

MANUFACTURA ADITIVA PARA PROTOTIPADO RÁPIDO

Bravo Marmolejo, Víctor Omar (1), Diosdado De la Peña, José Angel (2)

¹ [Ingeniería Mecatrónica, Universidad de Guanajuato] | [victorsodmg@gmail.com]

² [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [jose.diosdado@ugto.mx]

Resumen

El presente trabajo presenta la evaluación de una impresora 3D comercial para realizar prototipos funcionales de elementos mecánicos. Se identifican factores que causan problemas en el proceso de impresión, a través de la experimentación con múltiples piezas. A partir de estos, se detectan posibles fallas y se proponen acciones para mejorar el diseño de la parte. Se identifican los parámetros y condiciones que permiten realizar un prototipado rápido de buena calidad, lo cual es de utilidad para considerar el reemplazo de piezas de otros materiales en algunos mecanismos, puesto que el material usado en la impresión presenta características similares a la madera y al aluminio. Por último, se presenta el desarrollo de prototipos funcionales, que podrían requerir muchos recursos económicos para su maquinado, con lo que se superan muchas limitaciones de la manufactura convencional.

Abstract

This article presents the capability of a comercial 3D printer for manufacturing functional prototypes of mechanical elements. Identifying the factors that cause problems in the printing process, trough experimentation with multiple pieces. From these, detect possible conditions that allow to do a great quality rapid prototyping, wich is usefull for replacing pieces from other materials in some mechanisms, because of the material used in the printer presents, similar properties to wood and aluminium. Last, presents the development of functional prototypes, that would require a lot of economic resources for their manufacturing, leaving behind a lot of limitations that conventional manufacturing has.

Palabras Clave

Impresión 3D; Prototipado funcional; Condiciones; Parámetros; Calidad

INTRODUCCIÓN

La manufactura aditiva en la actualidad es una herramienta que está evolucionando día con día, puesto que cambia muchos paradigmas que se tenían anteriormente. El objetivo de este tipo de manufactura es ahorrar tiempo, reducir costos de material y contar con diseños cada vez más complejos. Para ello, es muy importante la selección del material, así como, la tecnología de manufactura aditiva a utilizar. En el caso de la impresión 3D realizada por extrusión de material es significativo saber la orientación que debe tener la pieza durante su impresión, el material a utilizar, la reproducibilidad, el costo, así como, el trabajo de post-procesamiento requerido [1].

La impresión 3D hace uso de la manufactura aditiva puesto que la utiliza para crear productos por capas. La definición de impresión 3D es un tanto inexacta, aunque en la mayoría de los casos se limita solo a las unidades que son usadas tanto en casa como oficinas, es decir solamente a la parte del prototipado rápido [2].

Existen varios aspectos que distinguen a la impresión 3D en las tecnologías para prototipado rápido. Los dos más importantes son el costo, y la facilidad de integración con el dibujo asistido por computadora (CAD, por sus siglas en inglés). También, ha sido comparada con varias tecnologías disruptivas como lo son los libros digitales, pues permite una mejor interacción con el consumidor. Actualmente, la impresión 3D tiene limitantes cuando se trata de producciones a gran escala, tales como, la baja precisión y la sensibilidad al calor y a la humedad. Entre las aplicaciones más importantes de la impresión 3D destacan: productos personalizados, prototipado, partes de repuesto, aplicaciones médicas entre otras. Esto debido a la facilidad para compartir diseños y hacer modificaciones al producto final [2].

El objetivo principal de este proyecto es obtener piezas para prototipos de mecanismos, tanto escaladas como piezas funcionales para reproducción de productos ya existentes, mediante la impresión 3D.

MATERIALES Y MÉTODOS

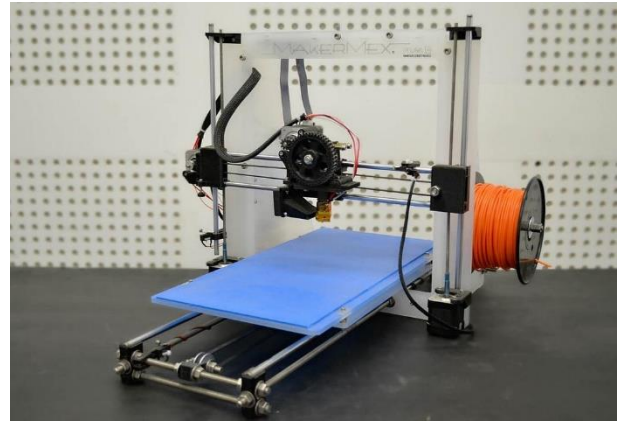


Figura 1: Impresora 3D Prusa i3 XL [3].

La impresora 3D que se utiliza es una Prusa i3 XL distribuida por MakerMex S.A. de C.V., que se muestra en la Figura 1. La cual cuenta con un espacio de trabajo de 200 x 400 x 200 mm, 5 motores a pasos 2 para moverse a lo largo del eje Z, uno para desplazamiento en el eje X y uno para el eje Y; así como, uno más para extruir el material de la impresión.

La impresora es controlada por una tarjeta Rumba®, cuenta con una resolución de 0.1mm a 0.3mm, y la temperatura de la boquilla puede alcanzar los 300°C. El material de impresión para las piezas es filamento de PLA de 3.00 mm de diámetro (negro, blanco, verde, transparente).

Se usa el software Cura 2.3.0®, también llamado "3D Slicer Software". Éste permite ver una simulación de lo que hará la impresora, con la pieza que se desea imprimir. La extensión recomendada del archivo es *Standard Template Library* (STL).

El tipo de códigos que lee la tarjeta controladora Rumba® es códigos G, similares a los que interpreta una fresadora o torno de Control Numérico Computarizado (CNC) de controlador FANUC®.

Para llegar a las metas del proyecto fue necesario realizar varias pruebas con piezas simples. Se tomaron en cuenta las condiciones bajo las cuales se estaba imprimiendo, como lo fue la temperatura ambiente, la temperatura de la boquilla, la velocidad de impresión del contorno, la velocidad de impresión del relleno, la densidad con la cual se imprime la pieza, la altura o cantidad de capas,

recomendable para encender el ventilador, el grosor del contorno y de las tapas de la pieza, así como, la geometría del relleno, colocación de material de soporte, y orientación de la pieza [4,5].

Después de obtener las condiciones y parámetros apropiados para imprimir piezas de buena calidad se procedió a la impresión de un mecanismo a escala. El diseño seleccionado fue una prensa de sujeción, usada para sostener PCB's al soldar componentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las primeras piezas que se imprimieron con los parámetros proporcionados por el proveedor presentaban deformaciones en la geometría, por ejemplo, un relleno discontinuo como se aprecia en la Figura 2. Esto se puede corregir cambiando las velocidades de impresión de contorno, y la de relleno. También incrementando la temperatura de la boquilla de 200°C a 202°C, con lo que se obtuvo una impresión más rápida.

Con los ajustes descritos anteriormente se evitan deformaciones en piezas no más largas de 5 centímetros de longitud en el plano XY, sin embargo, al imprimir piezas de 12 cm de largo, se presentó un fenómeno conocido comúnmente como *warping* el cual se puede ver en la Figura 3. Esto se debe a que la impresora 3D utilizada no cuenta con cama caliente. Una solución para evitar este fenómeno fue la activación del ventilador hasta que se comenzara a imprimir la tercera capa, además de colocar cinta doble cara, para que el PLA tuviera una mayor adhesión a la cama, reduciendo el efecto no deseado. Ver Figura 4.

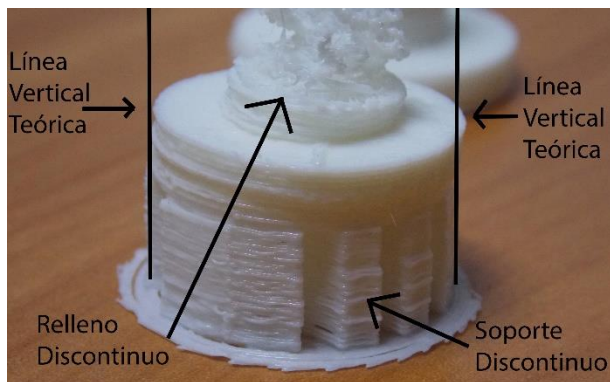


Figura 2: Pieza impresa bajo los parámetros recomendados por fabricante.

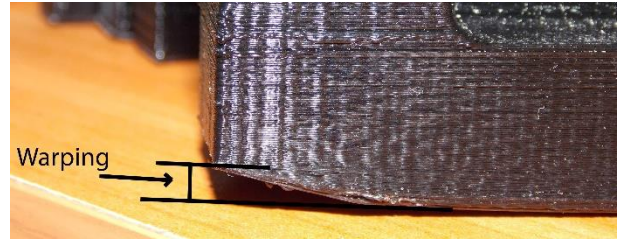


Figura 3: Pieza que presenta *warping*.

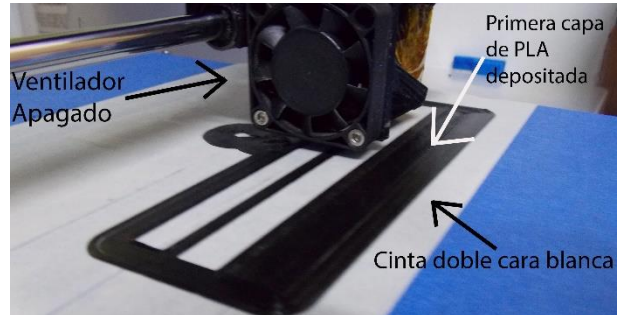


Figura 4: Cama de impresora 3D con cinta doble cara (cinta blanca) y ventilador apagado durante la primera capa.

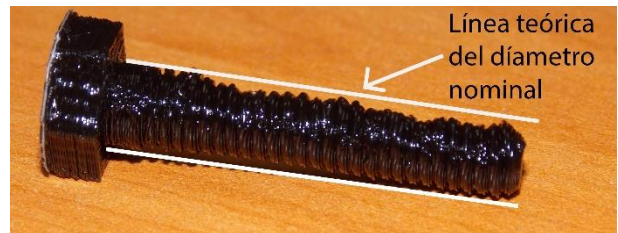


Figura 5: Pieza que presenta deformaciones, debido al enfriamiento rápido.

El equipo utilizado también presentó sensibilidad a los cambios de temperatura ambiental. Por ejemplo, cuando encendían el aire acondicionado del cubículo donde se encuentra la impresora, si este es muy frío se obtienen deformaciones en una cara de la pieza como se observa en la Figura 5, donde la cuerda del tornillo en la parte superior luce deformada.

Otro de los problemas identificados fue el imprimir cuerdas más grandes que las mostradas en la Figura 5. Para Cura® es necesario utilizar material de soporte cuando se tienen voladizos con un ángulo mayor a 45° respecto a la horizontal. En la Figura 6 se aprecia como el material de soporte termina dejando inservible la pieza. Para corregir esto, se dispuso eliminar el material de soporte en voladizos menores a 85°. Esto involucra que, a

menos que se tenga casi un voladizo de ángulo recto, la impresora no requiere utilizar material de soporte. Este ajuste conlleva a una reducción de la velocidad de impresión de 45mm/s a 35 mm/s. Así se puede obtener una cuerda de mejor calidad, como se muestra en la Figura 7.

Por último, otro factor importante evaluado fue el porcentaje de relleno que deben tener las piezas. Este parámetro se puede ajustar desde 0% hasta 100% (una pieza completamente sólida). En la Figura 8, se muestra una refacción que se imprimió 2 veces, una con 90% de relleno (Figura 8a) y otra con 60%(Figura 8b). Se aprecia deformación en la pieza de 90%, se atribuye su pandeo a que la punta caliente del extrusor permanece más tiempo calentando el material de una zona.

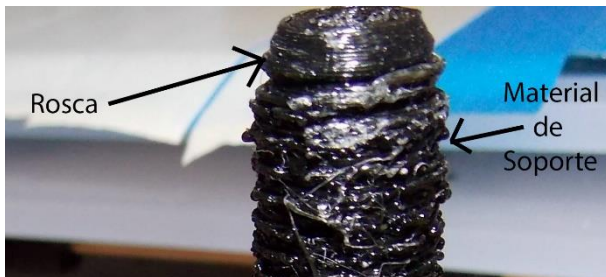


Figura 6: Pieza inservible debido al material de soporte.

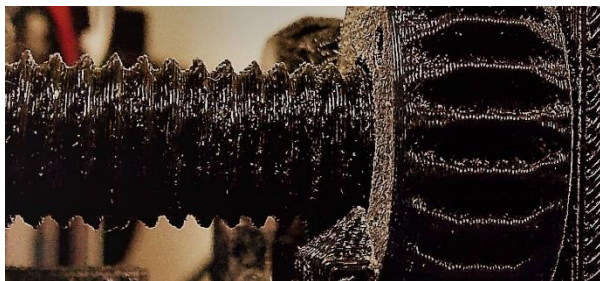


Figura 7: Pieza que presenta una cuerda de buena calidad y útil para un mecanismo.

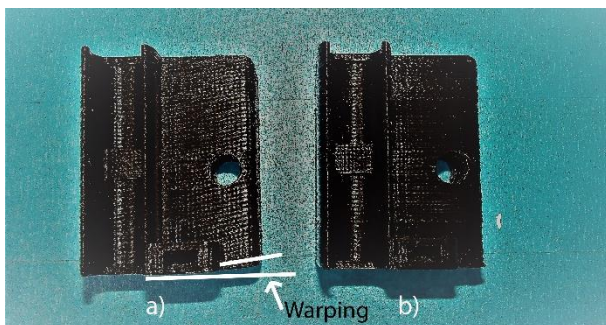


Figura 8: Piezas con distinto porcentaje de relleno.

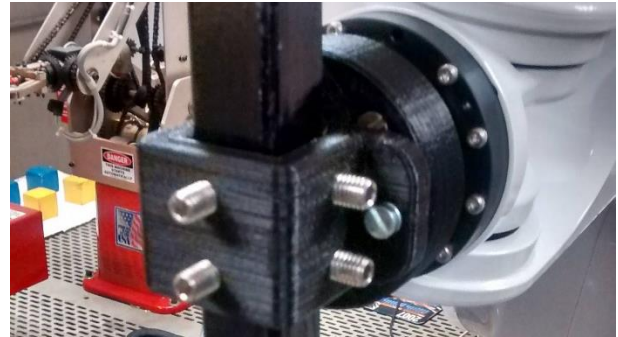


Figura 9: Piezas de herramental del proyecto con colaboración.

Para comprobar que las piezas impresas en 3D pueden reemplazar a piezas de otros materiales en aplicaciones más robustas, se buscó la colaboración con otro proyecto de investigación. Según las pruebas realizadas, las piezas de PLA impresas pudieron sustituir a las que originalmente se tenían planeadas para manufacturar en aluminio. La pieza impresa fue un herramental para sujeción y posicionamiento de sensores mismo que se muestra en la Figura 9.

Al comprobar la validez de los parámetros y condiciones obtenidos anteriormente con el herramental mencionado, se procedió a realizar la impresión y ensamble final a escala mostrado en la Figura 10. Esta prensa se seleccionó porque se identificaron todos los elementos que causaron conflicto en las piezas descritas anteriormente. Esto es un ensamble que incluye engranajes, tornillos, piezas de longitud mayor a 5 cm, rieles y, por último, el ensamble de 2 piezas usando macho y hembra. Dichas piezas se imprimieron utilizando una densidad de relleno del 45% y tomando en cuenta la orientación de impresión para soportar las fuerzas impuestas.

En este ensamble, se presentaron problemas debido a la precisión de la máquina al imprimir la pieza. En el eje Z se midieron variaciones de 0.1 a 0.2 mm y de 0.05 a 0.15 en el plano XY. Esto se puede atribuir al grosor de cada capa de la impresión. Para solucionar esto, se propone el trabajo de post-procesamiento, puesto que no fue posible el simplemente imprimir la pieza y proceder a ensamblarla. El ajuste consiste en lijar y limar la pieza para que pueda tener un funcionamiento adecuado, ver Figura 11. En ésta se nota una parte del PLA más opaco, debido al post-procesamiento efectuado sobre la pieza para que el riel pudiera deslizarse libremente.

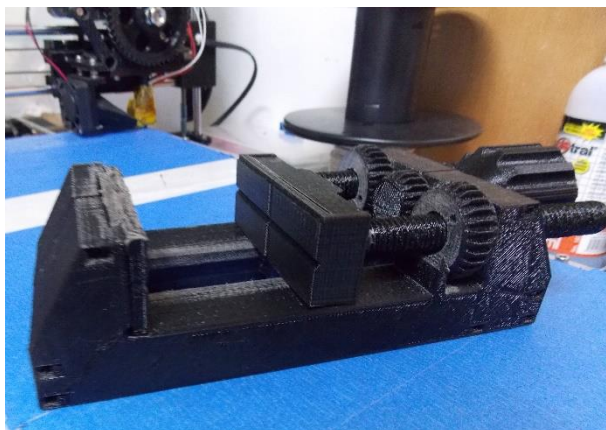


Figura 10: Pieza de ensamble final

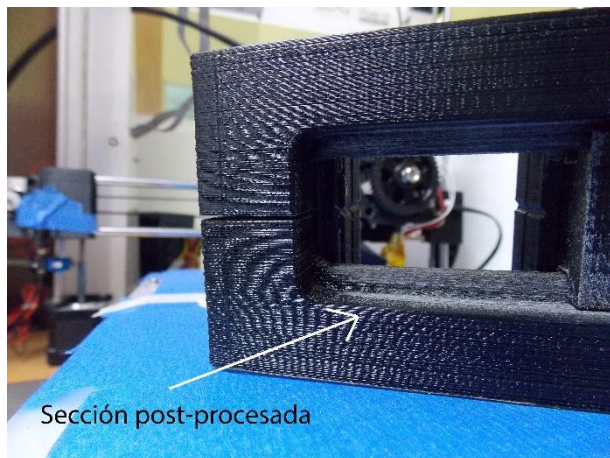


Figura 11: Post-procesamiento de pieza ensamble final

CONCLUSIONES

En este trabajo se identifica un equipo para manufactura aditiva de bajo costo, con el que se realizaron diversas pruebas de impresión. En base a la experiencia práctica devenida de estas, se identifican múltiples factores que afectan la calidad de la pieza impresa, se presentan propuestas de controlar dichos factores y se evalúa su efectividad.

Se observa una sensibilidad del proceso de impresión 3D a factores ambientales, geométricos, de hardware, así como, a la velocidad y temperatura de impresión.

En base a lo anterior, se pudieron encontrar las condiciones apropiadas para impresión, así como los parámetros a los que tiene que estar ajustado el software para imprimir con un acabado de buena calidad. En el equipo usado, se requiere

velocidades de 35mm/s para los contornos y 45 mm/s para el relleno de la pieza. La temperatura de la boquilla recomendable es de 202°C, esto para una temperatura ambiente entre 22°C y 28°C. Es posible que la impresora 3D pueda estar trabajando en un ambiente cerrado y la impresión no se vea afectada por corrientes de aire o por cambios en la temperatura ambiente. Para ello, se propone como trabajo futuro el desarrollo de una cámara de impresión, un dispositivo que encapsule a la máquina y la aisle de estos cambios ambientales.

AGRADECIMIENTOS

El autor externa su agradecimiento al Dr. José Angel Diosdado De la Peña por la oportunidad brindada, por la confianza que le tuvo para realizar este proyecto y el apoyo a lo largo de la estadía; de igual manera al Dr. Antonio Balvatin, por la colaboración que permitió a este proyecto; y a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad de participar en el 23° Verano de la Investigación Científica.

REFERENCIAS

- [1] Caitlin Oswald (2016). Designing for Additive Manufacturing: Considerations for the Full Value Stream--Part One. Recuperado de <http://www.3dmpmag.com/magazine/article.asp?aid=11343>
- [2] Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. Business horizons, 55(2), 155-162.
- [3] MakerMex S.A. de C.V. (2017) Prusa I3 XL <http://makermex.com/shop/product/impresora-3d-prusa-i3-xl-90?search=prusa>
- [4] Caitlin Oswald (2017) Designing for Additive Manufacturing, Part II: Consideration for Manufacturability. Recuperado de <http://www.3dmpmag.com/magazine/article.asp?iid=4&aid=12427>
- [5] Tymrak, B. M., Kreiger, M., & Pearce, J. M. (2014). Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. Materials & Design, 58, 242-246.