



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA, INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG

SCADA Y MODELADO PARCIAL DE SISTEMA DE  
EXTRUSIÓN DE FILAMENTO

Alumnos: Santiago López Pina  
Tutor: Victor Gonzalez Pacheco

# Índice general

0.1. Filastruder-sensor diámetro-Tractora . . . . . 5

# Índice de figuras

1.	Esquema de producción . . . . .	5
2.	Diseño del eje de giro de la tractora . . . . .	7
3.	Diseño de la tractora . . . . .	7
4.	Pieza de la tractora. . . . .	8
5.	Tractora con filamento . . . . .	8
6.	Montaje final filastruder-tractora-sensor . . . . .	9

# Índice de tablas

1.	Resolución del driver en función del micropaso elegido . . . . .	5
2.	Valores para controla la velocidad de giro del motor paso a paso . . . . .	6

## 0.1. Filastruder-sensor diámetro-Tractora

En una de las pruebas de extrusión de filamento, se va estirando a mano según va saliendo de la filastruder y se comprueba que, traccionando del hilo a una distancia cercana de la boquilla y una vez enfriado, se puede llegar a regular el diámetro final. Por ello, se trata de investigar en esta línea, diseñar un sistema capaz de traccionar el filamento a medida que va saliendo de la boquilla.



Figura 1: Esquema de producción

Con el conocimiento adquirido al diseñar la peletizadora (ver capítulo ?? de la página ??) se diseña una unidad tractora que irá colocada después de la filastruder, la cual, deberá ir traccionando del filamento independientemente del diámetro del mismo. Así mismo, deberemos ser capaces de regular la velocidad de una forma más precisa que como lo hicimos con la peletizadora. El material del que dispondremos será el siguiente.

- **Arduino Mega:** Microcontrolador encargado de mover un motor y regular su velocidad.
- **RAMPS:** Placa auxiliar colocada encima del arduino Mega, la cual dispone de un driver A4988 para controlar varios motores paso a paso.
- **Motor paso a paso:** Dispositivo electromagnético, que transforma una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares.

Se vuelve a elegir un motor paso a paso como unidad de tracción, debido a las mismas razones por las que se eligió en la peletizadora.

El principio de funcionamiento de un motor paso a paso es sencillo. En el interior del mismo se dispone de dos bobinas giradas 90° entre sí [24] las cuales, en función de una secuencia de excitación, generarán campos magnéticos que hará que el rotor del mismo gire un determinado ángulo. Para la realización de la tractora, se usará una técnica denominada de micropasos con la que conseguimos que nuestro motor de 1.8° de giro pueda alcanzazr grados de 0.225°. Para poder controlar el motor con está técnica y conseguir una velocidad de rotación constante, será necesario que el microcontrolador genera una señal cuadrada, en la que dependiendo de la frecuencia de esta señal, el motor girará a una velocidad distinta. El nivel alto de esta señal cuadrada, se la denominará paso. Por cada paso que reciba el motor, girará 1,8° dividido el número de micropasos configurados en el driver:

MS1	MS2	MS3	Resolución de micropaso
L	L	L	Paso completo (1)
H	L	L	Medio paso (1/2)
L	H	L	Un cuarto de paso (1/4)
H	H	L	Un octavo de paso (1/8)
H	H	H	Un dieciseisavo de paso (1/16)

Tabla 1: Resolución del driver en función del micropaso elegido

Para el caso que nos ocupa, elegiremos la configuración de un dieciseisavo de resolución,es decir:

$$\text{Pasos por vuelta} = \frac{360^\circ}{1,8^\circ \cdot \frac{1}{16}} = 3200 \text{pasos}$$

Por tanto, si quisieramos girar el motor a una velocidad de  $1RPM$  tendríamos que da un total de:

$$\frac{1RPM \cdot 3200pasos}{60s} = 53pasos/s$$

O lo que es lo mismo, un paso cada  $18,86ms$ . Esta separación temporal, va inversamente relacionada con la velocidad de giro deseada, cuanto más velocidad de giro queramos, menor será el tiempo entre pasos. Para poder generar el tren de pulsos, se usará una interrupción del microcontrolador, que se ejecutará cada  $10\mu s$  e irá incrementando un contador, el cual, al llegar a un valor máximo determinado por la velocidad de giro, efectuará un escalón. El valor máximo del contador viene dado por la fórmula:

$$Valor_{Max} = \frac{\text{Separación temporal de ticks}}{\text{Tiempo de interrupción}}$$

En nuestro caso, para girar el motor a una velocidad de  $1RPM$  con una interrupción de  $10\mu s$  deberíamos contar el siguiente número:

$$Valor_{Max} = \frac{18,75ms}{10\mu s} = 1875$$

Por especificación del filastruder, determinamos que la velocidad de tracción deberá ir entre el rango de  $1RPM$  y  $3RPM$ , por tanto, con ayuda de una hoja de cálculo de excel, determinamos los valores máximos a contar en función de la velocidad de giro.

RPM	TICKS/S	Separacion ticks (s)	Ticks a contar por ISR
0	-1	-1	-1
1	53	0,01875	1875
2	107	0,009375	938
3	160	0,00625	625

Tabla 2: Valores para controla la velocidad de giro del motor paso a paso

Por tanto, cuando el contador llegue a los valores máximos establecidos, se generará un pulso, haciendo que el motor avance los grados determinados. A su vez, la velocidad de giro, vendrá dada por el PLC el cual, en función de un tensión de 0 a 5 V hará que el motor giré a una velocidad distinta.

Una vez establecida la arquitectura del software, se pasa a diseñar las piezas necesarias para crear la unidad tractora. Como la vez anterior, usaremos la herramienta Autodesk Inventor. Como unidad tractora, se diseñará una pieza que irá acoplado al eje de giro del motor, la cual irá recubierta por una goma para aumentar la fricción con el filamento. Con ayuda de un rodamiento haciendo presión por la otra parte del filamento, conseguiremos que se desplace de forma lineal

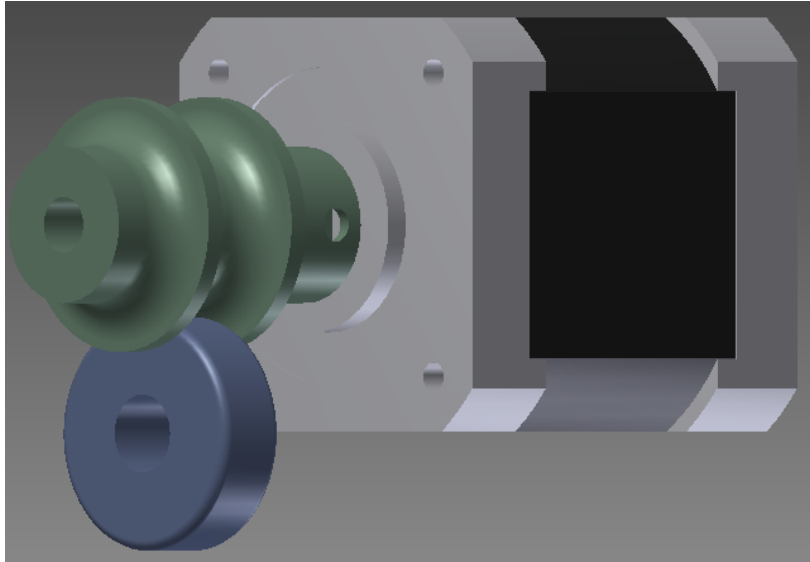


Figura 2: Diseño del eje de giro de la tractora

La pieza que soporte el rodamiento, deberá ir apretada por un muelle, para conseguir que asuma los cambios de diámetro y pueda hacer desplazar cualquier filamento sin importar el diámetro.

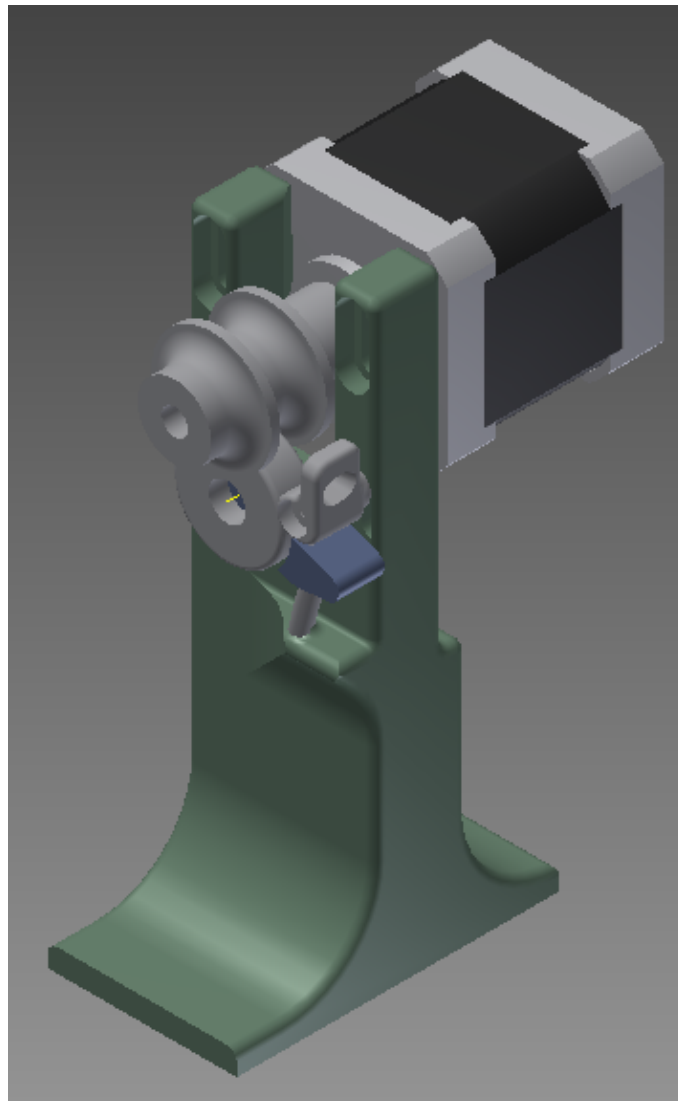
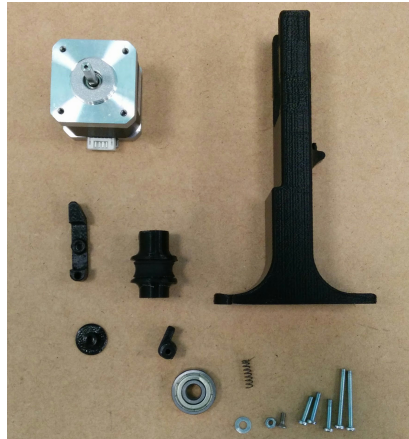


Figura 3: Diseño de la tractora

---

Una vez diseñadas las piezas, se pasan a imprimir en una impresora 3D



(a) Piezas impresas de la tractora



(b) Tractora montada

Figura 4: Pieza de la tractora.

Por último, para comprobar que el funcionamiento de la tractora es el esperado, se hace pasar una bobina de filamento a través de la tractora, y comprobamos que podemos variar la velocidad de tracción y el agarre del filamento es el adecuado.

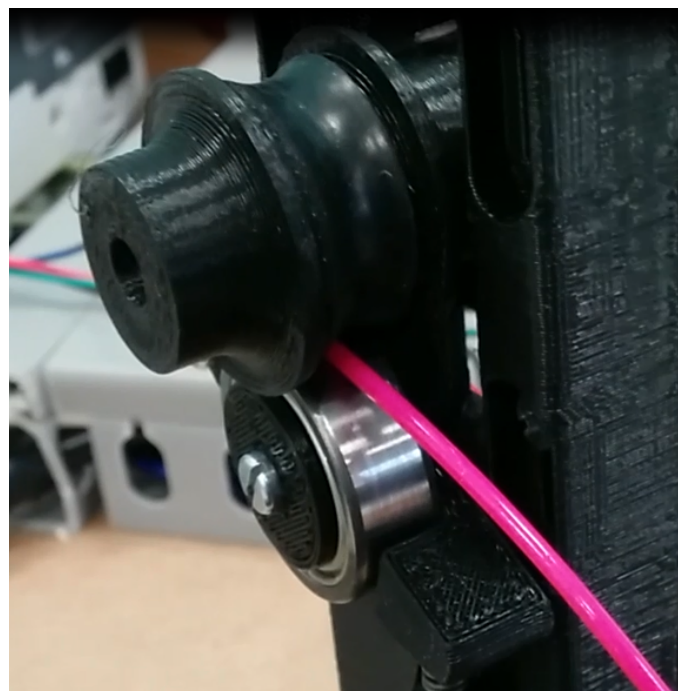


Figura 5: Tractora con filamento

Por tanto, podemos pasar a instalar la tractora en la maqueta.



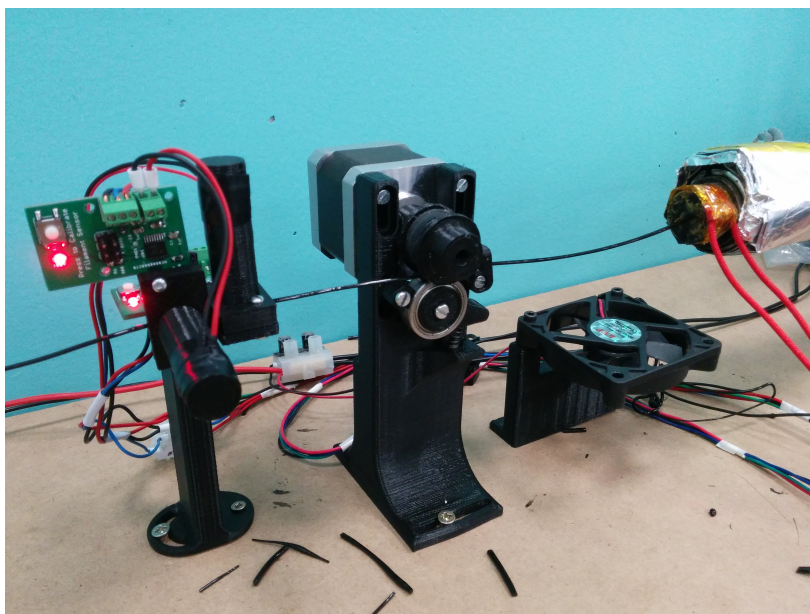


Figura 6: Montaje final filastruder-tractora-sensor

# Bibliografía

- [1] Brent Stucker. Additive manufacturing technologies: Technology introduction and business implications. pages 1–11, August 7 2015.
- [2] Zureks. Fundamento fdm. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AFDM\\_by\\_Zureks.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AFDM_by_Zureks.png), June 9 2008.
- [3] S.S. Crump. Apparatus and method for creating three-dimensional objects. <https://www.google.com/patents/US5121329>, June 9 1992. US Patent 5,121,329.
- [4] Gran Loco. Diseño genérico de un extrusor. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Disenio\\_de\\_un\\_extrusor.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Disenio_de_un_extrusor.png), June 9 2006.
- [5] Mike1024. Distintos ejemplos de perfiles de extrusión. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ef/Extruded\\_aluminium\\_section\\_x3.jpg/1920px-Extruded\\_aluminium\\_section\\_x3.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ef/Extruded_aluminium_section_x3.jpg/1920px-Extruded_aluminium_section_x3.jpg), June 9 2007.
- [6] Josef Prusa. Imagen de una prusa i2. <http://blog.reprap.org/2010/10/story-of-simpler-mendel-pla-bushings.html>, August 10 2015.
- [7] Página oficial de bq. <http://bq.com/es/>, August 11 2015.
- [8] Maribel Beltrán and Antonio Marcilla. Temario de la asignatura tecnología de polímeros. pages 137–139, August 27 2015.
- [9] Dr. Guillermo Reyes Pozo. Fabricación aditiva: Tecnologías. pages 7–14, August 7 2015.
- [10] D. Trapero. Diseño, construcción y control de un extrusor de filamento para impresoras 3d. page 37, August 14 2015.
- [11] Dan Mishek. How and when to choose between additive and subtractive prototyping]. pages 1–2, August 7 2015.
- [12] D. Rypl and Z. Bittnar. Triangulation of 3d surfaces recovered from stl grids. page 1, August 7 2015.
- [13] Stratasys. Fdm technology. <http://www.stratasys.com/3d-printers/technologies/fdm-technology>, June 9 2015.
- [14] Antonio Alberto Relaño Pastor. Estudio comparativo de piezas de abs y pla procesadas mediante modelado por deposición fundida. pages 83–93, August 12 2015.
- [15] Santiago Ferrándiz. Detalle de un husillo de extrusora. <http://3.bp.blogspot.com/-Z0GzL5mmFW8/TbWU01H0D5I/AAAAAAAAAHE/aW1dNIs0Pl8/s1600/21.JPG>, June 9 2012.
- [16] Santiago Ferrándiz. Parámetros de un husillo de extrusora. [https://lh4.googleusercontent.com/-38dQ\\_PeujTE/TYCjbjVFSxI/AAAAAAAAAB8/Ogy301i\\_KCo/s1600/14.JPG](https://lh4.googleusercontent.com/-38dQ_PeujTE/TYCjbjVFSxI/AAAAAAAAAB8/Ogy301i_KCo/s1600/14.JPG), June 9 2012.

- [17] Rhys Jones, Patrick Haufe, Edward Sells, Pejman Iravani, Vik Olliver, Chris Palmer, and Adrian Bowyer. Reprap—the replicating rapid prototyper. *Robotica*, 29(01):177–191, 2011.
- [18] Juan Gonzalez Gomez. Conferencia de adrian bowyer en medialab. <http://www.iearobotics.com/blog/2009/02/04/conferencia-sobre-el-proyecto-reprap-en-madrid/>, August 10 2015.
- [19] Juan Gonzalez Gomez. Ficha técnica de r1. primera impresora de juan gonzalez gomez. [http://www.iearobotics.com/wiki/index.php?title=Makerbot\\_Cupcake:\\_R1](http://www.iearobotics.com/wiki/index.php?title=Makerbot_Cupcake:_R1), August 10 2015.
- [20] T. Elmore. Filastruder developement thread. <http://www.soliforum.com/post/4783/#p4783>, August 14 2015.
- [21] T. Elmore. Filawinder. <http://www.filastruder.com/products/filawinder>, August 19 2015.
- [22] flipper. Filament width sensor prototype version 3. <http://www.thingiverse.com/thing:454584>, August 14 2015.
- [23] Virginia Mazzone. Controladores pid. pages 1–11, August 17 2015.
- [24] Sergio Berti, Javier Roitman, and Claudio Verrastro. Controlador de motores paso a paso mediante técnica de micropasos por modulación de ancho de pulso. pages 1–6, August 31 2015.