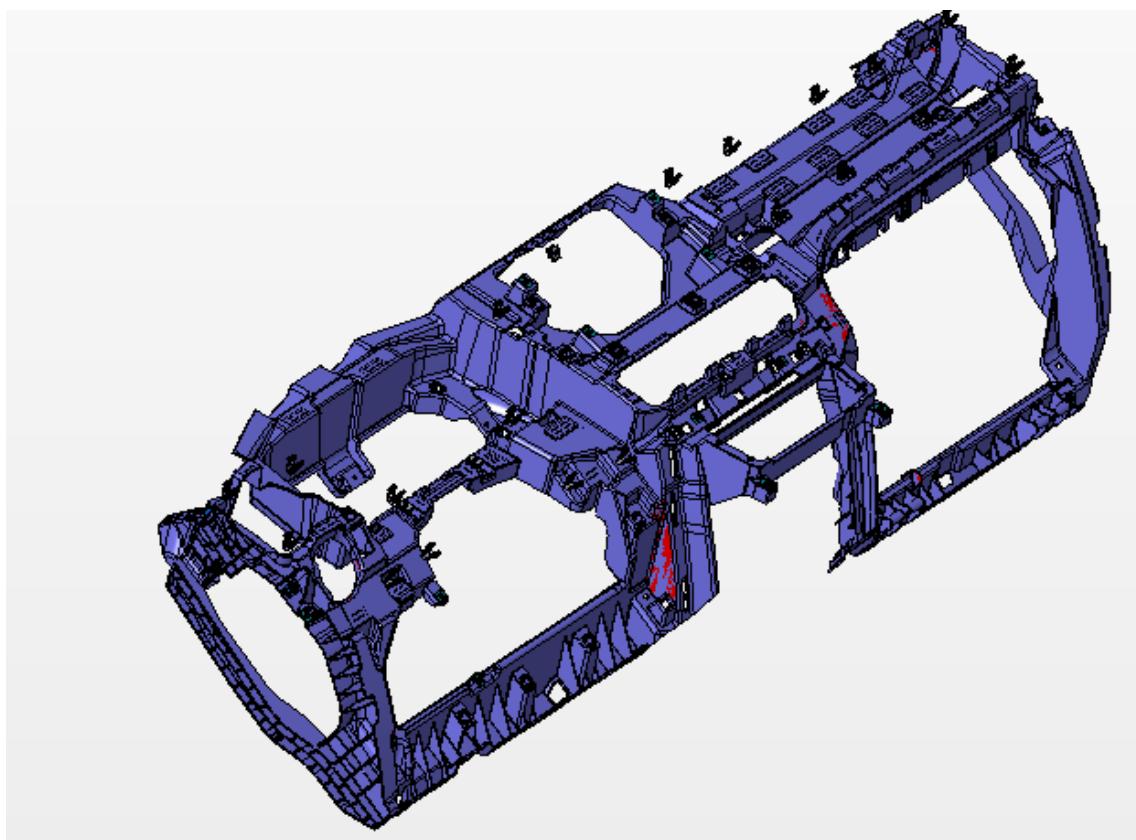


Figura 8.51 Salpicadero con clips

Estos son los clips que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar para que los utilajes no entorpezcan la colocación de los clips.

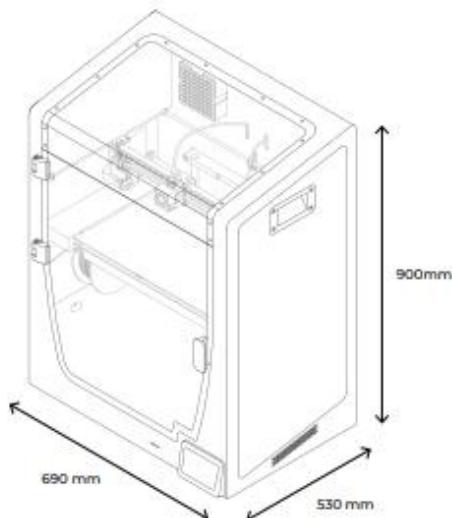
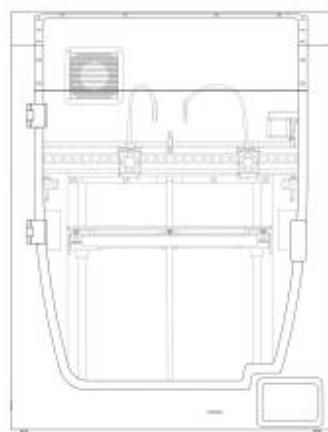
## 8.6 Documentación técnica impresoras

Aquí se muestran las características de las impresoras utilizadas para la realización de este trabajo

## 8.6.1 BCN3D Epsilon W50

### Specifications

#### BCN3D Epsilon W50



#### Printer properties

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>3D Printing Technology</b> | Fused Filament Fabrication (FFF)  |
| <b>Architecture</b>           | Independent Dual EXtruder (IDEX)  |
| <b>Printing volume</b>        | 420mm x 300mm x 400mm   |
| <b>Build chamber</b>          | Passive Heated Chamber<br>Fully enclosed<br>Safety Pause  |
| <b>Air filtering</b>          | Category H13 HEPA filter<br>Active Carbon filter  |
| <b>Number of extruders</b>    | 2   |
| <b>Warranty</b>               | 2 years for EU countries<br>1 year for non-EU countries   |
| <b>Extruder system</b>        | Extruder Bondtech™ high-tech dual drive gears<br>Hotends optimized and manufactured by e3D™                           |
| <b>Printing modes</b>         | Single mode<br>Duplication mode<br>Mirror mode<br>Multimaterial mode<br>Soluble Supports mode                         |
| <b>Electronics</b>            | Single Board Computer: Toradex ARM Compute Module<br>Motion Board: BCN3D Electronics with Independent Stepper Drivers |

# Specifications



## BCN3D Epsilon W50

### Printer properties

|                     |  |
|---------------------|--|
| Firmware            | BCN3D Embedded Linux distribution<br>BCN3D Epsilon - Marlin                            |
| Heated bed          | Silicone thermal pad   |
| Screen              | 5" full color capacitive touchscreen   |
| Supported languages | Spanish<br>English<br>German<br>French<br>Italian<br>Japanese<br>Portuguese<br>Chinese |
| Supported files     | *.gcode  |
| Operating sound     | 49 dB(A)   |
| Nozzle diameter     | Brass nozzle: 0,4mm (default)   0,6mm   0,8mm   1,0mm<br>Hotend X: 0,6mm               |
| Certifications      | CE / FCC   |
| Connectivity        | Offline printing: SD card<br>Online printing: WiFi or Ethernet (through BCN3D Cloud)   |

### Materials

|                      |  |
|----------------------|--|
| Filament diameter    | 2,85 ± 0,05 mm   |
| Compatible materials | Standard materials: PLA, PET-G, TPU 98A, PVA<br>Technical materials: ABS, PP, PA<br>Composite materials (only with Hotend X): PP GF30, PAHT CF15 |
| Open filament system | Yes  |

### Physical properties

|                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| Overall dimensions      | 690mm (W) x 530mm (D) x 900mm (H)  |
| Weight                  | 37kg                               |
| Shipping box dimensions | 800mm (W) x 600mm (D) x 1230mm (H) |
| Shipping weight         | 50kg                               |
| Shipping method         | Half Europallet                    |

# Specifications



## BCN3D Epsilon W50

### Printing properties

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Recommended profiles               | Layer height: 0,2mm   0,3mm   0,4mm (depending on nozzle diameter) |
| Layer height                       | 0,05mm - 0,5mm (custom profiles)                                   |
| Positioning resolution (X / Y / Z) | 1,25µm / 1,25µm / 1µm  |
| Operating temperature              | 15 °C - 30 °C  |
| Extruder maximum temperature       | 300 °C   |
| Heated bed maximum temperature     | 120 °C   |
| Build chamber maximum temperature  | 60 °C (depending on operating temperature)                         |

### Electric Properties

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Input                     | AC 84-240V, AC 3,6-1,3A, 50-60Hz |
| Maximum power consumption | 840W                             |

### Software

|                           |   |
|---------------------------|---|
| File preparation software | BCN3D Cura  |
| Operating Systems         | Windows, Mac, Linux   |
| Supported files           | STL, 3MF, OBJ, AMF  |
| Wireless connectivity     | BCN3D Cloud   |
| Supported browsers        | Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Safari, Opera |

### 8.6.2. Sindoh 3DWOX 2X

# Sindoh 3DWOX 2X



| ESPECIFICACIÓN                       | DESCRIPCIÓN                                     |
|--------------------------------------|---|
| <b>Impresión</b>                     |   |
| Tamaño máximo de construcción        | 228 x 200 x 300 mm                              |
| Grosor de la capa                    | 0.05 ~ 0.40 mm                                  |
| Cabezal de impresión                 | Boquilla doble independiente                    |
| Diámetro de la boquilla              | 0.40 mm   |
| <b>Filamentos</b>                    |   |
| Diámetro del filamento               | 1.75 mm   |
| Material                             | PLA, ABS, Flexible, PVA                         |
| Sistema de carga                     | Auto carga / descarga                           |
| <b>Imprimir cama</b>                 |   |
| Material                             | Cama de metal flexible                          |
| Nivelación de la cama                | Semi-Auto (Soporte Nivelación Activa)           |
| <b>Software de Corte</b>             | 3DWOX Software de escritorio disponible         |
| <b>Tipos de archivo de soporte</b>   | Stl, Ply, Obj, G-code (RepRap), Amf             |
| <b>Opciones de conectividad</b>      | USB 3.0 Device / 2.0 Host, Ethernet (1G), Wi-Fi |
| GUI                                  | 5-inch Pantalla táctil a todo color             |
| Lámpara LED                          | Instalado internamente                          |
| Monitoreo Web                        | PC, Smartphone, Tablet                          |
| Filtrar                              | Filtro HEPA                                     |
| Nivel de ruido                       | PLA : 45dB(A), ABS: 40dB(A)                     |
| Tamaño de la Impresora (An x P x Al) | 490 x 466 x 573 mm                              |
| Peso de la Impresora                 | 31kg (68 lb)                                    |

