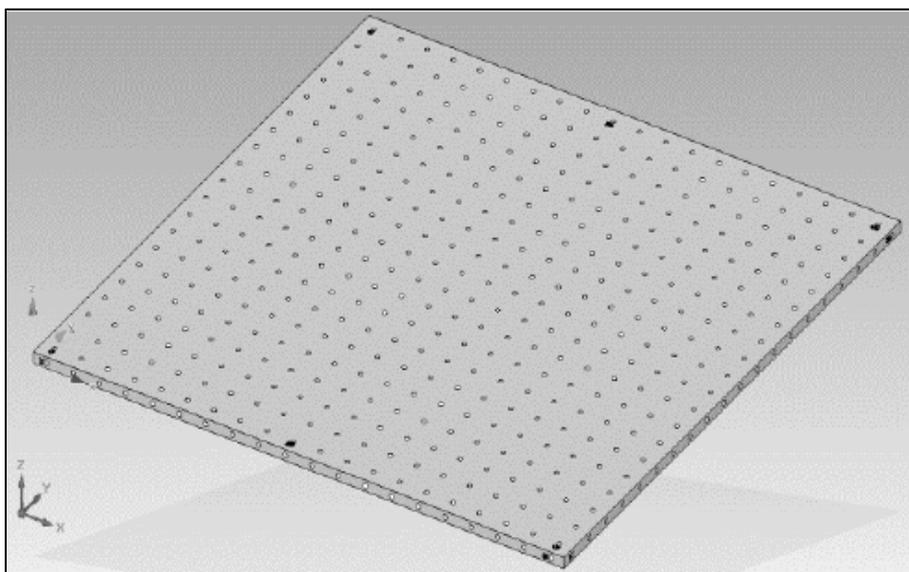


# Anexo

## Diseño de la pieza patrón

Una vez conocidas las principales características que deben cumplir las piezas patrón, se ha seguido un proceso de optimización desde un diseño básico inicial hasta el diseño final utilizado en el presente trabajo. En este Anexo se explica el proceso.

La primera opción que se barajó y por tanto el punto de partida para alcanzar el diseño definitivo fue el de una única base con una gran cantidad de agujeros [5], los cuáles se medirían con mucha facilidad. Este diseño se muestra en la Figura A.1:

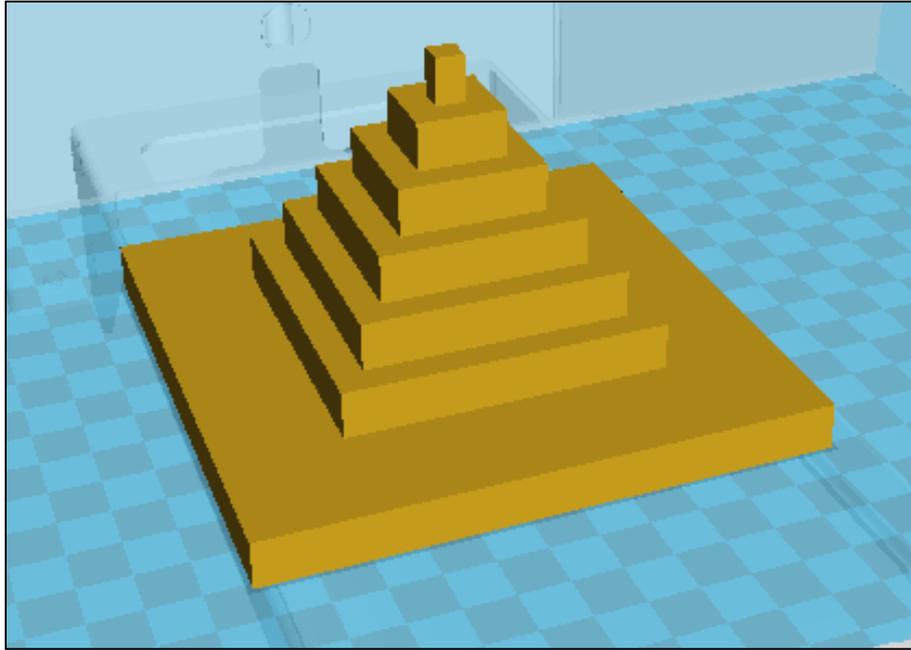


**Figura A.1** Opción 1): Base inicial

Este tipo de pieza patrón es muy válido en el caso de querer obtener información exclusivamente de los ejes X e Y a una determinada cota Z. En caso de querer obtener información en diferentes alturas del eje Z, habría dos opciones. La primera de ellas sería repetir esta pieza patrón pero a otra altura. La siguiente opción, que es la que finalmente se ha utilizado, consiste en hacer varias bases a diferentes cotas, simulando una pirámide. De esta forma, se obtiene también algo de información del eje Z, que aparentemente es el que tiene mejor resolución de los tres.

Se puede apreciar que en esta primera propuesta ya están situados los alojamientos cónicos que se van a utilizar, a diferencia de los siguientes diseños, en los que se ha preferido establecer primero el diseño definitivo antes de situar los agujeros. Estos serán calculados posteriormente.

La siguiente opción considerada, y evolución de esta primera propuesta es una pirámide, con 7 bases, cada una de ellas de 10 milímetros de espesor, por lo que las dimensiones de la pieza serían 114x114x70mm. Se ha decidido que el tamaño de la base inicial sea el comentado porque para la mayor parte de las piezas que se fabrican con estas impresoras, no se requiere de toda la superficie de impresión. Este segundo diseño es el que se muestra en la Figura A.2.



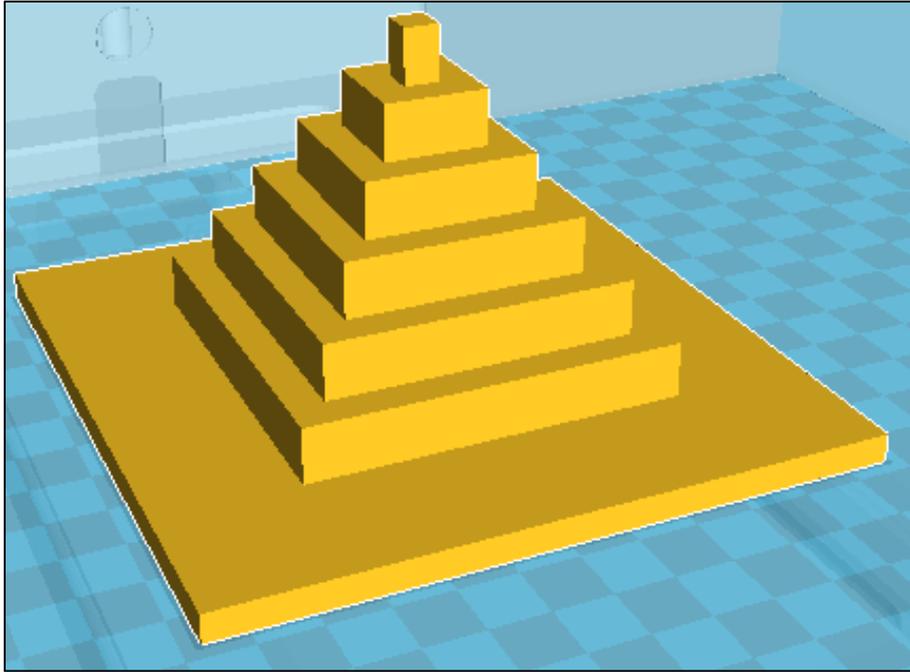
**Figura A.2** Opción 2): Pirámide bases 10 mm. de espesor

Para calcular el tiempo aproximado de impresión, así como el material consumido, se han utilizado los siguientes parámetros de impresión:

- Altura de capa: 100 micras
- Densidad: 15%
- Velocidad de impresión: 40 mm/s

El tiempo de fabricación de esta pieza con los parámetros mencionados sería de 9 horas, utilizando 72 gr. de material, según el programa Cura. Hay que tener en cuenta que en estos bocetos iniciales, no se han dibujado los agujeros, puesto que como el número de alojamientos no va a variar, el tiempo de fabricación de estos es el mismo independientemente de las alturas de las diferentes bases. El objetivo inicial es poder realizar una comparación entre los diferentes diseños y obtener el definitivo.

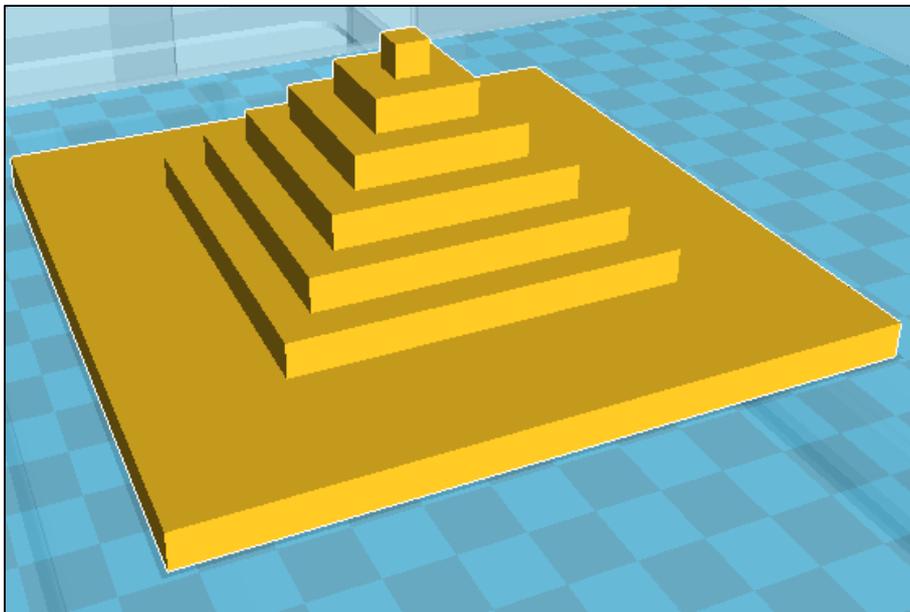
Con el propósito de reducir tanto el tiempo como el material empleado, se presentan diferentes propuestas, variando las alturas de las bases. El segundo diseño planteado contempla una disminución de la altura de la capa inicial, puesto que es la que más volumen abarca. En lugar de tener un espesor de 10 mm, se ha reducido a 6 mm. La altura total de la pieza se reduce a 64 mm y se puede observar en la Figura A.3:



**Figura A.3** Opción 3): Pirámide base inicial 6 mm

El tiempo de fabricación se ha reducido en 90 minutos, siendo el tiempo de impresión de 7 horas 30 minutos y un peso total de 58 gr.

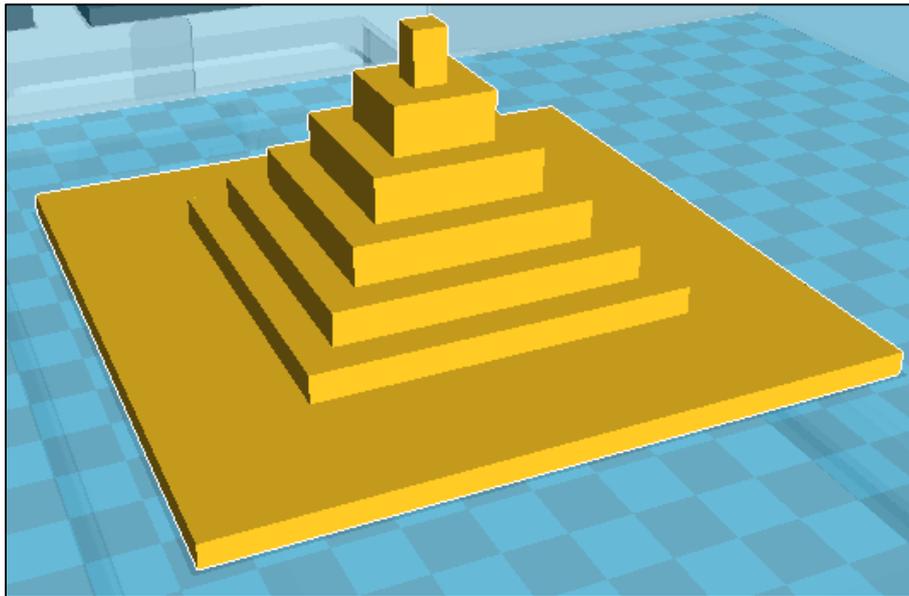
Se considera que todavía hay margen para optimizar tanto el volumen de la pieza y por tanto su peso como el tiempo de fabricación de la misma. El tercer diseño que se propone consiste en la reducción de todas las alturas de las bases a 6 mm, lo que supondría una altura total de 42 mm. Se puede observar en la Figura A.4:



**Figura A.4** Opción 4): Pirámide bases 6 mm

El tiempo de fabricación de esta pieza es de 6 horas y 44 minutos, mientras que su peso es de 50 gr.

La última opción planteada consiste en aumentar la altura de las bases linealmente, a razón de 1 mm por cada una de las bases, empezando con una altura de la base inicial de 4 mm y terminando con la base final de 10 mm.



**Figura A.5** Opción 4): Pirámide bases progresivas

El tiempo de fabricación es de 6 horas 17 minutos y se emplean 45 gr.

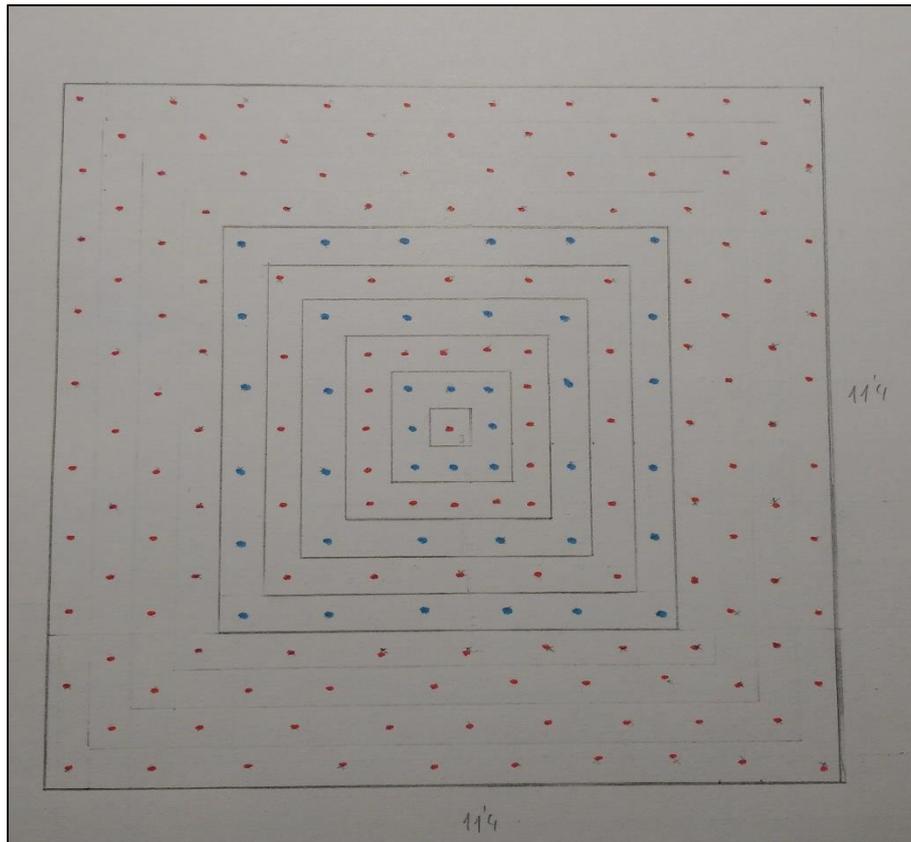
Se considera adecuado este último diseño, puesto que permite situar la misma cantidad de alojamientos que la base inicial, pero proporcionando también datos a diferentes alturas. Ahora, se posicionan los agujeros en la superficie de las diferentes bases.

El número de alojamientos cónicos máximo por cada nivel, teniendo en cuenta que la separación entre cada alojamiento es de 12 mm, se puede observar en la Tabla A.1, así como las dimensiones de cada una de las bases cuadradas. Se ha reducido también el número de alojamientos a utilizar, dado que se obtenían 361 agujeros, lo que alargaría de forma innecesaria el proceso de medición, siendo 193 puntos más que suficientes para realizar esta verificación:

Base	Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)	Nº puntos inicial	Nº puntos optimizado
1	114	114	4	240	120
2	66	66	9	40	20
3	54	54	15	32	16
4	42	42	22	24	12
5	30	30	30	16	16
6	18	18	39	8	8
7	6	6	49	1	1
				Total: 361	Total: 193

**Tabla A.1** Dimensiones bases y número de alojamientos

La distribución de los puntos optimizada es la que se puede observar en la Figura A.6:

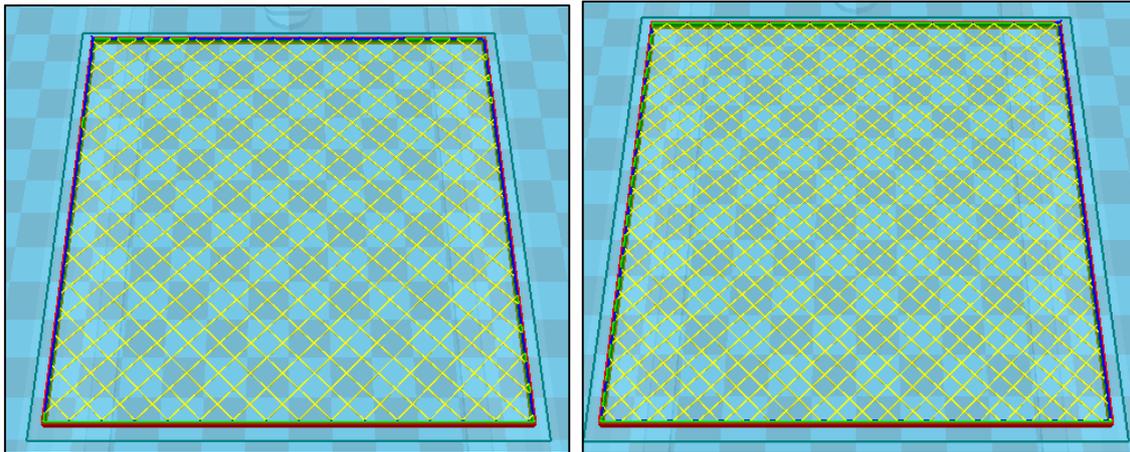


**Figura A.6** Distribución puntos optimizada

En las tres bases superiores se han puesto todos los puntos posibles, separados por 6 mm., mientras que en el resto de bases se han puesto la mitad de los puntos posibles, obteniendo un total de 193 puntos. En caso de que fuera necesario disminuir o aumentar alguna de estas zonas con más puntos sería posible, al igual que si se quisiera disminuir. Los puntos rojos y azules indican que están a diferente altura.

Además de realizar variaciones en la altura de los escalones, se podrían modificar tanto el número de escalones como la densidad con la que se fabrique finalmente la pieza. En cuanto al número de escalones, se considera adecuado, así como el tiempo de fabricación que requiere y su peso.

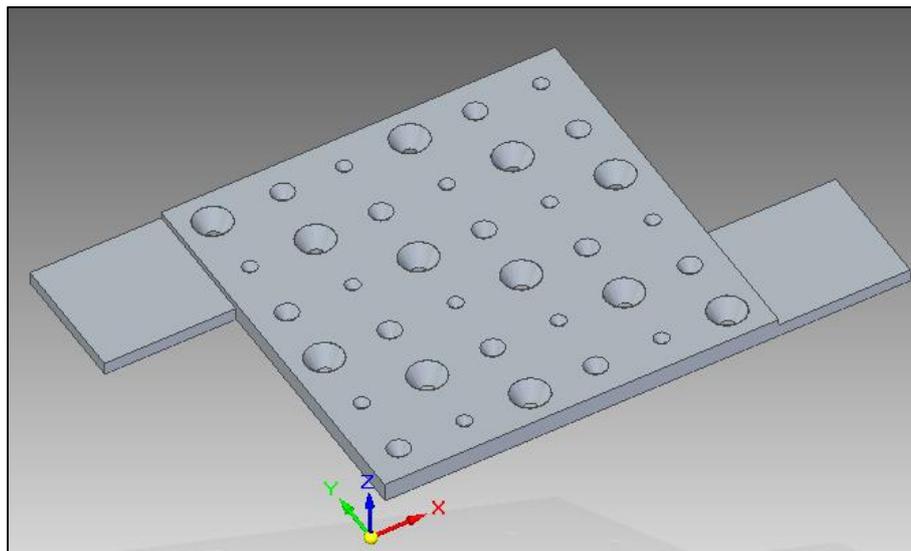
En lo que a la densidad respecta, interesa que la pieza sea suficientemente estable en el proceso de medición y que no sufra deformaciones al realizar el palpado de los alojamientos. A continuación se muestra en la Figura A.7 la estructura interna de la pieza, sin incluir los agujeros de medición, con un 15 y 20 % de densidad:



**Figura A.7** 15% y 20% de densidad

El aumento del tiempo de fabricación aumentando un 5% la densidad sería de 1 hora 25 minutos.

Por último, se ha realizado una pieza patrón de pequeñas dimensiones con alojamientos preparados para diferentes tamaños de palpador, de 2, 3 y 5 mm., con el objetivo de evaluar con cuál de todos ellos se obtiene una medición más precisa. La pieza es la que se puede observar en la Figura A.8.



**Figura A.8** Pieza patrón con tres tipos de agujero

Tras realizar las mediciones correspondientes, se observó que los alojamientos de menor tamaño son los que proporcionaban las mediciones más precisas, por lo que se decidió utilizar los correspondientes al palpador de punta esférica de 2 mm.