Escuela Técnica

Arquitecto Francisco Pinaroli

Goya (Ctes)



**El CNC Modular**

Proyecto de Gravity

Ingeniería Industrial

Autor: Wilfredo Avila

Julio 2018 Tutor: Walter Mariano Osuna

# Índice

1. [Resumen 9](#_bookmark0)
2. [Abstract 10](#_bookmark1)
3. [Estado de la técnica 11](#_bookmark2)
   1. [Introducción 12](#_bookmark3)
      1. [La impresión 3D 12](#_bookmark4)
         1. [Qué es una impresora 3D 12](#_bookmark5)
         2. [Tipos de impresoras 3D 13](#_bookmark7)
      2. [Impresora 3D de bajo coste 14](#_bookmark9)
         1. [Elementos impresora 3D 15](#_bookmark11)
      3. [El proceso de impresión 3D 16](#_bookmark12)
   2. [Características mecánicas 17](#_bookmark14)
      1. [Estructuras mecánicas conocidas 18](#_bookmark15)
      2. [El extrusor 21](#_bookmark21)
   3. [Electrónica en la impresora 3D 23](#_bookmark25)
      1. [Partes electrónicas que componen una impresora 3D 23](#_bookmark26)
   4. [Control en la impresión 3D 26](#_bookmark30)
      1. [Control de posición 26](#_bookmark31)
      2. [Control de temperatura 27](#_bookmark32)
   5. [Software asociado 27](#_bookmark33)
      1. [Software necesario 28](#_bookmark34)
         1. [Software de diseño 3D 28](#_bookmark35)
         2. [Capeadores 28](#_bookmark36)
         3. [Programas interfaz humana 29](#_bookmark37)
   6. [Limitaciones estado de la técnica 29](#_bookmark39)
      1. [Limitaciones mecánicas 29](#_bookmark40)
         1. [Uno o dos extrusores 29](#_bookmark41)
         2. [Disposición de los extrusores 30](#_bookmark42)
         3. [Regulación de altura de los hot ends 30](#_bookmark44)
      2. [Limitaciones en la electrónica 31](#_bookmark46)
4. [Objetivos del proyecto 32](#_bookmark47)
   1. [Objetivos generales 33](#_bookmark48)
   2. [Justificación 33](#_bookmark49)
   3. [Solución adoptada 36](#_bookmark53)
      1. [Pasos en el desarrollo 36](#_bookmark54)
      2. [Problemas a resolver 37](#_bookmark57)
      3. [Criterios de diseño 38](#_bookmark58)
      4. [Aportaciones 39](#_bookmark59)
5. [Desarrollo mecánico 40](#_bookmark60)
   1. [Introducción 41](#_bookmark61)
   2. [Elección de estructura 41](#_bookmark62)
      1. [Justificación 43](#_bookmark65)
      2. [Partes de la estructura 44](#_bookmark66)
   3. [Problemas afrontados y soluciones adoptadas 45](#_bookmark69)
      1. [Diseño extrusor 45](#_bookmark70)
         1. [Diseño inicial 46](#_bookmark71)
         2. [Diseño final 47](#_bookmark73)
      2. [Soporte extrusor 52](#_bookmark80)
         1. [Posicionamiento del soporte: justificación 52](#_bookmark81)
         2. [Diseño del soporte 54](#_bookmark84)
      3. [Propuesta de carros para los diferentes extrusores 57](#_bookmark88)
         1. [Un único hot end: monoXtruder 58](#_bookmark89)
         2. [Dos hot ends: biXtruder 60](#_bookmark95)
         3. [Tres hot ends: triXtruder 63](#_bookmark99)
   4. [Conclusiones 64](#_bookmark102)
6. [Sistema electrónico 65](#_bookmark103)
   1. [Análisis componentes electrónicos 66](#_bookmark104)
      1. [Motores paso a paso NEMA 17 66](#_bookmark105)
      2. [Sensores temperatura 68](#_bookmark109)
      3. [Fuente alimentación 68](#_bookmark111)
      4. [Hot ends 69](#_bookmark113)
         1. [Introducción a los diferentes tipos 70](#_bookmark115)
         2. [Justificación de elección 71](#_bookmark118)
      5. [Base caliente 71](#_bookmark119)
      6. [Placa electrónica de control 72](#_bookmark121)
         1. [Placa electrónica elegida 73](#_bookmark123)
   2. [Conclusiones 75](#_bookmark126)
7. [Sistema de control 77](#_bookmark127)
   1. [Introducción 78](#_bookmark128)
      1. [Partes en el proceso de impresión a controlar 78](#_bookmark129)
   2. [Control de temperatura 79](#_bookmark130)
   3. [Control movimientos 82](#_bookmark133)
      1. [Drivers control motores paso a paso: puentes H 82](#_bookmark134)
         1. [Drivers de control DRV8825 82](#_bookmark135)
      2. [Microcontrolador 84](#_bookmark139)
         1. [Firmware 85](#_bookmark140)
         2. [Finales de carrera 85](#_bookmark141)
   4. [Diseño placa electrónica 86](#_bookmark143)
      1. [Esquemático y componentes elegidos 86](#_bookmark144)
      2. [Rutado 88](#_bookmark146)
      3. [Fabricación y producto final 88](#_bookmark148)
   5. [Conclusiones y trabajos futuros 89](#_bookmark151)
8. [Desarrollo software 91](#_bookmark152)
   1. [Introducción 92](#_bookmark153)
   2. [Software necesario 92](#_bookmark154)
      1. [Software de diseño 92](#_bookmark155)
      2. [Software capeador 94](#_bookmark158)
      3. [Software de interfaz 96](#_bookmark160)
9. [Conclusiones 97](#_bookmark162)
   1. [Grado de resolución del problema 98](#_bookmark163)
   2. [Partes innovadoras en el proyecto 99](#_bookmark165)
   3. [Trabajos futuros 99](#_bookmark166)
10. [Bibliografía y referencias 101](#_bookmark167)
    1. [Referencias 101](#_bookmark168)
    2. [Bibliografía 102](#_bookmark169)
11. [Anexos 103](#_bookmark170)
    1. [Presupuesto 104](#_bookmark171)
    2. [Esquema eléctrico Megatronics v1.0 completo 107](#_bookmark172)
    3. [Hoja características MOSFET 108](#_bookmark173)

**Tabla ilustraciones**

1. [Del modelo 3D (azul) a la pieza física fabricada mediante una impreso 3D (rojo) 13](#_bookmark6)
2. [De izquierda a derecha: impresora 3D profesional [2], semi-profesional [3] y de bajo [4] coste](#_bookmark8) [14](#_bookmark8)
3. [MDF: Modelado por Deposición Fundida 15](#_bookmark10)
4. [El proceso de impresión 3D 17](#_bookmark13)
5. [Impresora 3D hardware libre; modelo” Prusa i2” 18](#_bookmark16)
6. [Impresora 3D “RepRapBCN printer” 19](#_bookmark17)
7. [Impresora 3D modelo 3DInside 20](#_bookmark18)
8. [Impresora 3D modelo “Prusa i3 Rework” 20](#_bookmark19)
9. [Impresora 3D modelo “Rostock” 21](#_bookmark20)
10. [Extrusor directo con engranajes 22](#_bookmark22)
11. [Extrusor directo sin engranajes 22](#_bookmark23)
12. [Extrusión con cable bowden 23](#_bookmark24)
13. [Motor paso a paso NEMA 17 24](#_bookmark27)
14. [Izquierda: hot end “E3D”; Derecha: hot end “Budasch nozzle” 25](#_bookmark28)
15. [Base caliente modelo “MK2-B” 25](#_bookmark29)
16. [Repetier host [9]; software de interfaz 29](#_bookmark38)
17. [Doble extrusor directo sobre eje X en impresora 3D MakerBot Replicator 2X 30](#_bookmark43)
18. [Regulación de altura de los hot ends 31](#_bookmark45)
19. [Impresión con dos colores 34](#_bookmark50)
20. [Piezas ejemplo en puente 35](#_bookmark51)
21. [Impresión con material de soporte soluble en agua 36](#_bookmark52)
22. [Hot end modelo j-head 36](#_bookmark55)
23. [Placa de control usada: Megatronics [11] 37](#_bookmark56)
24. [Modelo original Prusa i3 42](#_bookmark63)
25. [Piezas impresas por impresora 3D de bajo coste para el montaje de otra impresora 43](#_bookmark64)
26. [Partes principales de una impresora 3D de bajo coste 44](#_bookmark67)
27. [Extrusor modelo “Jonas” 45](#_bookmark68)
28. [Diseño inicial de extrusor 46](#_bookmark72)
29. [Pieza principal extrusor 47](#_bookmark74)
30. [Empuje; parte móvil del extrusor 48](#_bookmark75)
31. [Drive gear 48](#_bookmark76)
32. [Ensamblaje del extrusor 50](#_bookmark77)
33. [Extrusor final montado 51](#_bookmark78)
34. [Tubo de teflón con pneufit usado para sistema bowden 51](#_bookmark79)
35. [Posición más extendida del extrusor en impresoras 3D de bajo coste 52](#_bookmark82)
36. [Posición del extrusor sobre la impresora 54](#_bookmark83)
37. [Soporte para dos extrusores 55](#_bookmark85)
38. [Ensamblaje de los extrusores 56](#_bookmark86)
39. [Soporte para doble extrusor sobre impresora Prusa i3 57](#_bookmark87)
40. [Sistema de sujeción de hot end modelo j-head 58](#_bookmark90)
41. [Pieza principal del carro monoXtruder 58](#_bookmark91)
42. [Pieza para la sujeción del hot end contra la pieza principal en el carro monoXtruder 59](#_bookmark92)
43. [monoXtruder; ensamblaje 59](#_bookmark93)
44. [monoXtruder sobre impresora 3D Power Code 60](#_bookmark94)
45. [Piezas soporte hot end en carro monoXtruder 61](#_bookmark96)
46. [biXtruder ensamblado 62](#_bookmark97)
47. [Validación del biXtruder 63](#_bookmark98)
48. [Carro triXtruder sin hot ends 63](#_bookmark100)
49. [triXtruder sobre Prusa i3 64](#_bookmark101)
50. [Sistema correa-polea eje X 67](#_bookmark106)
51. [Detalle motor-polea-correa eje X 67](#_bookmark107)
52. [Sistema de husillo en eje Z 67](#_bookmark108)
53. [Termistor NTC de 100 KΩ para medida de temperatura 68](#_bookmark110)
54. [Fuente alimentación para impresora 3D 69](#_bookmark112)
55. [Resistencia y termistor en hot end modelo j-head 70](#_bookmark114)
56. [Hot end “all metal” modelo E3D-V6 70](#_bookmark116)
57. [Hot end modelo j-head con partes de plástico 71](#_bookmark117)
58. [Detalle conexión y pistas base caliente 72](#_bookmark120)
59. [Izquieda: placa con micro integrado, Minitronics; Derecha: shield, RAMPS 1.4 73](#_bookmark122)
60. [Componentes en placa de control Megatronics 74](#_bookmark124)
61. [Esquema conexión componentes a la placa Megatronics 75](#_bookmark125)
62. [Esquema eléctrico medida temperatura 80](#_bookmark131)
63. [Esquemático MOSFETs asociados a control de temperatura 81](#_bookmark132)
64. [Driver de control DRV8825 junto con su electrónica adicional 82](#_bookmark136)
65. [Esquema conexión componentes y motor a driver de control 83](#_bookmark137)
66. [Diagrama funcional driver DRV8825 84](#_bookmark138)
67. [Colocación de los finales de carrera 86](#_bookmark142)
68. [Esquemático extruder switch board 87](#_bookmark145)
69. [Rutado placa “Extruder Switch” 88](#_bookmark147)
70. [Cyclone PCB Factory CNC para la fabricación de la PCB 89](#_bookmark149)
71. [PCB fabricada mediante la Cyclone PCB Factory CNC 89](#_bookmark150)
72. [Apariencia SketchUp 93](#_bookmark156)
73. [Criterios de diseño 3D 94](#_bookmark157)
74. [Apariencia Slic3r: software capeador 95](#_bookmark159)
75. [Interfaz humana: Pronterface 96](#_bookmark161)
76. [Primera pieza de prueba con doble extrusor 99](#_bookmark164)

# Agradecimientos

La entrega de este Proyecto supone iniciar una etapa en la vida, y como en cualquier otra, es difícil olvidar a las personas que nos han acompañado y sin las que probablemente, no hubiéramos conseguido estar donde estamos.

Agradecemos a nuestras familias, el haber estado siempre a nuestro lado cuando lo necesitábamos y el haberse “apartado” en los momentos en los que necesitábamos más tranquilidad.

Agradecer también el trabajo y dedicación de los profesores que durante nuestros periodos en la Escuela nos han acompañado, de los que siempre nos hemos quejado y pocas veces hemos sabido valorar.

Y por último, agradecemos a los todas las personas que apoyan el “Open Sourse” y publicaron avances en la información del método para toda su comunidad, sin ellos tampoco habría sido posible llegar hasta aquí.

# Resumen

El objetivo principal de este proyecto es diseñar los elementos necesarios para imprimir con hasta tres extrusores en una impresora 3D de bajo coste.

En dicho proyecto, se tratarán problemas mecánicos y electrónicos: se desarrollarán las piezas necesarias para conseguir el objetivo expuesto; se probarán dichas piezas y se diseñará una pequeña placa electrónica que permita adaptar el triple extrusor a la electrónica ya existente, la cual solo dispone de control para dos extrusores.

Además, se explicará brevemente qué software es necesario en el proceso de impresión y cuáles son los parámetros fundamentales para lograr imprimir con varios extrusores.

Al finalizar el proyecto, se dispondrá de tres extrusores, pudiéndose usar solo dos de ellos en cada impresión, pero pudiendo elegir entre tres de una forma sencilla. Esta limitación viene impuesta por la electrónica de la que se dispone.

Será esencial el uso del sistema bowden, ya que permite reducir peso de las partes móviles disminuyendo las inercias y por tanto se mejoran las calidades de las piezas impresas.

# Organización

The main objective of this project is to design the necessary elements to print up to three extruders in a low cost 3D printer.

In this project, mechanical and electronic problems are discussed: the necessary mechanical parts to achieve the objective will be developed and tested; a small circuit board that allows to adapt the existing electronics board, which only has two extruders control, to a triple control board. will be designed and tested as well.

Also it will be explained what software is necessary in the printing process and what are the key parameters for print with various extruders.

At the end of this project will be three extruders, being able to use only two of them in each printing, selecting two of the three available in a simple way. This limitation is imposed by the electronics board that are available.

It will be essential to use bowden system, because it allows to reduce the weight of the moving parts, reducing the inertia, and therefore, increasing the quality of the printed parts.

# Estado de la técnica

## Introducción

### Concepto de Modularización

Imaginemos que un hombre está en su casa creando una pintura, no necesita ser artista para ello simplemente necesita un pincel. Luego el hombre tiene hambre y se prepara un café, no necesita ser chef para ello y con la misma mano con la que sostuvo el pincel se enfunda una manopla para no quemarse con la vasija. Por la mano del hombre pasaban *infinidad de herramientas* que lo dotaban de *infinidad de habilidades*, no necesitaba ser un experto para darse cuenta de ello, simplemente necesitaba ser hombre; porque en su presente las maquinas no podían. Por esto, hombre se dispuso a hacer **una máquina** que como el**, pudiera utilizar el lápiz, soltarlo y utilizar la goma** como si de su propia mano se tratase, pero con la **velocidad, precisión y exigencia** propias de una máquina.

### Concepto de CNC

El **Control Numérico Computarizado** (CNC) es un sistema de [automatización](https://wikipedia.firstpartyapps.oaspapps.com/wikipedia/wikipedia_dev.html?et=%2BADwAZAA%2BADAAawBVAEoANwBFAEkATwBSAHIAUwBaAGcAcABsAG0AWgA2AEQAaQBxAEEAUwBHAGEASABtACsAMQA5AHUAVQBKADMAMgBjAGsAYQBGAG4AawAyAGMAPQA8AC8AZAA%2BADwALwByAD4A&_host_Info=Word$Win32$16.01$es-ES) de **\***[**máquinas herramienta**](https://wikipedia.firstpartyapps.oaspapps.com/wikipedia/wikipedia_dev.html?et=%2BADwAZAA%2BADAAawBVAEoANwBFAEkATwBSAHIAUwBaAGcAcABsAG0AWgA2AEQAaQBxAEEAUwBHAGEASABtACsAMQA5AHUAVQBKADMAMgBjAGsAYQBGAG4AawAyAGMAPQA8AC8AZAA%2BADwALwByAD4A&_host_Info=Word$Win32$16.01$es-ES) que son operadas mediante **comandos** [**programados**](https://wikipedia.firstpartyapps.oaspapps.com/wikipedia/wikipedia_dev.html?et=%2BADwAZAA%2BADAAawBVAEoANwBFAEkATwBSAHIAUwBaAGcAcABsAG0AWgA2AEQAaQBxAEEAUwBHAGEASABtACsAMQA5AHUAVQBKADMAMgBjAGsAYQBGAG4AawAyAGMAPQA8AC8AZAA%2BADwALwByAD4A&_host_Info=Word$Win32$16.01$es-ES) en un [medio de almacenamiento](https://wikipedia.firstpartyapps.oaspapps.com/wikipedia/wikipedia_dev.html?et=%2BADwAZAA%2BADAAawBVAEoANwBFAEkATwBSAHIAUwBaAGcAcABsAG0AWgA2AEQAaQBxAEEAUwBHAGEASABtACsAMQA5AHUAVQBKADMAMgBjAGsAYQBGAG4AawAyAGMAPQA8AC8AZAA%2BADwALwByAD4A&_host_Info=Word$Win32$16.01$es-ES), en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

El Sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los **ejes de coordenadas** (**X** ; **Y** ; **Z**) de la máquina, usando un programa informático ejecutado por una computadora llamado G-Code.

Este Sistema ha **revolucionado la Industria** debido al abaratamiento de microprocesadores, la rapidez, la precisión, la productividad, la seguridad del operario y la simplificación de la programación de las máquinas de CNC, entre infinidad de factores más.

**\***[**máquinas herramienta**](https://wikipedia.firstpartyapps.oaspapps.com/wikipedia/wikipedia_dev.html?et=%2BADwAZAA%2BADAAawBVAEoANwBFAEkATwBSAHIAUwBaAGcAcABsAG0AWgA2AEQAaQBxAEEAUwBHAGEASABtACsAMQA5AHUAVQBKADMAMgBjAGsAYQBGAG4AawAyAGMAPQA8AC8AZAA%2BADwALwByAD4A&_host_Info=Word$Win32$16.01$es-ES)**:**

Tipo de [máquina](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina)s que se utiliza para dar forma a piezas sólidas.

### Pros y Contras de Sistemas CNC

**PROS:**

* **PRECISIÓN:** Puede ser tan preciso como está diseñado para ser; un molino controlado por humanos es tan preciso como su operador (el GRAVITY GodArt v1. tiene una tolerancia de 0.01 mm).
* **REPETIBLE:** Pueden hacer miles de copias perfectas de un objeto. Los objetos hechos ​​por los humanos serán imperfectos.
* **VELOCIDAD:** Pueden producir objetos más rápidamente que los controlados por humanos.
* **INTEGRACIÓN DE CAD:** Pueden usar programas de \*CAD para diseñar una pieza y luego programar sin problemas la fábrica para crear la pieza. Esto lleva a un prototipado rápido y fácil.

**CONTRAS:**

* **DIFICIL DE USAR:** CNC Mills puede ser tan preciso como está diseñado para ser; un molino controlado por humanos es tan preciso como su operador (el molino CNC que utilizamos para hacer nuestra parte tenía una tolerancia de .001 "a .003").
* **REPETIBLE:** CNC Mills puede hacer miles de copias perfectas de un objeto. Los objetos fresados ​​por los humanos serán imperfectos.
* **VELOCIDAD:** los molinos CNC pueden producir objetos más rápidamente que los molinos controlados por humanos.
* **INTEGRACIÓN DE CAD:** puede usar programas de CAD para diseñar una pieza y luego programar sin problemas la fábrica para crear la pieza. Esto lleva a un prototipado rápido y fácil.
* **COSTOSO:** Aunque los CNC Mills no cuestan mucho para funcionar, son muy caros de comprar.
* **MANTAINENCE:** CNC Mills debe ser rigurosamente mantenido.

**\*CAD:**

Las herramientas CAD o CADD (Diseño y Dibujo Asistido por Computador) permiten hacer uso de las tecnologías informáticas para el diseño y la documentación sobre diseño. El software de diseño remplaza los dibujos a mano con procesos automatizados.