

ORIGINAL  
PRUSA i3  
Extruder  
PRUSA  
RESEARCH



EVEEDT +

148/8° 2 58.15  
49/8° 5100%  
D --- % 83144

# 04-A1 – Material formativo para los talleres

Información sobre las tecnologías de impresión 3D seleccionadas

## Erasmus+ Para la inmersión de la impresión 3D en los centros de FP

Acuerdo de proyecto nº:  
2017-1-DE02-KA202-004159

*Este material está autorizado con arreglo a la licencia*  
**Creative Commons Attribution 4.0 International License**



«El apoyo de la Comisión Europea para esta publicación no supone un respaldo de los contenidos, que reflejan únicamente el punto de vista de los autores. La Comisión no se hace responsable de cualquier uso que se le pueda dar a la información contenida.»

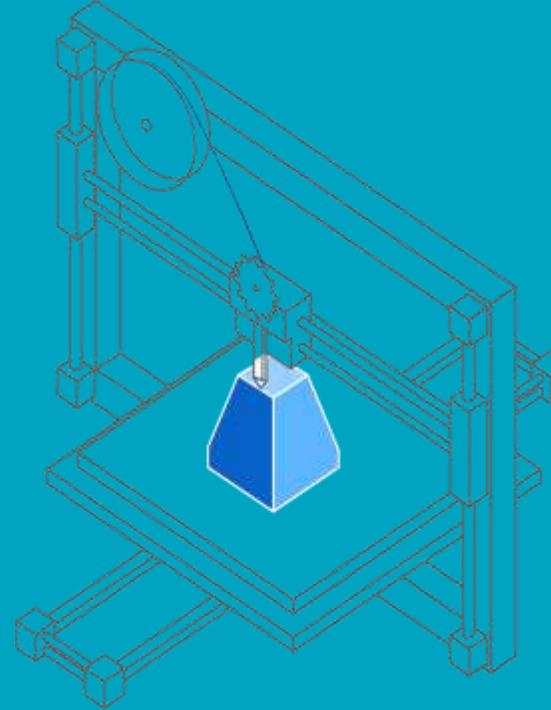


Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

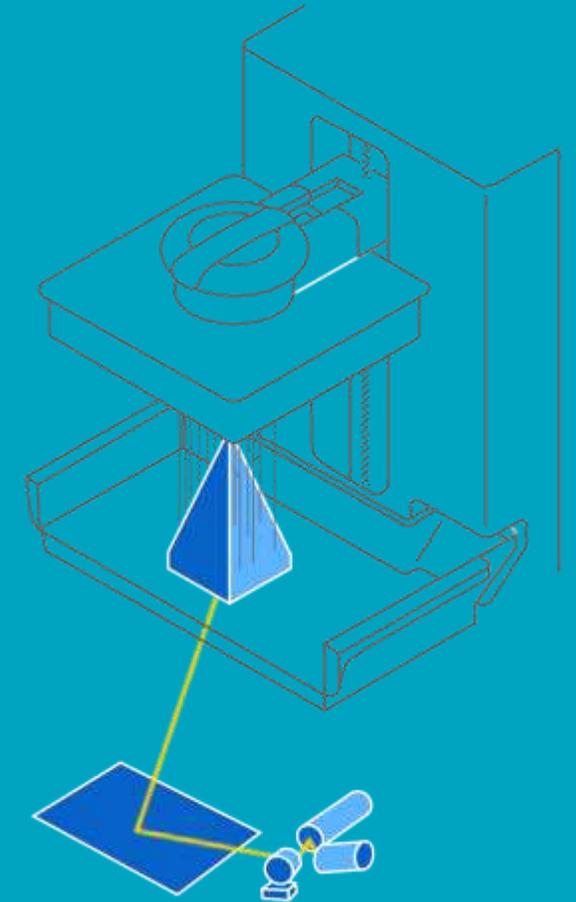
# Introducción

Las 3 mejores tecnologías:

- Modelado por deposición fundida (**MDF**)
- Sinterizado Selectivo por Láser (**SLS**)
- Estereolitografía (**SLA**)



*Las impresoras 3D de MDF extruden y depositan termoplástico fundido en una plataforma construida para generar piezas capa a capa.*



*Las impresoras 3D de SLA usan un láser de precisión para curar una resina y generar piezas con alta precisión.*

# Modelado por Deposición Fundida (MDF)

El MDF es la tecnología de impresión más ampliamente usada a nivel consumidor. Consiste en la extrusión de un polímero termoplástico a través de una boquilla caliente y su deposición, capa a capa, sobre una plataforma, dando lugar a un objeto impreso en 3D.

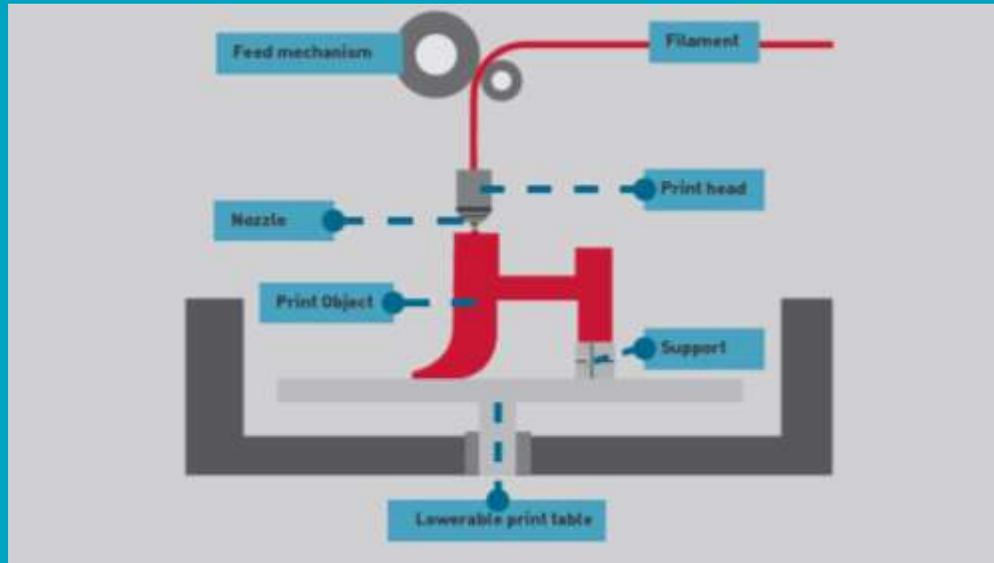


Figura 1: Proceso de impresión FMD. [1]

La impresora mueve constantemente la boquilla, depositando el material fundido en la ubicación precisa, donde se enfría y solidifica al instante. Cuando se termina una capa, la boquilla se eleva a la siguiente y el proceso se repite hasta terminar la pieza.

Antes de imprimir el modelo 3D hace falta dividirlo en capas.

## ¿Qué materiales se pueden usar en el MDF?

- **ABS** (Acrilonitrilo butadieno estireno),
- **PLA** (Ácido poliláctico) y
- **PETG** (Polietileno tereftalato modificado con glicol)
- **TPU** (Poliuretano termoplástico)
- **PA** o Nylon (Poliamida)
- **PEEK** (Poliéter éter cetona)
- **PEI** (Polieterimida)



*Figura 2: Filamentos de FDM [2]*

La tecnología que hace posibles estos filamentos suele conocerse como fabricación con filamento fundido (FFF).

Los materiales más usados son el ABS y PLA. También se han desarrollado nuevos tipos de filamento especiales. Filamentos que brillan en la oscuridad, metálicos, de madera o flexibles, entre otros.

# Modelado por deposición fundida

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<p>Las máquinas de impresión MDF están entre las más baratas.</p>	<p>Las piezas impresas no llegan a ser tan precisas y de tanta calidad como otras que se consiguen con la estereolitografía.</p>
<p>El MDF se considera una tecnología muy limpia, normalmente fácil de usar y cabe en un despacho.</p>	<p>Al contrario que la SLA, el MDF presenta cierta complejidad añadida.</p>
<p>El MDF puede generar también geometrías complejas con oquedades.</p>	<p>El MDF es por lo general bastante más lento que la estereolitografía y el sinterizado selectivo por láser.</p>

## Sinterizado selectivo por láser (SLS)

El SLS es una técnica que usa un láser como fuente de energía para formar objetos sólidos. Se rellena una cámara con material en polvo y cada capa que el láser funde, va creando la forma definida en el modelo 3D.

Al contrario que la SLA y el MDF, el sinterizado selectivo por láser no necesita usar estructuras de apoyo, ya que el polvo en sí sirve de estructura. Cuando la impresión se ha terminado, se elimina el polvo extra.

La diferencia principal con la SLA es que el SLS usa material en polvo en el área de fabricación en lugar de resina líquida.

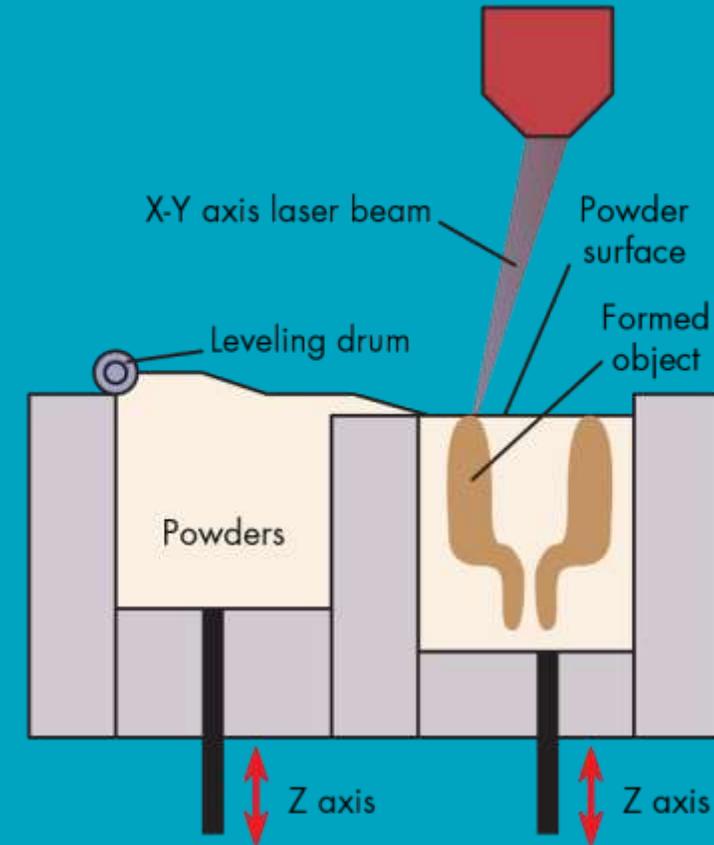


Figura 3: Tecnología SLS [3]

## Proceso de SLS

1. El interior de la impresora se calienta justo por debajo del punto de fusión del polvo que se va a usar.
2. La impresora extiende una capa increíblemente fina de este polvo.
3. Un láser calienta las zonas que se han de sinterizar justo por encima del punto de fusión. Las partes que ha tocado el láser ya se han fusionado y el resto sigue siendo polvo suelto.
4. El eje Z se mueve hacia abajo y se repite el proceso (2) hasta que se finaliza la pieza.

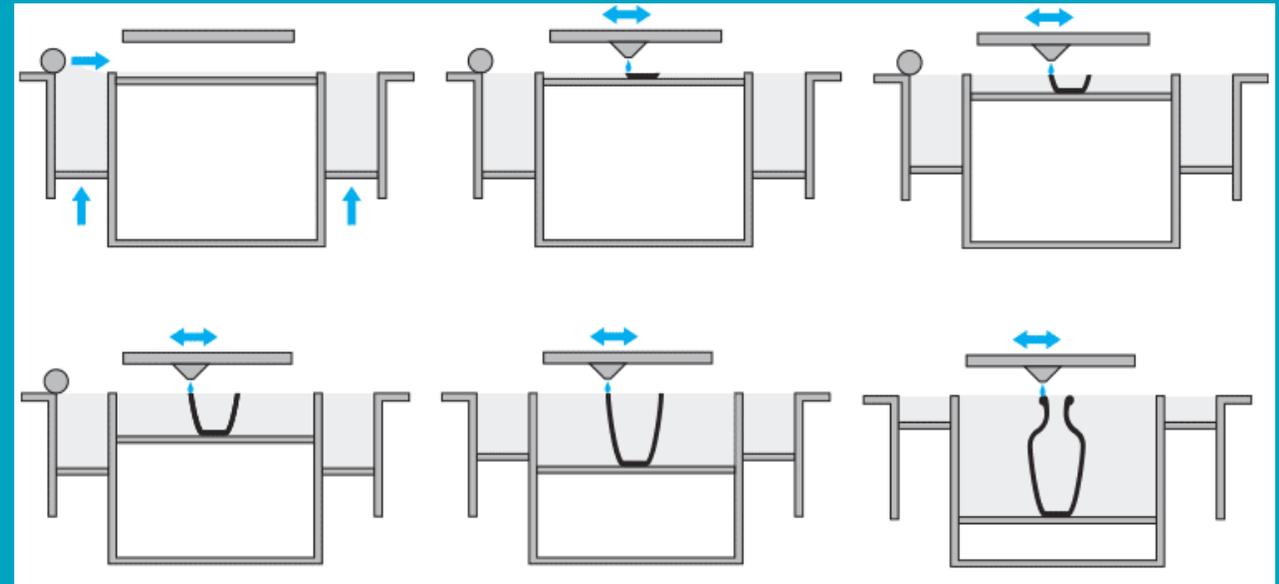


Figura 4: Proceso de SLS [4]

## ¿Qué materiales se pueden usar en el SLS?

- **Plásticos:** Poliamidas (PA), Poliestirenos (PS), Elastómero termoplástico (TPE), etc.
- **Metal:** Aluminio, plata y acero
- **Cerámica**
- **Vidrio**



*Figura 5: Silueta de un zapato creado con SLS [5]*

Los materiales metálicos no se suelen usar en el SLS desde que se desarrolló el Fundido Selectivo por Láser (SLM). El más usado es el nylon (poliamidas).

# Sinterizado selectivo por láser

VENTAJAS	INCONVENIENTES
No usa estructuras de apoyo.	Las piezas de SLS presentan una cierta porosidad en superficie. Por tanto, hace falta su tratamiento posterior.
Coste reducido de materiales.	
Puede gestionar geometrías muy complejas con gran precisión	
El proceso de fabricación aditiva más rápido para prototipos impresos y piezas de usuarios funcionales y durables.	

## Estereolitografía (SLA)

La estereolitografía (SLA) es un proceso de fotopolimerización que construye capas individuales de un modelo con un polímero líquido (resina).

Hay dos tipos de impresoras SLA:

- **Impresoras de arriba abajo:** el láser se sitúa por encima del tanque de resina.
- **Impresoras de abajo arriba:** el láser se sitúa por debajo del tanque de resina.

La SLA genera piezas isotrópicas densas estancas y herméticas, que son ideales para aplicaciones en ingeniería y fabricación, en las que las propiedades materiales son importantes.

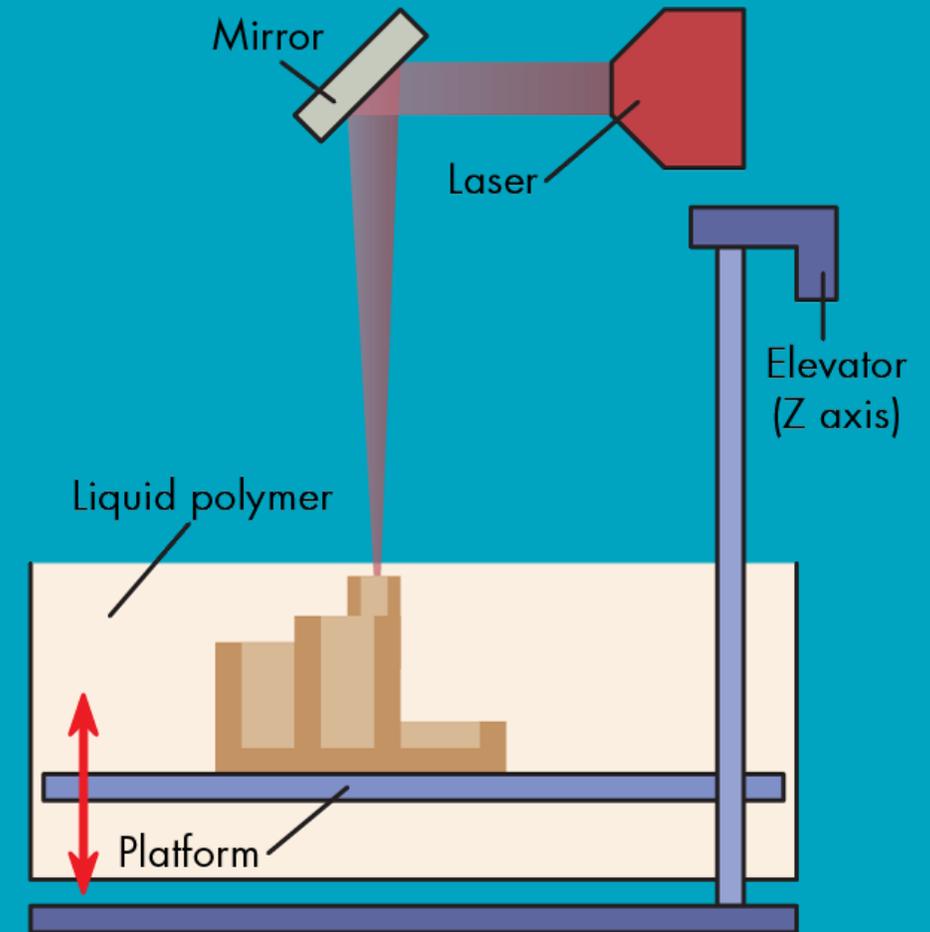
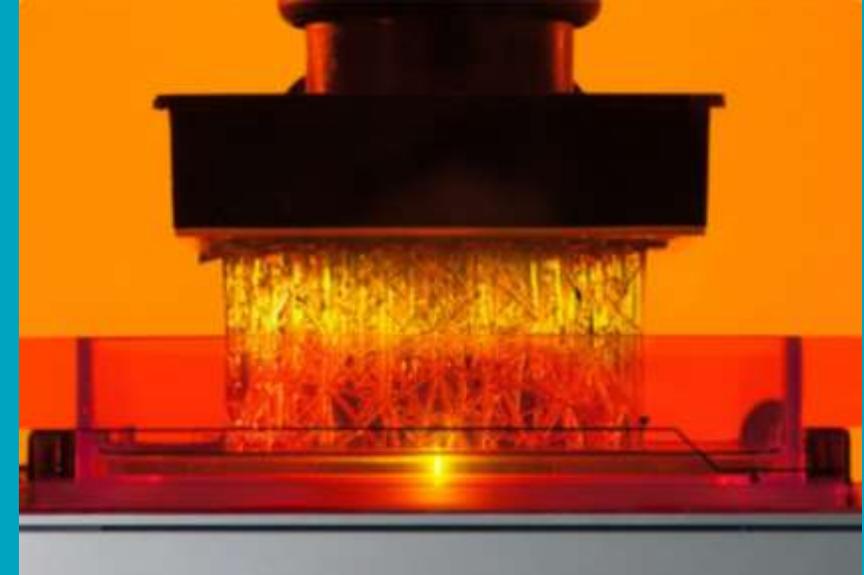


Figura 6: Tecnología SLS [3]

## Proceso de SLA

1. La plataforma se sitúa a una capa de distancia de la superficie de la resina.
2. El láser UV crea una capa curando selectivamente la forma definida en el modelo 3D.
3. Cuando la capa se ha terminado, la plataforma se mueve y la siguiente capa se forma.
4. Cuando el proceso de impresión ha finalizado, la pieza necesita lavarse en alcohol isopropílico (IPA) y algunos materiales requieren un proceso de postcurado.



*Figura 7: El proceso de curado de la impresora 3D SLA [6]*

# ¿Qué materiales se pueden usar en el SLA?

Existe una amplia variedad de materiales de SLA que se encuentran como resinas líquidas:

- **Resina estándar**
- **Resina clara:** transparente
- **Resina maleable:** usada en moldes
- **Resina gris (Prime Gray):** acabado muy liso
- **Resina dental:** para implantes
- **Resina de alta temperatura:** resistente hasta los 238 °C



*Figura 8: Las impresoras de SLA ofrecen distintos materiales para aplicaciones en ingeniería y fabricación. [2]*

# Estereolitografía (SLA)

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Alta resolución de las piezas	Los materiales fotopolímeros pueden ser muy caros.
Permite imprimir objetos con geometrías muy complejas.	Las resinas líquidas son por lo general tóxicas y causan irritación.
Periodo de tiempo razonable.	Suele ser necesario una limpieza de las piezas y generalmente un postprocesado.
	Necesita estructuras de apoyo.

## Flujo de trabajo para la impresión 3D en tres pasos:

- 1. Diseño:** Requiere un programa de CAD o un escáner de datos 3D para diseñar el modelo y exportarlo a un formato imprimible (STL u OBJ). Las impresoras 3D necesitan un programa para especificar la configuración de la impresión y cortar el modelo digital en capas para su impresión.
- 2. Impresión 3D:** Puede durar unos pocos minutos o días, según sea el tamaño del modelo, la tecnología que se use y la configuración de calidad seleccionada.
- 3. Postprocesado:** Dependiendo de la tecnología que se use, se necesitará postprocesado o no; por ejemplo eliminar estructuras de apoyo o pintar piezas.

# Materiales típicos de distintas tecnologías 3D

Technology	AM process	Typical materials	Advantages	Disadvantages
<b>Stereolithography</b>	Vat polymerization	Liquid photopolymer, composites	Complex geometries; detailed parts; smooth finish	Post-curing required; requires support structures
<b>Digital light processing</b>	Vat polymerization	Liquid photopolymer	Allows concurrent production; complex shapes and sizes; high precision	Limited product thickness; limited range of materials
<b>Multi-jet modeling (MJM)</b>	Material jetting	Photopolymers, wax	Good accuracy and surface finish; may use multiple materials (also with color); hands-free removal of support material	Range of wax-like materials is limited; relatively slow build process
<b>Fused deposition modeling</b>	Material extrusion	Thermoplastics	Strong parts; complex geometries	Poorer surface finish and slower build times than SLA
<b>Electron beam melting</b>	Powder bed fusion	Titanium powder, cobalt chrome	Speed; less distortion of parts; less material wastage	Needs finishing; difficult to clean the machine; caution required when dealing with X-rays
<b>Selective laser sintering</b>	Powder bed fusion	Paper, plastic, metal, glass, ceramic, composites	Requires no support structures; high heat and chemical resistant; high speed	Accuracy limited to powder particle size; rough surface finish
<b>Selective heat sintering</b>	Powder bed fusion	Thermoplastic powder	Lower cost than SLS; complex geometries; no support structures required; quick turnaround	New technology with limited track record
<b>Direct metal laser sintering</b>	Powder bed fusion	Stainless steel, cobalt chrome, nickel alloy	Dense components; intricate geometries	Needs finishing; not suitable for large parts
<b>Powder bed and inkjet head printing</b>	Binder jetting	Ceramic powders, metal laminates, acrylic, sand, composites	Full-color models; inexpensive; fast to build	Limited accuracy; poor surface finish
<b>Plaster-based 3D printing</b>	Binder jetting	Bonded plaster, plaster composites	Lower price; enables color printing; high speed; excess powder can be reused	Limited choice of materials; fragile parts
<b>Laminated object manufacturing</b>	Sheet lamination	Paper, plastic, metal laminates, ceramics, composites	Relatively less expensive; no toxic materials; quick to make big parts	Less accurate; non-homogenous parts

# Matriz de tecnologías y materiales

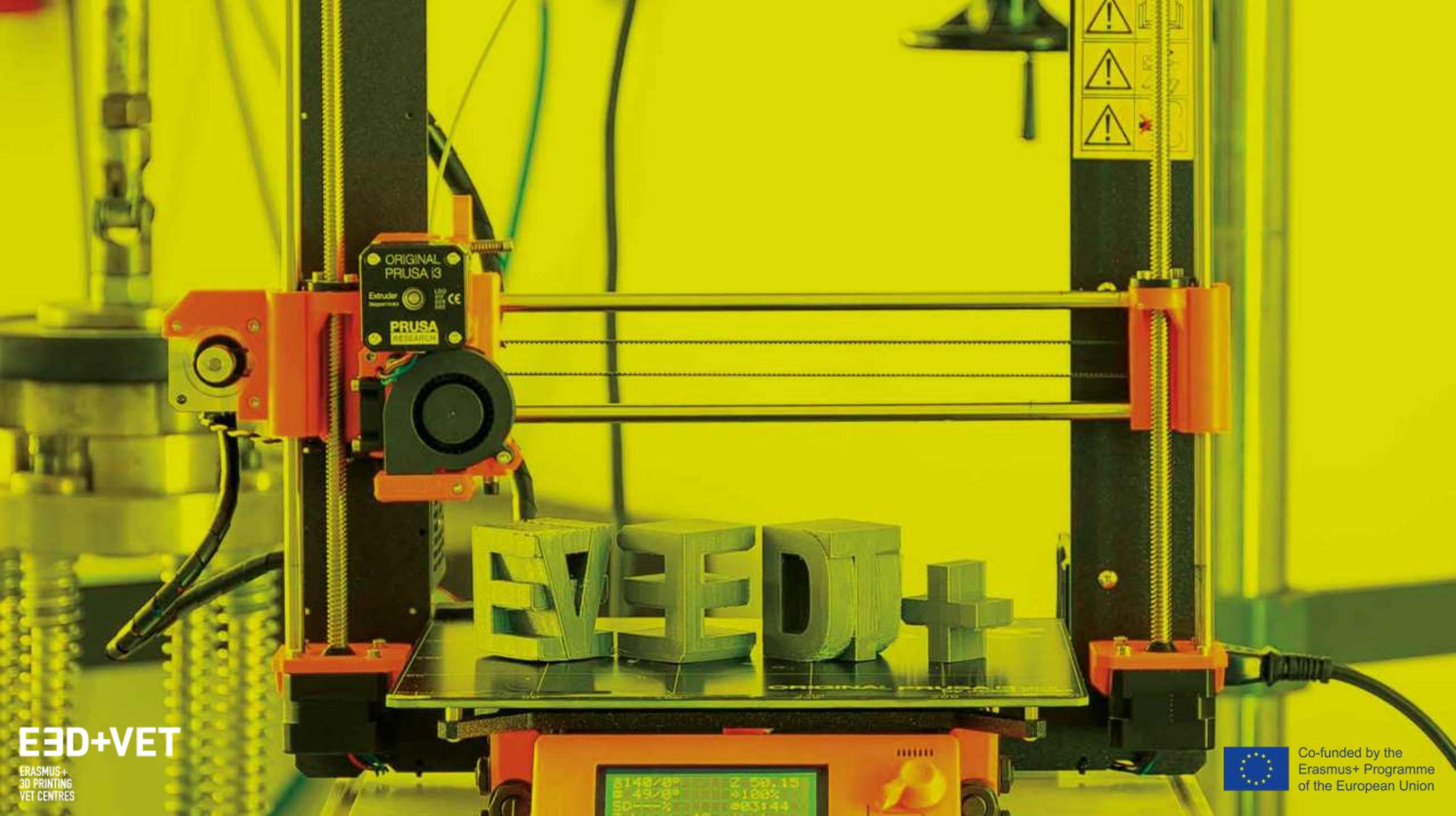
Technology	Polymers	Metals	Ceramics	Composites
Stereolithography	●			●
Digital light processing	●			
Multi-jet modeling (MJM)	●			●
Fused deposition modeling	●			
Electron beam melting		●		
Selective laser sintering	●	●	●	●
Selective heat sintering	●			
Direct metal laser sintering		●		
Powder bed and inkjet head printing <sup>13</sup>	●	●	●	●
Plaster-based 3D printing			●	●
Laminated object manufacturing <sup>14</sup>	●	●	●	●
Ultrasonic consolidation		●		
Laser metal deposition		●		●

# Comparación de tecnologías de impresión 3D

TECHNOLOGIES	Process	Materials used	Complexity	Speed	Max Part Size (cm)	Accuracy	Surface Finish	Strengths	Weaknesses	Pricing	Application Area	Application Examples
Fused Deposition Modeling (FDM)	Layers of melted plastic	ABS Filaments, Polycarbonate, Resin, Nylon	★★★★	Fair	30x30x50	Fair	Fair	Durable; ideal for conceptual models	Low resolution	€€	Aerospace, automotive, industrial, medical	Wind turbines, aircraft components
Selective Laser Sintering (SLS)	Plastic powder melted by laser	Paper, plastic, metal, glass, ceramic, composites	★★★	Fast	34x34x60	Good	Fair	Resistant, durable, flexible	Needs post-processing	€€	Automotive, consumer products, aerospace	Small production batches and prototypes
Stereolithography (SLA)	Polymerization scanned by UV laser	Liquid photopolymer, composites	★★★	Fast	30x30x50	Very good	Very good	High res; complex geometries	Only photopolymer materials	€€€	Aerospace, automotive, consumer goods	Medical models of anatomic human parts
Photopolymer Jetting (POLYJET)	Inkjet method with liquid photopolymers	Metals, plastic, wax	★★★	Fast	39x31x19	Very good	Good	More materials at the same time	Only photopolymer materials; not durable	€€€	Medical devices, multimaterial prototypes	Medical stethoscopes
Selective Laser Melting (SLM)	Metal powder melted by laser	Metals: copper, aluminium, tungsten etc.	★★	Fair	28x28x36	Fair	Fair	Manufactures high density parts	Price; needs post-processing	€€	Dental products, mechanical components	Lightweight components for aircraft
Electron Beam Melting (EBM)	Melted powder selected by electron beam	Metals: cobalt, chrome, nickel	★★★	Fast	20x20x20	Fair	Poor	Less thermal stress	Limited set of metals	€€€	Dental, medical implants, automotive	Bone tissue medical models
Electron Binder Jetting (EBJ)	Powder distributed by jetting machine	Ceramic, metals, plastic, sand, composite	●	Fast	40x20x10	Fair	Fair	No support structure; multicolour prints	Fragile with limited mechanical properties	€	Architecture, mechanical structures	Pots and general home furniture
Continuous Fibre Fabrication (CFF)	Double nozzle laying/melting method	Plastic, carbon composites, nylon	★★★★	Fair	32x43x16	Fair	Fair	Robust parts, no post-process needed	Limited fibre placement	€€€	Aerospace	Lightweight components
Material Jetting (MJ)	Inkjet method with wax materials	Wax	★★	Slow	30x18x20	Very good	Good	High resolution	Limited wax-like materials; requires support structure	€€	Prototypes for form, fit testing; Casting patterns	Lost Wax Casting in Jewellery and Medical fields

## Fuentes

- [1] I. Materialise: The most important 3D Printing Technologies & Materials You Need to Know. 2017. Fuente: <https://i.materialise.com/blog/3d-printing-technologies-and-materials/>
- [2] Formlabs White Paper FDM vs. SLA. 2019. Fuente: <https://3d.formlabs.com/rs/060-UIG-504/images/FDM%20vs%20SLA.pdf>
- [3] What's the Difference Between Stereolithography and Selective Laser Sintering?. 2015. Fuente: <http://www.machinedesign.com/3d-printing/what-s-difference-between-stereolithography-and-selective-laser-sintering>
- [4] How Does Powder-Based 3D Printing Work?. 2016. Fuente: <https://imaterialise.helpjuice.com/design-printing/powder-based-3d-printing>
- [5] 3.5 Rapid prototyping – Selective laser sintering (SLS). 2015. Fuente: <http://ibdesigntech.com/3-5-rapid-prototyping-selective-laser-sintering-sls-5/>
- [6] Formlabs White Paper: 3D Printing with Desktop Stereolithography. 2015.



ORIGINAL  
PRUSA i3  
Extruder  
PRUSA  
RESEARCH

EVEDIT+

**E3D+VET**

ERASMUS+  
3D PRINTING  
VET CENTRES



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

148/8° 2 58.15  
49/8° 5100%  
sumD ---% 803144