

**MANUFACTURA ADITIVA EN MATERIALES POLIMÉRICOS POR PROCESOS  
3D FDM**

CAMILO ALFONSO FAJARDO ROLDAN

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENMIERIA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



PAMPLONA, 2021

**MANUFACTURA ADITIVA EN MATERIALES POLIMÉRICOS POR  
PROCESOS 3D FDM**

CAMILO ALFONSO FAJARDO ROLDAN

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR:

ING. Albert Miyer Suarez Castrillón

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENMIERIA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



PAMPLONA, 2021

**MANUFACTURA ADITIVA EN MATERIALES POLIMÉRICOS POR PROCESO  
3D FDM**

**ADDITIVE MANUFACTURING IN POLYMERIC MATERIALS BY 3D FDM  
PROCESS**

**Camilo Alfonso Fajardo Roldan, Albert Miyer Suarez Castrillon**

Ingeniería Industrial

Universidad de Pamplona

Pamplona, Colombia.

Eduard.rodriguez@unipamplona.edu.co

**Resumen:**

La manufactura aditiva (Am), se utiliza en distintos sectores industriales como lo es el sector de medicina, arquitectura, automotriz, electrónica, aeroespacial, etc. El proceso consiste en adicionar material capa tras capa en donde se pueden diseñar y fabricar piezas con alto grado de complejidad geométrica ahorrando procesos innecesarios, tiempos de fabricación, dinero y materiales. En el presente artículo se brindará información sobre la manufactura aditiva en materiales poliméricos y se centrará en la impresión 3D (FDM). Posterior a ello se hablará sobre la materia prima, los distintos tipos utilizados, sus características, las relaciones y los avances que ha tenido este proceso al pasar el tiempo; finalmente se dará conclusión a la

información brindada sobre la manufactura aditiva en impresión 3D con materiales poliméricos.

**Palabras clave:**

Manufactura aditiva; Impresión 3D; Materiales poliméricos; prototipado.

**Abstract:**

Additive manufacturing (Am) is used in different industrial sectors such as medicine, architecture, automotive, electronics, aerospace, etc. The process consists of adding material layer after layer where pieces with a high degree of geometric complexity can be designed and manufactured, saving unnecessary processes, manufacturing time, money and materials. This article will provide information on additive manufacturing in polymeric materials and will focus on 3D printing (FDM). After that, they will talk about the raw material, the different types used, their characteristics, the relationships and the progress that this process has had over time; Finally, the information provided on additive manufacturing in 3D printing with polymeric materials will be concluded.

**Keywords:**

Additive manufacturing; 3D print; Polymeric materials; prototyped.

## I. INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva (AM) es un método de fabricación digitalizado que implica fabricar objetos previamente modelados depositando material capa por capa hasta que se forme un objeto tridimensional (3D). (Christoph et al., 2017) Dicho de otra manera, en lugar de moldear o mecanizar una pieza, en un proceso de fabricación aditiva se implica el uso de tecnologías para cambiar el estado físico de un material sólido a un estado líquido, a menudo con la ayuda de un láser, como en la mayoría de casos, con el objetivo de construir la pieza capa por capa, además la fabricación aditiva tiene un amplio abanico de aplicaciones, ya que nos permite personalizar y producir piezas con estructuras únicas o con altos niveles de complejidad geométricos que de otro modo serían imposibles de producir con métodos tradicionales, tal como se observa en la (Fig.1).



Fig.1: Anillos con personalización y geometrías complejas.

Fuente:( Cotec, 2011)

Ramos, (2019), Menciona que “sin lugar a dudas, la fabricación aditiva (AM) jugara un papel en el futuro. “Sin embargo, preguntas como; ¿Qué nivel de participación en el mercado manufacturero será posible? ¿Cómo puede avanzar tan rápido? Son aquellas a las que no podemos responder. A pesar de esto, se confía en que la fabricación aditiva (AM) ganará una

participación de mercado significativa. Como proceso de fabricación, se realizará con molde de inyección, se incluye la mecanización y otros procesos; sin embargo, la mejor manera de proyectar el alcance de la fabricación aditiva (AM) es con un proceso complementario que le permita a el fabricante ampliar su gama de diseño.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 MATERIALES POLIMERICOS UTILIZADOS EN (FDM)**

La principal característica de los polímeros, que los distingue de los materiales cerámicos y metálicos, es que están conformados por macromoléculas en donde son formados de la misma manera que cualquier otra molécula, (en su mayor parte) por átomos de elementos no metálicos unidos entre sí por enlaces covalentes, y se les da el nombre genérico de polímeros dado a que son moléculas masivas compuestas por unidades repetidas; la clasificación de los materiales poliméricos se basa justificadamente en su comportamiento térmico. Dependiendo de cómo estén enlazadas las cadenas, obtenemos los tres grandes grupos de materiales naturales poliméricos que son los termoplásticos, termoestables y termo durables. (Hernández, Reina et al., 2020)

En la impresión 3D, los materiales utilizados son tan diversos como los productos finales; además de los metálicos y cerámicos, se ha inclinado la mira hacia los materiales poliméricos, gracias a su gran versatilidad y adaptación en distintas gamas de aplicación se han vuelto un punto de gran interés y se les ha estipulado como uno de los materiales más aplicados en la fabricación aditiva; a pesar de ello, se ha optado más por la rama de los termoplásticos tanto en aplicaciones domesticas con en industrializadas. Ya que son un material plástico que se vuelve deformable o flexible a temperaturas relativamente altas, se calientan y pasa a un estado vítrea cuando se enfría lo suficiente; la mayoría de termoplásticos son polímeros de alto peso

molecular. Los termoplásticos se diferencian de los termoestables o termo fijos en que pueden volver a funcionar tras calentarse y moldearse para formar otra pieza; por ello son los materiales más utilizados el método de modelado por deposición fundida (FDM). (Tabla 1)

| MATERIAL | PROPIEDADES   | INDUSTRIA Y APLICACION  |
|----------|---|---|
| NYLON    | Gran resistencia química, a la fatiga y el impacto. | Material en filamento que se utiliza en aplicaciones donde se requieren piezas de protección de impactos, herramientas de producción e insertos ajustable por presión y fricción en industrias aeroespaciales y automotriz. |
| ABS      | Gran fuerza, resistencia y flexibilidad.            | Es el material más utilizado en la impresión 3D, se encuentra en interiores de automóviles, dispositivos eléctricos y teléfonos móviles, haciendo parte de la industria automotriz, dispositivos médicos y aeroespacial.    |
| PLA      | Gran resistencia a la tracción y a las superficies. | También se les conoce como como ácido polilactico; el cual son un termoplástico con una base de   |

|     |  |   |
|-----|--|---|
|     |  | <p>elastómero conformado de polbutadien, además tiene la ventaja de ser biodegradable, a diferencia de los (ABS) y es uno de los materiales más fáciles de imprimir, sin embargo, él tiende a encogerse ligeramente después de ser impreso, ideales para fines estético de hogar y oficina.</p> |
| PC  | Gran resistencia a la tracción y flexión.                                      | <p>Aptos para la fabricación de herramientas, accesorios prototipos funcionales en la industria automotriz y aeroespacial.</p>  |
| ASA | Gran estabilidad UV y resistencia mecánica.                                    | <p>Excelente en la fabricación de prototipos para automóviles, uso de exteriores bajo rayos solares y soportes como carcasas.</p>   |
| PEI | Gran resistencia mecánica, biocompatible, y estable ante situaciones térmicas. | <p>Material excepcional en aplicaciones industriales, componentes médicos, aeroespacial y automotriz.</p>   |

Tabla 1: Propiedades de los materiales termoplásticos para FDM y su aplicación en diversas

Fuente:(León et al., 2019)

## 2.2 SOFTWARE

**El software CAD**, Actualmente conocido como **software de diseño asistido por computadora**, da referencia a las herramientas o programas de software utilizadas por diseñadores e ingenieros en una amplia variedad de industrias para el diseño y la fabricación de productos físicos, que van desde edificaciones, elementos de transporte, electrónicos y la textilera. Este software a menudo se conoce también como **software CAM** (Mecanizado asistido por computadora). Por ello, STL (estereolitografía) viene siendo el formato de archivo nativo de softwares CAD creada por 3D system; es también conocido como (lenguaje estándar de mosaicos), este tipo de archivo es muy usado para prototipado rápido y software de manufactura asistida por computador. El formato describe solo las superficies geométricas de un objeto tridimensional sin representación de color, textura u otros atributos típicos usados en CAD en donde existen 2 tipos de este, los ASCII y los binarios, debido a que los últimos son más compactos, por ende, son los más utilizados. (Jorquera, 2018)

Cabe resaltar que la aplicabilidad de una máquina de impresión 3D queda inoperante sin un archivo CAD en formato STL, el cual trae consigo las indicaciones e instrucciones de fabricación para una pieza; en donde la maquina lo tomara como guía para su respectiva impresión, puesto que estas se consideran el vehiculó que permitirá llegar a la elaboración final de un objeto tridimensional, por lo tanto las impresoras 3D son dependientes de los archivos STL para logra su finalidad ya que cuyo archivo es la interfaz entre la máquina y los software CAD, por ello cada una de estas tiene su respectivo formato en donde la auténtica virtud va en la habilidad del usuario y no en las características de la herramienta. (Dursun, 2012)

## **2.3 INICIOS**

Como se les menciono anteriormente, la fabricación aditiva es un proceso que se basa en la idea de convertir un modelo digital en un objeto sólido tridimensional. A medida que pasan los años, surgen una gran cantidad de nuevas tecnologías de impresión 3D en la industria, Este concepto se remonta cuando. Kodama et al, (1980), ideó una técnica de creación rápida de prototipos basada en la fabricación de un objeto de capa a capa. Antes de finalizar, un equipo de investigadores franceses presentó la primera patente en 1984. Unos años más tarde, fue abandonado. Chuck Hull Futuro fundador de 3D Systems, a quien le debe la primera patente comercial en 1986 por una técnica conocida como "Estereolitografía". Este primer desarrollo marca el inicio de lo que ahora se conoce como la Cuarta Revolución Industrial, con aplicaciones en una variedad de campos como la medicina, la aeronáutica y la joyería.

La fabricación mediante adición se asocia frecuentemente con la impresión tridimensional (3D), pero esto no implica que los dos procesos sean idénticos, sin embargo la impresión 3D está acelerando el crecimiento de industrias como la automotriz, aeroespacial y fabricación de moldes, por lo que la introducción de nuevas tecnologías les brinda la oportunidad de elegir entre una gama más amplia de soluciones que se adaptan mejor a sus necesidades y, como resultado, mejoran la eficiencia de sus procesos. (Vukasovic, 2018)

### **2.3.1 PROCESO DE IMPRESIÓN 3D FDM**

Actualmente existe una amplia gama de procesos y tecnologías de fabricación disponibles en la manufactura aditiva (AM) en polímeros como lo son: fusión de lecho de polvo, extrusión de

material, laminado, chorro de material, chorro de aglomerante, fotopolimerización de cuba y depósito de energía dirigido Sin embargo el proceso (FDM) destaca siendo uno de los más comunes y ampliamente utilizado en la impresión 3D con materiales poliméricos, en comparación con otros procesos de fabricación, existe un importante ahorro de costos en términos de equipo y material. (Velasco Peña et al., 2016)

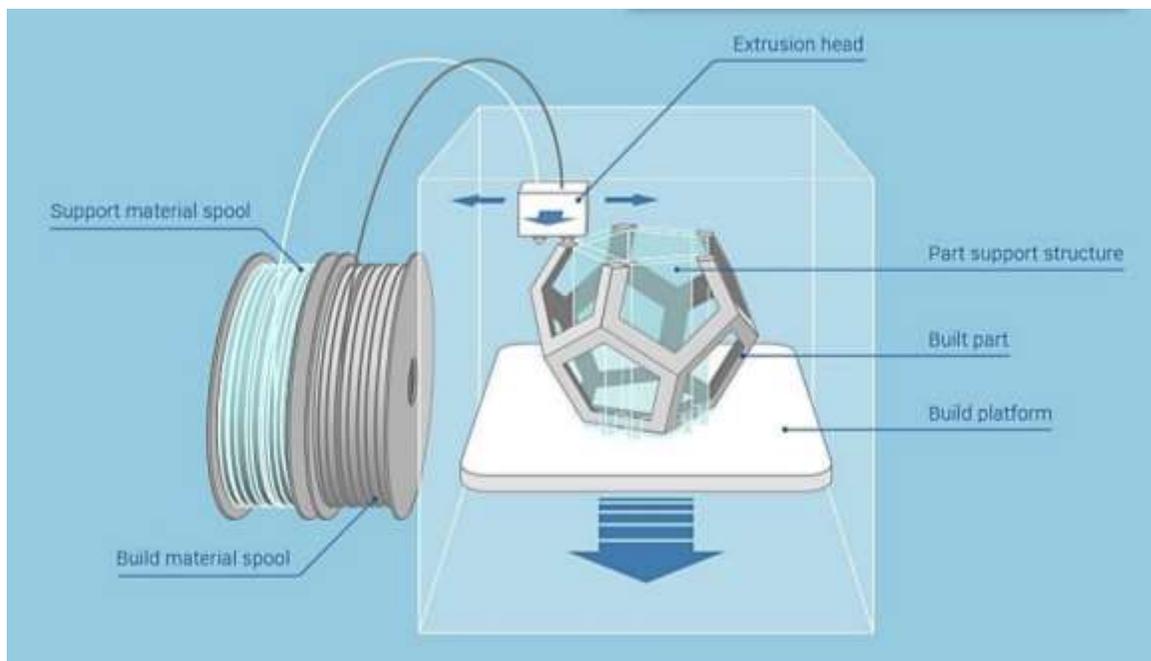


Fig.2: Esquema de impresión 3D por FDM

Fuente: (Columbus, 2017)

Por otro lado (FDM) también es el proceso más asequible, tanto para usos domésticos como para sistemas de producción completos, en donde brinda tiempos de respuesta altamente rápidos y una amplia gama de materiales y colores destinados a aplicaciones funcionales y de verificación de diseño. (R, José ;G, 2014)

Esta tecnología trabaja utilizando un filamento polimérico termoplástico el cual es expulsado

mediante una boquilla altamente calefactada a una temperatura superior a la de fusión del material, lo que le permite cambiar de su estado físico sólido a líquido, esta se puede desplazar en los tres ejes gracias a un control electrónico en donde se le aplica presión para su distribución depositado el material fundido sobre la plataforma de construcción con una velocidad constante. Una vez ya se haya depositado el material polimérico, este se solidificará por completo y es aquí donde se le realizará la deposición de la segunda capa. (Moreno Hidalgo, 2021) (Fig.2)

El diagrama de procesos de FDM consta de 4 etapas, la primera es el PRE-PROCESADO que es todo lo del seccionado en capas del diseño CAD y la transformación del formato a STL, la segunda es LA PREPARACIÓN del material y la máquina, la tercera es la CONSTRUCCIÓN, el procesado de capas que es cuando se empieza a imprimir la pieza y por ultimo la etapa de EXTRACCION DE LA PIEZA que es cuando se retira el objeto ya finalizado de la máquina y se limpia en caso de alguna imperfección. (Fig.3)

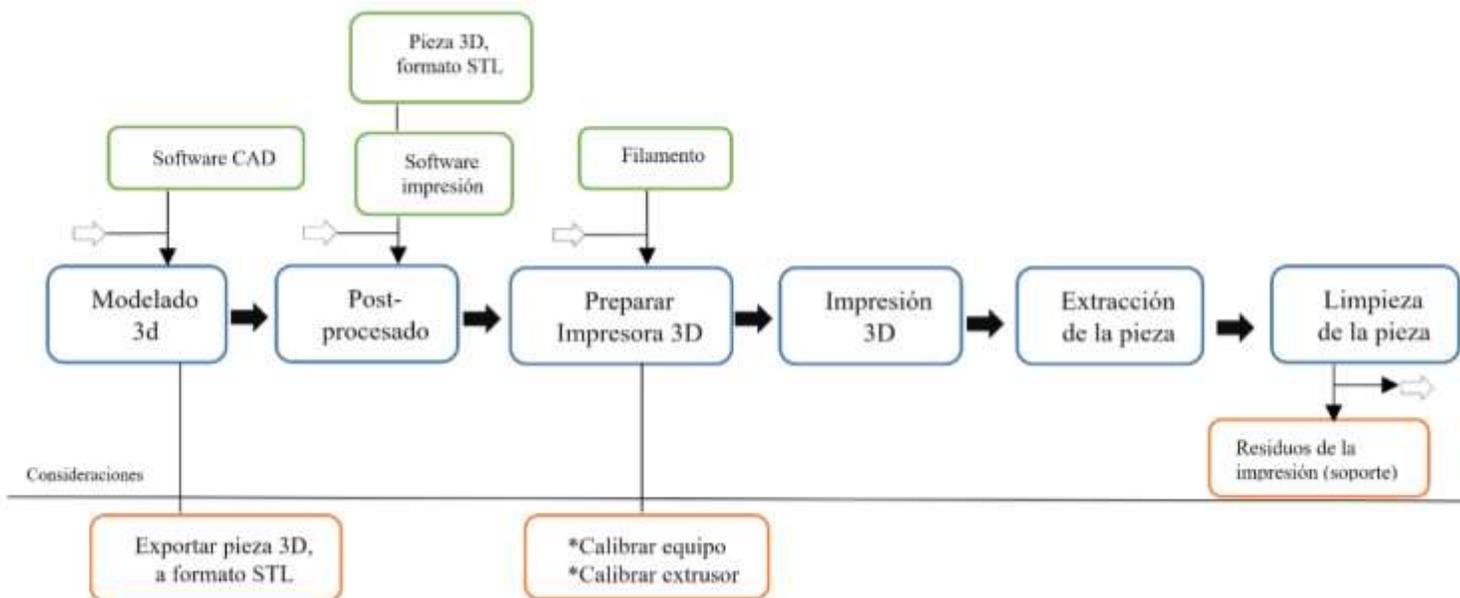


Fig.3: Diagrama de proceso de FDM

Fuente: (Del & Valparaiso et al, 2020)

El proceso da inicio en la pieza proyectada para su fabricación con la ayuda de un software de modelado 3D, seguidamente procedemos a la exportación del formato STL el cual es el encargado de dividir la pieza digital en un número de capas donde es llevado a un software ya sea entregado por su fabricante o de código abierto, esto con el fin de configurar el proceso de impresión, allí se le ajustará los valores que definirán su rugosidad, resistencia y calidad de la pieza y también los movimientos que la impresora realizará en sus respectivos ejes. (Fig.4-A) Teniendo ya configurado todo lo anteriormente nombrado el archivo post-procesador se guardará en el almacenamiento de un dispositivo para ser llevado al equipo, es importante verificar los ejes y que el material sea correcto (Filamento) a la hora de preparar la impresora. (Fig.4-B) Una vez ya terminado el proceso de preparación de la misma procedemos a cargar el programa dando inicio a la etapa de impresión (esta etapa puede tener una duración de horas o incluso días dependiendo la complejidad geométrica de la pieza a fabricar, el volumen y su tiempo de reposo); (Fig.4-C) finalizando este proceso proseguimos a extraer la misma de la impresora en donde es llevada finalmente a la parte de limpieza en donde se le remueve todos los excesos y se liján las imperfecciones. (Fig.4-D)

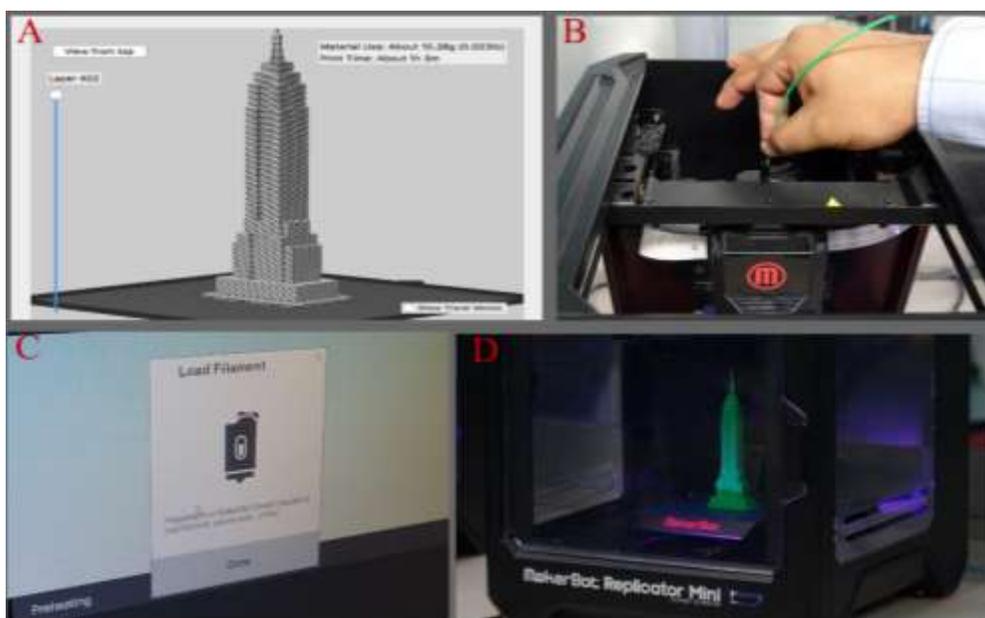


Fig.4: A-Previsualización de la impresión. B-Carga del filamento en la impresora. C-Carga del filamento en el software D-Impresión finalizada.

Sin embargo, a pesar de que la impresión 3D FDM es un proceso muy innovador y asequible de la fabricación aditiva en materiales poliméricos, abarca una serie de pro y contras ante los otros procesos de fabricación aditiva existentes. (Tabla.2)

| VENTAJAS   | DESVENTAJAS   |
|--|---|
| Es de fácil utilización en la producción de piezas a alta velocidad (en horas).  | Es utilizada para la fabricación de piezas con un tamaño limitado.  |
| Tiene un bajo costo de materia prima, al igual que una gran variedad y colores de los mismos.  | Dependiendo el diseño de la pieza, esta al finalizar puede tener acabados superficiales rugosos.  |
| Tiene un campo mucho más extenso a la hora de diseñar y producir piezas con geometrías altamente complejas.  | Ocasionalmente no se pueden elaborar paredes con cierto grosor (muy delgadas) en la fabricación de algunas piezas.                            |
| Eficiencia en el uso de la materia prima correspondiente al número de piezas deseadas sin causar desperdicio de la misma.  | Cuando se producen piezas con excesos volumétricos, puede que el proceso de impresión tarde más de lo habitual en la elaboración de la pieza. |
| Se puede variar tantas veces la pieza como sea necesario a coste cero. Simplemente, se cambian las medidas pertinentes en el archivo CAD y se vuelve a imprimir. |   |
| En las industrias no se necesitarán más la solicitud de piezas de alguna maquina a los   |   |

|  |
|--|
| proveedores en caso de falla o emergencia ya que ellas mismas podrán producir una réplica del repuesto, y con este recurso resolver la falla presentada en la máquina. |
| Debido a la estructura interna de los materiales utilizados en FDM tienen una resistencia decente ante los impactos.   |
| Los materiales para la producción son estables mecánicamente y medioambientalmente.  |

Tabla 1: Propiedades de los materiales termoplásticos para FDM y su aplicación en diversas

Fuente:(León et al., 2019)

### III. CONCLUSIONES

- Mediante la fabricación aditiva desaparecerán las limitaciones geométricas en la mayoría de las industrias, dando pie a los diseñadores para que puedan proyectar y fabricar aquellas piezas que algún día se consideraron inimaginables y así mismo ellos puedan seguir innovando.
- El tiempo pasa y a su vez se han desarrollado distintos tipos de materiales aptos en la impresión 3D, adaptándose a la llegada de nuevas tecnologías en donde se puede decir que desde los polímeros (plásticos), continuando con los metales hasta la actualidad ya existen algunos materiales antes increíbles en la fabricación aditiva que pueden llegar a ser comestibles.
- Basándonos en las ventajas y la popularidad de la fabricación aditiva, esta ira evolucionando, adaptándose al cambio y revolucionando el proceso de fabricación con materiales poliméricos, haciendo de ello algo indispensable en distintos sectores de la industria, pues su gran capacidad de producción alienta a innovar y cambiar la forma de diseñar.
- A pesar de la proyección que tiene la fabricación aditiva con polímeros, para poder utilizar plenamente su capacidad y su utilización se deberán continuar desarrollando estudios en las propiedades mecánicas y el efecto de sus parámetros de impresión, para que las piezas producidas por esta puedan ser confiables, calificadas y de calidad.

#### IV. IREFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bandala, S. (2016). *Metodología de la impresión tridimensional : Modelado de Deposición Fundida ( FDM ) Metodología de la impresión tridimensional : Modelado de Deposición Fundida ( FDM ) Concepto Técnica : Deposición fundida. November.*
- Christoph, R., Muñoz, R., & Hernández, Á. (2017). *Manufactura Aditiva. Realidad y Reflexión, 43, 97.*
- Del, V., & Valparaiso et al, M. A. R. (2020). *Sistema extrusor modular de fdm para implementar en equipos controlados por cnc. 24–32.*
- Dursun, P. (2012). *DEMOCRATIZACIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D CON FOTOPOLÍMEROS. 66(December), 37–39.*
- Hernández, Reina et al., A. N. ;C. Q. W. (2020). *Design and manufacture of a protective device for elbows using flexible polymeric material with high mechanical resistance , through 3D additive manufacturing. 25(04), 630–643.*
- Jorquera, A. (2018). *Fabricacion digital: Introducción al modelado e impresion 3d.*
- Kodama, D. (1980). *técnica de creación rápida de prototipos basada en la fabricación de un objeto de capa a capa. Instituto Municipal de Investigación Industrial de Nagoya.*
- León, M., Marcos-Fernández, Á., & Rodríguez-Hernández, J. (2019). *Impresión 3D con materiales elastoméricos. Revista de Plásticos Modernos: Ciencia y Tecnología de Polímeros, 118(747), 2.*
- Moreno Hidalgo, K. (2021). *Estudio de las aplicaciones y ventajas que ofrece la impresión 3D en el ámbito de la automoción. enero 13.*
- R, José ;G, O. (2014). *Impresión 3D en la Industria: Un acercamiento a la tecnología y su*

*influencia en la Industria Petrolera. 18.*

Ramos, J. R. (2019). Fabricación aditiva con metales: análisis y perspectivas de futuro. *Ciclo de Conferencias DIÁLOGO METALES Y RETOS*, 10 mayo 2019, 553.

Velasco Peña, M., Rodríguez Suárez, J., & Restrepo Ardila, D. (2016). Caracterización de propiedades mecánicas de piezas en ABS en función de parámetros de proceso de manufactura aditiva FDM. *Xxi Congreso Nacional De Ingeniería Mecánica*, 11(November 2016), 716–722.

Vukasovic, T. (2018). *Termoplástico fabricadas mediante impresión 3D*. 113.