

ENTREGABLE E6

PROYECTOS—

2023-2024

ESTUDIO DE ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD
MINIMIZANDO LAS DEFORMACIONES EN MATERIALES POLIMÉRICOS
CON TECNOLOGIAS DE FABRICACIÓN ADITIVA SLS Y LCD PARA
APLICACIONES INDUSTRIALES “ESTRADOS”

Entregable: Estudio de diferentes texturizados realizados a piezas y presentación de demostradores.

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22300043

Expediente: IMDEEA/2023/15

Duración: 01/07/2023- 31/10/2024

Coordinado en AIDIMME por: Jenny Zambrano

ÍNDICE

1	<i>Introducción y objetivos del entregable</i>	1
1.1	Resumen del trabajo realizado	2
2	<i>Actividades realizadas</i>	3
2.1	Estudio de la metodología para la aplicación de texturas 3D sobre superficies complejas (Tarea 6.1)	3
2.1.1	Generación de texturas con el software SolidWorks:	3
2.1.2	Generación de texturas con el software 4D Additive	10
2.2	<i>Desarrollo de demostradores industriales (T6.2)</i>	16
2.2.1	Empresa colaboradora 1 GH ELECTROTERMIA S.A	16
2.2.2	Empresa colaboradora 2 VALVER SPEED AIR S.L:	18
2.2.3	Empresa colaboradora 3 CLINICA GIRONÉS:	20
2.2.4	Empresa colaboradora 4 CLADES COMPOSITES S.L:	22
3	<i>Conclusiones</i>	24

1 Introducción y objetivos del entregable

El objetivo general del proyecto ESTRATOS es el estudio de estrategias para maximizar la productividad minimizando las deformaciones en materiales poliméricos con tecnologías de fabricación aditiva SLS y LCD para aplicaciones industriales, para el alcance del objetivo principal de este estudio se requieren los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollo de estrategias que maximicen la productividad, minimizando efectos como la deformación en la solidificación conocida como “warping”.
2. Caracterización de muestras antes y después de envejecimiento, para verificar la capacidad de estas tecnologías para su aplicación en productos finales tanto para interiores como para exteriores en materiales expuestos a la intemperie.
3. Estudio de factibilidad y/o adecuación de diferentes texturizados sobre piezas finales
4. Obtención de demostradores para diferentes aplicaciones a nivel industrial

El presente entregable está relacionado con las actividades desarrolladas en el paquete de trabajo 6, “Desarrollo de demostradores industriales”

Los objetivos para este paquete de trabajo se dividen en dos tareas, una primera donde se estudiará la metodología para texturizar superficies en piezas obtenidas por las tecnologías del estudio y una segunda parte donde se establecerán y realizarán los demostradores acordados con las empresas colaboradoras del proyecto, tareas que se mencionan:

Tarea 6.1. Estudio de la metodología para la aplicación de texturas 3D sobre superficies complejas

Tarea 6.2: Desarrollo de demostradores industriales

1.1 Resumen del trabajo realizado

A continuación, se muestra un resumen de las actividades del paquete de trabajo 6, del proyecto ESTRATOS:

En una primera tarea de este paquete se ha realizado el estudio con el uso de dos (02) softwares específicos (SolidWorks y 4D Additive) para generar texturas tridimensionales adaptadas a superficies complejas evaluando su resultado en ambas tecnologías (SLS / LCD). La superficie compleja seleccionada para el estudio han sido esferas, por la dificultad al cerrar la malla del texturizado; se han visto las limitaciones en el gradado y realizado un aporte en el uso de estas tecnologías para fabricar piezas con texturas.

En la segunda tarea, se ha cumplido el objetivo de valorar los resultados obtenidos en el proyecto planteando diferentes demostradores de carácter industrial. Para ello se ha estado en comunicación constante con las 4 empresas colaboradoras que trabajan en diferentes aplicaciones finales y que son potenciales usuarias de estas tecnologías (SLS, LCD), se han fabricado piezas en los materiales Flexa Performance, PP y PA11 Onyx en la tecnología SLS y en las resinas DL110HB, HARD, High Temp y Rigid DLFR en la tecnología LCD, piezas con diferentes complejidades geométricas y tamaños, con o sin texturas. El objetivo se ha alcanzado con éxito recibiendo validaciones de algunas de las piezas demostradores. El detalle de las comunicaciones con las empresas se puede ver en el entregable E3 de este proyecto.

2 Actividades realizadas

2.1 Estudio de la metodología para la aplicación de texturas 3D sobre superficies complejas (Tarea 6.1)

Estudio de diferentes softwares para generar texturas tridimensionales, diseño de estructuras a medida (gradadas) y metodología para texturizar piezas con geometrías complejas

La pieza con geometría compleja seleccionada para esta tarea es una pieza con forma esférica, acompañada de una base y una marca de referencia. Esta pieza ha sido diseñada hueca en su interior para optimizar el uso de material, figura 1.

Se ha realizado un diseño paramétrico y se han empleado dos softwares diferentes para la creación de texturas: **SolidWorks** y **4D Additive**.



Ilustración 1. Pieza seleccionada para realizar el estudio de texturas 3D.

2.1.1 Generación de texturas con el software SolidWorks:

A continuación, se describen los pasos para generar texturas utilizando el software de modelado SolidWorks:

- Selección de la Pieza:** Una vez diseñada la pieza, se seleccionan las caras a las que se desea aplicar la textura.
- Edición de Apariencia:** Tras la selección de las caras, se debe hacer clic en “Editar Apariencia”.

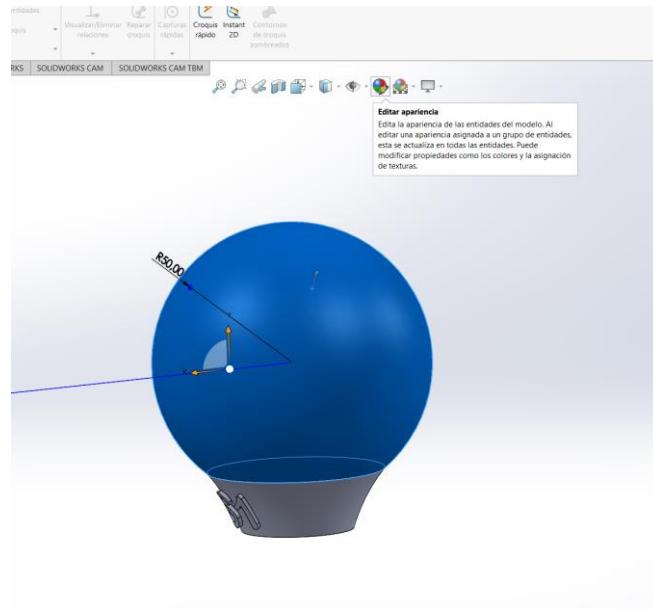


Ilustración 2. Editor de apariencia en Solidworks.

3. **Selección de Textura 3D:** Se pueden emplear texturas predefinidas o cargar nuevas texturas. Para este ejemplo, se utilizó la textura **Relieve Estriado 9**.

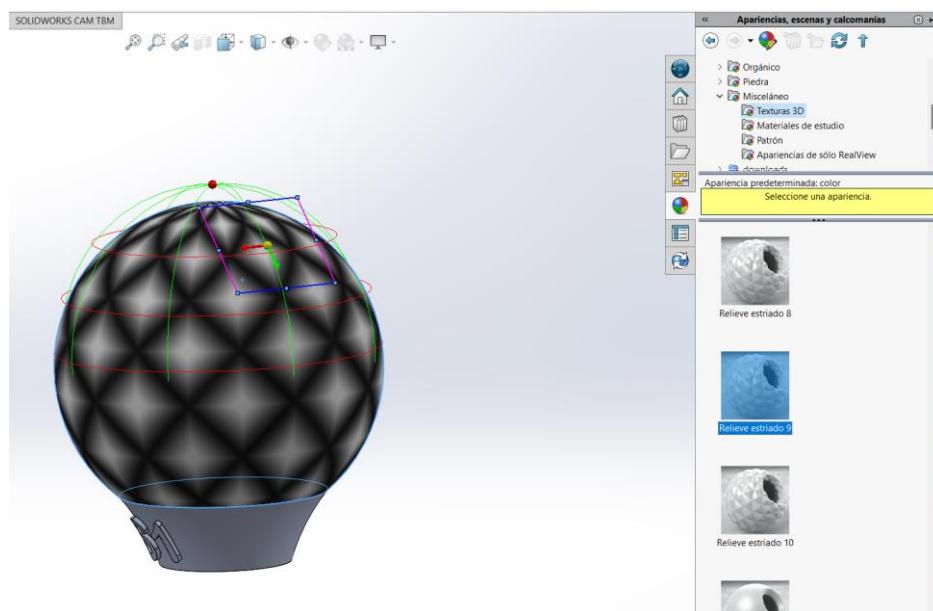


Ilustración 3. Imagen del relieve estriado 9.

4. **Personalización de Textura:** La textura se personaliza para que abarque correctamente la zona seleccionada. En este caso, se realiza una asignación esférica, ajustando el ancho y alto de la textura.

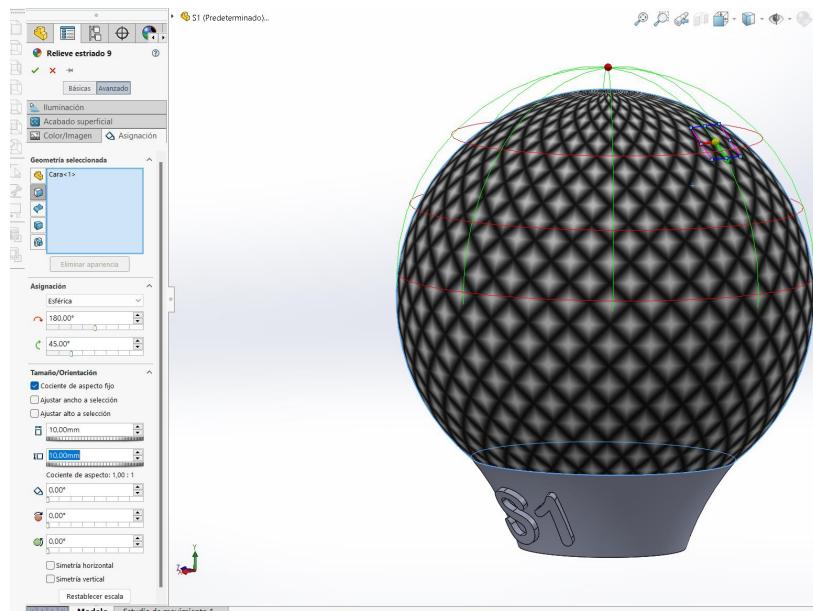


Ilustración 4. Ajuste de ancho y alto de la textura.

5. Generación de la Textura 3D: Finalmente, se selecciona la opción de "Textura 3D" y se genera la textura. Donde es importante:

- Seleccionar un refinamiento de malla adecuado. Un porcentaje más alto implica un mayor tamaño del archivo.
- Ajustar la equidistancia de la textura, es decir, la altura máxima en la que la textura sobresale de la superficie de la pieza.
- Seleccionar el tamaño del elemento. Cuanto mayor sea el tamaño del elemento, menor será la triangulación y menor será el tamaño del archivo.

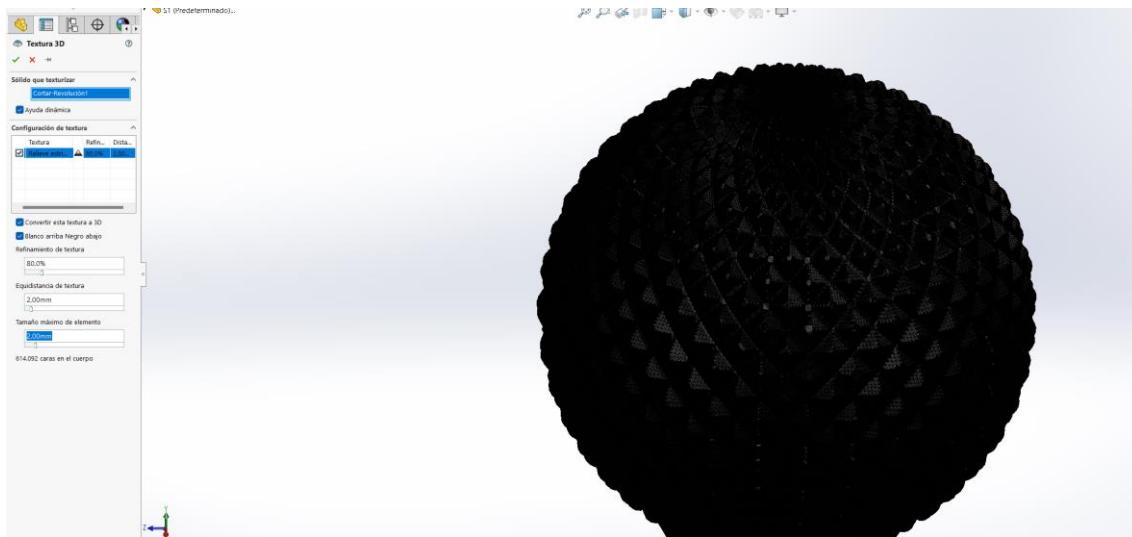


Ilustración 5. Ejemplo de refinamiento de textura, equidistancia de textura y tamaño máximo de elemento.

A continuación, se muestran las texturas generadas en el programa SolidWorks:

Para SolidWorks, se ha decidido realizar un patrón de textura estriada, para conocer cómo se comporta creando texturas de repetición, como puede verse en la tabla se han generado tres tipos de texturas S1, S2 y S3, siendo esta la metodología recomendada en esta tarea para producir piezas texturizadas.

Tabla 1. Texturas generadas en SolidWorks

SolidWorks	Textura S1	Textura S2	Textura S3
Tipo de Textura	Relieve Estriado 9	Relieve Estriado 9	Relieve Estriado 9
Tamaño del Mapa	10x10 mm	20x20 mm	35x35 mm
Refinamiento de Textura	80%	80%	80%
Equidistancia de Textura	2 mm	3 mm	4 mm
Tamaño Máximo del Elemento	2 mm	2.16 mm	2.16 mm

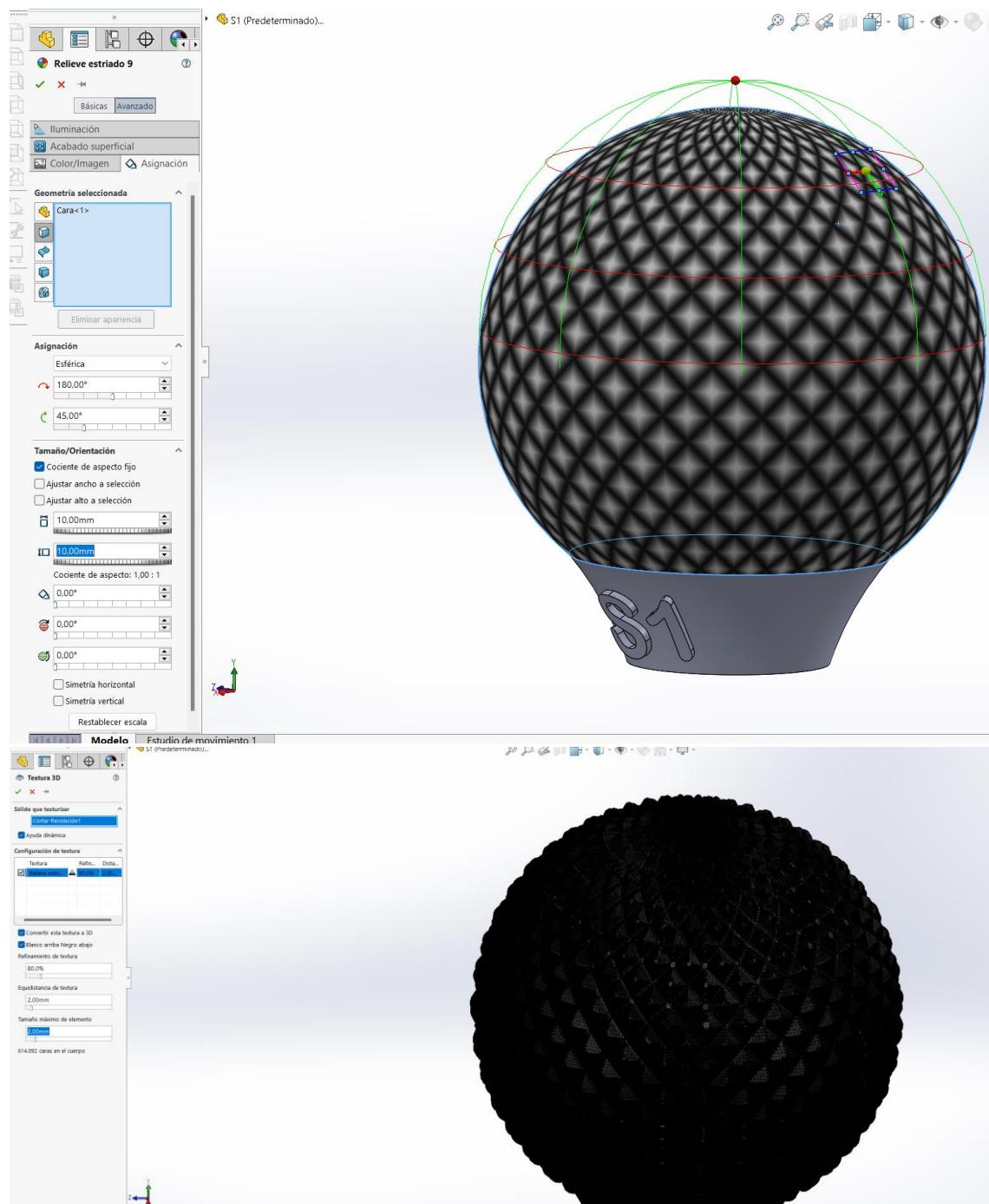


Ilustración 6. Personalización y generación de la textura S1.

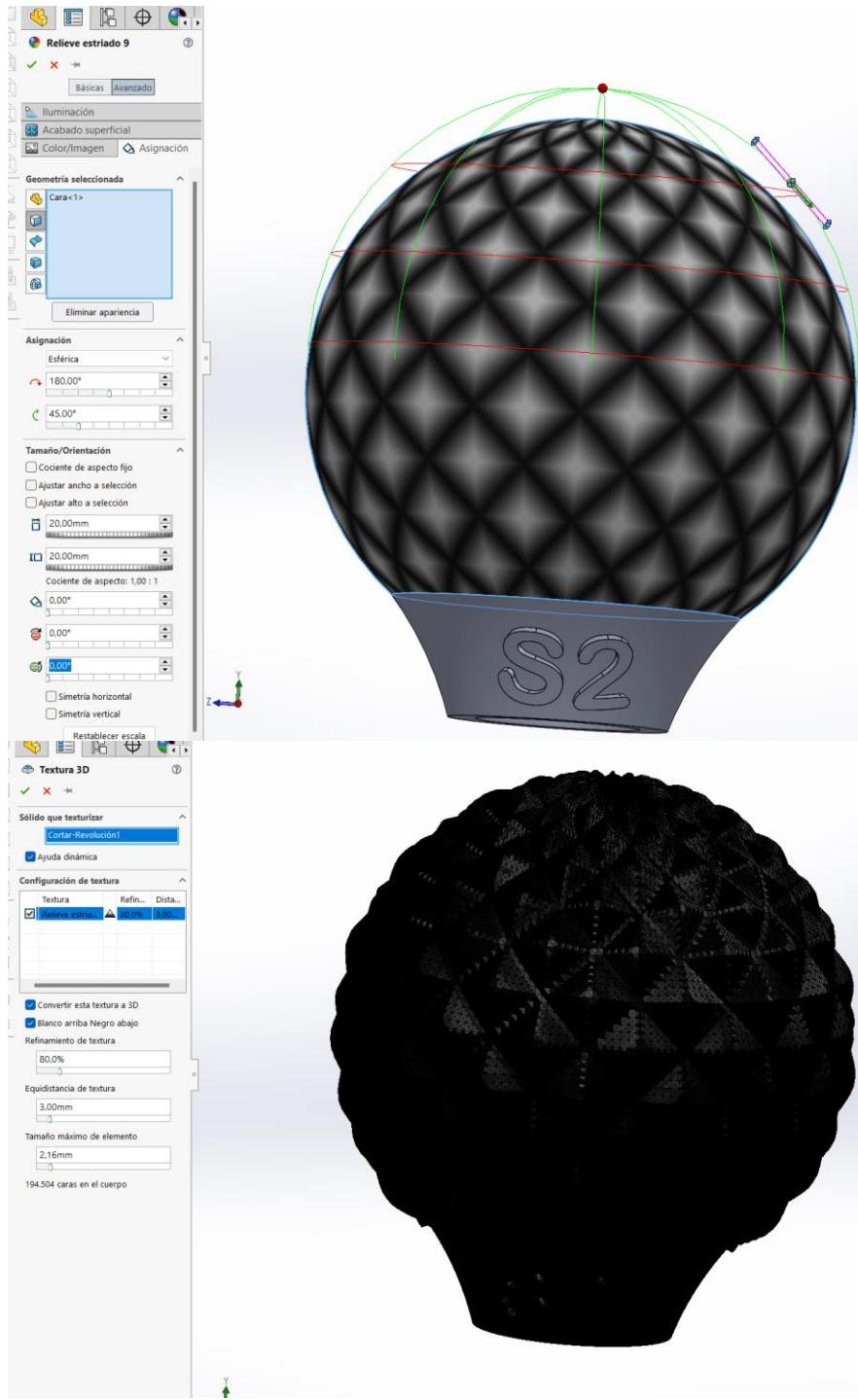


Ilustración 7. Personalización y generación de la textura S2.

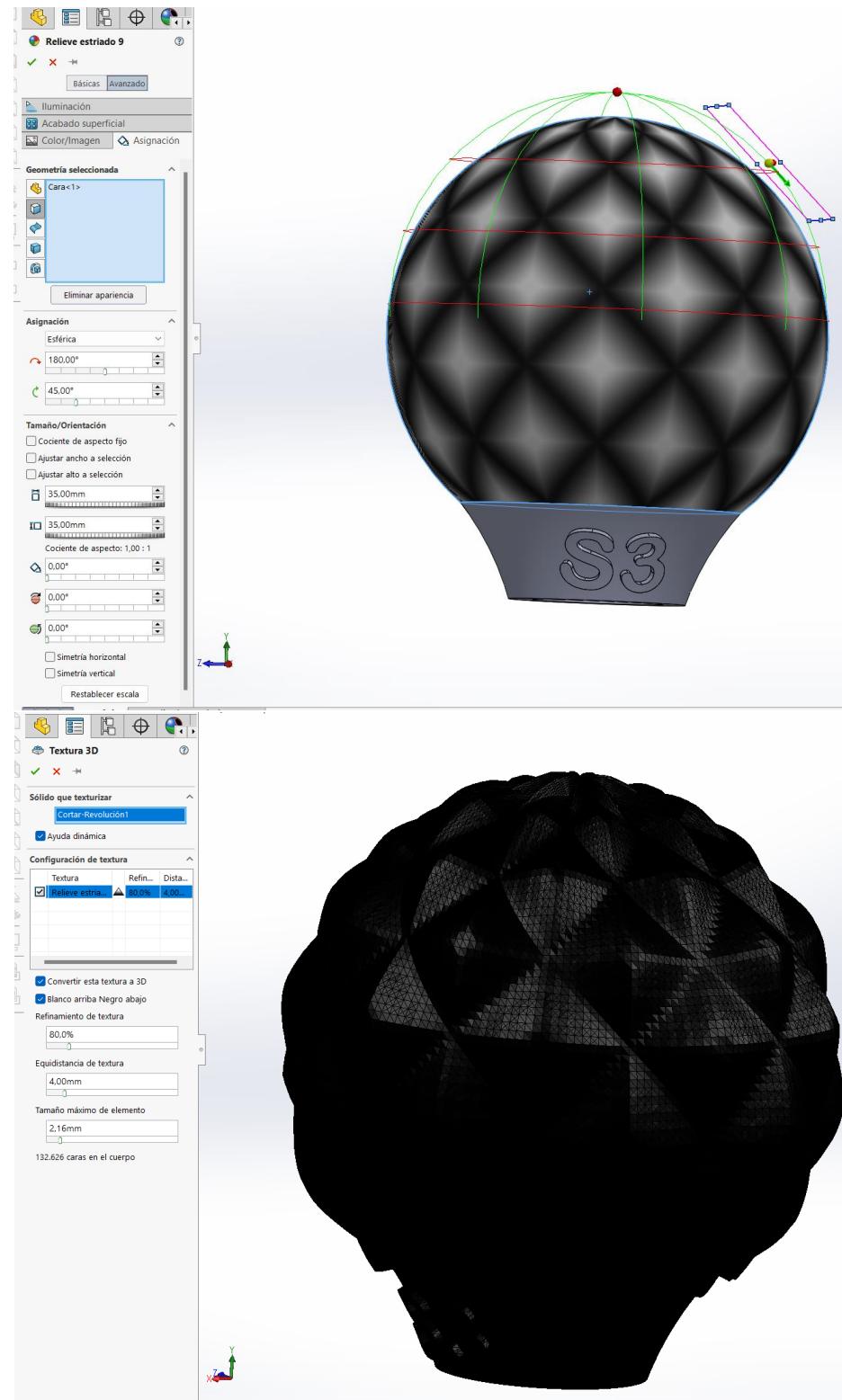


Ilustración 8. Personalización y generación de la textura S3.

2.1.2 Generación de texturas con el software 4D Additive

El software 4D Additive se especializa en la creación de texturas para archivos importados; no permitiendo el diseño de piezas, es decir, que se deben importar archivos STEP y aplicarles la textura deseada, como se indica:

1. **Selección del Menú "Texture":** para comenzar a texturizar.

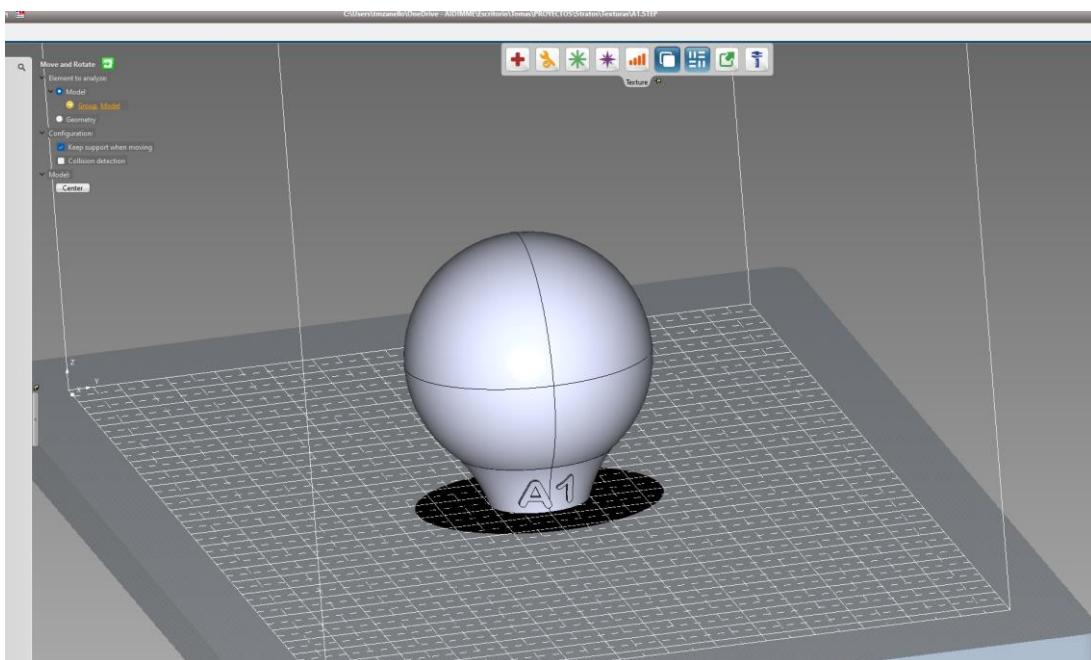


Ilustración 9. Menú Texture en software 4D Additive.

2. **Definición de la Zona de Textura:** A continuación, se debe definir la zona en la que se aplicará la textura.

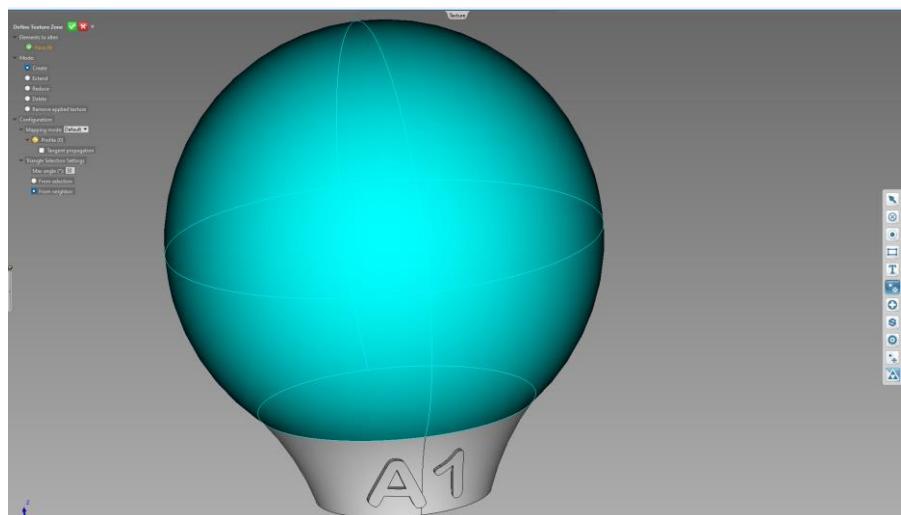


Ilustración 10. Definición de zona a texturizar.

3. **Elección y Personalización de la Textura:** Se selecciona una textura predefinida o se carga una personalizada, la cual se ajusta según las preferencias del usuario.

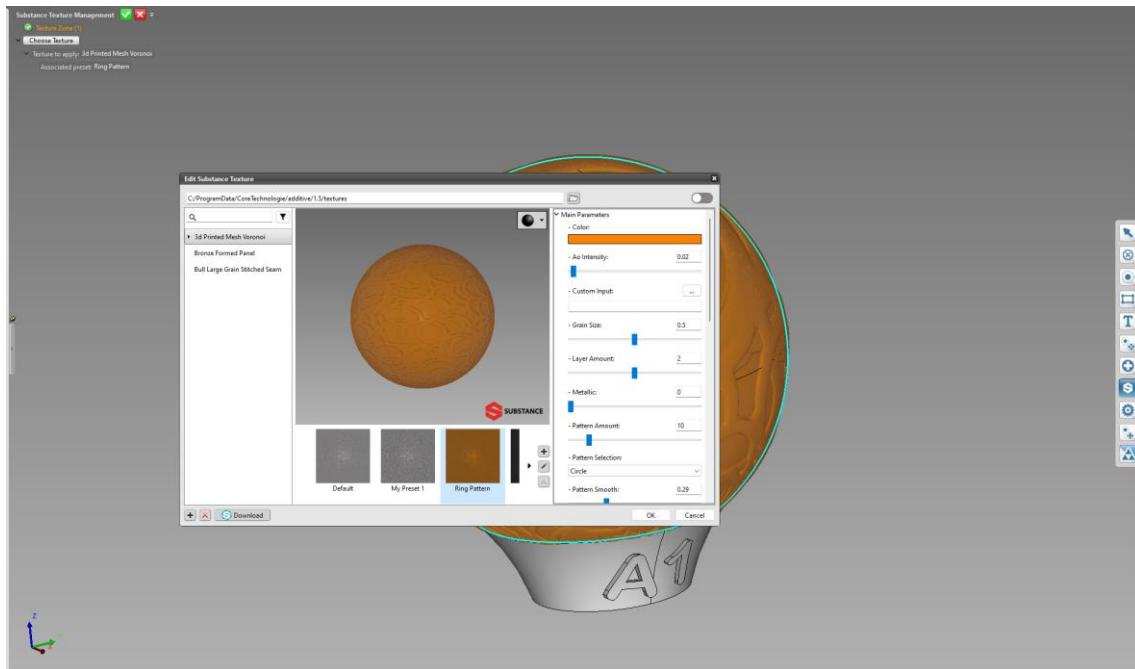


Ilustración 11. Personalización de la textura

4. **Ajuste de la Textura a la Superficie:** La textura se ajusta a la superficie para garantizar un resultado final satisfactorio.

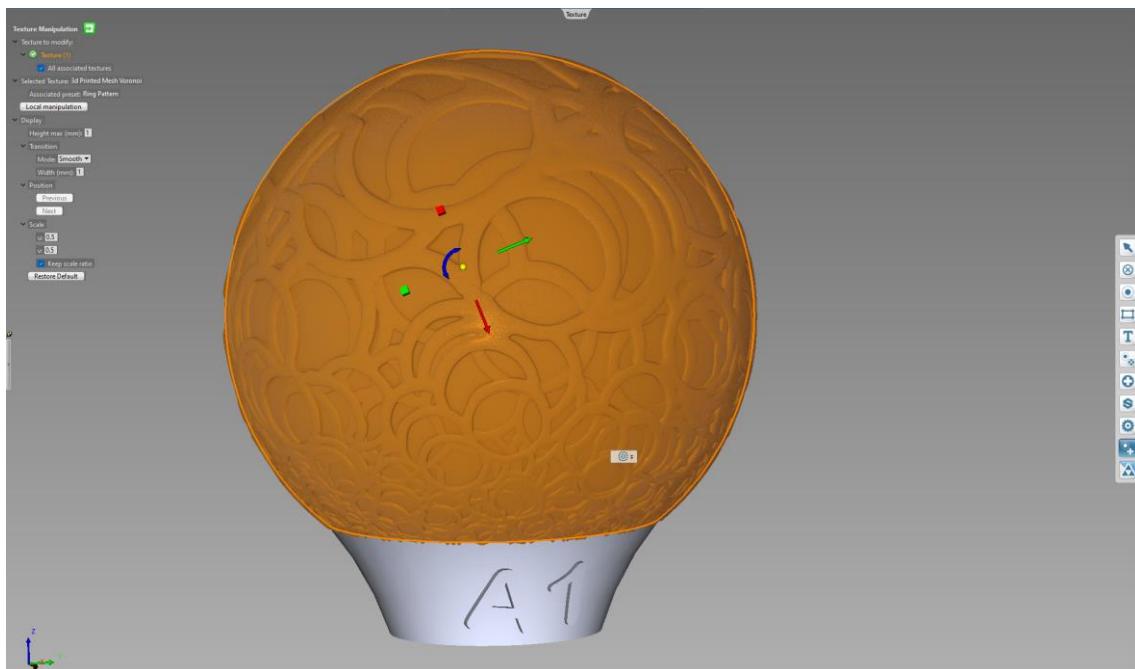


Ilustración 12. Ajuste de la textura a la superficie.

Generación de la Malla Final: Finalmente, se configuran los valores de teselado de la textura, incluyendo Escala (Escala), Length (Longitud), Texture Length (Longitud de la Textura), Sag (Hundimiento), Angle (Ángulo) tras esto, se confirma todo y se genera la malla final.

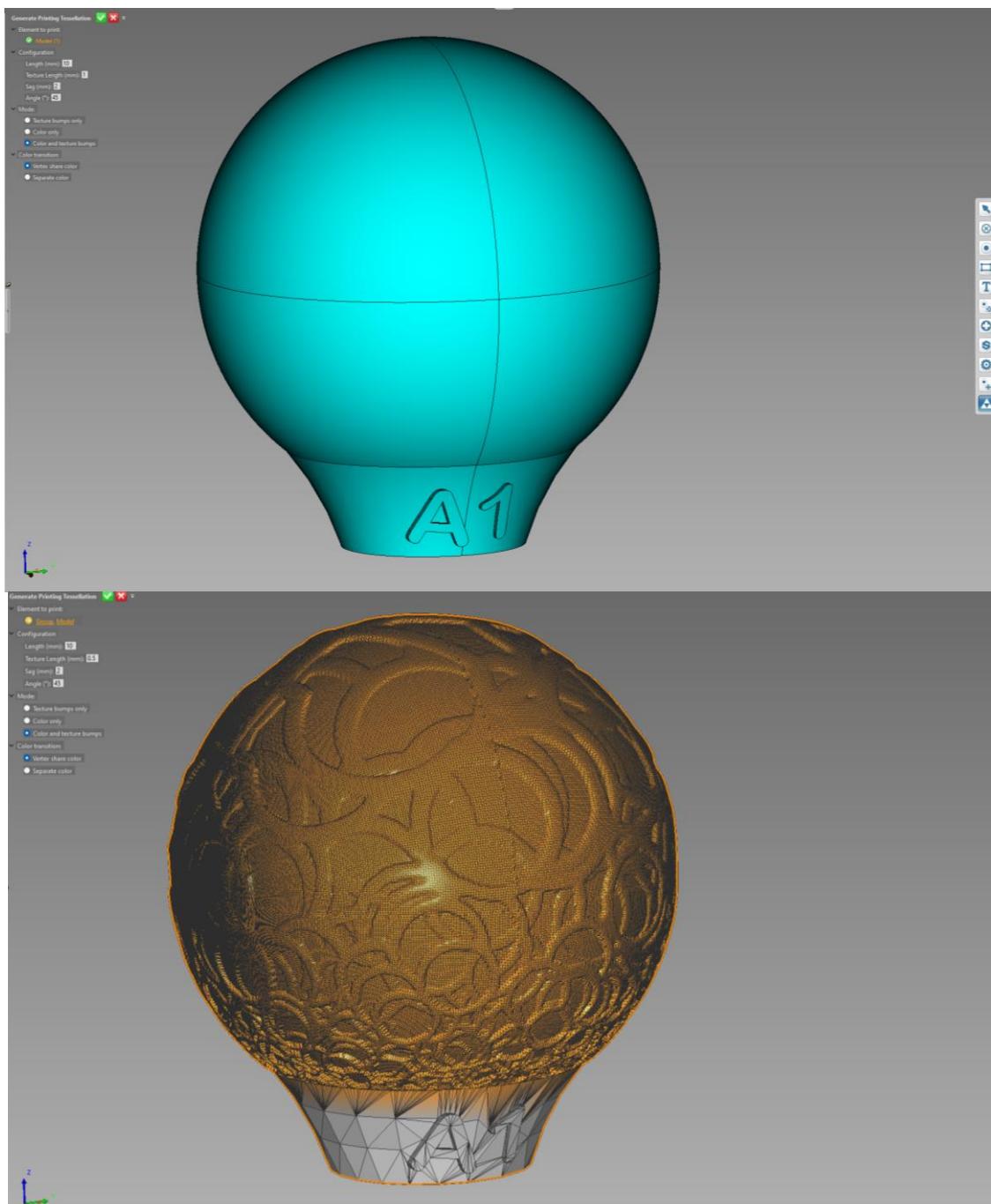


Ilustración 13. Malla generada en el software 4D Additive.

A continuación, se muestran las texturas generadas en el programa 4D Additive:

Para 4D Additive se ha decidido generar una textura con patrón aleatorio de círculos, para ver cómo se comporta generando mallas con aleatoriedad. Para ello, se han generado tres tipos de texturas A1, A2 y A3. Siendo esta la metodología recomendada en esta tarea para producir piezas texturizadas.

Tabla 2. Texturas generadas en 4D Additive

4D Additive	Textura A1	Textura A2	Textura A3
Escale (Escala)	0.5x0.5	1x1	15x15
Length (Longitud)	2 mm	10 mm	5 mm
Texture Length (Longitud de textura)	0.5 mm	0.5 mm	0.5 mm
Sag (Hundimiento)	2 mm	25 mm	3.5 mm
Angle (Angulo)	45°	45°	45°

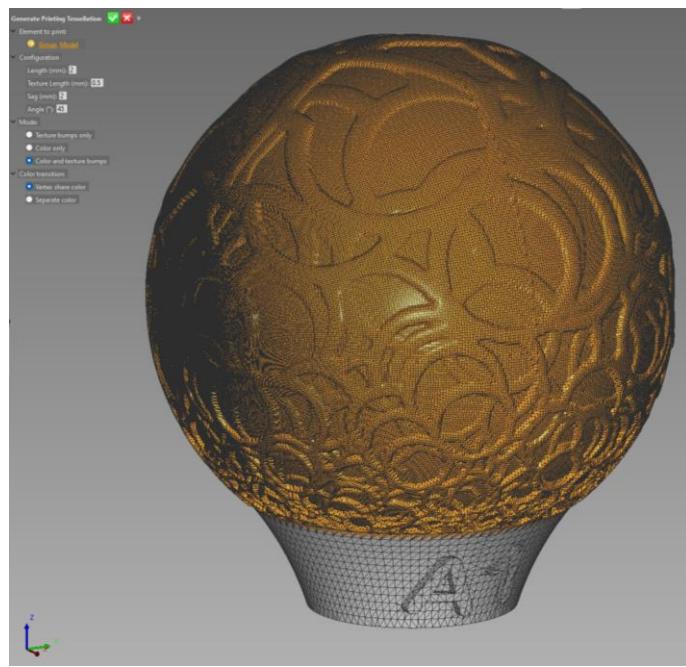


Ilustración 14. Personalización y generación de la textura A1.

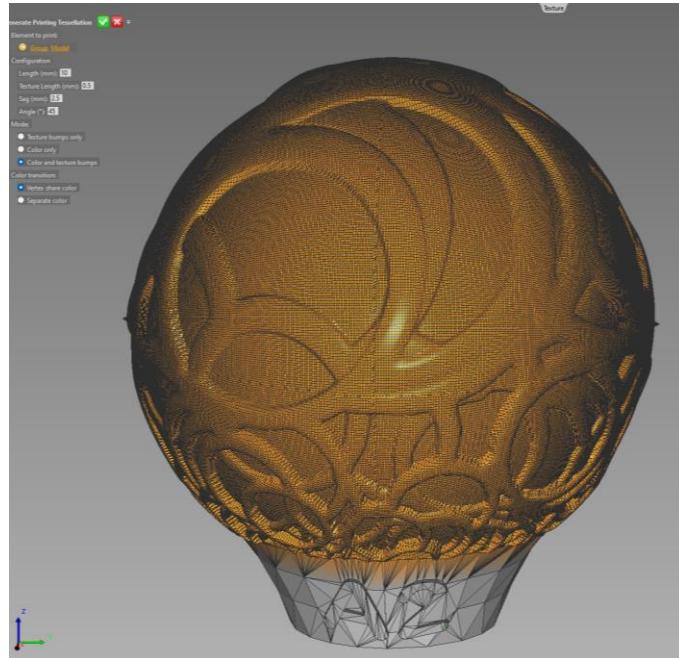


Ilustración 15. Personalización y generación de la textura A2.

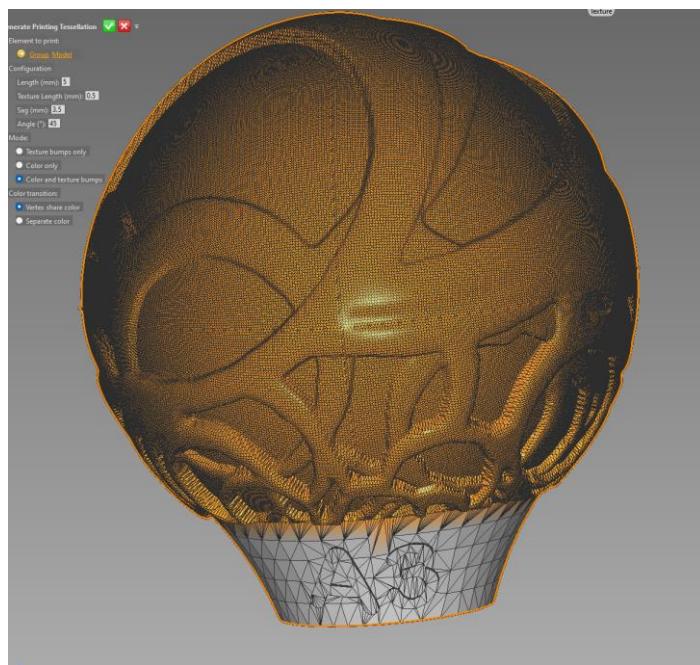


Ilustración 16. Personalización y generación de la textura A3.

Se han fabricado piezas con texturas en la tecnología SLS con el material Flexa Performance y en la tecnología LCD con el material resina HARD, con los parámetros estándar recomendados por los fabricantes de los equipos. En las siguientes figuras se observan las piezas fabricadas con texturizados.

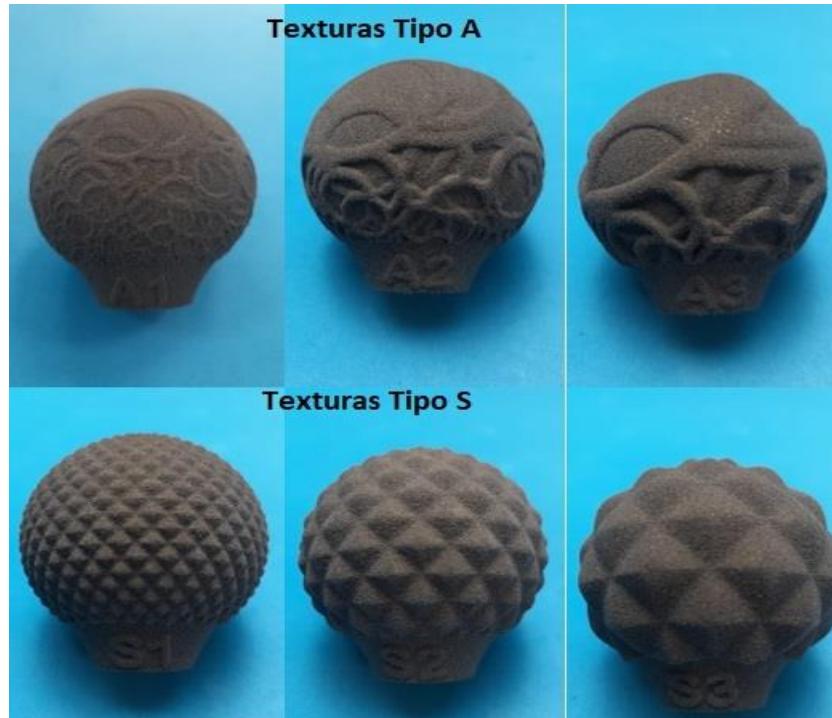


Ilustración 17. Piezas con textura fabricadas en Flexa Performance, tecnología SLS

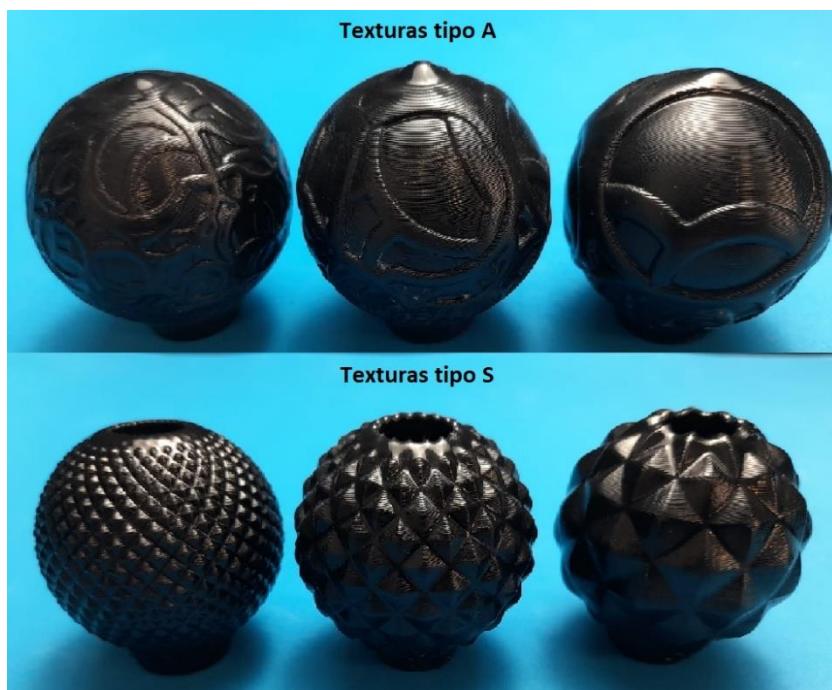


Ilustración 18. Piezas con textura en resina HARD, tecnología LCD.

Conclusiones:

- Se ha determinado que ambos programas son completamente válidos para la generación de texturas. Solidworks, además, de generar las texturas, permite diseñar piezas y simularlas. Al contrario, con el programa 4D Additive no es posible diseñar, pero hemos visto que es posible generar mallas 3D en las piezas. Por lo que la metodología recomendada es la descrita anteriormente para los dos softwares.
- Ambos programas pueden ser complementarios, pero con Solidworks se podría realizar perfectamente este proyecto. Los dos programas han generado los ficheros 3D correctamente, aunque se les han tenido que realizar un escalado a la mitad y unas reparaciones al fichero para ser fabricables, ya que contenían zonas abiertas en la malla, lo cual debe verificarse antes de fabricar las piezas.

2.2 Desarrollo de demostradores industriales (T6.2)

En el proyecto ESTRATOS participan cuatro (04) empresas colaboradoras, para las cuales vamos a describir lo que se planteó inicialmente y lo que se ha acordado fabricar durante la ejecución del proyecto.

2.2.1 Empresa colaboradora 1 GH ELECTROTERMIA S.A

En la memoria de solicitud se había especificado que los demostradores a fabricar serían duchas industriales para enfriado de piezas metálicas en tratamientos térmicos. Este demostrador se cambió por un grupo de demostradores que han atendido a las necesidades de la empresa durante el proyecto, estos demostradores presentados en la siguiente tabla se describen a continuación:

Tabla 3. Listado de demostradores fabricados para la empresa GH Electrotermia S.A.

Empresa: GH ELECTROTERMIA

Demostrador	Nombre del demostrador	Tecnología/ Material
1	Ventosa	SLS / TPU (Flexa Performance)
2	Soporte de pantalla	LCD / Resina DL110 HB y Resina HARD
3	Carcasa grande	LCD / Resina HARD
4	Brida mordaza inductor	LCD / Resina High Temp DL401
5	Brida mordaza inductor resistente al fuego	LCD / Resina Rigid DLFR

Demostrador 1 Ventosa: puede verse la pieza demostrador en uso en la siguiente figura.



Ilustración 19. Ventosa fabricada en Flexa Performance, tecnología SLS

Demostrador 2 Soporte de pantalla: esta pieza solicitada es un soporte de pantalla que requería GH Electrotermia en un material polimérico rígido, por lo que se decide fabricar en la tecnología LCD, puede verse la pieza en la bandeja de fabricación, se ha fabricado en las resinas DL110HB y HARD. Esta pieza ha funcionado correctamente.

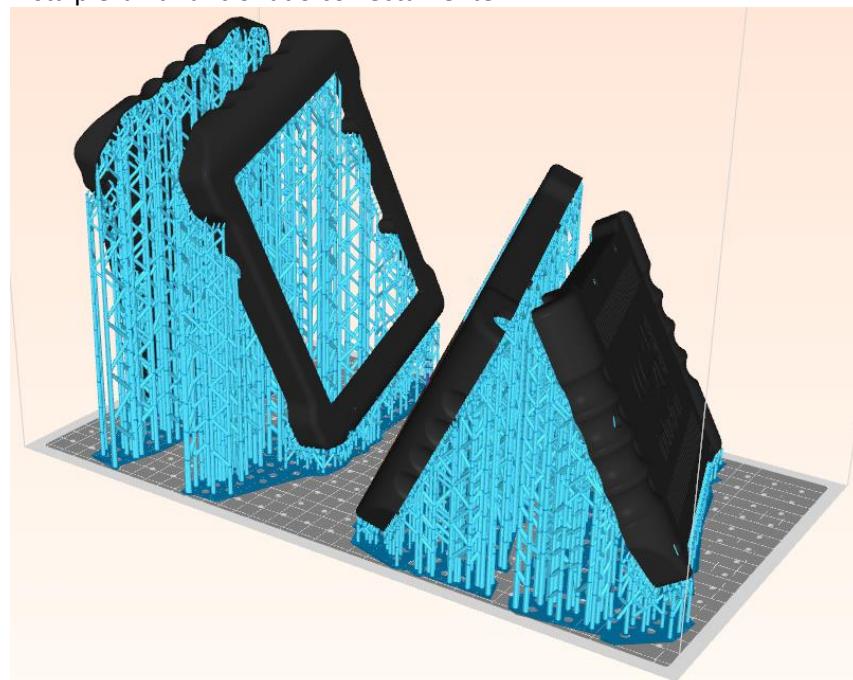


Ilustración 20. Pieza demostrador soporte de pantalla, material rígido

Demostrador 3 Carcasa grande: siguiendo con la exploración de lo que es capaz de fabricar esta tecnología LCD con la resina HARD, la empresa nos ha pedido hacer una pieza de gran tamaño, observada en la siguiente figura. Esta pieza no se ha fabricado correctamente debido a su gran tamaño.

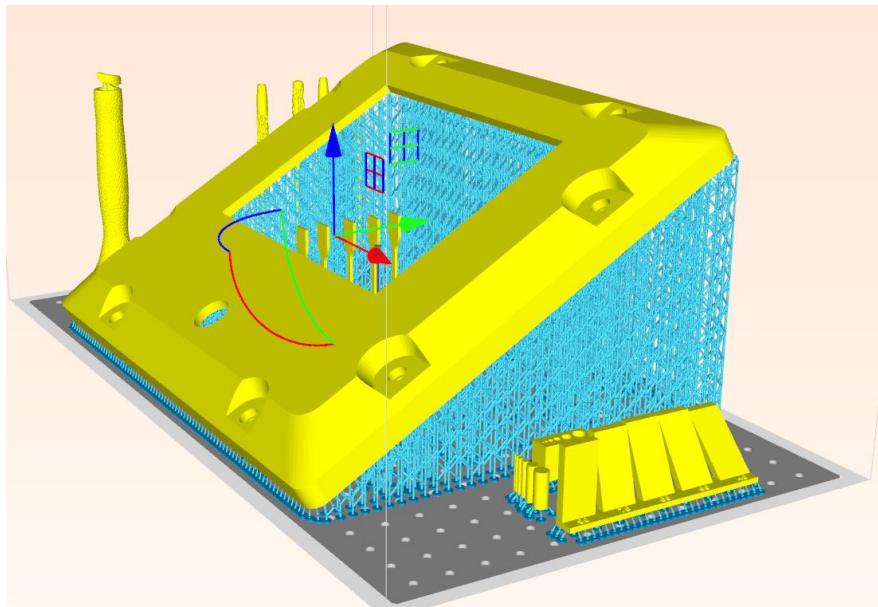


Ilustración 21. Bandeja de fabricación de carcasa grande para maquinaria de GH Electrotermia.

Demostrador 4 Brida mordaza inductor: nos han solicitado una pieza a fabricar con una resina resistente a elevada temperatura y en una resina resistente al fuego, se señala en la bandeja de fabricación. Se han puesto en uso correctamente.

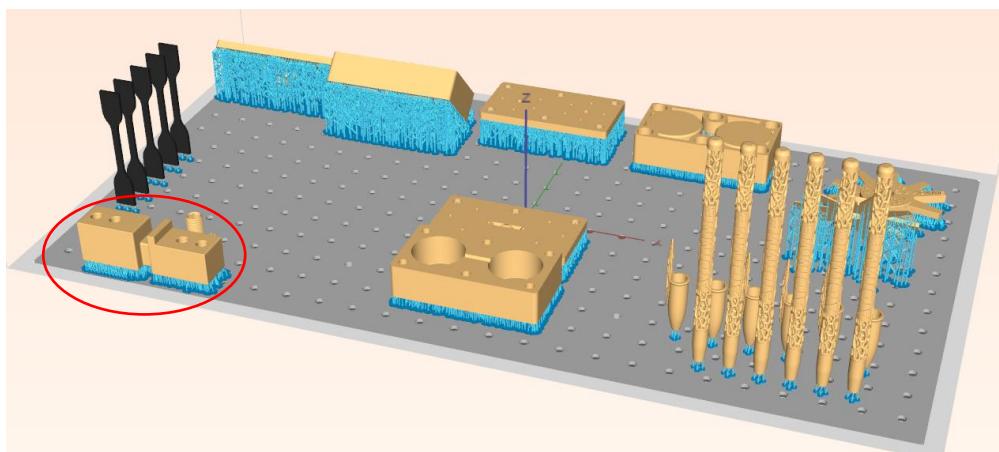


Ilustración 22. Bandeja de fabricación en resina High Temp DL401.

2.2.2 Empresa colaboradora 2 VALVER SPEED AIR S.L:

En la memoria de solicitud se especificó que los demostradores a fabricar requeridos eran Sistemas de pulverización para aplicación de pinturas: boquillas o dispositivos

similares, en la siguiente tabla se ven los demostradores fabricados según las necesidades de la empresa durante el proyecto.

Tabla 4. Listado de demostradores fabricados para la empresa Valver Speed Air S.L.

Empresa: VALVER AIR SPEED		
Demostrador	Nombre del demostrador	Tecnología/ Material
1	Pincel pequeño	SLS / TPU (Flexa Performance)
2	Pincel grande	SLS / TPU (Flexa Performance)
3	Mango pistola	LCD / Resina HARD
4	Jaula muelle válvula antirretorno	LCD / Resina High Temp DL401

Demostrador 1 Pincel pequeño y grande: esta pieza se ha fabricado en la tecnología SLS, según el archivo STL suministrado por la empresa VALVER SPEED AIR SL, se ve en uso en la figura.



Ilustración 23. Pincel pequeño puesto en uso en la empresa VALVER AIR SPEED SL.

Demostrador 3 Mango de pistola: la empresa suministra a AIDIMME el archivo STL para fabricar y nos pide que se haga en un material polimérico rígido, por lo que se selecciona la tecnología LCD con la resina HARD. Se ve la pieza antes de quitarle los soportes en la figura, esta puesta ha sido puesta en uso satisfactoriamente, tiene superficie texturizada.



Ilustración 24. Mango de pistola con soportes mejorados y después de quitar los soportes, tecnología LCD, resina HARD.

Demostrador 4 Jaula muelle válvula antirretorno: la empresa ha mostrado su interés por obtener esta pieza con resistencia a elevada temperatura, por lo que nos suministran el archivo STL para fabricarla. Se ha seleccionado la resina High Temp DL401 y se ha fabricado con los parámetros estándar recomendados por el fabricante, esta pieza es confidencial.

2.2.3 Empresa colaboradora 3 CLINICA GIRONÉS:

En la memoria de solicitud se había especificado que los demostradores a fabricar para esta empresa eran plantillas ortopédicas, generalmente estas plantillas son geometrías adaptadas al usuario por lo que se diseñan a medida, por lo que las tecnologías de fabricación aditiva propuestas pueden ser una vía de producción interesante debido a la ausencia de moldes y a la flexibilidad que éstas otorgan. En la siguiente tabla se ven los demostradores fabricados según las necesidades de la empresa durante el proyecto y en la siguiente figura el STL de las mismas.

Las plantillas se fabrican normalmente en el material PA12 con la tecnología MJF, nosotros en este proyecto queremos obtenerlas con un material más flexible como es la Flexa performance, con el material Polipropileno y con un material un poco más rígido como lo es la PA11 ONYX. Todo esto en la tecnología SLS, debido a que esta es la que permite el uso de estos materiales y está asignada a este proyecto.

Tabla 5. Listado de demostradores fabricados para la Clínica Gironés durante el Proyecto.

Empresa: CLINICA GIRONÉS		
Demostrador	Nombre del demostrador	Tecnología/ Material
1	Plantilla tamaño real	SLS / TPU (Flexa Performance)
2	Plantilla pequeña	SLS / TPU (Flexa Performance)
3	Plantilla tamaño real personalizada	SLS / TPU (PA11 ONYX y en PP)

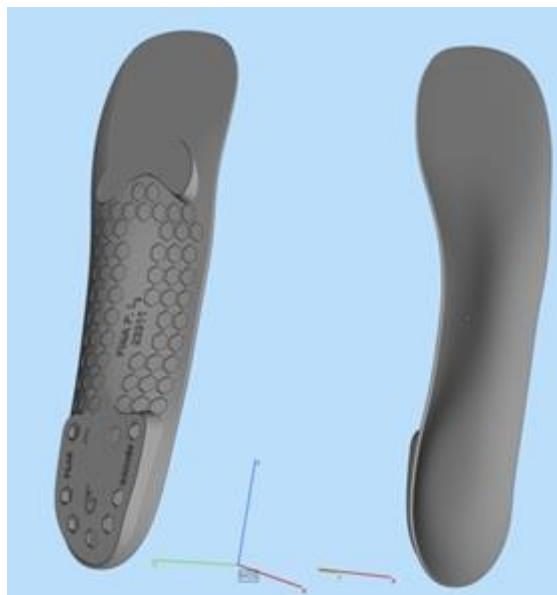


Ilustración 25. Archivo STL de plantillas de la Clínica Gironés.



Ilustración 26. Plantilla obtenidas en una bandeja de fabricación (6 pares), donde se ven algunas con defectos.

2.2.4 Empresa colaboradora 4 CLADES COMPOSITES S.L:

En la memoria de solicitud se había especificado que los demostradores se enfocaran en la evaluación de estas tecnologías para su uso en piezas de entornos exteriores y del hábitat con aplicación de texturas avanzadas, en la siguiente tabla se ven los demostradores fabricados según las necesidades de la empresa durante el proyecto.

Tabla 6. Listado de demostradores fabricados para la empresa Clades Composites S.L.

Empresa: CLADES COMPOSITES S. L		
Demostrador	Nombre del demostrador	Tecnología/ Material
1	Pieza para fachada (conchas)	LCD / Resina HARD
2	Piezas con texturas	LCD / Resina HARD

Demostrador 1 Pieza para fachada exterior (conchas): la empresa nos ha solicitado diseñar una pieza para colocar en una pared exterior, específicamente con formas de conchas de mar, esta pieza debía ser rígida, por lo que se ha fabricado en la tecnología LCD con la resina HARD, con los parámetros estándar recomendados por el fabricante. Como se ha comentado en el paquete de trabajo 4, esta pieza se ha utilizado para un estudio de soportes, los cuales se muestran en la siguiente figura, se utilizó un soporte tipo árbol en el centro en la parte de abajo y en los laterales. Las piezas se fabricaron

verticales e inclinadas a 45°. Fueron entregadas a CLADES COMPOSITES SL para su verificación como posible uso en exteriores.

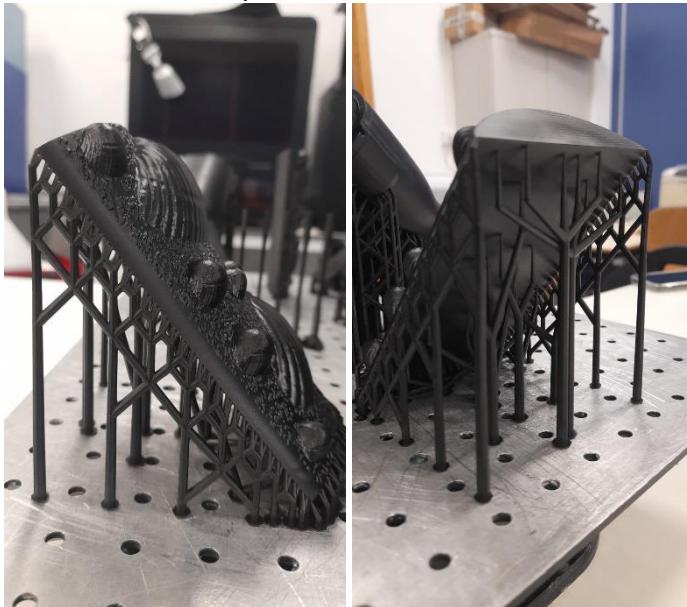


Ilustración 27. Pieza demostrador para fachada conchas, tecnología LCD, resina HARD, donde pueden verse los soportes tipo árbol en las piezas fabricadas inclinadas.



Ilustración 28. Pieza demostrador de empresa CLADES COMPOSITES en bandeja de fabricación fabricadas verticales.

Demostrador 2 Pieza con texturas: como parte de la tarea 6.1, se han diseñado y fabricado piezas con texturas, en este caso para la empresa CLADES COMPOSITES SL, ha sido de interés las obtenidas en el material rígido resina HARD con la tecnología LCD, se ha comentado con la empresa las distintas capacidades de fabricación de textura con

dos (02) softwares y se ha mostrado específicamente las siguientes piezas. La empresa se ha visto muy interesada en los diseños y los potenciales usos de texturas para piezas que serán utilizadas en condiciones exteriores para fachadas.

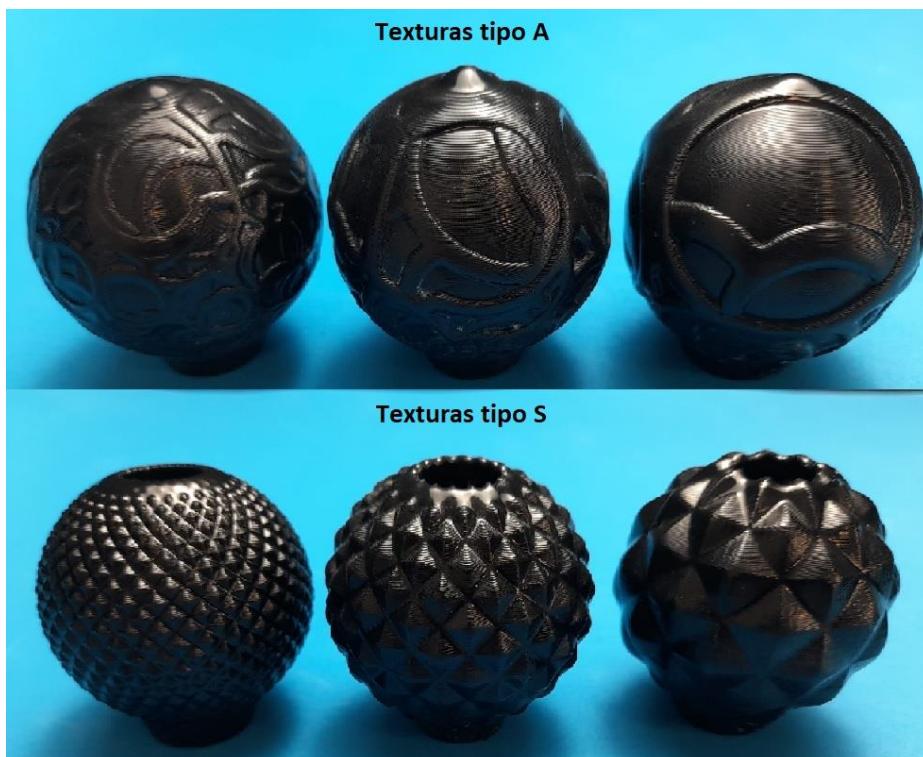


Ilustración 29. Piezas con texturas fabricadas con la tecnología LCD.

3 Conclusiones

- Se ha determinado que ambos softwares Solidworks y 4D Additive, son completamente válidos para la generación de texturas. Solidworks, además, de generar las texturas, permite diseñar piezas y simularlas. Al contrario, con el programa 4D Additive no es posible diseñar, pero hemos visto que es posible generar mallas 3D en las piezas.
- Ambos programas pueden ser complementarios, pero con Solidworks se podría realizar perfectamente este proyecto. Los dos programas han generado los ficheros 3D correctamente, aunque se les han tenido que realizar un escalado a la mitad y unas reparaciones al fichero para ser fabricables, ya que contenían zonas abiertas en la malla, lo cual debe verificarse antes de fabricar las piezas.
- Para la empresa GH ELECTROTERMIA S.L hemos fabricado piezas flexibles del tipo ventosa en el material Flexa Performance con la tecnología SLS, así como

piezas poliméricas rígidas con la tecnología LCD en las resinas Hard, High temp y Rigid DLFR, piezas del tipo carcasa y brida con mordaza para inductores.

- Para la empresa VALVER AIR SPEED, hemos fabricado según sus necesidades piezas poliméricas flexibles en el material Flexa Performance con la tecnología SLS para colocarse en pinceles de diferentes tamaños. Con respecto a la tecnología LCD, se han fabricado con las resinas DL110HB, HARD y High Temp 401 piezas para utilizarse como mangos de pistola y muelle de válvula antirretorno.
- Para la empresa CLINICA GIRONÉS, se han fabricado plantillas ortopédicas de diferentes tipos en la tecnología SLS con los materiales Flexa Performance, PP, PA12 y PA Onyx11 para su uso en pacientes y validar su uso.
- Para la empresa CLADES COMPOSITES, se han fabricado en la tecnología LCD con la resina HARD piezas con diferentes texturizados y prototipos de piezas para su utilización en fachadas exteriores.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —
C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —
Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es
www.aidimme.es