

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

Most used materials in additive manufacturing in the metalworking sector: A systematic review

Jose Ricardo Delgado Deza^{1,*}; Evellyn Milles Duval Guevara Vega¹; Kenner Alexander Rojas Ahumada¹; Ayrton Oscar Alfonso Soto Alarcón¹; Alessandro Moises Venegas Villarreal¹; Estela Geraldine Villar García¹; Joe Alexis González Vásquez¹

1 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor correspondiente: jrdelgadod@unitru.edu.pe (J. Delgado).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2021

ABSTRACT

Additive manufacturing or also known as 3D printing is a breakthrough that has been developed in industrial production allowing times to be reduced, for this it is important to know their processes, so this systematic review was conducted with the question: What materials and techniques are the most used in the metalworking sector?

So our research objective is to describe the results of the most used materials, technologies, techniques and applications in this industry. This search was achieved by reviewing articles published in databases such as ScienceDirect, Vtindustrial, Redalyc, ResearchGate, Nature, Semantic Scholar, Sciendo, Resiup, Oikonomics, IOPScience, HAL, Core from 2017 to 2022.

Keywords: additive manufacturing; 3d print; industrial.

Materiales más usados en fabricación aditiva en el sector metalmecánica: Una revisión sistemática

RESUMEN

La fabricación aditiva o conocida también como impresión 3D es un gran avance que se ha desarrollado en la producción industrial permitiendo que los tiempos se reduzcan, para ello es importante conocer sus procesos, por lo que se realizó esta revisión sistemática que tiene como pregunta: ¿Qué materiales y técnicas son las más usadas en el sector de metalmecánica?

De modo que nuestro objetivo de investigación es describir los resultados de los materiales más usados en esta industria, tecnologías, técnicas y aplicaciones. Esta búsqueda se logró gracias a revisión de artículos publicados en base datos como ScienceDirect, Vtindustrial, Redalyc, ResearchGate, Nature, Semantic Scholar, Sciendo, Resiup, Oikonomics, IOPScience, HAL, Core comprendida entre los años 2017 al 2022.

Palabras clave: fabricación aditiva; impresión 3d; industrial.

1. Introducción

La innovación es un proceso importante para las empresas, debido a que constantemente se busca una mejora en todos o en la mayor parte de los procesos de la organización, es aquí donde aparece un sector de mucha importancia como lo es el sector metalmecánico, [25] mencionan que el sector metalmecánico logra un establecimiento de la calidad y precisión de los trabajos, generando un factor diferenciador entre su competencia, y esto, incita a los altos mandos de la organización a buscar la innovación. Esto muestra la gran influencia del sector metalmecánico en los diferentes procesos, debido a que siempre se requieren de estos bienes para los múltiples sectores, uno de ellos el automotriz, según [2] piezas como el motor de combustión van a evolucionar en el futuro, por lo cual esta industria debe estar preparada para el cambio, siendo las tecnologías de materiales de vital importancia, como los procesos de fabricación aditiva. Otro ejemplo de la influencia del sector metalmecánico es lo que dice [28], él menciona sobre cómo la productividad manufacturera ha tenido un aumento sostenido, y esto ha permitido mantener la competitividad entre las empresas. [4] menciona que las organizaciones buscan optimizar sus procesos mediante innovación o reingeniería para enfocarse en la disminución de sus costos de producción, los tiempos en respuesta de la distribución de los productos y el incremento en la satisfacción.

En la actualidad, en este sector se presentan algunas dificultades, [23] nos mencionan sobre cómo el sector metalmecánico actualmente está afrontando brechas tecnológicas en automatización industrial, impuestos y la difícil accesibilidad para obtener fuentes de apalancamiento financiero.

Para afrontar estas limitaciones, el sector metalmecánico implementó la fabricación aditiva como reemplazo a la fabricación convencional, [24] nos menciona que la principal diferencia entre fabricación convencional y fabricación aditiva, es que en la fabricación convencional se parte de un material al cual se le va quitando parte de este, mientras que en la fabricación aditiva se realiza mediante adición sucesiva de capas de material.

La fabricación aditiva brinda diversos beneficios, según [37] afirma que la fabricación aditiva conlleva un menor uso de material, resultando en un menor costo, a su vez varias industrias resultan beneficiarias como la automotriz, médica y aeroespacial debido a que la fabricación aditiva permite la construcción de piezas únicas siendo geométricamente complejos y personalizables. [19] menciona que la selección de materiales adecuados es de mucha importancia para el proceso de producción, esto debido a que cada material cuenta con diferentes propiedades, llevando a escoger diversos criterios o formas para tratar a cada uno, esto muestra la importancia en los materiales para la fabricación de diversos productos debido a que deben estar hechos de diversos materiales dependiendo de su uso, es aquí donde la fabricación aditiva entra en acción, intentando hacer uso de varios tipos de materiales en su fabricación. [6] menciona que la fabricación aditiva requiere de materiales de muy buena calidad para lograr cumplir con las especificaciones consistentes, logrando construir partes funcionales contando con una gran variedad de materiales para la creación.

Según [14] los materiales de metal tienen destacadas propiedades mecánicas, eléctricas, químicas entre otras, [3] nos nombra algunos de estos materiales como las aleaciones de aluminio, aleaciones de cobalto, aleaciones a base de níquel, acero inoxidable y aleaciones de titanio. En entornos peligrosos una opción conveniente es usar aleación a base de níquel, esto es debido a que este material tiene una alta resistencia a la corrosión y temperaturas. Otro material que puede utilizarse en entornos peligrosos, es la aleación de titanio por su buena resistencia a la corrosión, oxidación y baja densidad. Esto último muestra que la relación entre la fabricación aditiva y el sector metalmecánico resulta beneficioso a comparación de la fabricación tradicional, pero esto siempre ha conllevado a fabricar distintos objetos de diversos materiales metálicos, aplicando diversas técnicas, tecnologías y máquinas para estos, por ello, este estudio se enfoca en analizar los diversos materiales y parte de los procesos usados en la fabricación aditiva en el sector metalmecánico [7].

2. Metodología

Para esta revisión sistemática se tuvo que realizar una exploración de la literatura científica en base a la metodología PRISMA, definida por [10] Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. La pregunta de investigación establecida para dirigir este estudio fue la siguiente: ¿Qué materiales y técnicas son las más usadas en el sector de metalmecánica? Esta metodología promueve según [1] que un sistema fundamentado en la evaluación de los distintos componentes del diseño y ejecución de los estudios revelará evidencias precisas y empíricas acerca de la relación entre ellos.

Por lo que es necesario realizar este estudio con un método que sea de manera explícita, buscando el indagar para satisfacer los resultados del estudio.

Este método comienza con la búsqueda de registros o citas en las distintas bases de datos, continuando con la eliminación de los duplicados para terminar con aquellos estudios implicados en síntesis cualitativa y cuantitativa (revisión sistemática y metaanálisis respectivamente), referenciado por [9].

Para poder empezar el proceso de búsqueda se emplearán descriptores como términos a partir de la pregunta de investigación: “impresión 3d”, “fabricación aditiva”, “materiales”, “industria”, “aplicaciones”, “metalmecánica”.

Siguiendo con el proceso de búsqueda, se clasificará y para ello se realizó un manejo de los términos ya dados junto con operadores booleanos: ("fabricación aditiva" OR "impresión 3d" AND "metalmecanica").

Para esta revisión sistemática, se seleccionaron las bases de datos SCIENDO, NATURE, SCIEDIRECT, RESEARCHGATE, SEMANTIC SCHOLAR, CORE, IOPSCIENCE, HAL, REDALYC, RISEUP, VTINDUSTRIAL, OIKONOMICS, tal como se muestra en Tabla 1.

Tabla 1: Lista de los términos usados en distintas bases de datos para la revisión sistemática en los últimos 5 años.

| Base de Datos | Terminos buscados |
|------------------|---|
| Sciedirect | "3D printing" AND "materials" OR "metal" |
| Vtindustrial | "fabricación aditiva" OR "sector metalmecanica" |
| Redalyc | "fabricación aditiva" AND "metales" |
| Researchgate | "Metal 3D printing" OR "manufacturing" |
| Nature | "3D Printing" |
| Semantic Scholar | "additive manufacturing" |
| Sciendo | "Powder Metallurgy" |
| Riseup | "fabricación aditiva" AND "metales" |
| Oikonomics | "fabricación aditiva" |

| | |
|------------|--|
| Iopscience | "fabricación aditiva" AND "metales" |
| Hal | "fabricación aditiva" AND "materiales" OR "técnicas" |
| Core | "fabricación aditiva" AND "metales" |

Para realizar este estudio, se presentan artículos publicados en bases de datos científicas, en los idiomas inglés y español, comprendidos entre los años 2017 al año 2022 (últimos 5 años).

Con respecto al criterio de inclusión son: fabricación aditiva en el contexto de industrias, beneficios y efectos en la aplicación de la impresión 3D.

Con respecto al criterio de exclusión se dispuso no abordar las publicaciones que tienen como temas de fabricación aditiva en empresas que no abarquen alguna área de industria.

El registro de búsqueda y de extracción de información se trató por los colaboradores del estudio de manera independiente, donde las desigualdades fueron observadas y resueltas en consenso por los mismos para poder realizar una revisión sistemática.

De la búsqueda de artículos en las bases de datos y motores de búsqueda se determinó un total de, aproximadamente, 50 artículos publicados entre el periodo de 2017 a 2022; ordenados de la siguiente manera: ScienceDirect con 12 artículos, Vtindustrial con 9 artículos, seguida de Redalyc con 8 artículos, ResearchGate y Nature con 6 artículos, Semantic Scholar con 3 artículos, finalmente Sciendo, Core, Iopscience, Hal, Resiup, Oikonomics con 1 artículo respectivamente.

Tomando en cuenta estos artículos seleccionados, se procedió a precisar la definición de fabricación aditiva dictado por autores, así también que materiales y técnicas son usadas en el contexto propuesto; finalmente mostrar aplicación de impresión 3D junto con sus beneficios.

Con respecto a los países que lideran las publicaciones, se demuestra que existe una relativa importancia para el tema de fabricación aditiva; principalmente España, USA y Alemania que cuenta con 6 publicaciones, seguida de Colombia con 5 artículos, India, Reino Unido y Singapur con 3 artículos cada uno; China, Malasia, Portugal, Canadá con 2 artículos cada uno y otros con 1 artículo, tal y como se muestra en la Figura 1.

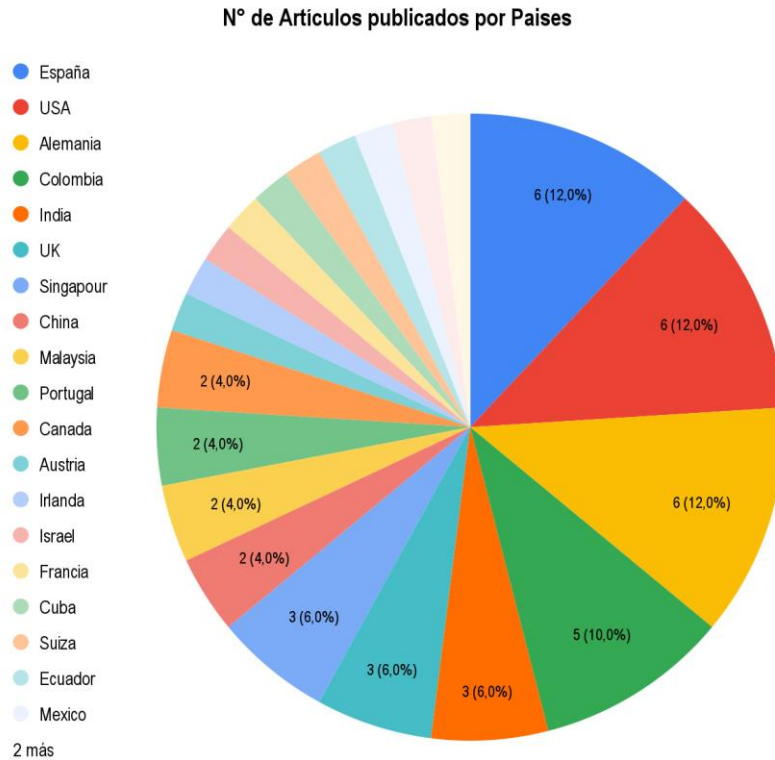


Figura 1: Distribución del número de artículos publicados según cada país.

Los artículos consultados en este artículo fueron seleccionados con la condición de que estos tengan una fecha de publicación no menor a 5 años de antigüedad, dando así estos resultados, se encontró que en el año 2019 el número de artículos es de 11, el año 2021 con 10 artículos seguidamente del año 2020 con un total de 9 artículos publicados. En el año 2022 y 2018 tienen respectivamente 8 y 7 artículos publicados y en el último año que es el 2017 se encontró un total de 5 artículos: Esto es debido a que se tomó en cuenta que, para la recolección de datos, los artículos deberían ser los más actuales.

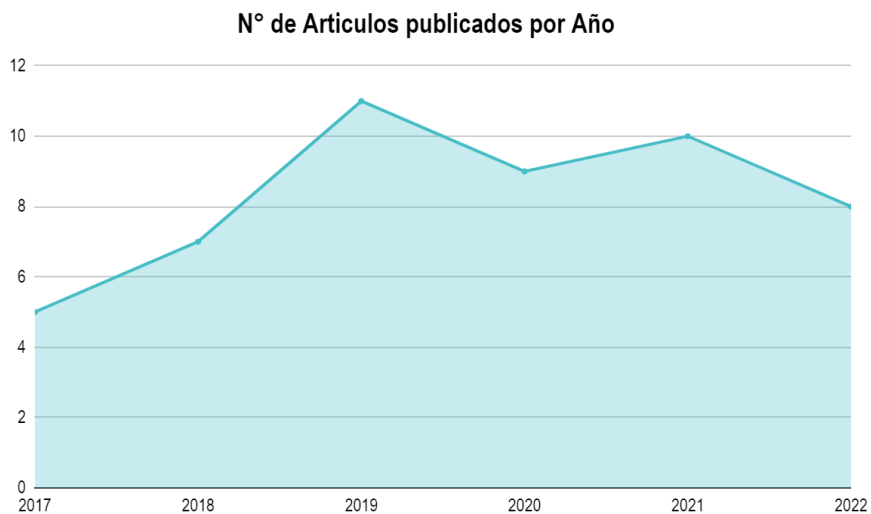


Figura 2: Distribución del número de artículos publicados según el año.

3. Resultados y discusión

La fabricación aditiva es uno de los pilares actuales para la construcción de objetos, algunos autores [5] definen a la fabricación aditiva como la revolución en la fabricación, debido a que permite la construcción flexible, compleja y precisa de las estructuras que son difíciles de realizar con métodos tradicionales de fabricación como la fundición y el mecanizado.

Otros autores como por ejemplo [8] mencionan que la fabricación aditiva o también llamada impresión 3D aporta muchos beneficios a comparación de los métodos tradicionales, brindando una mayor eficiencia estructural, libertad geométrica, un uso reducido de materiales y sobre todo brinda la personalización.

Estas ideas permiten comprender de mejor manera su propósito, siendo la fabricación aditiva [12] una serie de tecnologías especializadas en fabricación que permite la generación de modelos que encontramos de manera digital al mundo físico, brindando precisión y rapidez en la construcción de todo modelo.

Como nos menciona [6]. La manufactura aditiva requiere el uso de materiales de alta calidad que cumplan con las especificaciones para garantizar el cumplimiento de los acuerdos entre proveedores y compradores. Y que la fabricación aditiva tiene un rango amplio de materiales con los que puede operar.

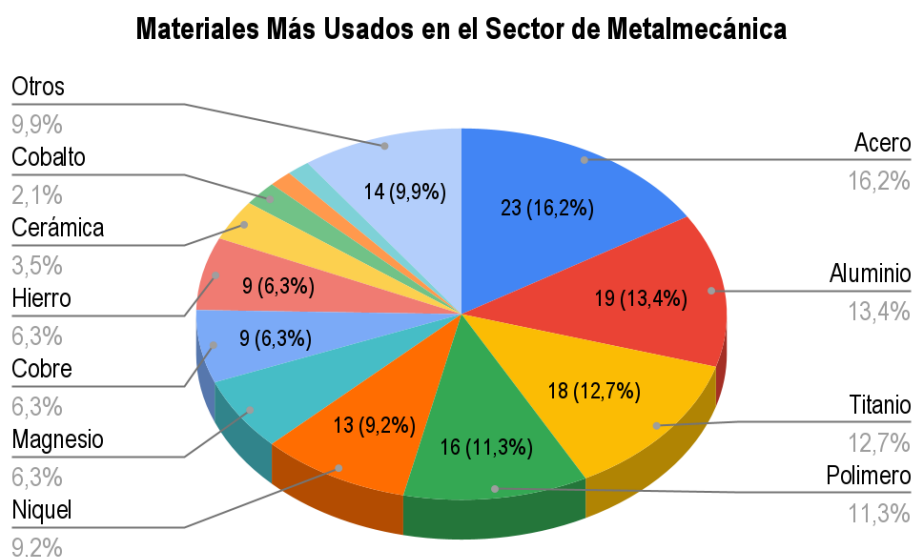


Figura 3: Materiales más usados según los artículos publicados.

De las investigaciones revisadas es posible apreciar que en primer lugar se tiene al acero, el cual se puede considerar el mejor material para aplicaciones en fabricación aditiva debido a su gran tolerancia a la corrosión y durabilidad en entornos hostiles [20], además de presentar una mejor dureza, resistencia, ductilidad, resistencia al desgaste y tenacidad que otros materiales. El aluminio [21] quedando en segunda posición, pero de igual manera es utilizado en una variedad de industrias por su bajo costo y alta fuerza, pero baja densidad lo que lo hace ideal en situaciones que requieren tanto eficiencia como livianez como pueden presentarse en la industria automotriz y aeroespacial por mencionar algunas. En tercer lugar, se encuentra el titanio como mejor material para los sectores aeroespacial y médico por sus excelentes propiedades mecánicas y biocompatibilidad, la cual lo hace el mejor candidato para implantes médicos.

En una encuesta realizada en 2016, mencionado por [18], se utilizan principalmente tres tecnologías, las cuales son: la sinterización selectiva por láser; modelado por deposición fundida; y, la estereolitografía.

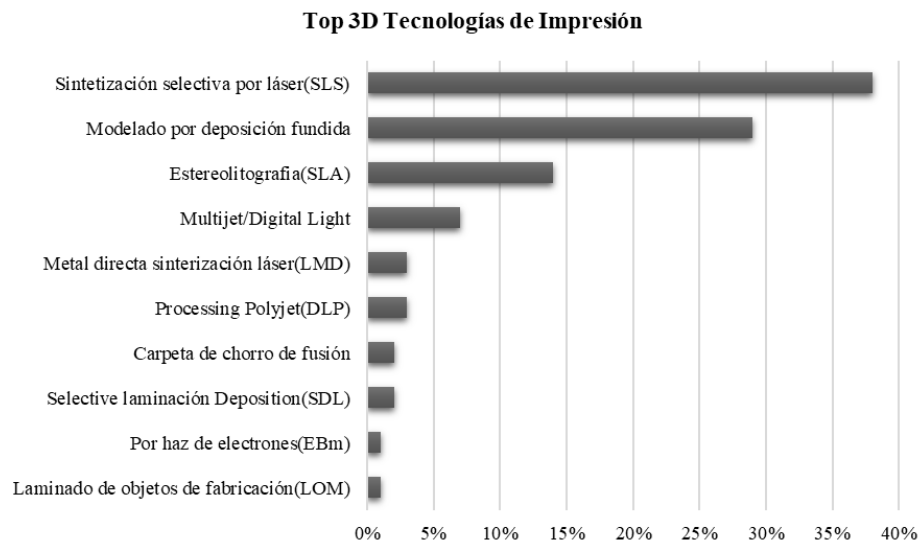


Figura 4: Top 3D Tecnologías de Impresión. Fuente: Elaborada por Dias Lopes, 2018

Se muestran, en la Tabla 2, las características generales de los distintos procesos de fabricación aditiva, con la finalidad de comparar sus componentes. El material de referencia para la comparación se considera a partir de una pieza bruta laminada en frío, mencionado por Laue, [22]

Tabla 2: Características de procesos de fabricación aditiva

| Manufacturing Process | SLM | WAAM | 3DPDM | Sheet Metal |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| Material | | | 316L (1.4403) | |
| Initial state | Powder (30–63 μm) | Wire (Ø 1.2 mm) | Powder (50–125 μm) | Sheet (cold rolled) |
| Melting source | Laser | Arc | Arc | - |
| Layer height/sheet thickness | 0.06 mm | 1.70 mm | 0.97 mm | 6.00 mm |
| Process time/reference component | 231.3 min | 13.5 min | 22.5 min | Not specified |
| Reference component | | | | |

Fuente: Elaborada por Laue, R., Colditz, P., Möckel, M., & Awiszus, B. ,2022

[26] aclara que SLM y 3DPDM son procesos basados en polvo, mientras que WAAM es un proceso basado en alambre. En ese caso, las características de cada tecnología de fabricación aditiva son necesariamente diferentes, las más representativas son el tamaño del haz, el espesor de capa, la ratio de deposición, el acabado superficial o el estrés residual de la pieza, mencionado por [17]

Luego de analizar los artículos revisados podemos encontrar que existen variadas técnicas que se podrían utilizar para la fabricación aditiva, como se muestra en la Figura 5.

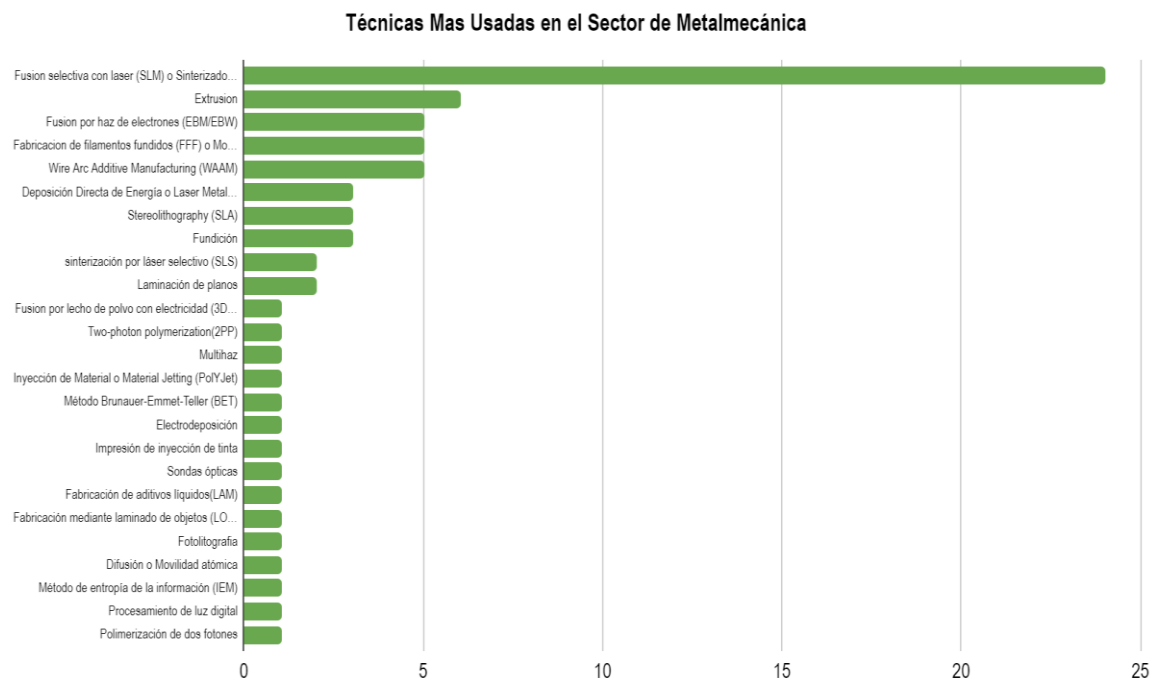


Figura 5: Técnicas más usadas en el sector de metalurgia

[15] citando a Heutger, & Kückelhaus, (2016) nos menciona que la Sinterización Selectiva por Láser (SLS) utiliza el láser para fundir material de alimentación en polvo, en el objeto deseado ya que también permite la impresión de materiales a base de metal. Una de las principales ventajas es que el lecho de polvo actúa como soporte de la pieza que se está fabricando, por lo que el diseño adicional de estructuras de soporte es innecesario, aligerando la carga de diseño y el esfuerzo de la extracción de la pieza sustancialmente. [14] citando a Acevedo, (2016). [16] citando a Rosen et al, (2015) explica que esta técnica SLS se compone principalmente de dos etapas. La primera etapa es conocida como reparto de material; esta inicia en la bandeja de fabricación con un espesor uniforme predispuesto en el fichero digital que contiene la información de la pieza. La segunda etapa es el procesado de material; que se da por medio de un haz de energía láser que procesa de manera selectiva sobre el material capa a capa siguiendo la geometría de la pieza, en la figura 1 encontramos una representación esquemática del proceso (SLM).

La segunda técnica más utilizada es la Extrusión que dentro de las 50 citas, solo 6 hacen uso de esta, una gran diferencia respecto a la primera, está se refiere al proceso que se hacen a los materiales para moldearlos, o sea que estos se funden y pasan por una constante presión y fuerza, y así obtener la forma que se desea. La fabricación aditiva en la extrusión de materiales se puede emplear para la producción de variedades de materiales. “Este proceso ha sido ampliamente utilizado y los costos de este son bajos. Además, que con este proceso se pueden construir piezas funcionales. El modelado de disposición fundida (FDM), es una de los ejemplos de extrusión de materiales” [6]. [27] explica que el FDM es un proceso de manufactura aditiva donde un filamento es alimentado hacia un extrusor, calentado por encima del punto de fusión y depositado en una plataforma donde se solidifica y se consolida la parte.

Dejando de lado las distintas técnicas y tecnológicas, es importante también conocer las aplicaciones que la fabricación aditiva ofrece en las empresas del rubro de producción y procesos para que sean más competitivas; actualmente la producción muchas veces está segmentada en múltiples partes, todas estas partes o eslabones del proceso se integran para obtener el producto final. Con la implementación de esta tecnología, estas partes se reducirían considerablemente haciendo así que el proceso de producción sea más rápido. En nuestro

conjunto de artículos seleccionados para desarrollar este trabajo, en 15 de ellos específicamente, se logró agrupar 3 tipos de uso que se le puede dar a esta tecnología.

Una es el Simulado: Se basa en la creación de prototipos o simulaciones, de objetos que son a veces muy difíciles de manejar.

Otra es la fabricación de piezas y/o accesorios para algunos productos, en donde se utiliza a los objetos producidos por medio de la fabricación aditiva para completar a los productos hechos por la manera tradicional [11].

La tercera es la Personalización de productos, [13] dice que a veces los productos que requerimos son difíciles de producir de una forma tradicional, gracias a lo flexible que puede ser diseñar un producto según las dimensiones y características de lo que se quiere obtener.

En el siguiente gráfico, se presenta un resumen de la cantidad de artículos analizados según la aplicación que se le puede dar a la fabricación aditiva:

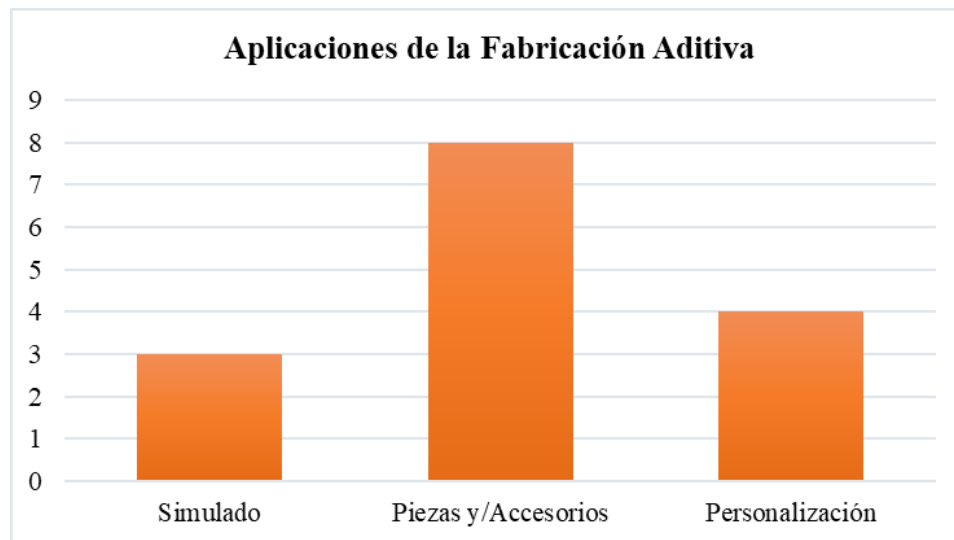


Figura 6: Aplicaciones de la Fabricación Aditiva.

La fabricación aditiva, por el momento, no puede sustituir a la fabricación tradicional en masa, ya sea por el grado de complejidad del producto y qué material utiliza para fabricarlo; pero si se puede usar para complementar a esta, referenciado por [16]

4. Conclusiones

Este presente artículo presenta las principales características de la fabricación aditiva (AM) o la impresión 3D donde se recalcan las búsquedas sobre los materiales y tecnologías más usadas en los últimos cinco años por lo que se da respuesta a la pregunta de investigación mostrando en gráficas resumidas. Se afirma que el material más usado viene a ser el acero, resaltando sus propiedades tenemos: la gran tolerancia a la corrosión y durabilidad en entornos hostiles, además de presentar una mejor dureza, resistencia, ductilidad, resistencia al desgaste y tenacidad que otros materiales seguido de aluminio; y en las tecnologías más usadas tenemos la fusión selectiva con láser (SLM) actuando como soporte de la pieza que se está fabricando, aligerando la carga de diseño y el esfuerzo de la extracción de la pieza sustancialmente.

Estas permiten que el avance de la fabricación aditiva se vaya extendiendo al mercado industrial.

5. Referências bibliográficas

- [1] Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507–511. doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015
- [2] Danninger, H. (2018). What will be the future of powder metallurgy? *Powder Metallurgy Progress*, 18(2), 70–79. doi.org/10.1515/pmp-2018-0008
- [3] Martin, J. H., Yahata, B. D., Hundley, J. M., Mayer, J. A., Schaedler, T. A., & Pollock, T. M. (2017). 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature*, 549(7672), 365–369. doi.org/10.1038/nature23894
- [4] Martin, A. A., Carta, N. P., Khairallah, S. A., Wang, J., Depond, P. J., Fong, A. Y., Thampy, V., Guss, G. M., Kiss, A. M., Stone, K. H., Tassone, C. J., Nelson Weker, J., Toney, M. F., van Buuren, T., & Matthews, M. J. (2019). Dynamics of pore formation during laser powder bed fusion additive manufacturing. *Nature Communications*, 10(1), 1987. doi.org/10.1038/s41467-019-10009-2
- [5] Chen, Z., Li, Z., Li, J., Liu, C., Lao, C., Fu, Y., Liu, C., Li, Y., Wang, P., & He, Y. (2019). 3D printing of ceramics: A review. *Journal of the European Ceramic Society*, 39(4), 661–687. doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.11.013
- [6] Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286–1296. doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089
- [7] Rodrigues, T. A., Duarte, V., Miranda, R. M., Santos, T. G., & Oliveira, J. P. (2019). Current status and perspectives on wire and arc additive manufacturing (WAAM). *Materials*, 12(7), 1121. doi.org/10.3390/ma12071121
- [8] Buchanan, C., & Gardner, L. (2019). Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges. *Engineering Structures*, 180, 332–348. doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.045
- [9] Paolini, A., Kollmannsberger, S., & Rank, E. (2019). Additive manufacturing in construction: A review on processes, applications, and digital planning methods. *Additive Manufacturing*, 30(100894), 100894. doi.org/10.1016/j.addma.2019.100894
- [10] Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites. Part B, Engineering*, 143, 172–196. doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012
- [11] Yuan, S., Shen, F., Chua, C. K., & Zhou, K. (2018). Polymeric composites for powder-based additive manufacturing: Materials and applications. *Progress in Polymer Science*, 91, 141–168. doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.11.001
- [12] Sousa, M., Arezes, P., & Silva, F. (2019). Nanomaterials exposure as an occupational risk in metal additive manufacturing. *Journal of Physics. Conference Series*, 1323(1), 012013. doi.org/10.1088/1742-6596/1323/1/012013
- [13] Martínez, E., Metalmecánico, I. T., González-Estrada, O. A., Martínez, A., Universidad Industrial de Santander, y Universidad Industrial de Santander. (2017). Evaluación de las propiedades tribológicas de materiales compuestos de matriz metálica (MMCs)

- procesados por técnicas de fabricación aditiva con haz láser (SLM). *Revista UIS ingenierías*, 16(1), 101–114. doi.org/10.18273/revuin.v16n1-2017010
- [14] Balbás Calvo, A., Espinosa, M. del M., & Domínguez Somonte, M. (2018). Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos. *Lámpsakos*, 19, 47–54. doi.org/10.21501/21454086.2365
- [15] Díaz López, J. N. (2018). Retos de la cadena de suministro con la inclusión de la tecnología de impresión 3d - fabricación aditiva am. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 14(27). doi.org/10.18270/cuaderlam.v14i27.2660
- [16] Peña, J. D. A., & Castrillón, A. M. S. (2021). Manufactura aditiva en materiales metálicos por proceso slm. *Semilleros de investigación*, 3(1). https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/SEMINVE/article/view/4691
- [17] Alonso Benito, N., Dominguez Somonte, M., & Espinosa Escudero, M. D. E. L. M. (2019). REVISIÓN DE LAS EXPECTATIVAS Y LA REALIDAD EN TÉCNICAS DE FABRICACIÓN ADITIVA. *DYNA NEW TECHNOLOGIES*, 6(1), [9 p.]-[9 p.]. doi.org/10.6036/nt9251
- [18] Universitat Oberta de Catalunya. (n.d.). Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D. *Uoc.edu*. Retrieved August 16, 2022, from <https://comein.uoc.edu/divulgacio/oikonomics/es/numero09/dossier/jlopez.html>
- [19] Malaga, A. K., Agrawal, R., & Wankhede, V. A. (2022). Material selection for metal additive manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*. doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.272
- [20] Shrinivas Mahale, R., Shamanth, V., Hemanth, K., Nithin, S. K., Sharath, P. C., Shashanka, R., Patil, A., & Shetty, D. (2022). Processes and applications of metal additive manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 54, 228–233. doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.298
- [21] Lupoi, R., (2), Abbott, W. M., SenthamaraiKannan, R., McConnell, S., Connolly, J., Yin, S., & Padamati, R. B. (2022). Metal additive manufacturing via a novel composite material using powder and polymers formed in sheets. *CIRP Annals ... Manufacturing Technology*, 71(1), 181–184. doi.org/10.1016/j.cirp.2022.03.012
- [22] Bouaziz, M. A., Djouda, J. M., Chemkhi, M., Rambaoudon, M., Kauffmann, J., & Hild, F. (2021). Heat treatment effect on 17-4PH stainless steel manufactured by Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM). *Procedia CIRP*, 104, 935–938. doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.157
- [23] Zapf, H., Höfemann, M., & Emmelmann, C. (2020). Laser welding of additively manufactured medium manganese steel alloy with conventionally manufactured dual-phase steel. *Procedia CIRP*, 94, 655–660. doi.org/10.1016/j.procir.2020.09.102
- [24] David Quezada-Torres, W., Dionisio Hernández-Pérez, G., González- Suárez, E., Comas-Rodríguez, R., Ii, W., Francisco Quezada-Moreno, F., & Molina- Borja, I. V. (n.d.). Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en Pequeñas y Medianas Empresas metalmecánicas del Ecuador Technology management and its transfer process in Ecuador's small and medium metalmechanic enterprises. *Sld.Cu*. Retrieved August 23, 2022, from <http://scielo.sld.cu/pdf/trii/v39n3/1815-5936-trii-39-03-303.pdf>

- [25] Morelos-Gómez, J., Gómez-Yaspe, I. S., & De Ávila-Suarez, R. de J. (2021). Capacidades de innovación de las pequeñas y medianas empresas del sector metalmeccánico en Cartagena, Colombia. *ENTRAMADO*, 17(1), 12–29. doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7215
- [26] Laue, R., Colditz, P., Möckel, M., & Awiszus, B. (2022). Study on the milling of additive manufactured components. *Metals*, 12(7), 1167. doi.org/10.3390/met12071167
- [27] León B., J., Díaz-Rodríguez, J. G., & González-Estrada, O. A. (2020). Daño en partes de manufactura aditiva reforzadas por fibras continuas. *Revista UIS ingenierías*, 19(2), 161–175. doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020018
- [28] Antuña, G. (2021). Un paso al frente: el sector metalmeccánico asturiano ante la reconversión industrial, 1978-2000. *Investigaciones de Historia Económica*. doi.org/10.33231/j.ihe.2021.02.002