

Desarrollo de una impresora 3D basada en tecnología FDM

Resumen

Para poder representar objetos tridimensionales sobre una superficie bidimensional se suele recurrir a un conjunto de técnicas conocidas como geometría descriptiva. Con el advenimiento de la computación aparecieron los programas CAD, lo cual supuso un avance significativo, reemplazando los métodos tradicionales antes mencionados. A continuación, se pudo materializar los diseños realizados gracias a la aparición de las diversas tecnologías de impresión 3D.

El presente trabajo muestra el proceso de diseño y construcción de una impresora 3D.

El hardware propuesto permite la evolución de la impresora hacia la obtención de piezas más complejas al utilizar no solo un cabezal extrusor, sino varios, donde algunas piezas que lo requieran, se construyen con un material adicional a la del modelo, conocido como material de soporte.

Para este proyecto se prioriza la utilización de componentes, repuestos y piezas de origen nacional, también se sigue el concepto de código abierto (open-source), lo cual implica

aprovechar información disponible en diversos medios y también compartir la propia experiencia para beneficio de aquellos que deseen incursionar en el mundo de las impresoras 3D.

Palabras Claves: Impresora 3D, manufactura aditiva, open-source, FDM, prototipo.

1. Introducción

El comité F42 de ASTM define a la manufactura aditiva como: “un proceso de unión de materiales para fabricar objetos a partir de datos obtenidos del modelo 3D, por lo general capa sobre capa, a diferencia de los métodos de fabricación substractiva, tales como el mecanizado tradicional[1]”. Es una de las tecnologías en las que se basa lo que se denomina la 4^o revolución industrial o Industrias 4.0.

Los métodos de fabricación aditivos están revolucionando la forma de fabricar piezas, algunas de ellas ya utilizadas en equipos tan diversos como motores, industria aeronáutica, etc. Aunque esta técnica nace con la necesidad de contar con prototipos en un corto período de tiempo, con una rápida evolución, se utilizan para distintos tipos de plásticos

y también en aleaciones metálicas ligeras.

Dicha fabricación de un objeto físico, se logra a partir de un modelo 3D realizado en un sistema CAD (diseño asistido por computadora).

Existe una gran variedad de programas de modelado 3D en el mercado, siendo algunos de ellos pagos y otros gratuitos. Entre las versiones licenciadas puede mencionarse como ejemplo el Inventor de Autodesk o el Solid Works de Dassault Systemes. Y entre las versiones libres, el QCAD y el FreeCAD. El tiempo insumido entre diseño e impresión, permite obtener piezas en forma rápida que se pueden probar y usar en los prototipos utilizados para el desarrollo de productos.

Hoy en día, en algunos casos, reemplazan piezas manufacturadas con los métodos tradicionales.

De los procesos de fabricación disponibles en impresoras 3D, se decidió adoptar la tecnología FDM (Fused Deposition Modeling), la cual se basa en la deposición en capas de material fundido que va solidificando en la forma deseada. Este método de impresión fue desarrollado por Scott Crump en la

firma Stratasys Inc., entre 1989 y 1990. También se suele utilizar un material de soporte cuya misión es dar sostén a partes de la pieza que queden en voladizo y que, sin este material, no tendrían una base estructural en donde solidificar a su forma final. El material de soporte una vez concluida la impresión se remueve utilizando distintos métodos físicos o aplicando un componente químico como acetona, agua, detergente, etc.

En el año 2005 surge el proyecto RepRap (Replicating Rapid Prototype) cuando en la universidad de Bath, se desarrolla la primera impresora 3D con capacidad para imprimir las piezas que la componen. Este acontecimiento produce el ingreso de esta tecnología al open-source y constituye el puntal inicial para su desarrollo.

La filosofía del proyecto RepRap permite que una persona común, pueda construir y desarrollar su propia impresora 3D e imprimir piezas que le sirvan en su vida cotidiana.

Dicha capacidad de auto replicación genera un cambio fundamental en la tecnología de fabricación, ya que se pasa de la producción en serie de piezas bajo patente a la producción de objetos a nivel individual, productos que fueron creados libremente por cada uno de los usuarios.

Una de las ventajas de los proyectos open-source, consiste en que, al ser desarrollados por comunidades abiertas, reciben aportes y mejoras continuas, constituyendo una situación en la que todos se benefician.

2. Sistema de Impresión 3D

Los elementos que componen el sistema de impresión son los siguientes:

1. Sistema mecánico

Estructura de aluminio que le da rigidez física y sostén a las partes móviles de la impresora.

2. Extrusor

Pieza que introduce a presión el filamento hacia el hotend y es controlado por un motor paso a paso.

3. Hotend

Está constituido por tres secciones claramente definidas. La zona superior, recibe el filamento de 3mm o 1,75mm desde el extrusor. Una zona media aletada cuya función es disipar el calor generado en la última etapa y disminuir la temperatura para proteger el extrusor, ya que el mismo es de material plástico. Finalmente un cartucho calefactor calienta la última zona fundiendo el hilo, que sale a través de la boquilla con un diámetro menor (0.3mm o 0.4mm entre otros). Este valor determina el espesor básico de las capas impresas.

4. Motores

Son los encargados de dar movimiento a los 3 ejes que constituyen el sistema extrusor-hotend. Un cuarto motor, montado en el extrusor, controla la velocidad con que entra el filamento en el hotend.

5. Fines de carrera

Su finalidad es definir los límites del movimiento mecánico y proteger las partes móviles.

6. Cama caliente (Hotbed)

Es la base donde se apoya la pieza durante su impresión. Está constituida por una resistencia calefactora distribuida en forma plana. Según el material utilizado se establece una temperatura que se mantiene constante mediante la placa controladora. Permite la adherencia de la pieza a la cama y facilita la adhesión de las diferentes capas entre sí durante el proceso de impresión.

7. Sensores de temperatura

Elemento que por su naturaleza varía su resistencia en función de la temperatura. Con estos dispositivos la placa controladora puede conocer dicha variable y mantener constante las temperaturas del hotend y de la cama caliente en el

valor establecido, acorde al material utilizado. Los valores de temperatura pueden visualizarse en tiempo real, a través del software en la PC.

8. Materiales termoplásticos

Elemento utilizado como insumo para imprimir las piezas. Son comercializados en bobinas de 1.75mm y 3mm. Vienen en diversos colores.

En esta experiencia se utilizaron dos tipos de insumos: PLA (Ácido Poliláctico o Poliácido Láctico) y ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). El primero de ellos es de origen orgánico, se suele fabricar a partir del maíz y el segundo es un plástico derivado del petróleo.

9. Ventilación

Se utiliza para enfriar la parte superior del hotend, dado que, el extrusor se encuentra vinculado inmediatamente a este elemento y si no estuviese podría fundirse parte del mismo.

10. Placa controladora

Dirige todo el proceso de impresión, recibiendo órdenes desde el programa que es ejecutado en la PC.

A esta placa se le conectan: la cama caliente, el cartucho calentador del hotend, los finales de carrera, los 4 motores (ejes x, y, z y extrusor), y recibe también información de los sensores de temperatura. Intercambia información con la PC a través de un puerto USB.

Para el presente trabajo se utiliza un modelo específico basado en la plataforma Arduino.

11. Software host

Realiza varias tareas a saber, importa el modelo CAD 3D, genera las capas para su impresión asociadas a un código G, que es enviado a la placa controladora. Muestra el avance de la impresión y permite establecer ciertos parámetros, entre ellos por ejemplo, las temperaturas de impresión (hotend) y de la cama caliente.

Para este desarrollo se adoptó como programa controlador el Repetier-Host.

12. Software slice

Su función principal, entre otras, es subdividir la pieza en capas de un determinado espesor y fijar el tipo de relleno a utilizar en las partes huecas, que definirá la rigidez de la pieza terminada. Al final de este proceso genera un listado en código G, legible por cualquier programa tipo CNC (Control Numérico Computarizado).

Para este trabajo se optó por el Slic3r.

13. Firmware

Es el programa que se instala en la placa controladora, el cual interactúa con el software de la PC y es configurable para diferentes tipos de impresora.

Para este proyecto se eligió el firmware Marlin.

14. Fuente

Es el dispositivo que energiza los diversos elementos que componen la impresora. Debe determinarse de manera correcta su capacidad de potencia, estimando el consumo de los diversos elementos. Por ejemplo, la cama caliente tiene un consumo típico de aproximadamente 10A para una tensión de 12V.

3. Trabajo de Campo: Construcción de la Impresora

En el armado de la estructura se utilizaron perfiles de aluminio y para el desplazamiento, rodamientos lineales y tornillos de bolas recirculantes.

A continuación, se probaron los motores y las partes mecánicas, validando el movimiento de los 3 ejes de manera individual con un driver discreto para control de motores paso a paso, resultando esta operación exitosa.

El siguiente paso requiere la elección de una placa controladora específica para este proyecto. Como se mencionó anteriormente, se le dio preferencia a proyectos de código abierto, como ser Arduino. Dentro de los modelos disponibles en el mercado, se optó por la placa Rumba (Reprap Universal Mega Board with Allegro driver), para satisfacer las necesidades del proyecto. Una de las características más interesantes es que puede controlar hasta 3 extrusores. Si bien en principio se utilizó uno solo, el desarrollo del proyecto posibilitará utilizar elementos y componentes que permitan ampliarlo mejorando las funcionalidades. A continuación, se realizó la prueba de control a través de la PC, la cual se implementó energizando la placa y los motores, siendo la conexión a la computadora por el puerto USB.

Con la ayuda de un firmware se programó la placa para configurar en forma paramétrica los aspectos constructivos de la máquina, por ejemplo, las medidas del área de impresión. Otro elemento necesario es el programa que debe ejecutarse en la PC para comunicarse con la placa controladora. El

objetivo en este punto fue lograr comunicación y enviar órdenes básicas, por ejemplo, el movimiento manual de cada uno de los ejes.

Se realizó el montaje del conjunto, que incluyó también un ventilador cuya función consistió en bajar la temperatura de la parte superior del hotend. También se montó un cartucho calentador que se alojó en la parte inferior del mismo, cuya función es elevar la temperatura y fundir el filamento. Para que el controlador tenga información de la temperatura del pico del hotend y a su vez pueda controlarla se montó cerca de éste un termistor.

A continuación, se calibró el avance del filamento plástico para que coincida el desplazamiento real del hilo con el que se visualiza en el software de la PC.

Siguiendo el mismo concepto, se ajustó también el avance en los tres ejes. La configuración final fue la siguiente:

Eje	x	y	z	Extrusor
Avance [pasos del motor/mm]	1280	1280	1280	720

Dicha configuración se aloja en el firmware de la placa controladora y para su cálculo debe tenerse en consideración el paso de los tornillos de bolas recirculantes (en este proyecto es de 5mm).

Luego se probó con diferentes temperaturas hasta alcanzar el valor ideal para lograr una extrusión pareja del filamento. Los valores experimentales estuvieron entre 195°C y 220°C para el PLA y entre 220°C y 240°C para el ABS.

Para la prueba final se eligió una pieza sencilla de geometría elemental para realizar una impresión de prueba, cuyo espesor de pared coincidió con el diámetro del hilo, como muestra la figura 1.

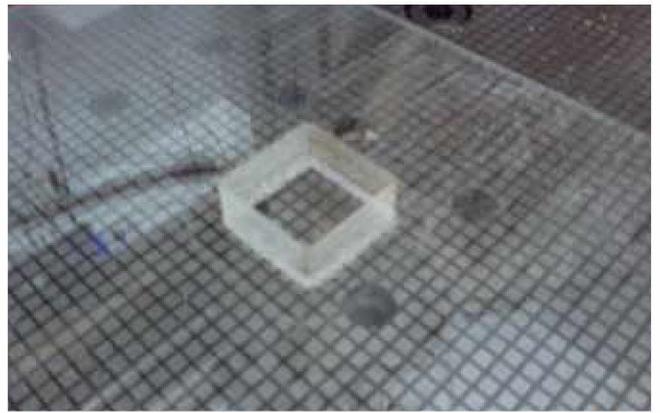


Figura 1: Primera impresión en PLA.

Cabe destacar que el material plástico utilizado para este ensayo fue PLA. La base en donde se apoyó la pieza es de vidrio templado. Para mejorar la adherencia del filamento a

la base de impresión se utilizó spray fijador de cabello. A lo largo de este proceso, se encontraron diversos inconvenientes:

1. *Los motores no giran.*

Se ajusta la corriente de los drivers a 800mA y la velocidad de los motores en:

Eje	x	y	z	Extrusor
Velocidad [mm/s]	8	8	5	25

Con estos valores se logra una relación de compromiso entre la velocidad y la potencia disipada en el motor.

2. *El filamento no se adhiere a la base de vidrio.*

Se incorporó como parte del equipamiento del proyecto una cama caliente cuya función es elevar la temperatura en la base de impresión

Este dispositivo mejora la adherencia. Se puede observar en la figura 2.



Figura 2: Impresión de prototipo en ABS sobre cama caliente

3. *Se tapa de manera frecuente la boquilla del hotend.*

Se reemplazó el mismo por uno similar al modelo “Budachnozzle” del proyecto RepRap. Es de fabricación nacional, tiene picos intercambiables y es poco propenso a las obstrucciones del filamento.



Figura 3: Detalle del Hotend.

4. *Falta de impulsión del filamento*

Se observó que se acumulaban restos de material plástico en el canal del tornillo moleteado. Se realizó un mecanizado en el mismo, para ello se profundizó el canal por donde se impulsa el filamento.

Dicha modificación puede verse en la figura 4.



Figura 4: Detalle del moleteado del Tornillo. El filamento debe pasar por la parte acanalada.



Figura 5: Estructura mecánica antes de comenzar con las tareas de refacción.



Figura 6: Impresora 3D terminada.

4. Resultados

Se logró construir una impresora 3D siguiendo las premisas del código abierto y hardware libre.

Durante los ajustes se incrementó la velocidad de impresión sin perder calidad en las piezas impresas, hasta llegar a un punto en donde la inercia mecánica se hizo evidente, impidiendo aumentar más la velocidad.

Se trabajó también con el software Slice probando dos tipos de relleno: honeycomb y rectilinear a 45°. El espesor del hilo que se configuró durante el desarrollo de esta experiencia varió entre 0.6mm y 0.2mm, lo cual mejoró la calidad final de las piezas impresas.

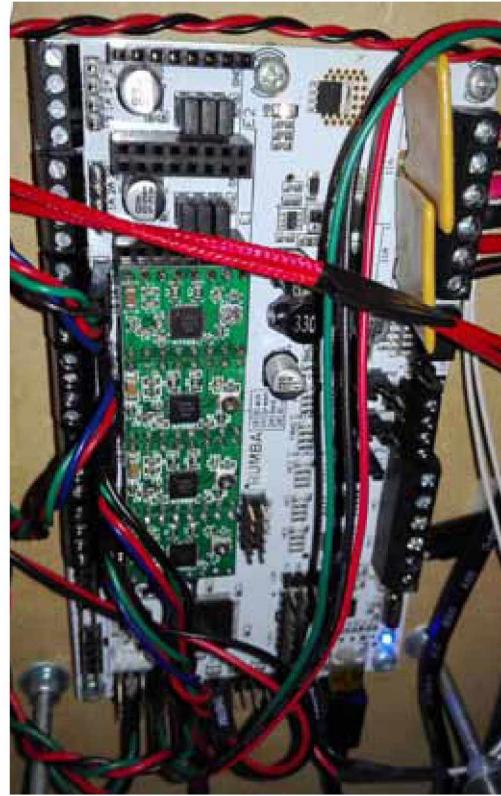


Fig. 7: Detalle de la placa controladora Rumba.



Fig. 8: Diversas piezas que fueron impresas a lo largo de la investigación.

5. Conclusiones

Desde el punto de vista del proceso de aprendizaje:
Permite introducir a los alumnos en los conceptos que hacen a las impresoras 3D y a la tecnología FDM.

Acerca del impacto ambiental:

El desperdicio de material que se produce con una tecnología de tipo sustractiva, como el mecanizado, no sucede en el caso de la tecnología aditiva utilizada en las impresoras 3D.

Uno de los puntos críticos es el consumo de energía eléctrica, principalmente en el uso hogareño. Se puede minimizar este impacto planificando la impresión de varias piezas en simultáneo.

5. Agradecimientos

Denis Sandoval perteneciente al laboratorio de la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de la Marina Mercante, por la realización de los diseños de las piezas 3D en SolidWorks.

Verónica Fonteriz, Romina Ferreira de

la Universidad Tecnológica Nacional - Regional Buenos Aires, por su ayuda en las primeras etapas del proyecto.

Laboratorios de Electrónica y Mecánica de la Universidad de la Marina Mercante.

7. Referencias

[1] ASTM International, “Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies, Designation: F2792 - 12a”,2013.

[2] Proyecto RepRap,[online] disponible en: <http://reprap.org/>

[3] Proyecto Arduino,[online] disponible en: <https://www.arduino.cc/>

[4] Proyecto Slic3r, G-code generator for 3D printers,[online] disponible en: <http://slic3r.org/>

[5] Proyecto Marlin, Open-Source 3D Printer Firmware,[online] disponible en: <http://marlinfw.org/>

[6] “The potential of 3D printing to reduce the environmental impacts of production”, ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS, Catriona McAlister, MSc, MEng, GradEI, Jonathan Wood, BSc (Hons), 2014.