

# DESARROLLO Y FABRICACIÓN DE UN ROBOT DE CINEMÁTICA DELTA PARA SU USO COMO IMPRESORA 3D FDM DE ALTA VELOCIDAD

A. Simoncelli  
INTI – Mecánica  
asimoncelli@inti.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

El modelado por deposición fundida FDM, es una tecnología para la generación de piezas tridimensionales, por adición de material. Este proceso se caracteriza por efectuar una extrusión controlada y una deposición del filamento resultante, generando así capas que reconstruyen la geometría de la pieza mediante un sistema de posicionamiento, que forma parte de la máquina. Actualmente es la tecnología de impresión 3D que más ha crecido a nivel global, incluso en el ámbito local, donde se ha dado estímulo a la generación de proyectos relacionados, por lo que han aparecido proveedores de materiales y componentes.

## OBJETIVO

- Diseñar y concretar la fabricación de un robot en configuración delta, para incorporar capacidades y habilidades mecatrónicas.
- Incursionar en la tecnología de impresión 3D por FDM.

## DESCRIPCIÓN

Las impresoras 3D por FDM están básicamente constituidas por un sistema de extrusión que trabaja sincronizado a un sistema controlado de posicionamiento. Tras haber realizado un primer análisis de las soluciones disponibles, tanto comerciales como de código abierto, la diferencia más notable se encontró en los sistemas de posicionamiento, de los cuales los más comunes son los sistemas cartesianos, es decir de ejes ortogonales, y aquellos tipo delta, en donde los ejes son paralelos. En tanto que los primeros se caracterizan por un control simple, una estructura robusta que los hacen útiles para numerosas aplicaciones, y que incluso, responden de manera excelente cuando los esfuerzos son elevados, en cambio, en aquellos de tipo delta, se logran desarrollar velocidades muy altas cuando las cargas son pequeñas y su control es comparativamente más complejo. Dado que la impresión 3D no supone esfuerzos al sistema de posicionamiento, se procedió a desarrollar un sistema cinemático de tipo delta.

Entonces, una vez seleccionada la cinemática, con ayuda bibliográfica, se desarrollaron las

ecuaciones que rigen el movimiento de un manipulador delta, determinando las variables constructivas: longitud de los brazos, longitud del lado del triángulo base y del triángulo efector, es decir la base que sostendrá el cabezal FDM.

Acotando estas variables, y mediante métodos iterativos, se obtuvo la incidencia de un error de posicionamiento de los actuadores, en la posición final del efector. El criterio de selección de la relación geométrica de las variables constructivas se estableció tal que el error de posicionamiento no supere 0.3 mm cuando exista en todos los actuadores un error de 0.1 mm en su posición en el área de trabajo.

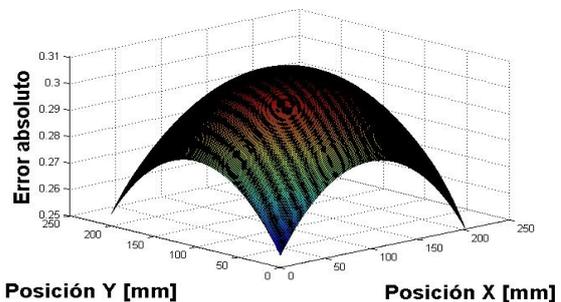


Figura 1: Error absoluto en área de trabajo

En la Tabla 1 se detallan las dimensiones finales que se obtuvieron, para las variables constructivas, dadas las condiciones citadas.

Tabla 1: Relación de longitudes

	Longitud brazos	Lado efector	Lado base
A	380	90	440

(A) Dimensiones finales en el prototipo [mm].

Definida las dimensiones constructivas se procedió a realizar el diseño CAD, para su posterior fabricación con las herramientas disponibles en el Centro INTI-Mecánica.

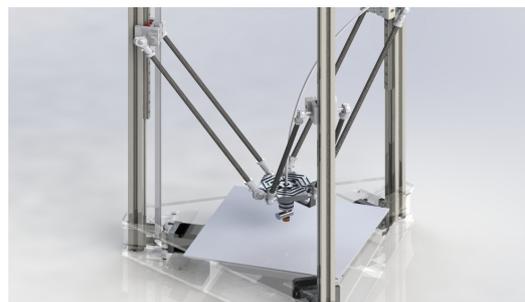


Figura 2: Renderizado del modelo CAD

Para implementar el control, se utilizó una solución disponible en el mercado, las placas Arduino, que consisten en un microcontrolador Atmel, dispuesto en un PCB, con una interfaz para comunicarse vía USB y cargar una determinada programación. A esta placa se le adicionó una interfaz de potencia para el control de la motorización y la calefacción de la superficie de impresión.

El firmware a utilizar, es decir las instrucciones para el control de todas las variables de impresión, movimiento e interpretación de código G, consistió en una versión modificada y adaptada, de un control muy popularizado para impresoras 3D, que dispone de licencia GNU GPL v3, el Marlin firmware.

## RESULTADOS

El primer prototipo ha tenido buenos resultados en cuanto a precisión a bajas velocidades, hasta 115 mm/s. Esto resultó así porque los componentes en movimiento tenían una masa elevada. Se procedió entonces a realizar su reemplazo por tubos de fibra de carbono, rotulas livianas y piezas plásticas fabricadas por FDM en la primera versión del prototipo, alcanzando actualmente velocidades de hasta 300 mm/s

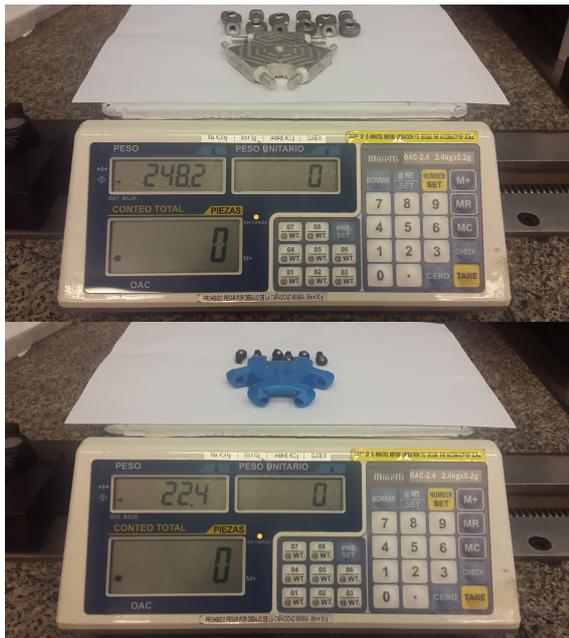


Figura 3: Arriba, primer cabezal y rotulas. Abajo, cabezal fabricado por FDM y rotulas ligeras.

El cabezal FDM usado en primera instancia empleaba un filamento de 3 mm de diámetro, hecho que generaba esfuerzos de extrusión elevados. Su posterior reemplazo por uno de 1,75 mm dio mejores resultados.

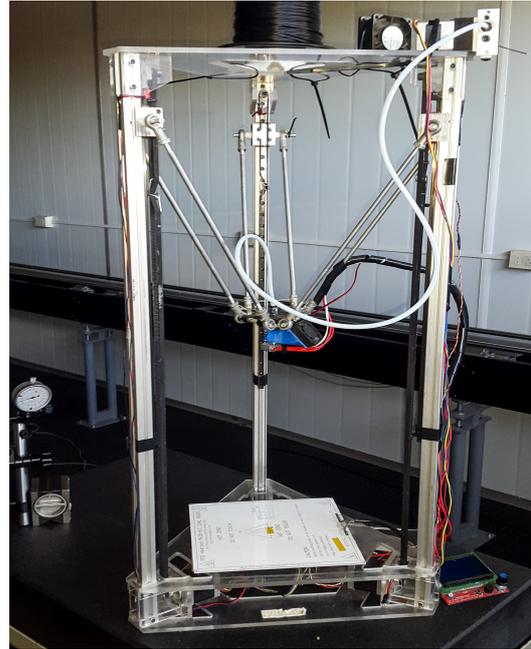


Figura 4: prototipo robot delta con sistema FDM

Asimismo, se mejoraron los procedimientos de calibración y paralelamente, con el proceso de prueba, ajuste y puesta a punto, se adquirió conocimiento y experiencia para el diseño de manipuladores delta, así como también fue posible comprender sus ventajas, desventajas, variables teóricas y empíricas, que sirvieron para mejorar su rendimiento.

## CONCLUSIONES

La construcción del prototipo, dio la posibilidad de incursionar en la tecnología, incorporar conocimientos y habilidades, y establecer un proceso de mejora continua, mediante el ensayo de materiales, insumos y estrategias de impresión, mejoras mecánicas y de control.

A su vez se podrá brindar asesoramiento relacionado al control mecatrónico de procesos y maquinas, generar diseños para nuevos prototipos y desarrollos del laboratorio y buscar la sustitución de piezas complejas e importadas.

## BIBLIOGRAFÍA

Craig, J (2010). Robótica. Prentice Hall. México. ISBN 9789702607724

Erik van der Zalm. Marlin Firmware [Sitio web de desarrollo colaborativo de software]. 2015. Disponible en: <https://github.com/MarlinFirmware/Marlin>

Gibson, I. Rosen, D. Stucker, B. (2009). Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer, New York, USA. ISBN 1441911197