



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de  
diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTINEZ SIMON, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de  
diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

DOCUMENTO N.º 1: MEMORIA

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. MEMORIA</b>                                   | <b>3</b>  |
| <b>1.1. OBJETO</b>                                  | <b>3</b>  |
| <b>1.2. ANTECEDENTES</b>                            | <b>3</b>  |
| <b>1.2.1. Filabot</b>                               | <b>8</b>  |
| <b>1.2.2. 3devo</b>                                 | <b>9</b>  |
| <b>1.3. ESTUDIO DE NECESIDADES</b>                  | <b>11</b> |
| <b>1.3.1. Especificaciones del encargo</b>          | <b>11</b> |
| <b>1.3.2. Limitaciones del desarrollo</b>           | <b>11</b> |
| <b>1.3.3. Normativa</b>                             | <b>12</b> |
| <b>1.3.4. Sistema o sistemas de financiación</b>    | <b>12</b> |
| <b>1.4. ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA</b>        | <b>12</b> |
| <b>1.4.1. Alternativas</b>                          | <b>12</b> |
| <b>1.4.2. Solución adoptada</b>                     | <b>14</b> |
| <b>1.5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN</b>    | <b>14</b> |
| <b>1.5.1. Estructura</b>                            | <b>15</b> |
| 1.5.1.1. Subsistema de control                      | 15        |
| 1.5.1.2. Subsistema de sensores                     | 16        |
| 1.5.1.3. Subsistema de interfaz, diseño e impresión | 16        |
| <b>1.5.2. Diseño</b>                                | <b>19</b> |
| <b>1.6. JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN</b>  | <b>23</b> |
| <b>1.7. Programas de desarrollo y utilización</b>   | <b>24</b> |
| <b>1.8. ESTUDIO ECONÓMICO</b>                       | <b>24</b> |
| <b>1.9. CONCLUSIONES Y RESULTADOS FINALES</b>       | <b>25</b> |
| <b>1.10. BIBLIOGRAFÍA</b>                           | <b>26</b> |
| <b>ANEJO N.º 1: CÓDIGO Y CÁLCULOS</b>               | <b>28</b> |
| <b>ANEJO N.º 2: DATASHEET</b>                       | <b>41</b> |
| <b>ANEJO N.º 3: PLAN DE MANTENIMIENTO</b>           | <b>44</b> |
| <b>ANEJO N.º 4: NORMATIVA</b>                       | <b>46</b> |

# 1. MEMORIA

## 1.1. OBJETO

El objetivo de este trabajo de fin de grado es realizar el diseño, desarrollo y montaje de un dispositivo capaz de medir y monitorizar el diámetro y desplazamiento de un filamento cerámico destinado a la impresión 3D, ofreciendo al usuario en todo momento la información sobre el filamento.

Dicho dispositivo contará con varios sensores, un encoder y un potenciómetro, así como de diversas carcasas y soportes.

Además, la interfaz será fácilmente manipulable y comprensible por cualquier persona con conocimientos básicos en control de sistemas en tiempo real, para ofrecer así una experiencia práctica y eficaz.

Se diseñará un dispositivo focalizado en la medición de filamentos cerámicos, pero con la capacidad de adaptarse, si fuera necesario, a otros tipos de filamentos y materiales, mediante la modificación tanto del diseño como de la programación.



Imagen 1 Dispositivo final

## 1.2. ANTECEDENTES

La impresión 3D es la evolución de la impresión 2D, hoy en día es una tecnología que no para de extenderse, aplicándose en cualquier sector de la industria, desde la medicina hasta la construcción de viviendas.

La impresión 3D es una tecnología de fabricación aditiva, capaz de crear objetos tridimensionales mediante la superposición de capas sucesivas de un determinado material. Un proceso mediante el cual se crean objetos físicos a partir de la colocación del material en capas a partir de un modelo digital, teniendo la libertad de emplear diferentes tecnologías y materiales durante el proceso de impresión.

Por ello es necesario emplear un software específico para la impresión 3D, para el caso concreto de este proyecto se ha empleado el software Ultimaker Cura. Dicho software será el encargado de segmentar la impresión en capas. Durante la impresión de las capas el cabezal se desplazará por toda la placa de impresión depositando el material hasta obtener la pieza en las tres dimensiones.

En 1981, Hideo Kodama, del Instituto Municipal de Investigadores Industriales de Nagoya, inventa un método de fabricación AM (additive manufacturing) de un modelo de plástico tridimensional con un polímero fotosensible, proceso conocido como fotopolimerización, en la cual el área de exposición era controlada por un patrón o malla. Para endurecer los polímeros se emplea la luz UV.

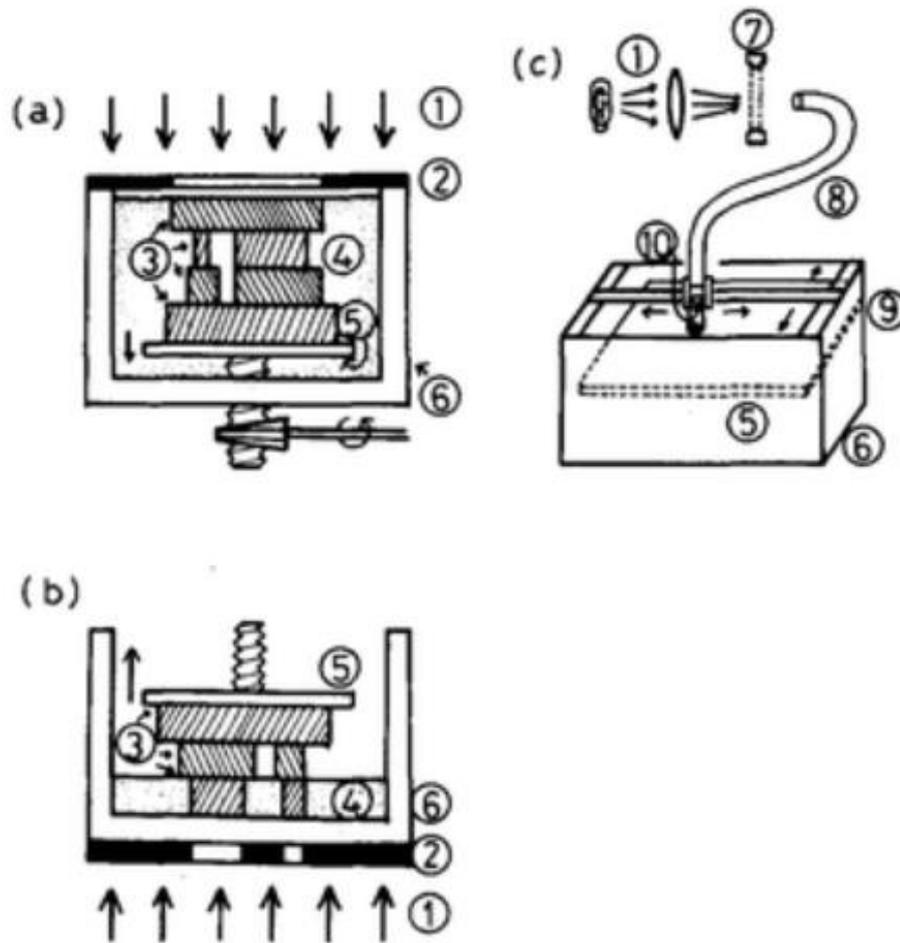


Imagen 2 Esquema de impresión 3D de Hideo Kodama

a) La placa de construcción se introduce en la resina líquida, b) placa de construcción se aleja de la resina líquida, y c) patrón con fibra óptica.

Esto tipo de fabricación fue creada como una forma de prototipado rápido para ahorrar costes y tiempo en la fabricación de pequeños objetos para la realización de ensayos, sirviendo de antesala a la estereolitografía (SLA).

Posteriormente, en 1984, es creada la SLA por Charles Hull. Un proceso de impresión que emplea un láser de alta potencia para endurecer la resina líquida con la forma de la pieza deseada. Este proceso convierte el líquido fotosensible en plásticos sólidos capa por capa mediante la fotopolimerización.

**U.S. Patent** Mar. 11, 1986 Sheet 3 of 4 **4,575,330**

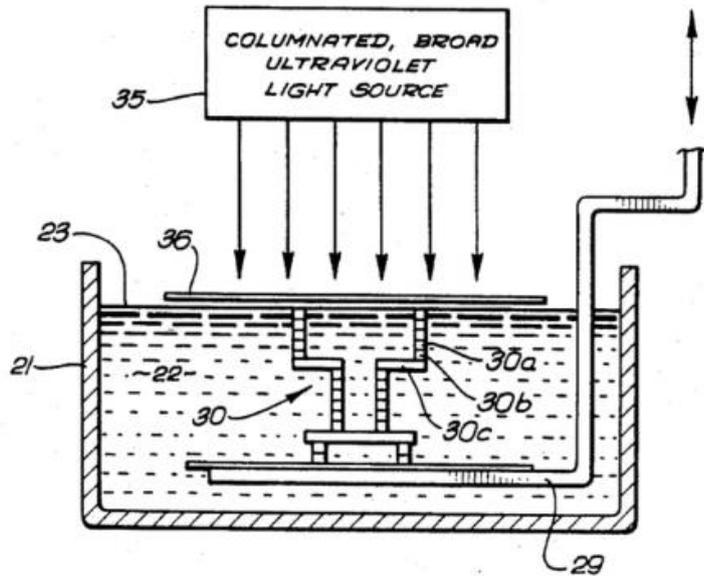


Imagen 3 Presentación de la patente de Charles Hull

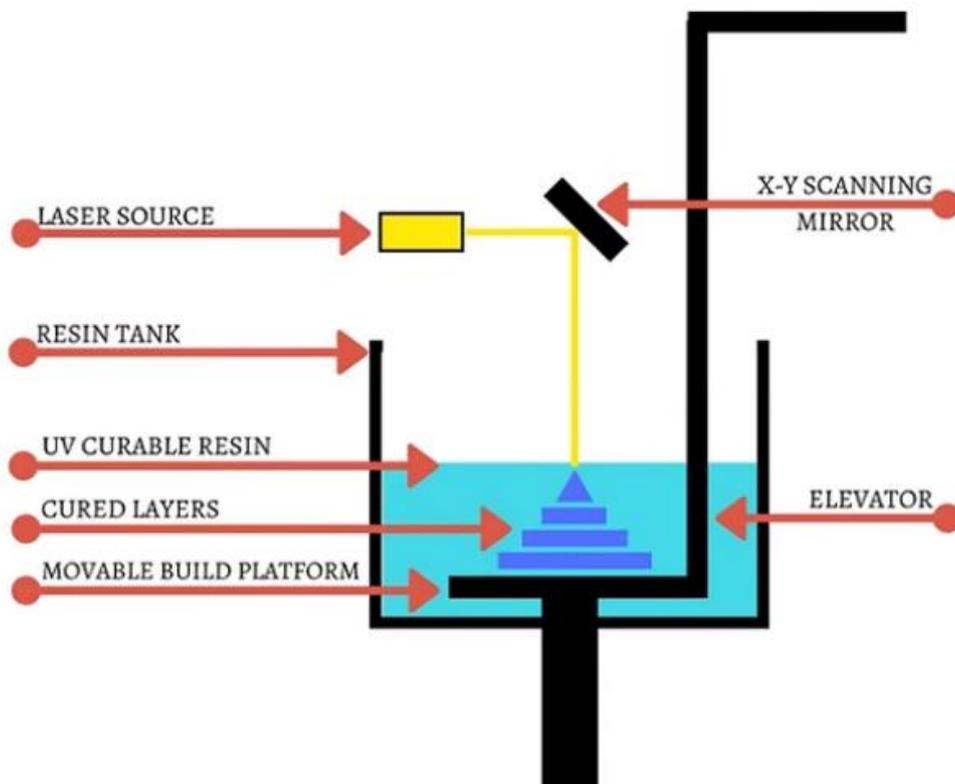


Imagen 4 Componentes del SLA

Toda impresora 3D de SLA estándar está formada, normalmente, por cuatro secciones:

- Tanque lleno del polímero fotosensible líquido.
- Plataforma perforada sumergida dentro del tanque. Durante el proceso de impresión será dicha plataforma que la que desplazará.
- Láser ultravioleta de alta potencia.
- Software encargado de gestionar y controlar los movimientos tanto de la plataforma como del láser.

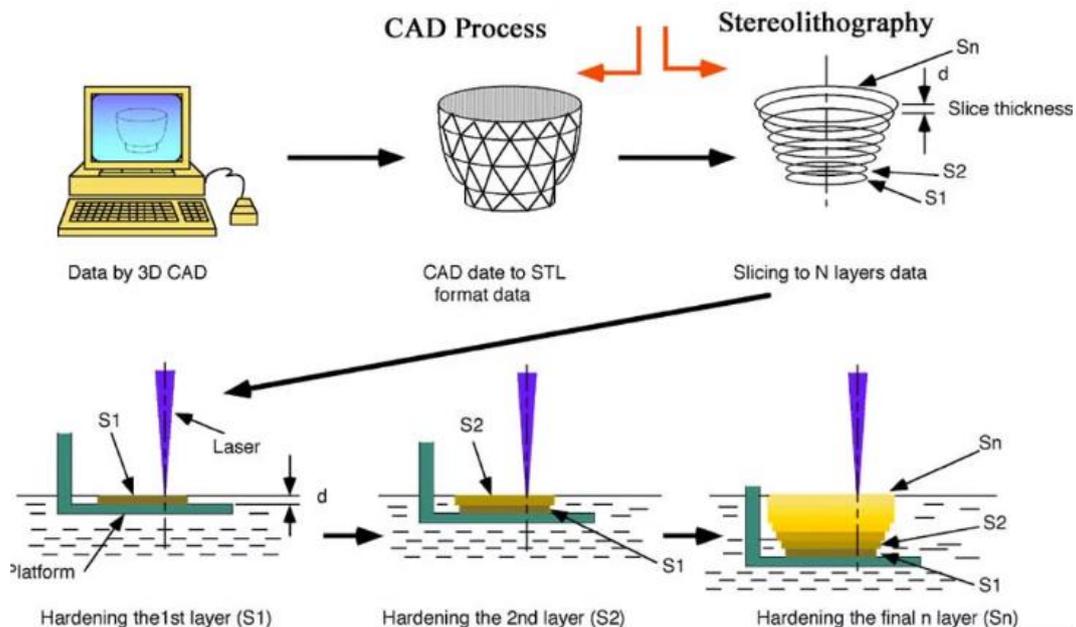


Imagen 5 Proceso de diseño e impresión de la pieza por SLA

La patente de Charles marcó el comienzo de la industria de la impresión 3D. No obstante, la impresión 3D no solamente está formada por la estereolitografía.

En 1988 surge el SLS, sinterizado láser selectivo, cuya patente fue registrada por Carl Deckard, un estudiante de la Universidad de Texas. Esta primera impresora 3D de SLS fue llamada Betsy, y a diferencia de la inventada por Hull, la impresora SLS sintetiza polvo de resina para convertirlo en un sólido.

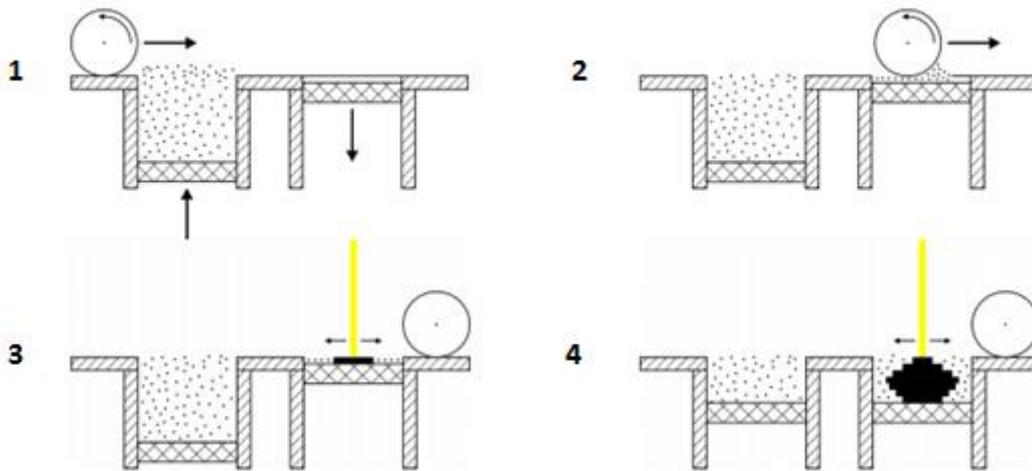


Imagen 6 Proceso de impresión mediante SLS

Paralelamente a la SLS, surge una nueva tecnología de fabricación aditiva, el modelado por deposición fundida (FDM). Se trata de una tecnología más simple en comparación con las otras dos. El responsable de la presentación de la patente fue Scott Crump, cofundador de Stratasys. Fue en 1992 cuando se le concedió la patente del FDM.

### Tècnica FDM

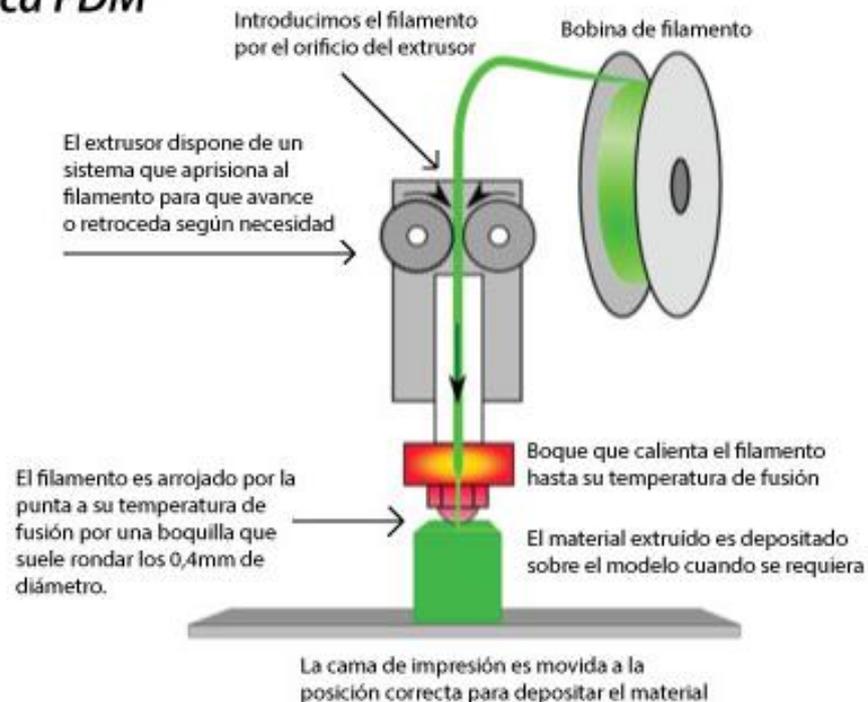


Imagen 7 Proceso de impresión FDM

El FDM es una tecnología basada en filamentos, el material se introduce en la entrada del extrusor para, mediante los engranajes DriveGear, empujarlo hacia el bloque calefactor. El bloque calefactor se calienta a altas temperaturas [180 – 250] °C,

dependiendo de la temperatura de fusión del material, consiguiendo así que el filamento avance a través de la boquilla y se deposite en la placa de impresión.

Para el controlar el movimiento del cabezal de la impresora se emplean tres movimientos independientes, movimiento en el eje X realizado por el carro donde se sitúa el extrusor, movimiento en el eje Y controlado por la cama caliente (placa de impresión) y movimiento en el eje Z realizado por dos ejes verticales que, trabajando paralelamente, permiten la subida o bajada del carro.

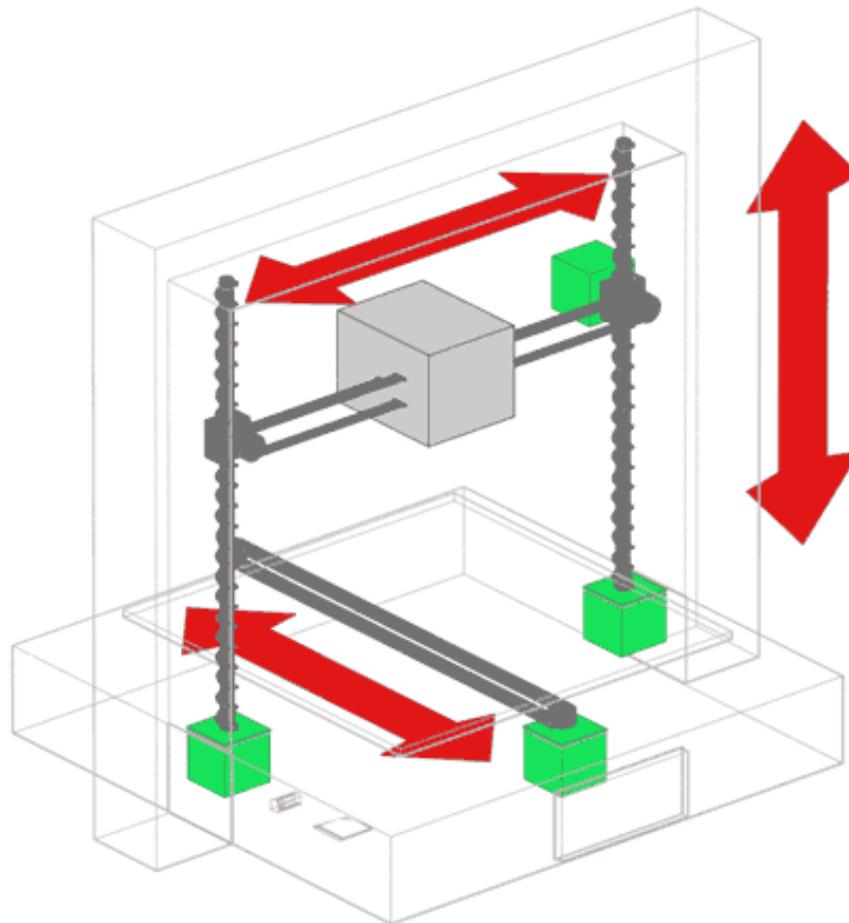


Imagen 8 Cinemática de una impresora 3D

El gran aumento de la demanda de filamentos para impresión 3D – FDM ha impulsado la necesidad de controlar el diámetro de los mismos. Por la tanto, se hace indispensable tener herramientas versátiles basadas en dispositivos de control monitorizados acoplados a las impresoras.

### 1.2.1. Filabot

Encontramos varias compañías en el sector destinadas a la fabricación de equipos con la capacidad, entre otras, de medir el diámetro de los filamentos. Entre ellas Filabot, una compañía de Estados Unidos que se especializa en la fabricación

de equipos para la extrusión de filamento y reciclaje de plástico para la impresión 3D.

La compañía se centra en la fabricación de un producto que permite la extrusión de diversos tipos de plástico, la monitorización del diámetro de los filamentos obtenidos, la refrigeración y el proceso de bobinado del filamento una vez extruido.



Imagen 9 Filabot Extruder Setup

Esta compañía te permite también adquirir partes del proceso de extrusión por separado, puedes solicitar el medidor de diámetros (filament measurement), la etapa bobinadora (precision filament winder), la etapa de refrigeración (airpath) o la extrusora (filament extruder) independientemente.



Imagen 10 Filameasure

Pese a poder adquirir el medidor de diámetros sin tener que comprar todo el proceso de extrusión y bobinado, el “filameasure” presenta un gran inconveniente en comparación con otros medidores de diámetros e incluso con el dispositivo fabricado en el presente proyecto, **el chafado y la deformación del filamento.**

El chafado y deformación perjudica gravemente tanto a los filamentos plásticos como a los cerámicos, ya que, si se introduce un filamento que no es uniforme ni en forma ni en diámetro obstaculizará el funcionamiento normal de la impresora provocando atascos o falta de material durante la impresión.

Hay que tener en cuenta que este tipo de equipo está diseñado para extruir y medir filamentos de plástico y no es recomendable su uso cuando se emplean materiales cerámicos.

### 1.2.2. 3devo

3devo es otra de las empresas que están muy presentes en el sector, su principal función es el diseño y fabricación de máquinas especializadas y orientadas a trabajos con polímeros.

Esta empresa, se centra en la fabricaci3n de la Filament maker, un equipo diseoado para la extrusi3n, medici3n y control de diversos parámetros de los filamentos plásticos durante su extrusi3n.



Imagen 11 Filament Makers

Es un dispositivo mäs completo y exacto que el proporcionado por Filabot, ya que con el “filament maker” tienes la posibilidad de conocer y controlar la velocidad de extrusi3n, la temperatura de extrusi3n, ası́ como el diámetro durante toda la impresi3n, pudiendo modificarlo durante todo el proceso de impresi3n. No obstante, a diferencia de Filabot, en 3devo no se pueden adquirir por separado los componentes.



Imagen 12 Medidor 3ptico de 3devo

El diámetro de extrusi3n se mide mediante un sensor 3ptico.

Dicho sensor presenta una exactitud de medida entre 0.5 mm y 3.0 mm y precisi3n de 43 micras.

Al igual que pasa con Filabot, la “filament maker” estä diseoada para trabajar con plásticos no con materiales cerámicos, es por eso por lo que son necesarias ciertas modificaciones y ajustes en dispositivo antes de su uso con cerámicas.

Hay que destacar que ambas compaas no tienen como funci3n o labor principal la medici3n del diámetro. Ambas extrusoras proporcionan informaci3n del diámetro instantes despu3s de la extrusi3n, no obstante, este diámetro no siempre coincide exactamente con el medido una vez el filamento ha sido secado y bobinado.

Para asegurar un buen diámetro del filamento habrı́a que tener un sistema, con dos o mäs sensores, que est3n constantemente realimentando el sistema. Comprobando que el diámetro sea el mismo a la entrada y salida de todo el proceso de extrusi3n.

## 1.3. ESTUDIO DE NECESIDADES

### 1.3.1. Especificaciones del encargo

Se trata de un dispositivo con la capacidad de medir el diámetro durante la impresión/extrusión de un filamento plástico/cerámico.

Este dispositivo está diseñado únicamente para obtener los valores del diámetro y del desplazamiento del filamento durante el proceso de impresión, parámetros más que suficientes para monitorizar y controlar una buena impresión. Sin embargo, mediante una leve modificación del diseño y del código, se podrían implementar nuevos sensores para así poder obtener más información sobre dicho proceso.

Como punto fuerte hay que destacar del producto la capacidad de adaptarse a nuevos y diferentes filamentos, tanto cerámicos como plásticos, mediante leves modificaciones, así como la capacidad de operar independientemente a la impresora, se trata de un dispositivo que puede operar por separado al proceso de impresión.

### 1.3.2. Limitaciones del desarrollo

Al tratarse de un proyecto basado en impresión 3D con PLA existirán ciertas limitaciones, las cuales se verán reflejadas en el diseño e impresión de todos los componentes, así como en el montaje del dispositivo final.

Algunos de las limitaciones son:

- Limitaciones en el diseño: dado que se requiere de una gran precisión en la medida, el dispositivo ha de ser capaz de detectar el mínimo cambio en el diámetro. Por lo tanto, se han diseñado todos los componentes con tolerancias milimétricas, para obtener un dispositivo robusto y preciso.
- Limitaciones en la impresión: Al trabajar con piezas tan precisas y pequeñas surgen ciertas dificultades durante todo el proceso de impresión. Surgen dos problemas o situaciones que hay que tener en cuenta.
  - Tal y como se ha mencionado anteriormente, al tratarse de piezas bastante pequeñas, se requiere de gran exactitud a la hora de lanzar la impresión, por tanto, la impresora debe estar muy bien calibrada.
  - La colocación de las piezas a la hora de imprimirlas, ya que no todas las piezas se pueden imprimir de la misma forma. Algunas se tendrán que colocar de una manera concreta y otras se tendrán

que imprimir con la ayuda de soportes, todo esto influenciado por las partes voladizas de los diseños.

Por tanto, observamos como una leve variación en el diseño de los componentes que forman el dispositivo puede provocar que la pieza no sea imprimible.

- Limitaciones de los componentes: la elección de la resistencia del potenciómetro es uno de los factores más influyentes a la hora de obtener el diámetro. Un valor pequeño de resistencia frente a un mismo rango de desplazamiento nos proporcionará una mayor precisión en la medida en comparación a una resistencia mayor.

### 1.3.3. Normativa

Para el diseño y fabricación del dispositivo se tendrán en cuenta diferentes normativas sobre la fabricación aditiva con filamentos plásticos y termoplásticos, concretamente de filamentos de PLA, ya que todo el aparato está realizado mediante impresión 3D con PLA. Concretamente la normativa UNE-EN ISO 17296:2017 partes 2, 3 y 4.

Toda esta normativa está incluida en el apartado de anejos, Anejo N.º 4: **NORMATIVA**.

### 1.3.4. Sistema o sistemas de financiación

El presente trabajo ha sido totalmente financiado por la empresa Print3D Solutions, ya que el desarrollo del proyecto tenía como objetivo principal proporcionarles otra alternativa para medir el diámetro de sus filamentos cerámicos.

## 1.4. ALTERNATIVAS Y SOLUCIÓN ADOPTADA

### 1.4.1. Alternativas

Para la fabricación de este dispositivo se han realizado varios diseños y pruebas hasta llegar al resultado final.

Como primera alternativa se diseñaron unas carcasas y soportes, tal y como se muestra en la imagen 13, para analizar únicamente el diámetro del filamento, resultando en un dispositivo menos complejo, pero más limitado a la hora de monitorizar y proporcionar información sobre el filamento.

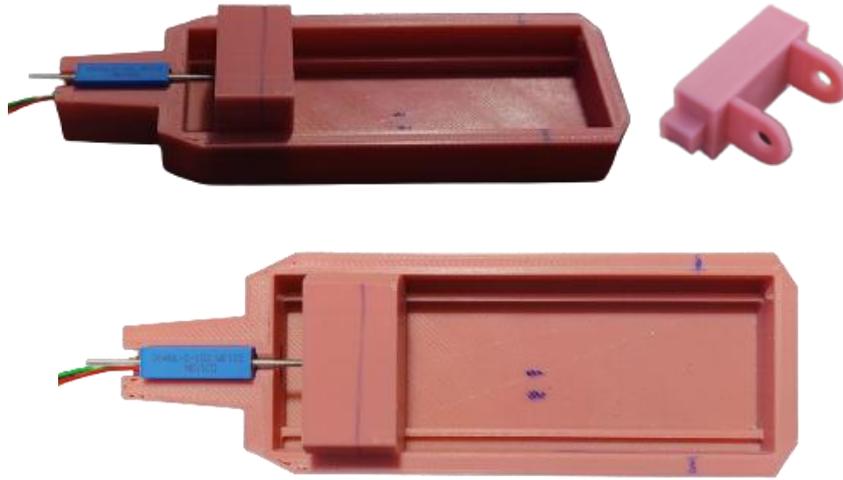


Imagen 13 Primer prototipo del dispositivo

Este primer prototipo provocó diversos problemas de acople, calibración y dificultades con la colocación del dispositivo en la placa de impresión. Provocando la modificación total del diseño.

Posteriormente, se procedió a realizar el diseño del segundo prototipo mostrado en las imágenes 14 y 15.

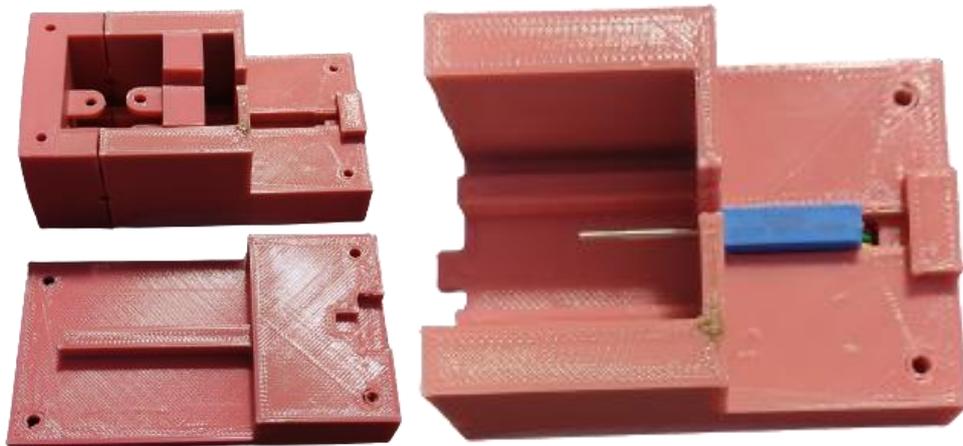


Imagen 14 Segundo prototipo



Imagen 15 Segundo prototipo

Este segundo prototipo, al igual que el primero, presento varios problemas de precisión durante el ajuste y calibración del dispositivo, provocados por un mal diseño de los componentes y por una impresión rápida y mal calibrada. Todo esto llevo a la rectificación del diseño.

### 1.4.2. Solución adoptada

Teniendo en cuenta los dos prototipos anteriormente nombrados, se consigue desarrollar un diseño simple, robusto, preciso y fácilmente manipulable, resultando en un dispositivo que trabaja de manera externa a la impresora con la función de monitorizar el diámetro y el desplazamiento del filamento.

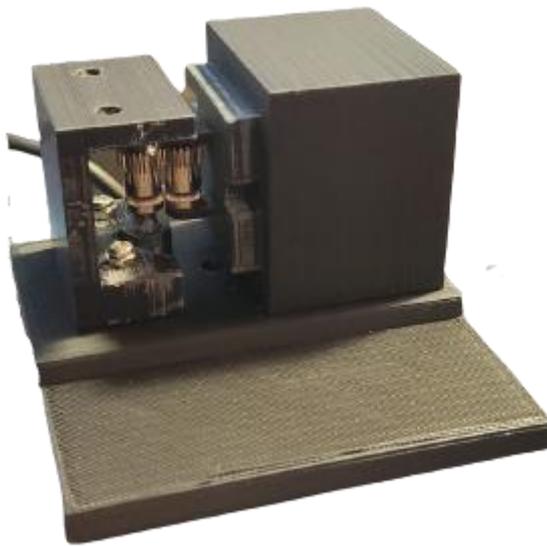


Imagen 16 Diseño final

Con esto logramos un proyecto que aporta más detalles e información durante el proceso de impresión, permitiendo a su vez que se pueda acoplar a cualquier tipo de impresora.

Hay que destacar también, que al realizarse todo el proceso de fabricación mediante impresión 3D con filamento de PLA, tanto los tiempos como los costes de fabricación son menos significativos a los que hubieran sido si se emplea cualquier tipo de fabricación de moldeo por inyección de plástico o metal.

## 1.5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN

El control del diámetro, desde la extrusión del filamento hasta su impresión, es una de las partes fundamentales de la impresión 3D, ya que, sin un diámetro estable, de  $1,75 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ , no se puede lograr la impresión.

Las impresoras no tienen la capacidad de regular la fuerza de empuje ni agarre del filamento dependiendo del diámetro, no son capaces de asimilar las posibles variaciones del diámetro del filamento, por tanto, es necesario que el diámetro este siempre alrededor de los 1,75 mm teniendo en cuenta esa tolerancia de  $\pm 0,05$  mm.

Así pues, se hace necesario el desarrollo de un dispositivo que permita conocer en todo momento el diámetro del filamento.

Para ello se ha contemplado la fabricación y diseño de un dispositivo que sea capaz, tanto de conocer el desplazamiento como el diámetro del filamento, bien durante el proceso de extrusión y bobinado o bien durante el proceso de impresión, creando a su vez un aparato capaz de implementarse a cualquier impresora o bobinadora con muy pocos ajustes.

Tal y como se ha nombrado anteriormente, esto se consigue con un estructura y carcasas sólidas y robustas que permiten gran precisión y exactitud a la hora de realizar las mediciones, provocando que, ante el más mínimo cambio en el diámetro, el dispositivo sea capaz de detectarlo y cuantificar ese valor, mostrando al usuario por pantalla dicha información en todo momento.

## 1.5.1. Estructura

El dispositivo estará formado principalmente por tres subsistemas, el subsistema de control, el subsistema de los sensores y el subsistema de la interfaz.

### 1.5.1.1. Subsistema de control

El subsistema de control estará formado por un microcontrolador, concretamente un Arduino Mega 2560, el programa LabVIEW y la programación adjunta en los anejos, correspondiente tanto al microcontrolador como a LabVIEW.

Este primer subsistema se centra en la adquisición de los datos que proporcionan los sensores al microcontrolador, para posteriormente, sin modificar la información, enviarla por el canal serie.

Será en LabVIEW donde se transformarán todos los datos enviados por el Arduino, para finalmente obtener los parámetros deseados, diámetro y recorrido/desplazamiento del filamento.

Por tanto, el subsistema de control funcionará de acuerdo a la imagen 17:

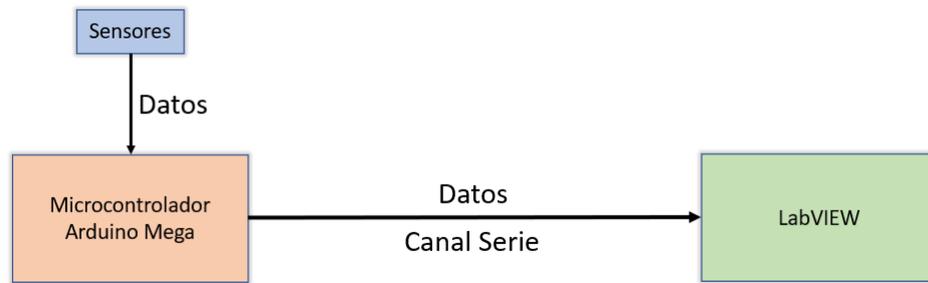


Imagen 17 Estructura del subsistema de control

### 1.5.1.2.Subsistema de sensores

A continuación, contamos con el subsistema de sensores, se trata de un subsistema formado por sensores analógicos.

El primero de ellos, el potenciómetro, es el sensor encargado de captar las variaciones en el diámetro. El potenciómetro es un sensor resistivo que frente a una variación en la resistencia proporciona una variación en la tensión de salida.

El potenciómetro proporcionará a Arduino un valor analógico comprendido entre 0 y 1023. Para, posteriormente enviar este valor por el puerto serie a LabVIEW.

El segundo sensor analógico será el encoder o codificador rotatorio. El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal.

Las variables más empleadas y precisas para conocer en todo momento la posición del encoder son: dirección de rotación y el ángulo exacto en el que se detiene.

Por ello, en el presente proyecto, el encoder proporcionará el sentido de giro, así como su ángulo.

Los sensores implementados son los siguientes:

- 3046 linear Motion Potentiometer.
- Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R, eje de 6 mm (DC5-24Vdc)

### 1.5.1.3.Subsistema de interfaz, diseño e impresión

Por último, el dispositivo cuenta con un subsistema de interfaz, este es el encargado de la comunicación entre usuario y dispositivo, facilitando así las labores de monitorización. Este subsistema estará formado por la interfaz

diseñada en LabVIEW donde se mostrará toda la información relevante sobre el filamento, diámetro y desplazamiento.

A su vez, dentro de este subsistema, se incluirá también el proceso de diseño e impresión de las carcasas y soportes necesarios para la fabricación del dispositivo. Se empleará el software de SketchUp para realizar el diseño 3D y el Ultimaker Cura para imprimir los diseños.

Toda esta estructura se ve reflejada en el organigrama que se muestra en la imagen 18.

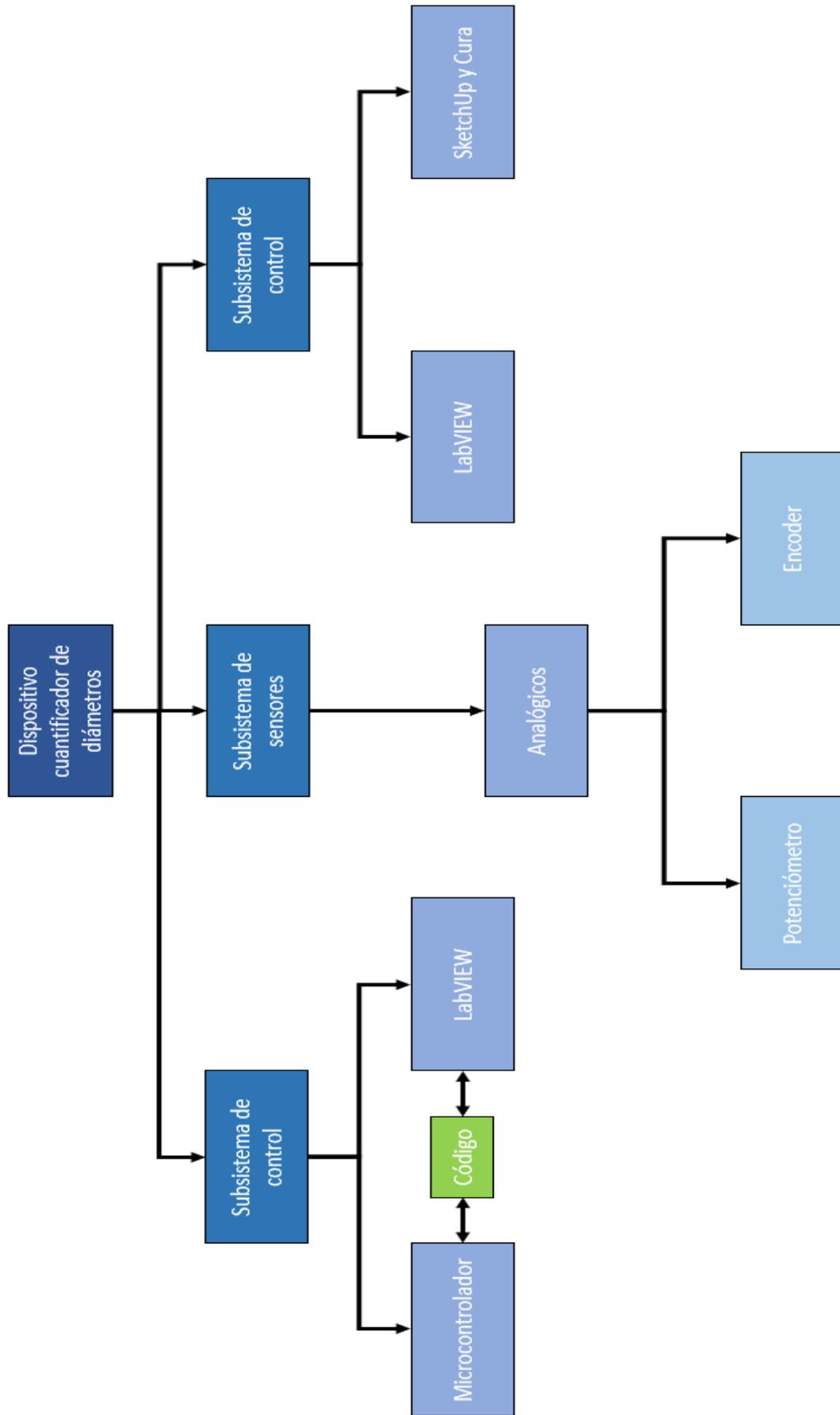


Imagen 18 Organigrama de la estructura

## 1.5.2. Diseño

Para el diseño de la estructura del dispositivo han sido necesario realizar diversos diseños 3D en SketchUp, con la finalidad de poder imprimirlos mediante una impresora 3D de PLA. Los diseños finales con sus correspondientes planos se encuentran en el documento N.º 2: Planos.

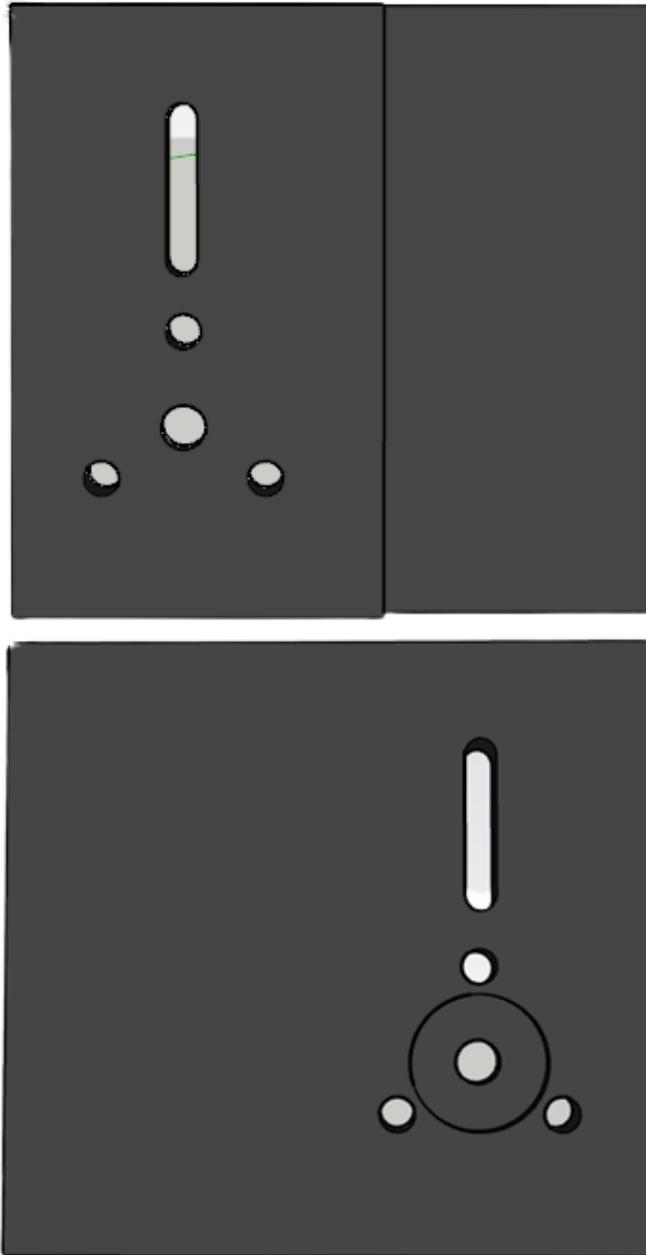


Imagen 19 Pared de soporte

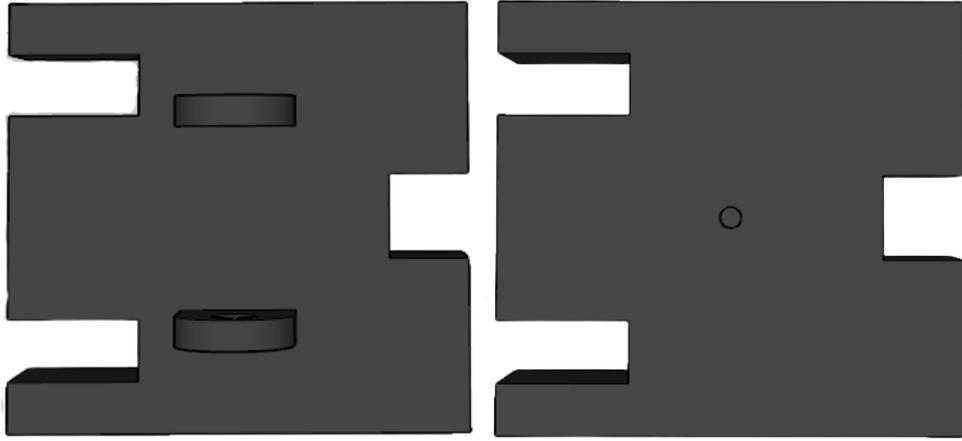


Imagen 20 Acople potenciómetro

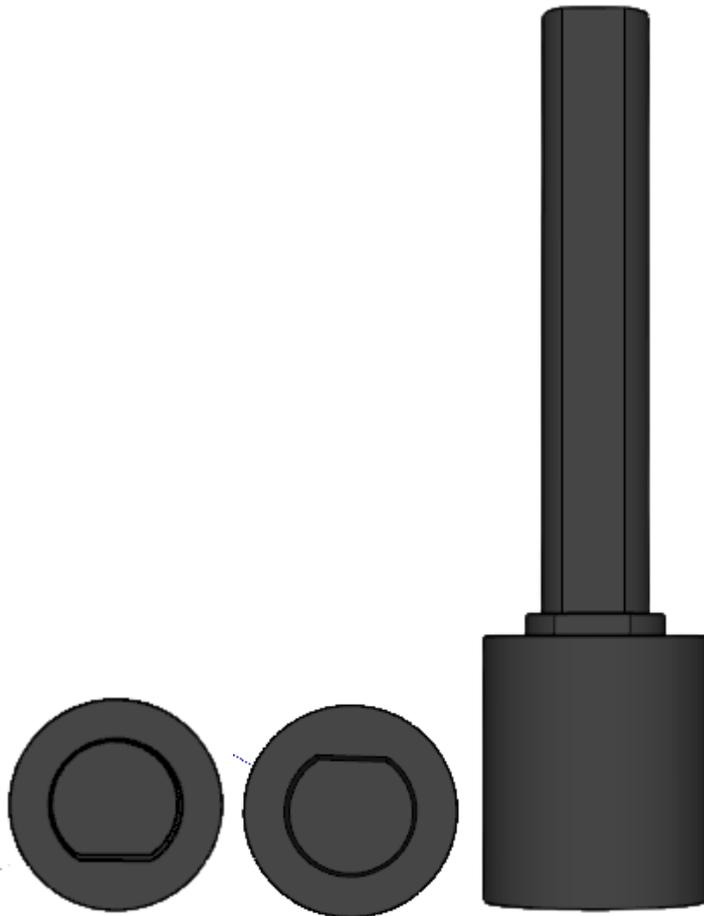


Imagen 21 Acople del eje del encoder

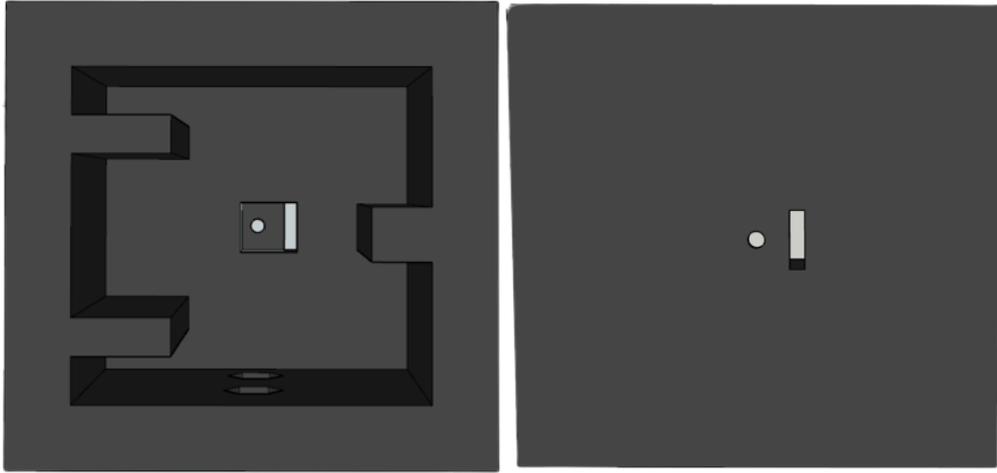


Imagen 22 Acople y guía del potenciómetro

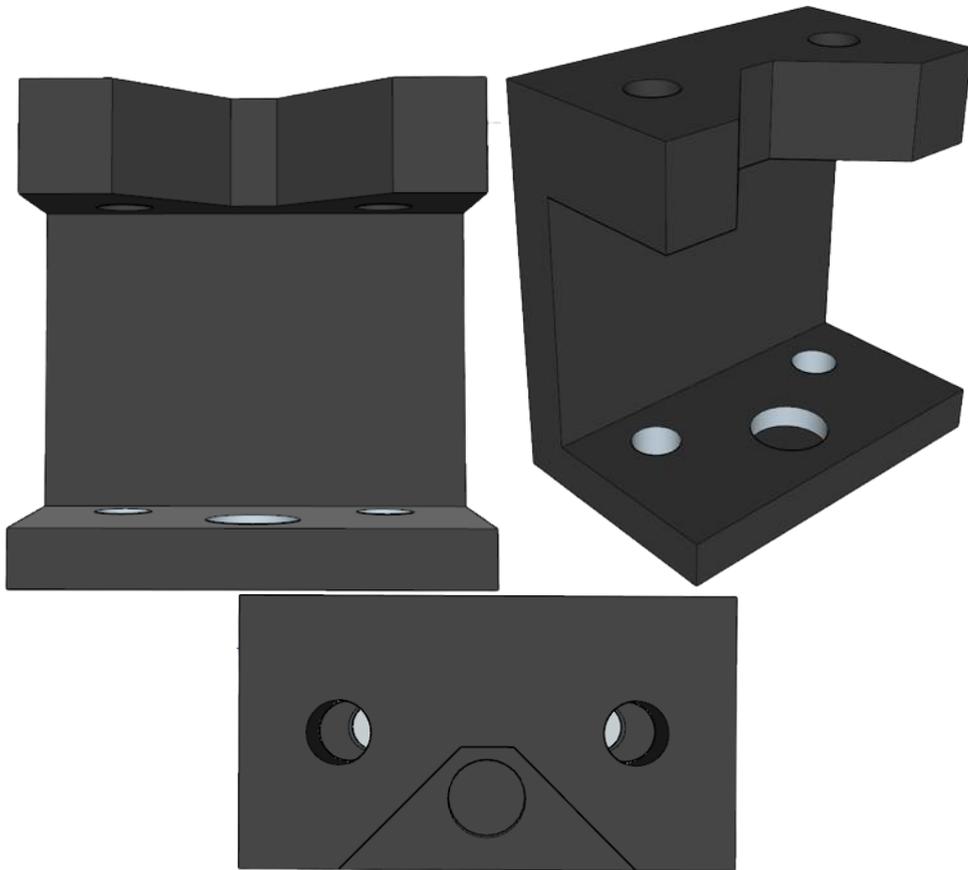


Imagen 23 Soporte y guía del potenciómetro y rodamiento

Una vez diseõados todos los soportes y carcاسas necesarias se procede a su montaje. Obteniendo como resultado final el dispositivo mostrado en la imagen 24.



Imagen 24 Dispositivo final

Una vez diseõadas todas las carcاسas y soportes necesarios para el ensamble completo del dispositivo, se procederà a desarrollar el cõdigo necesario para el envìo y tratamiento de los datos tanto en Arduino como en LabVIEW.

Toda esta informaciõn se ve reflejada en el anejo N.º1: CÕDIGO Y CÀLCULOS.

Por ùltimo, para el diseõar la interfaz, se ha optado por un diseõo sencillo, no muy cargado y que sea capaz de proporcionar la informaciõn de manera clara, evitando asì la creaciõn de posibles errores de interpretaciõn de los resultados.

La interfaz, ademàs de ayudar al usuario que vaya a manejar el dispositivo, mostrarà la informaciõn en tiempo real del filamento. Se mostrarà por pantalla el diàmetro y el desplazamiento tanto en formato numèrico como una representaciõn gràfica de los datos.

En la imagen 25 se muestra la interfaz del dispositivo.

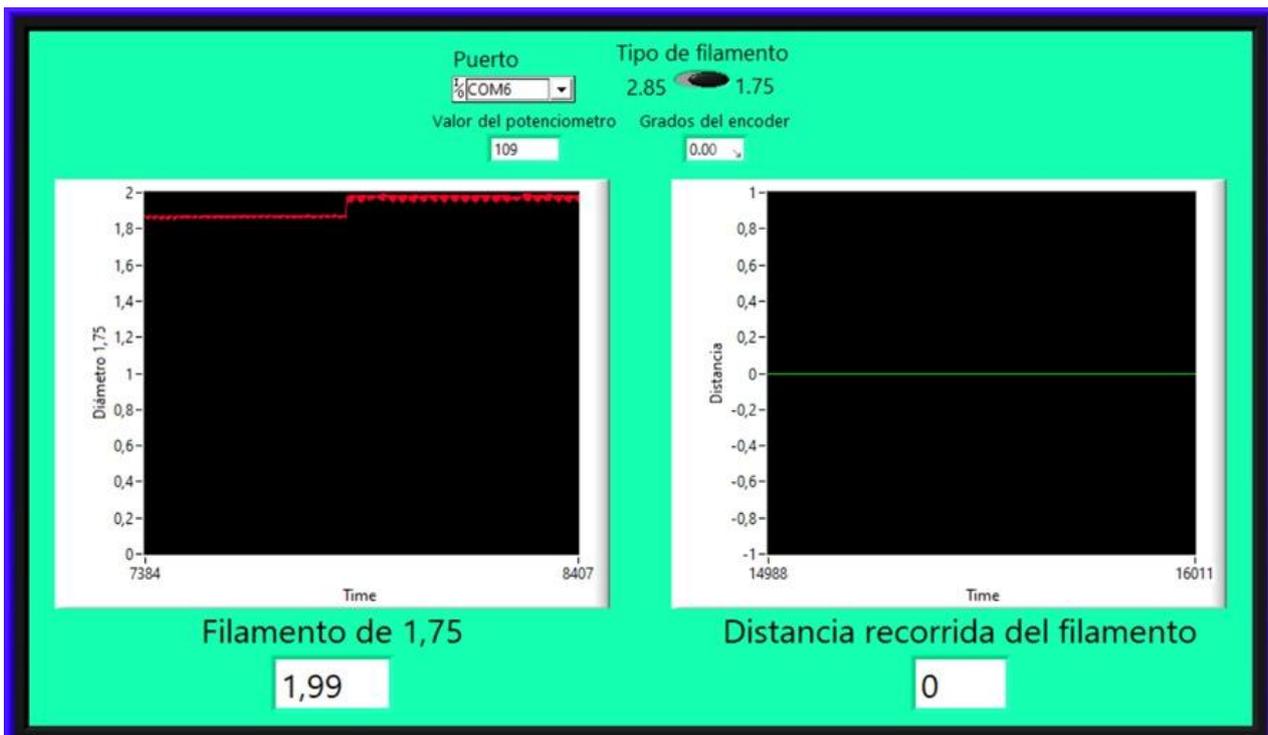


Imagen 25 Interfaz del dispositivo

Se trata de una interfaz muy simple en la que se muestra de manera individual el diámetro del filamento, gráfica de la izquierda, y la distancia del filamento, gráfica de la derecha. La interfaz, así como el programa, tienen la opción de seleccionar el tipo de diámetro que se quiere medir, o 1.75 mm o 2.85 mm.

En la parte superior se encuentra el desplegable que permite seleccionar el puerto al cual está conectado el microcontrolador y por donde se enviarán los datos.

También se mostrará por pantalla el valor del CAD del potenciómetro, comprendido entre 0 y 1023, y los grados que rota el encoder.

## 1.6. JUSTIFICACIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN

Tal y como se ha nombrado anteriormente, el dispositivo estará controlado por un microcontrolador, concretamente un Arduino Mega 2560. Se ha elegido este microcontrolador por la gran cantidad de pines que proporciona el Arduino en comparación con otros Arduinos, como el Nano o el Uno. Ya que, si en algún momento es necesario incorporar alguna modificación en el dispositivo y añadir más sensores o actuadores, el número de pines no se convierta en un problema.

También se ha seleccionado este microcontrolador debido a que posee más poder de cómputo, más capacidad de memoria y más líneas de expansión, si se compara con el Arduino Uno.

Para la elección de los sensores, concretamente del potenciómetro, se ha tenido en cuenta la resistencia del potenciómetro. Dado que interesa poder captar variaciones del diámetro de la manera más precisa y verídica posible, interesa que la resistencia del potenciómetro sea lo más pequeña posible.

Ya que, frente a una misma variación del diámetro, una resistencia más pequeña (en nuestro caso, con un valor  $1\text{ k}\Omega$ ) va a proporcionar una variación más grande a la entrada del Arduino, simplificando en gran medida los cálculos necesarios, y por tanto, obteniendo de una forma más precisa el diámetro del filamento.

Con una resistencia de  $1\text{ k}\Omega$  se obtiene una variación en el CAD, midiendo un filamento de  $1,75\text{ mm}$  de diámetro, de entorno  $+123$ . En cambio, con una resistencia de  $5\text{ k}\Omega$  o superior, la variación en el CAD puede llegar a ser de aproximadamente de  $+ [20 - 40]$ , dificultando en gran medida el cálculo del diámetro.

Para el procesamiento de los datos se ha elegido emplear la herramienta LabVIEW por la gran versatilidad y potencial que presenta actualmente, en cualquier sector de la industria. Mediante una intuitiva programación por bloques y un poco de desarrollo de código en LabVIEW, conseguimos, mediante la información enviada por el puerto serie a través de Arduino, operar los datos y obtener las variaciones del diámetro y el desplazamiento del filamento a lo largo de todo el proceso.

Por tanto, el dispositivo va a operar de la siguiente forma: 1) se introduce el filamento entre los dos engranajes, DriveGear, provocando el desplazamiento del engranaje móvil, acoplado al potenciómetro, 2) el potenciómetro cuantificará dicho desplazamiento y se lo proporcionará al Arduino, 3) posteriormente, el microcontrolador enviará el valor de la distancia a través del canal serie a LabVIEW y, 4) será LabVIEW, el encargado de tratar la información y mostrar el diámetro y la distancia por pantalla.

## 1.7. Programas de desarrollo y utilización

Como se ha ido nombre anteriormente, para el diseño de las piezas y soportes se ha empleado el programa SketchUp, mediante el cual se obtienen los diseños 3D del dispositivo. Posteriormente se emplea el programa Ultimaker Cura, este programa permite seleccionar como imprimir los diseños, así como la configuración de todos los parámetros necesarios para la impresión.

Una vez obtenido el modelo impreso, se emplean los programas Arduino y LabVIEW, para obtener toda la información del filamento y mostrarla por pantalla.

## 1.8. ESTUDIO ECONÓMICO

Toda la información relativa al presupuesto, estudio económico e inversión se ve reflejada en el documento N.º 4: PRESUPUESTO.

## 1.9. CONCLUSIONES Y RESULTADOS FINALES

La imagen 26 muestra la evolución del diámetro del filamento en función de tiempo de simulación para filamentos cuyo diámetro sea 1.75 mm.

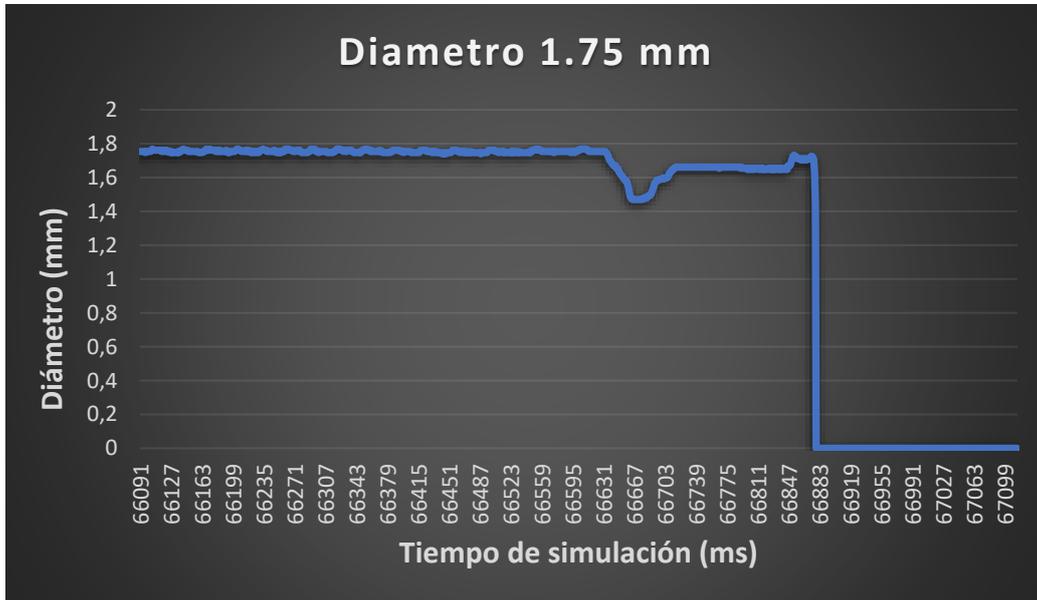


Imagen 26 Gráfica para filamento de 1,75 mm

El valor medio del filamento, sin tener en cuenta la variación de diámetro, es de **1.7537 mm**.

La imagen 27 representa el diámetro del filamento en función del tiempo de simulación, pero para filamentos de 2.85 mm.

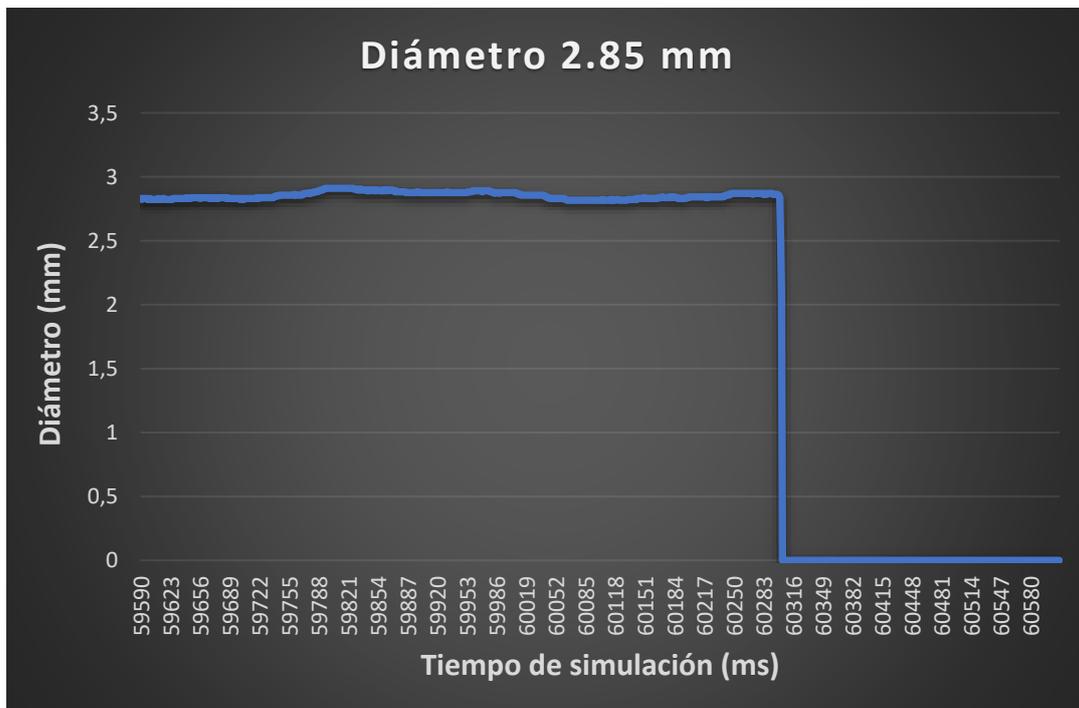


Imagen 27 Gráfica para filamento de 2,85 mm

El valor medio del filamento es de **2.8499 mm**.

Se aprecia como, tanto para filamentos de 1.75 mm como de 2.85 mm, el sistema responde correctamente proporcionando unos resultados muy fiables.

Además, se procuró que el filamento de 1,75 mm tuviera una bajada significativa del diámetro con el fin de comprobar si el dispositivo verdaderamente era capaz de apreciar dichas variaciones.

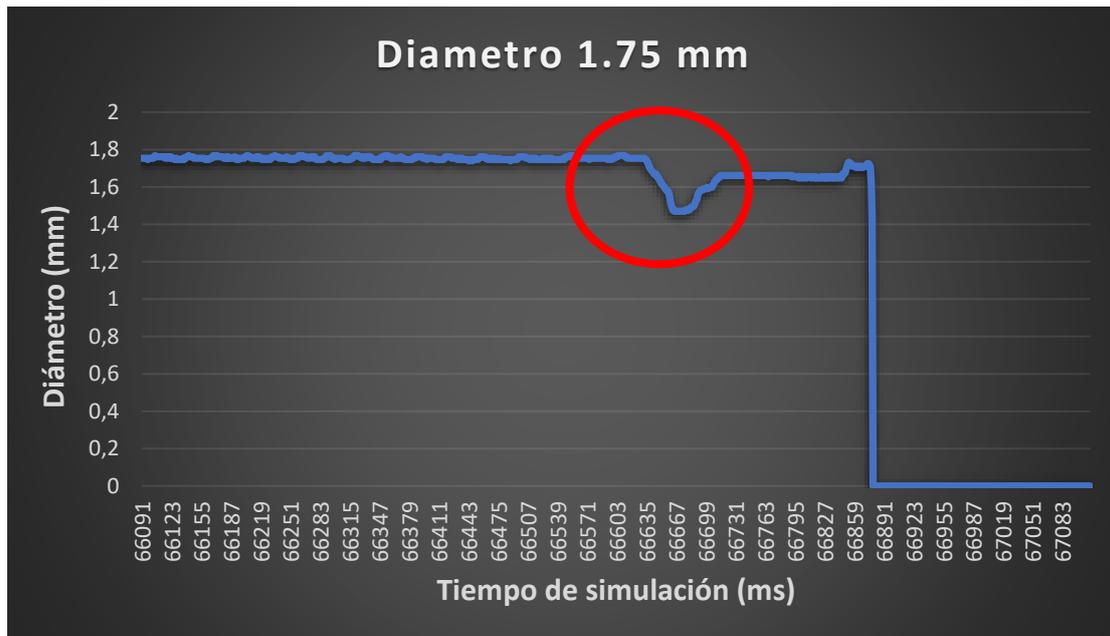


Imagen 28 Gráfica de filamento de 1,75 mm con variación de diámetro

Analizando los resultados obtenidos, se puede afirmar que el dispositivo es capaz tanto de cuantificar el diámetro para filamentos de 1.75 - 2.85 mm como de captar las posibles variaciones que pueda presentar el filamento.

## 1.10. BIBLIOGRAFÍA

### Antecedentes

Roberto Adeva, (13 de mayo, 2022). Todo lo que debes saber sobre la impresión 3D y sus utilidades. <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>

All3DP, (1 de agosto de 2019). Stereolithography: SLA 3D Printing Simply Explained. <https://all3dp.com/2/stereolithography-3d-printing-simply-explained/>

Leo Greguric, (25 de febrero de 2020). Historia de la impresión 3D: fechas claves. <https://all3dp.com/es/2/impresion-3d-historia-fechas-clave/>



Valencia, junio de 2022

Redactor:

Carlos Sánchez Jiménez



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

ANEJO N.º 1: CÓDIGO Y CÁLCULOS

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. CÓDIGO Y CÁLCULOS.....</b>         | <b>30</b> |
| <b>1.1. ARDUINO.....</b>                 | <b>30</b> |
| <b>1.2. CÓDIGO.....</b>                  | <b>31</b> |
| <b>1.3. LABVIEW.....</b>                 | <b>35</b> |
| <b>1.4. PROGRAMACIÓN Y CÁLCULOS.....</b> | <b>35</b> |
| <b>1.5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>40</b> |

# 1. CÓDIGO Y CÁLCULOS

## 1.1. ARDUINO

Arduino Mega 2560 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560.

La placa esta, principalmente, formada por el microcontrolador en configuración “sistema mínimo” para realizar sus funciones, una interfaz USB-Serie que permite programar el microcontrolador y un conjunto de cabezales para el conexionado de los pines de entrada/salida.

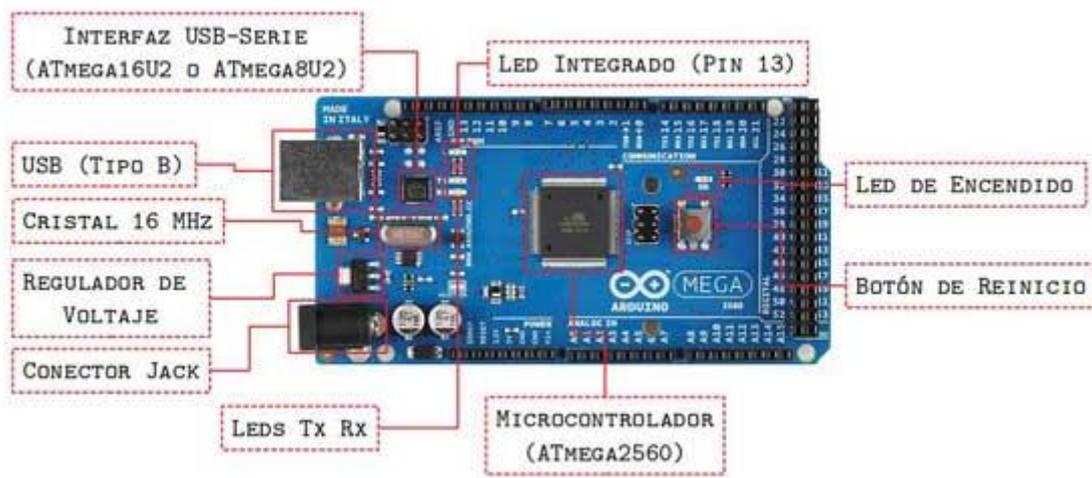


Imagen 29 Principales componentes del Arduino Mega

Sus características más importantes son:

- 256 kB de memoria FLASH (almacenar el programa)
- 8 kB de memoria SRAM (variables declaradas en el programa)
- 4 kB de memoria EEPROM (permite conservar datos, aunque se reinicie o falle la alimentación)
- Frecuencia de CPU 16 MHz

Arduino Mega dispone de 54 pines de entrada/salida digital. De los cuales 15, se pueden utilizar como salidas analógicas o salidas PWM. También cuenta con 16 pines de entrada analógica, con la opción también de emplearse como entradas digitales.

Además de pines digitales y analógicos, están incorporados también pines para alimentar diversos sensores y actuadores.

- GND: conexión a tierra.
- Pines de 5 V y 3V3 de alimentación.
- Pin VIN, similar al conector Jack.



Imagen 30 Pines de entrada/salida

A diferencia del Arduino UNO que solamente cuenta con un puerto Serial, el Mega 2560 tiene un total de cuatros puertos Serial, favoreciendo una mayor transferencia de datos entre diversos dispositivos y aplicaciones.

## 1.2. CÓDIGO

El código implementado en el IDE de Arduino es el siguiente:

---

```
#define n 10

volatile long int temp, counter = 0; // Esta variable aumentará o disminuirá dependiendo
de la rotacion del encoder

long int absolute;

float angle;

int valorInicial, valor1 = 0, valor2, valorFinal;

int sumatorio = 0, media;

void setup()
{
    Serial.begin (9600);
```

```
pinMode(A7, INPUT); // Input pin A7

pinMode(2, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 2
pinMode(3, INPUT_PULLUP); // internal pullup input pin 3

// Setting up interrupt
// A pulso de subida del encoder activa ai0(). AttachInterrupt 0 es DigitalPin 2
attachInterrupt(0, ai0, RISING);

// B pulso de subida del encoder activa ai1(). AttachInterrupt 1 is DigitalPin 3
attachInterrupt(1, ai1, RISING);
//Serial.println(angle);

// Se realiza la media del valor inicial para reducir lo máximo posible las variaciones del
potenciometro
for(int i=0; i <=n-1; i++)
{
    valorInicial = analogRead(A7);
    valor1 = abs(valorInicial + valor1);
}

valor1 = valor1 / n;
}

void ai0()
{
    // ai0 se activa si DigitalPin 2 pasa de un estado LOW a HIGH
    // Se comprueba el pin 3 para determinar la dirección
    if(digitalRead(3) == LOW)
    {
```

```
    counter++;  
}  
else  
{  
    counter--;  
}  
}  
  
void ai1()  
{  
    // ai1 se activa si DigitalPin 3 pasa de un estado LOW a HIGH  
    // Se comprueba el pin 2 para determinar la dirección  
    if(digitalRead(2) == LOW)  
    {  
        counter--;  
    }  
    else  
    {  
        counter++;  
    }  
}  
  
void loop()  
{  
    // Se lee el valor del potenciómetro y si establece a 0  
    valor2 = analogRead(A7);  
    valorFinal = abs(valor2 - valor1);  
  
    // Se transforma el contador del encoder a grados  
    if(counter == 0)
```

```
{  
  angle = 0.0;  
}  
  
if(counter < 0)  
{  
  counter = 0;  
  absolute = counter * -1;  
  angle = 0.0 - (absolute * 0.3);  
}  
  
if(counter > 0)  
{  
  absolute = counter;  
  angle = absolute * 0.3;  
}  
  
// Se envían los datos por el canal serie  
Serial.print(valorFinal);  
Serial.print("/");  
Serial.println(angle);  
}
```

---

Se trata de un código sencillo orientado, simplemente, a captar la información que proporciona el potenciómetro y el encoder y posteriormente enviarla por el canal serie.

Se envían por el canal serie el valor del potenciómetro y los grados del encoder en formato “string”.

### 1.3. LABVIEW

LabVIEW es un entorno de programación gráfico para desarrollar sistemas de pruebas automatizadas de investigación, validación y producción. Es un software que proporciona un potente entorno de desarrollo gráfico para el diseño de aplicaciones de adquisición de datos, análisis de medidas y presentación de datos gracias a un lenguaje de programación por bloques.

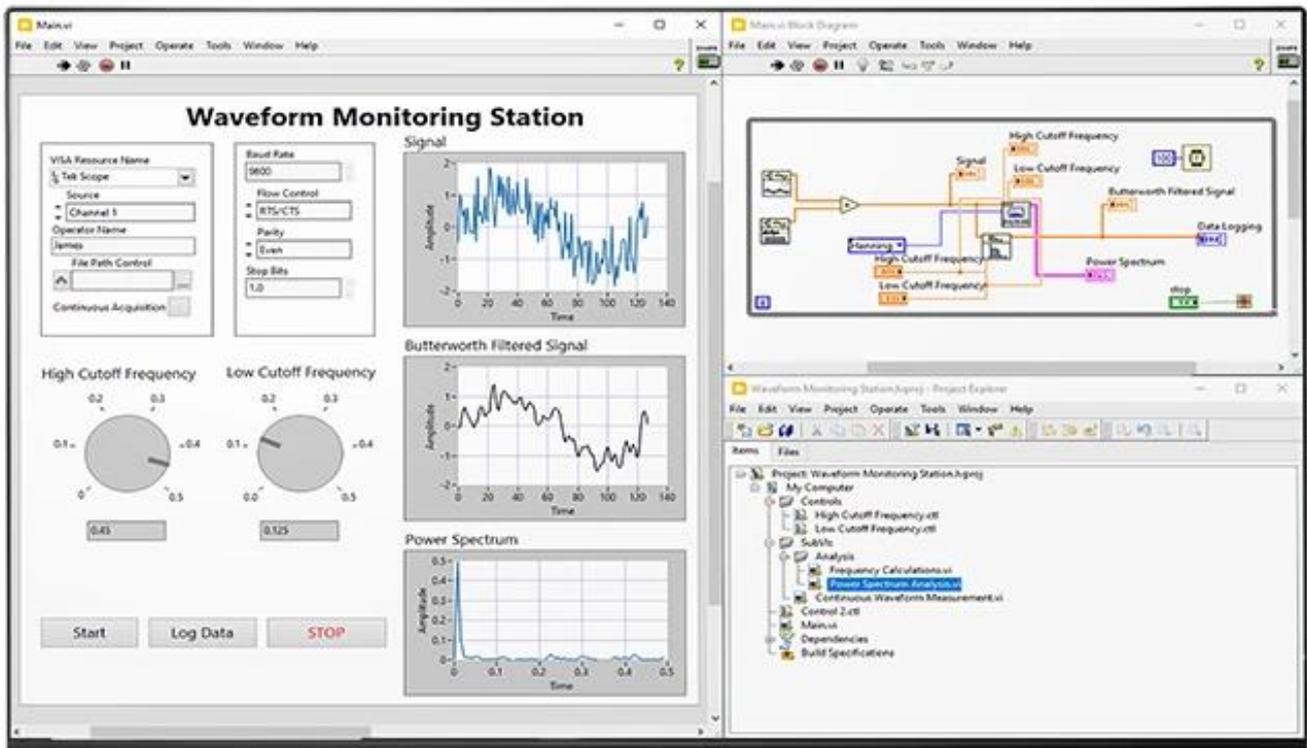


Imagen 31 LabVIEW

### 1.4. PROGRAMACIÓN Y CÁLCULOS

La programación empleada en LabVIEW es una programación por bloques, no se emplea prácticamente casi código escrito. Dando lugar a un programación más intuitiva, sencilla y fácil de organizar y seguir.

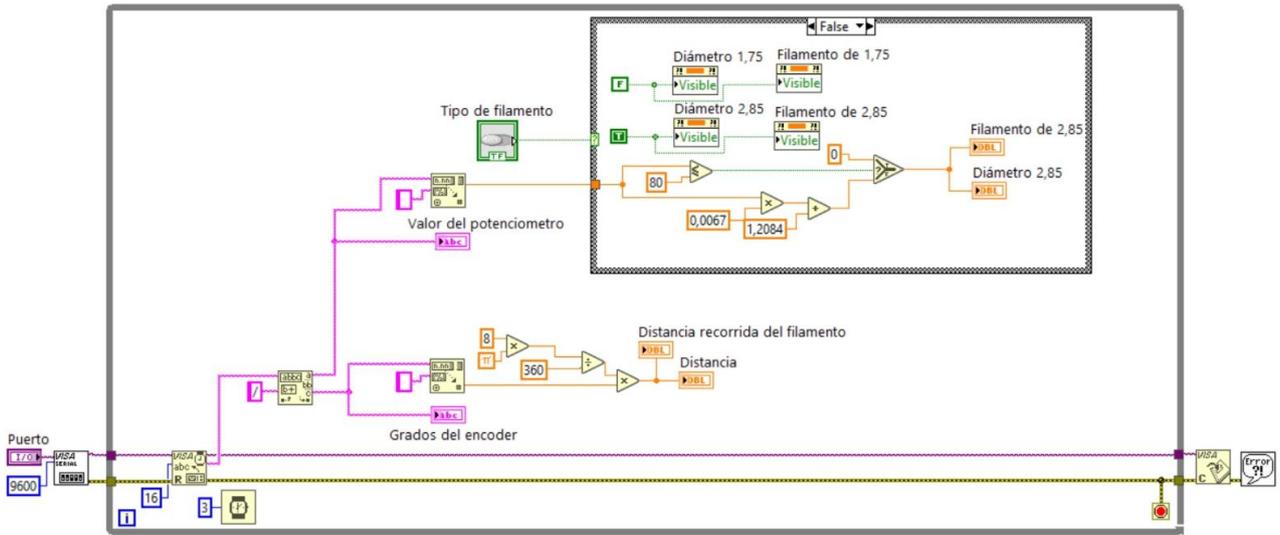


Imagen 32 Programación implementada en LabVIEW 1

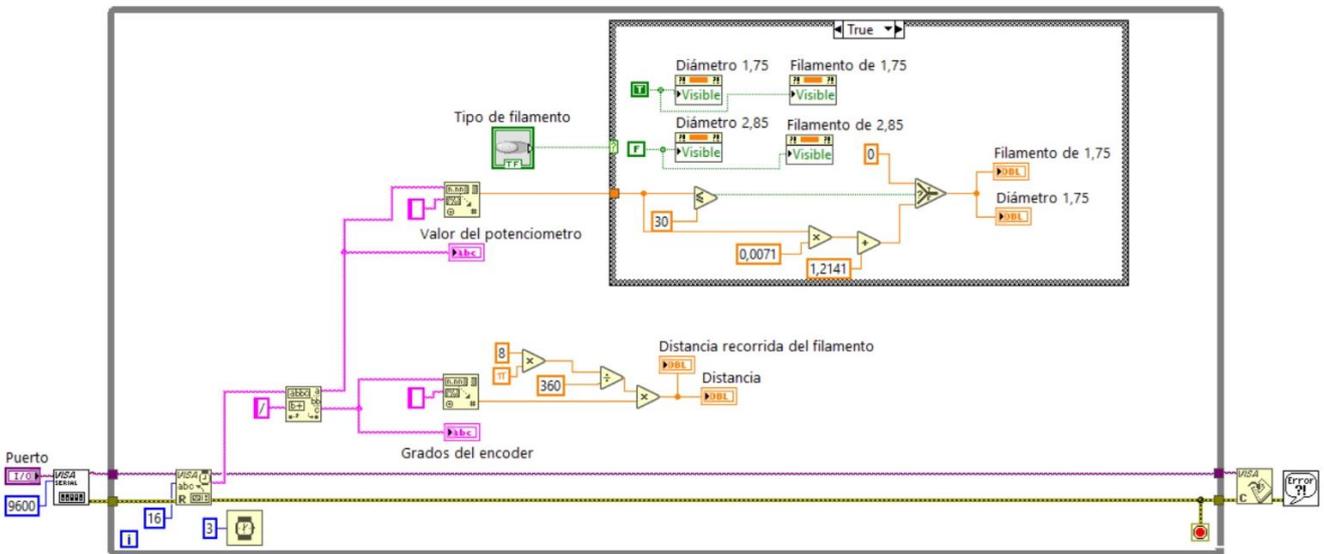


Imagen 33 Programación implementada en LabVIEW 2

Hay 3 puntos o características principales del código.

1. Transformar los grados del encoder a distancia

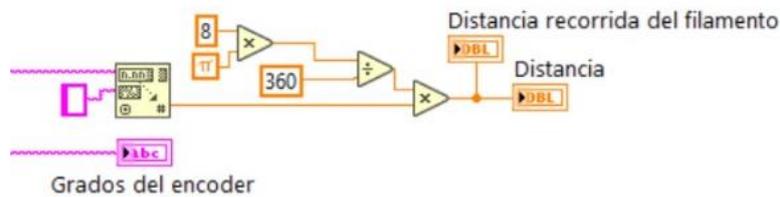


Imagen 34 Cálculo de la distancia

Conociendo el diámetro engranaje del encoder, 8 mm, se puede obtener la distancia a partir de los grados.

$$\text{perímetro engranaje} = \pi \cdot D = 8 \cdot \pi$$

$$\text{mm por grado} = \text{perímetro engranaje} / 360^\circ$$

$$\text{mm por grado} = \frac{8 \cdot \pi}{360^\circ} \approx 0.07 \frac{\text{mm}}{^\circ}$$

Por tanto, conociendo los milímetros por grado que da el engranaje y los grados del encoder, se puede obtener fácilmente la distancia del filamento:

$$\text{distancia} = \text{mm por grado} \cdot \text{grados}$$

$$\text{distancia} = 0.07 \frac{\text{mm}}{^\circ} \cdot \text{grados}$$

2. Elección del diámetro

Dependiendo del diámetro del filamento que se vaya a medir, se implementará un código u otro.

Si el “Bolean Slide Switch” proporciona un “True”, se ejecutará la siguiente parte de código, correspondiendo a los filamentos de 1.75 mm de diámetro.

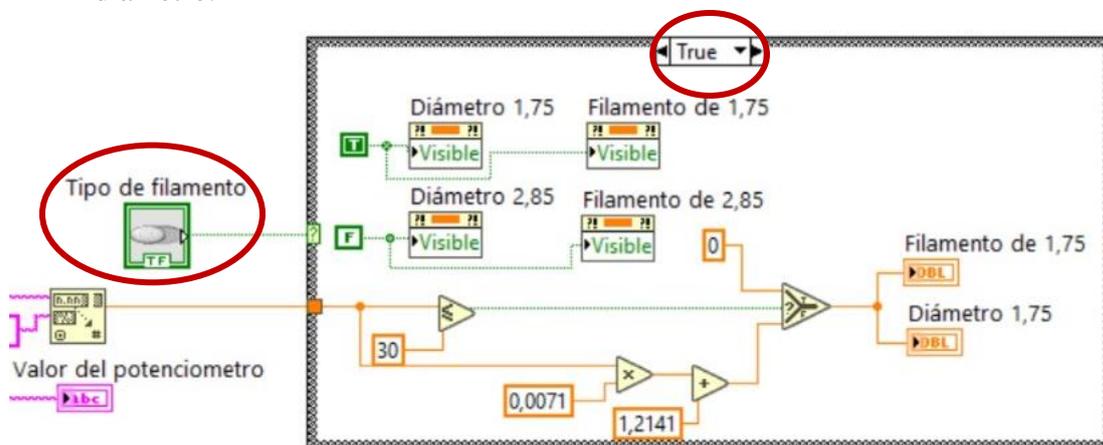


Imagen 35 Diametro de 1.75 mm

Y si el “Boolean Slide Switch” manda un “False”, se ejecutará la parte correspondiente a los filamentos de 2.85 mm.



Imagen 36 Diámetro de 2.85 mm

### 3. Ecuación de la recta del potenciómetro

De igual forma sucede con la ecuación de la recta del potenciómetro, dependiendo del filamento introducido, se empleará un código u otro.

Tomando valores de diferentes medidas del CAD proporcionado por el potenciómetro y del diámetro para un filamento de 1.75, se obtiene la siguiente gráfica.

| CAD | Diámetro |
|-----|----------|
| 37  | 1.48     |
| 55  | 1.6      |
| 75  | 1.75     |

Tabla 1 Valores de CAD y diámetro del filamento

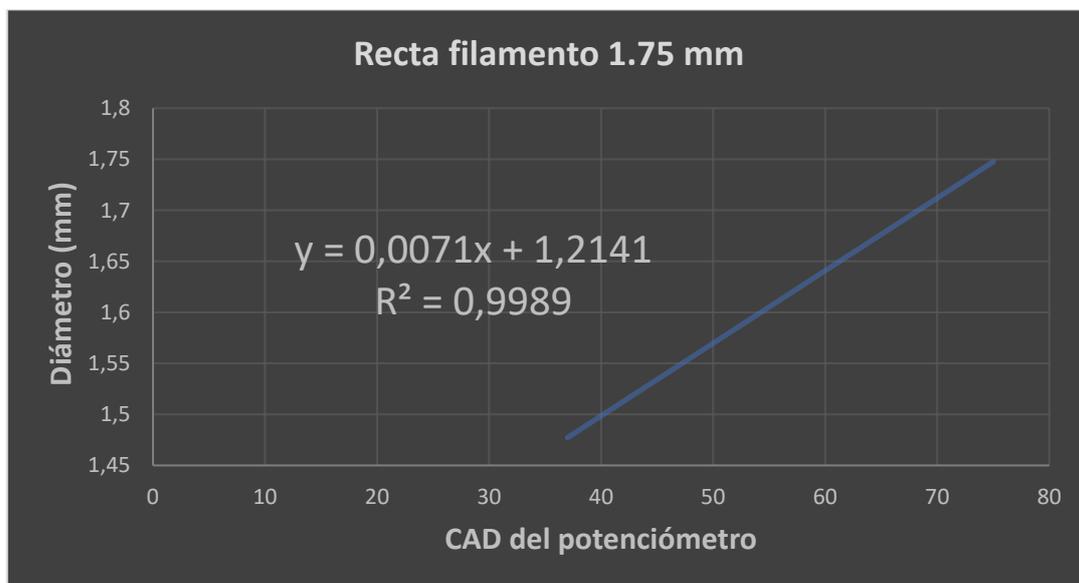


Imagen 37 Representación gráfica de la recta para diametros de 1.75 mm

$$\text{Ecuación de la recta} = 0.0071 \cdot x + 1.2141$$

Destacar que se obtiene un valor de R cuadrado de 0.9989, muy próximo a 1, por tanto, podemos asegurar una ecuación de la recta bastante precisa.

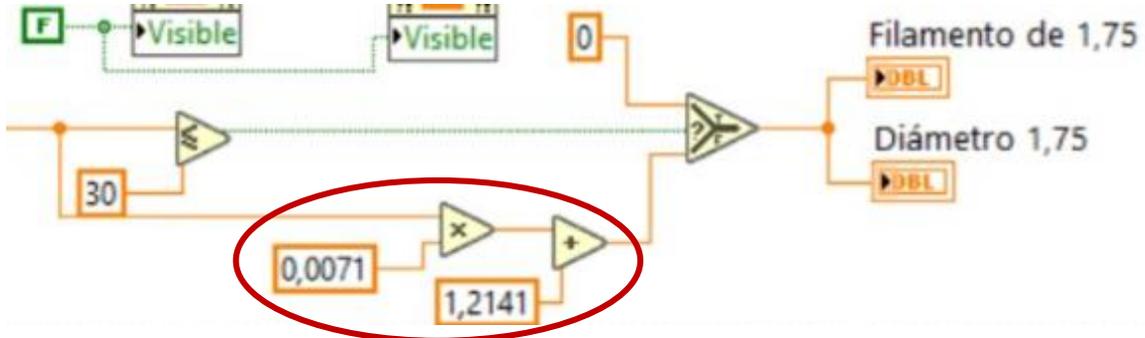


Imagen 38 Implementación de la ecuación de la recta en LabVIEW

Para los filamentos de 2.85 mm, se realiza el mismo procedimiento.

| CAD | Diámetro |
|-----|----------|
| 243 | 2.85     |
| 197 | 2.5      |
| 75  | 1.75     |

Tabla 2 Valores de CAD y diámetro del filamento

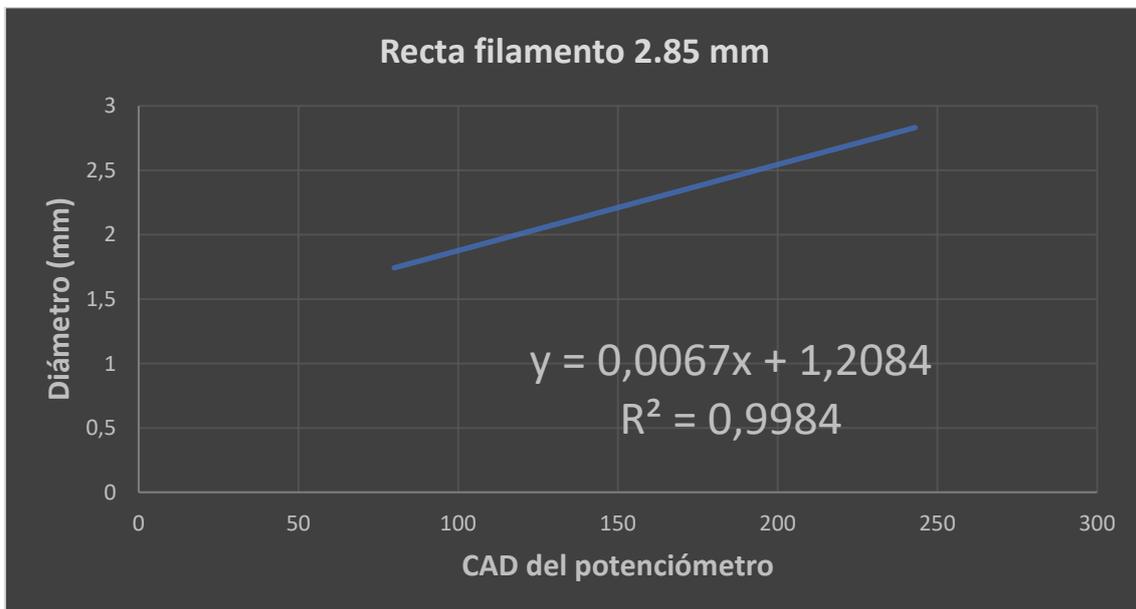


Imagen 39 Representación gráfica para diámetros de 2.85 mm

$$\text{Ecuación de la recta} = 0.0067 \cdot x + 1.2084$$

Obtenemos también, una R cuadrado de 0.9984, valor más que valido.

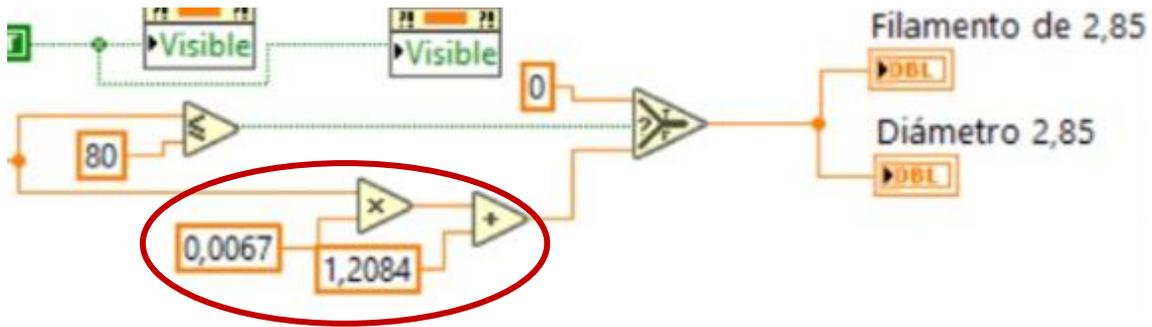


Imagen 40 Implementación de la ecuación de la recta en LabVIEW

## 1.5. BIBLIOGRAFÍA

### Arduino

José Guerra Carmenate, (2020). Arduino Mega el hermano mayor de Arduino Uno. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>

Valencia, junio de 2022

Redactor:

Carlos Sánchez Jiménez



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

ANEJO N.º 2: DATASHEET

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>2. DATASHEET.....</b>           | <b>43</b> |
| <b>2.1. Arduino Mega 2560.....</b> | <b>43</b> |
| <b>2.2. Sensores.....</b>          | <b>43</b> |

## 2. DATASHEET

En el presente anejo se van a incluir todos los datasheet de todos los componentes empleados.

### 2.1. Arduino Mega 2560

- ATmega2560:  
<https://drive.google.com/file/d/1uKEY5DQSI1kK2XUs6n5sz74H66sbiYa0/view?usp=sharing>
- Esquema Arduino Mega:  
<https://drive.google.com/file/d/1012gSZ0xAQCB6frMELDuUvpjwPsnIG06/view?usp=sharing>

### 2.2. Sensores

- 3046 linear Motion Potentiometer:  
[https://drive.google.com/file/d/1VuPKyupj2IZtOQK40KyqPwC2rj\\_xAdJK/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1VuPKyupj2IZtOQK40KyqPwC2rj_xAdJK/view?usp=sharing)
- Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R, eje de 6 mm:  
No se ha podido encontrar el datasheet del encoder empleado, no obstante, se tomará de referencia el encoder incremental E6B2-C.  
<https://drive.google.com/file/d/1xVIF61VzR4ghuxyEE2Vh7eqMKbu9kB2u/view?usp=sharing>

Valencia, junio de 2022

Redactor:

|                        |
|------------------------|
| Carlos Sánchez Jiménez |
|------------------------|



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

Anejo N.º 3: PLAN DE MANTENIMIENTO

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

### 3. PLAN DE MANTENIMIENTO

Antes de adentrarnos en el proceso de mantenimiento es necesario conocer aquellas características y propiedades del dispositivo que son relevantes para llevar a cabo las diferentes tareas de revisión y mantenimiento.

El producto cuenta con una estructura bien diferenciada lo cual nos permite llevar a cabo un análisis del producto por partes una vez ya se ha comprobado el funcionamiento en conjunto. Este enfoque modular mejora en gran medida la fiabilidad del producto al garantizar el correcto funcionamiento de los distintos subsistemas del dispositivo una vez realizado el mantenimiento.

Por un lado, nos encontramos con un HMI (human machine interface), en este caso se relacionado directamente con la interfaz de LabVIEW. En este se deberá de comprobar el correcto funcionamiento del software de la GUI (que no hayan surgido errores, verificar una correcta velocidad de transmisión de datos, etc.).

Por otro lado, encontramos el microcontrolador. Se deberán de llevar a cabo diferentes pruebas de rendimiento para analizar la capacidad y la velocidad de procesado, así como la robustez y repetibilidad del dispositivo. A su vez, la placa Arduino es la encargada de recibir la información de los diferentes sensores y transmitirla a LabVIEW. Por lo tanto, se deberá de examinar el cableado de los sensores con la placa y el correcto funcionamiento de la transmisión de los datos.

Para los sensores se deberá de llevar a cabo un examen y análisis de su exactitud y precisión ya que de ellos depende la medición de los diferentes parámetros que afectan a la impresión. Se deberá asegurar de que el estado físico de los sensores no se ha visto dañado por el uso, por lo tanto, se deberá de revisar también los revestimientos y las conexiones.

Por último, se revisará el estado de la estructura general del dispositivo, soportes, carcasas, las conexiones y el cableado y la correcta calibración producto para poder asegurar su correcta utilización.

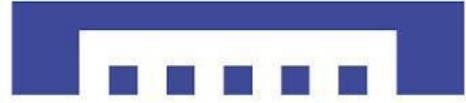
Valencia, junio de 2022

Redactor:

|                        |
|------------------------|
| Carlos Sánchez Jiménez |
|------------------------|



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

Anejo N.º 4: NORMATIVA

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

## 4. NORMATIVA

Durante todo el proceso de fabricación y diseño del dispositivo, se ha tenido en cuenta la normativa sobre la fabricación aditiva, concretamente la normativa UNE-EN ISO 17296:2017 partes 2, 3 y 4.

- Parte 2:  
<https://drive.google.com/file/d/1gNV1sFM5DeYqLSF4suRkvINQn2Fr7aGK/view?usp=sharing>
  
- Parte 3:  
<https://drive.google.com/file/d/1RDT1SbJ7aMirdI6l01hEceA-YpGTvPe4/view?usp=sharing>  
Resaltando el apartado, 5. Ensayos a las piezas y procesos.
  
- Parte 4:  
[https://drive.google.com/file/d/1wvl20peHK37iucGO1mHu4THR\\_Kban8aC/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1wvl20peHK37iucGO1mHu4THR_Kban8aC/view?usp=sharing)

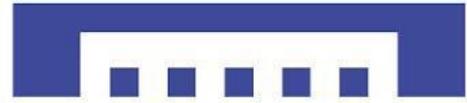
Valencia, junio de 2022

Redactor:

|                        |
|------------------------|
| Carlos Sánchez Jiménez |
|------------------------|



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

DOCUMENTO N.º 2: PLANOS

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

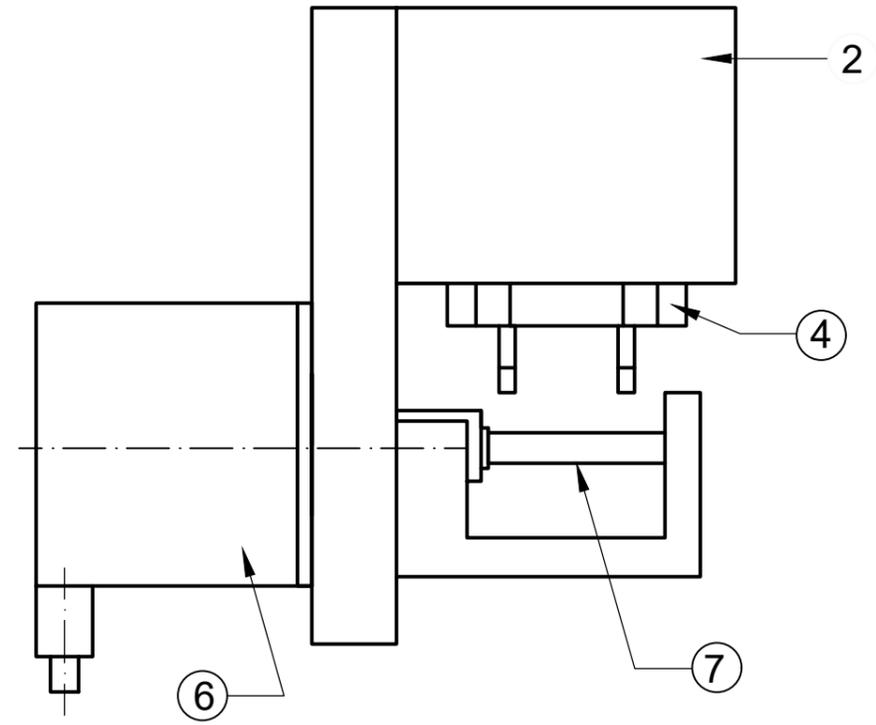
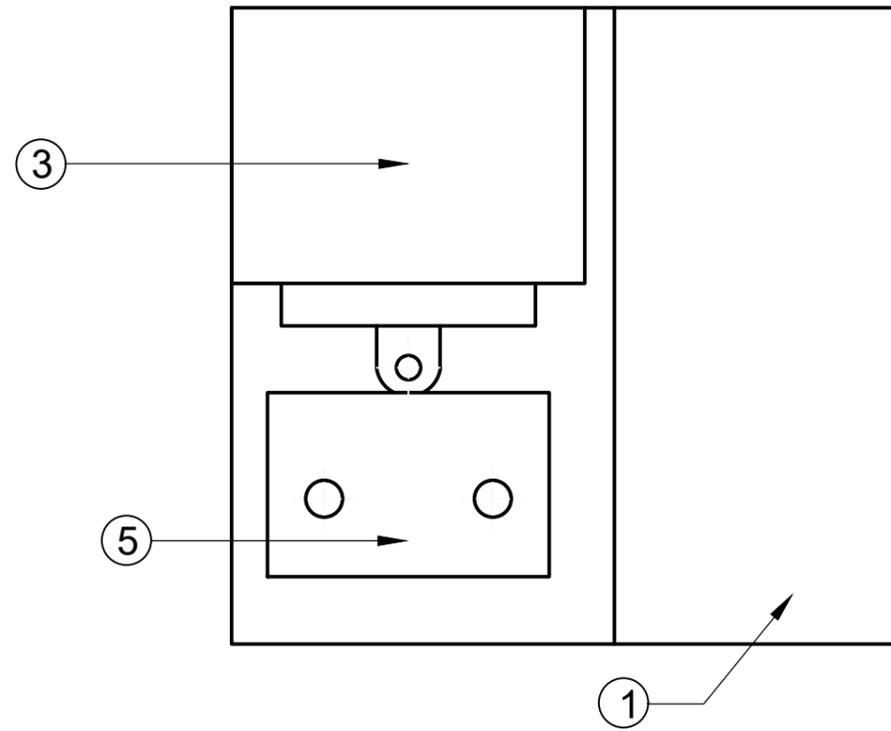
Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2. PLANOS</b> .....                                  | <b>50</b> |
| <b>2.1. PLANO DE CONJUNTO</b> .....                     | <b>50</b> |
| <b>2.2. PLANO DE SENSORES</b> .....                     | <b>51</b> |
| <b>2.2.1. Potenciómetro</b> .....                       | <b>51</b> |
| <b>2.2.2. Encoder</b> .....                             | <b>52</b> |
| <b>2.3. PLANOS DE CARCASAS Y ACOPLS</b> .....           | <b>53</b> |
| <b>2.3.1. Plano de la pared de soporte</b> .....        | <b>53</b> |
| <b>2.3.2. Plano de acople del potenciómetro</b> .....   | <b>54</b> |
| <b>2.3.3. Plano de acople del eje del encoder</b> ..... | <b>55</b> |
| <b>2.3.4. Plano recipiente potenciómetro</b> .....      | <b>56</b> |
| <b>2.3.5. Plano guía del eje del encoder</b> .....      | <b>57</b> |



|     |                                       |          |
|-----|---------------------------------------|----------|
| 7   | Acople eje del encoder                | PLA      |
| 6   | Encoder                               | PLA      |
| 5   | Guía eje del encoder                  | PLA      |
| 4   | Acople potenciómetro                  | PLA      |
| 3   | Potenciómetro, dentro del dispositivo | PLA      |
| 2   | Recipiente potenciómetro              | PLA      |
| 1   | Pared de soporte                      | PLA      |
| N.º | Descripción                           | Material |

PROYECTO: Dispositivo cuantificador de diámetros para filamentos cerámicos para impresión 3D  
 TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Fecha: 00/00/000

Escala:

1:1

AUTOR:

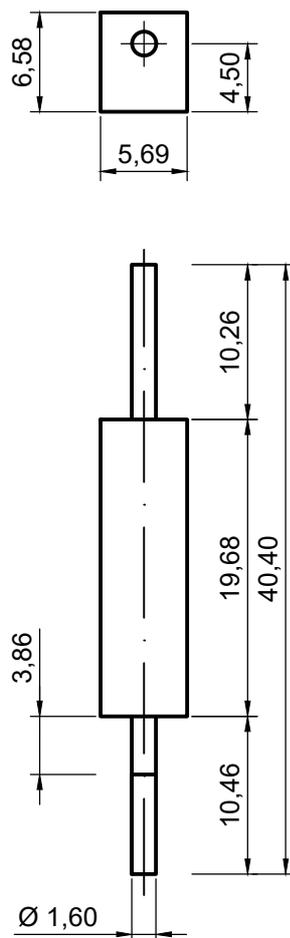
PLANO:

Plano de conjunto

I.T.I. colegiado nº

Plano N°

2.1.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de  
diámetros para filamentos cerámicos para  
impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Escola Tècnica Superior de Enginyeria del Disseny

Fecha: 01/07/2022

Escala:

2:1

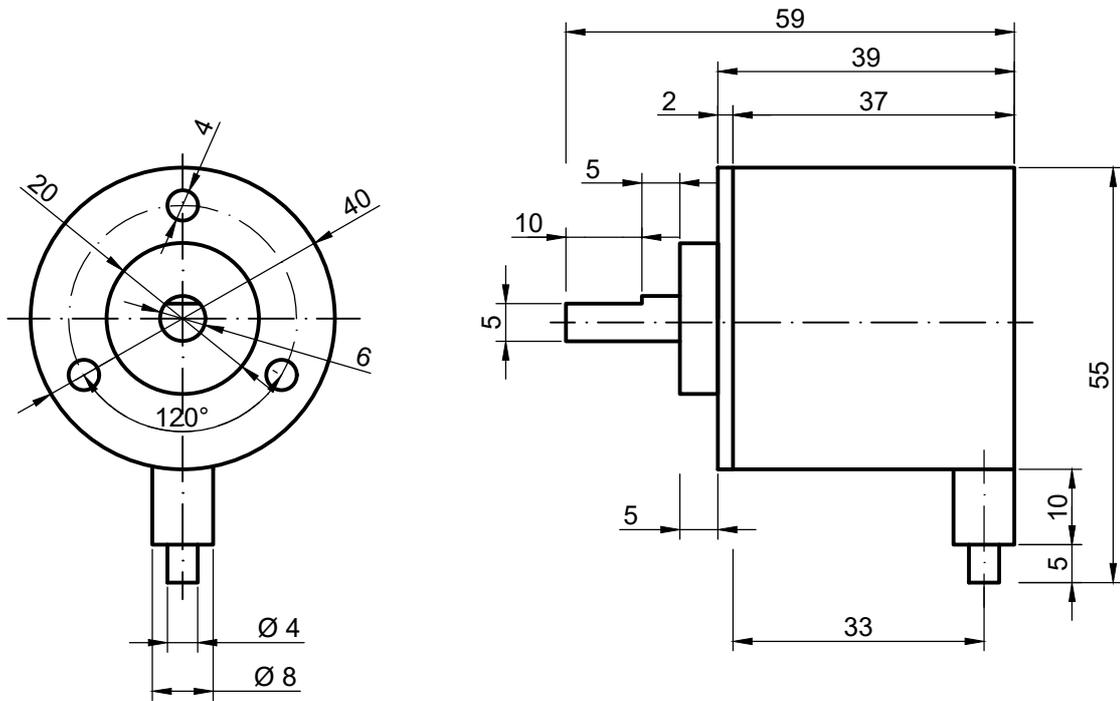
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Potenciómetro

Plano Nº

2.2.1.



ESTE PLANO NO PRESUPONE TIPO

PROYECTO: Dispositivo cuantificador de  
diámetros para filamentos cerámicos para  
impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Fecha: 01/07/2022

Escala:

1:1

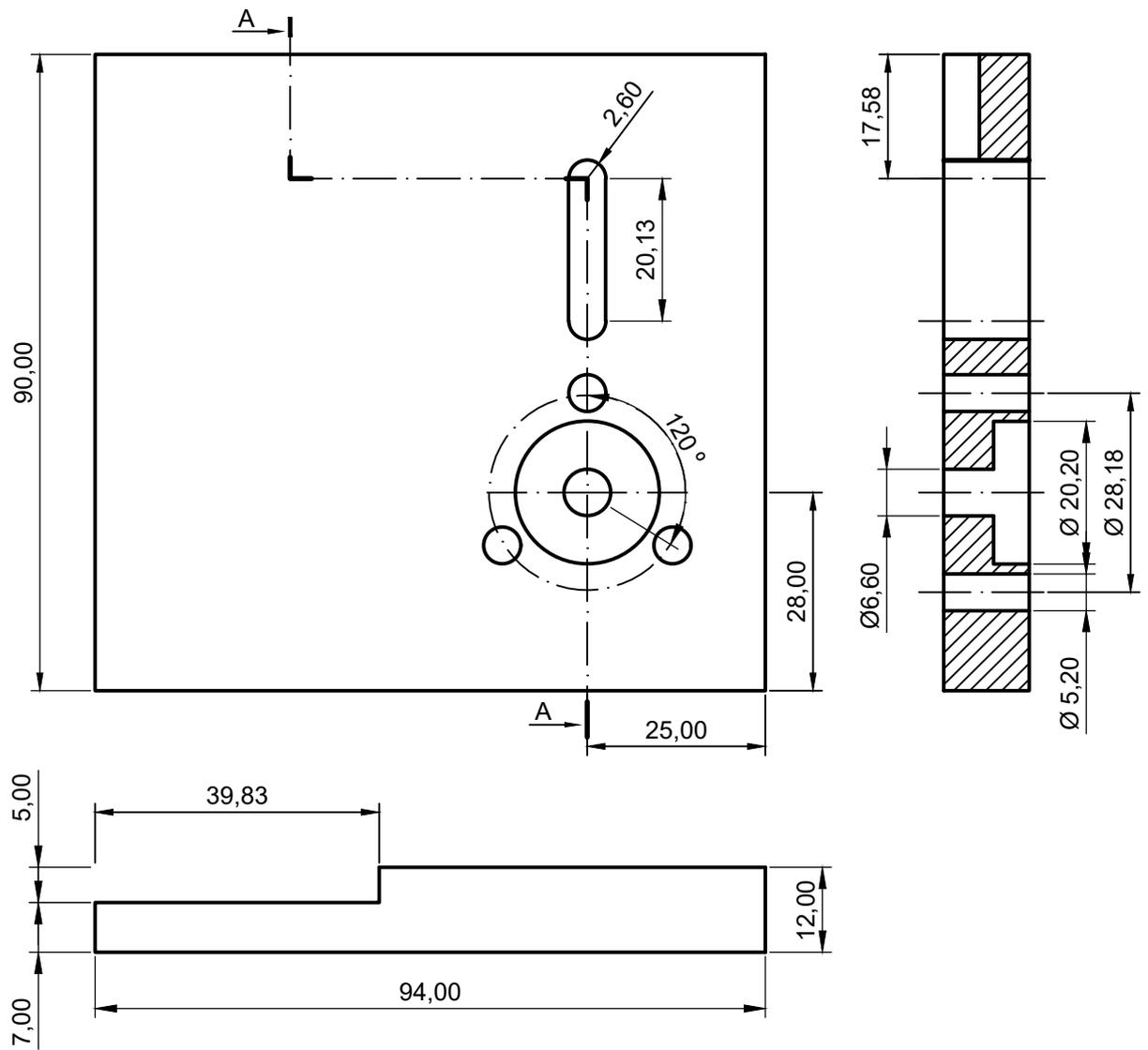
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Encoder

Plano N°

2.2.2.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de diámetros para filamentos cerámicos para impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Fecha: 01/07/2022

Escala:

1:1

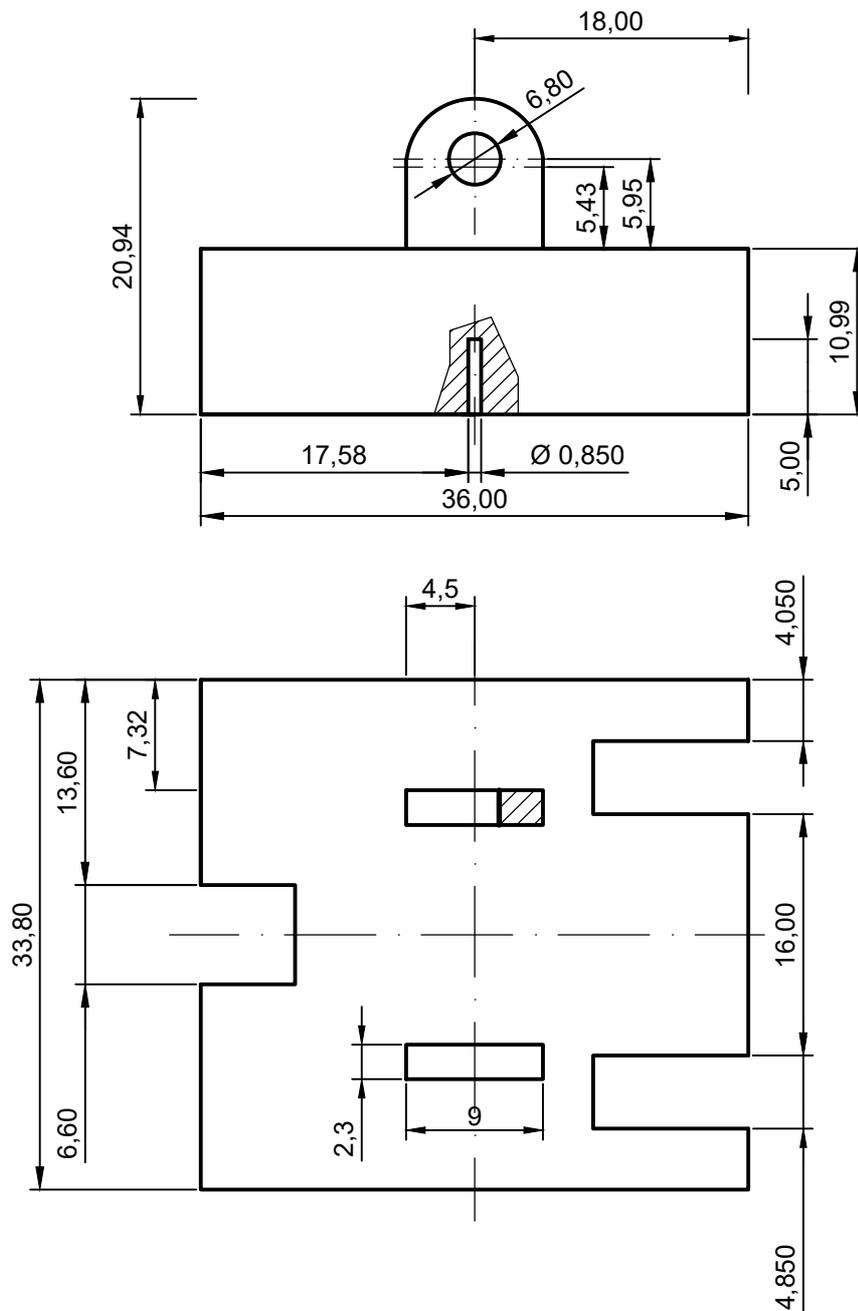
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Pared de soporte

Plano Nº

2.3.1.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de diámetros para filamentos cerámicos para impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Fecha: 01/07/2022

Escala:

2:1

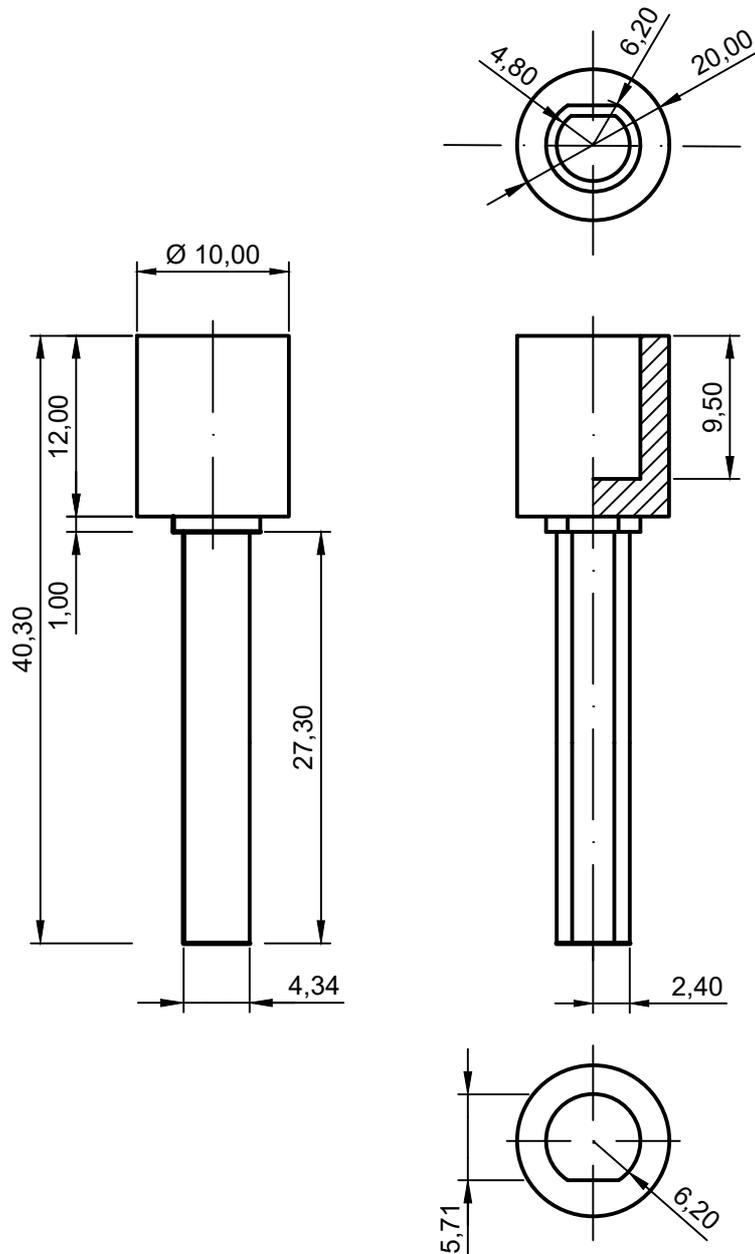
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Acople potenciómetro

Plano N°

2.3.2.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de  
diámetros para filamentos cerámicos para  
impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Escola Tècnica Superior de Ingenieria del Disseny

Fecha: 01/07/2022

Escala:

2:1

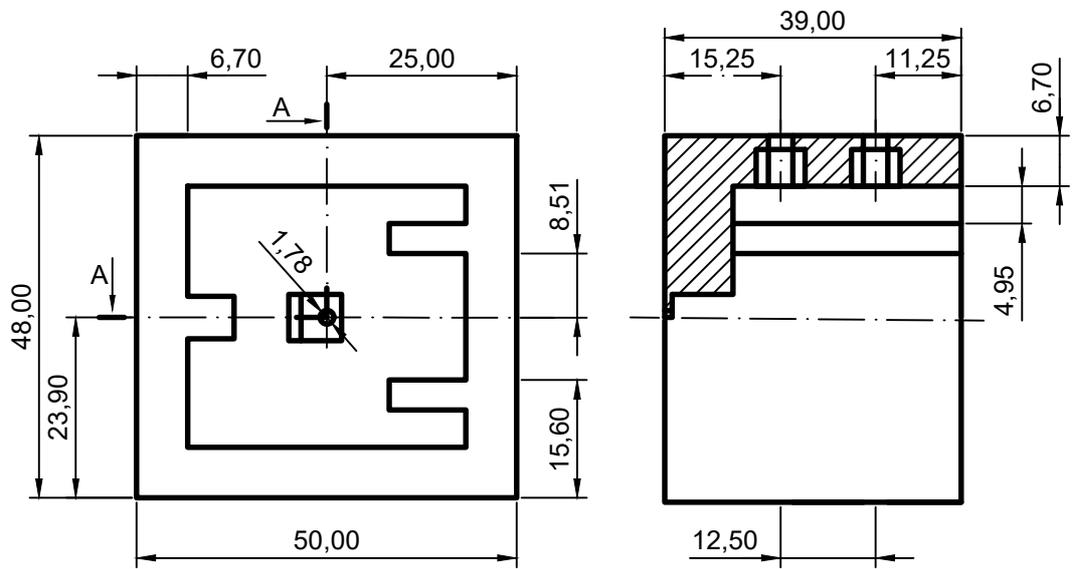
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Acople encoder

Plano N°

2.3.3.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de diámetros para filamentos cerámicos para impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Fecha: 01/07/2022

Escala:

1:1

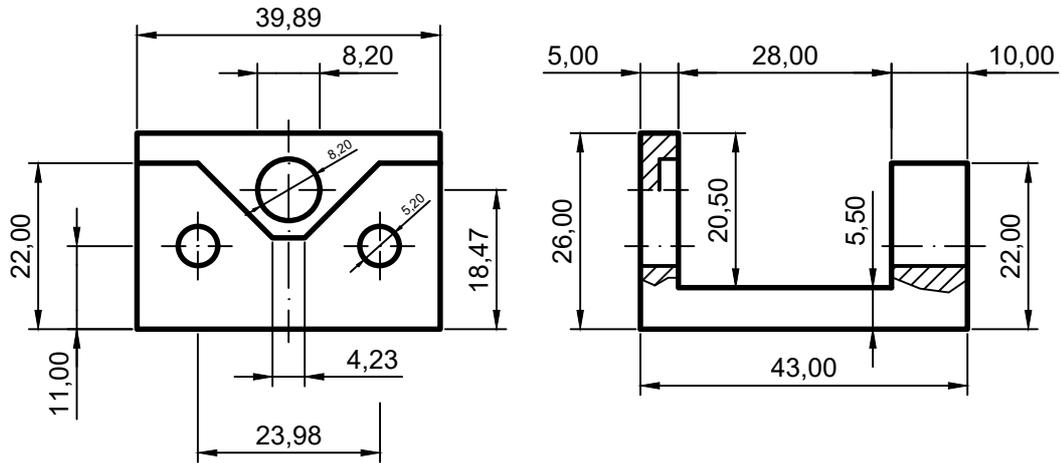
AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

Plano recipiente

Plano N°

2.3.4.



PROYECTO: Dispositivo cuantificador de diámetros para filamentos cerámicos para impresión 3D

TITULAR: Carlos Sánchez Jiménez



Escola Tècnica Superior de Ingenieria del Disseny

Fecha: 01/07/2022

Escala:

1:1

AUTOR:  
Carlos Sánchez Jiménez

PLANO:

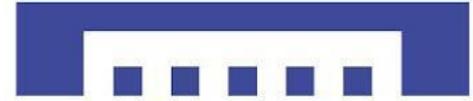
Plano guía eje encoder

Plano Nº

2.3.5.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

DOCUMENTO N.º 3: PLIEGO DE CONDICIONES

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>   | <b>60</b> |
| <b>3.1. OBJETO .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>3.1.1. Condiciones generales .....</b>  | <b>60</b> |
| <b>3.1.1.1. Vigencia .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>3.1.1.2. Modificaciones .....</b>   | <b>60</b> |
| <b>3.2. MATERIALES.....</b>  | <b>61</b> |
| <b>3.2.1. Carcasas y soportes .....</b>  | <b>61</b> |
| <b>3.2.2. Engranajes DriveGear .....</b>   | <b>61</b> |
| <b>3.2.3. Sensores .....</b>   | <b>62</b> |
| <b>3.2.3.1. Potenciómetro .....</b>  | <b>62</b> |
| <b>3.2.3.2. Encoder.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>3.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN.....</b>  | <b>63</b> |
| <b>3.3.1. Condiciones exigibles a los suministros energéticos requeridos .....</b> | <b>63</b> |
| <b>3.4. PRUEBA DE SERVICIO.....</b>  | <b>63</b> |
| <b>3.5. CERTIFICACIONES.....</b>   | <b>64</b> |
| <b>3.5.1. Marcado CE.....</b>  | <b>64</b> |
| <b>3.5.2. Ecodiseño .....</b>  | <b>64</b> |
| <b>3.5.3. Registro reglamentario .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>3.6. MANUAL DE MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN .....</b>                            | <b>65</b> |

## 3. PLIEGO DE CONDICIONES

### 3.1. OBJETO

Para este trabajo de fin de grado se va a realizar el diseño, desarrollo y montaje de un dispositivo capaz de medir y monitorizar el diámetro y desplazamiento de un filamento cerámico destinado a la impresión 3D, ofreciendo al usuario en todo momento la información sobre el filamento.

Dicho dispositivo contará con varios sensores, un encoder y un potenciómetro, así como de diversas carcasas y soportes.

Además, la interfaz será fácilmente manipulable y comprensible por cualquier persona con conocimientos básicos en control de sistemas en tiempo real, para ofrecer así una experiencia práctica y eficaz.

Se diseñará un dispositivo pensado para la medición de filamentos cerámicos, pero con la capacidad de adaptarse, si fuera necesario, a otros tipos de filamentos y materiales, mediante la modificación tanto del diseño como de la programación.

#### 3.1.1. Condiciones generales

Este proyecto tiene carácter de obligado cumplimiento una vez sellado y legalizado, debiendo ser objeto de aprobación previa todas aquellas modificaciones al mismo durante su ejecución.

##### 3.1.1.1. Vigencia

Este Pliego de Condiciones, con todos sus articulados, estará en vigor durante la fabricación y hasta su completa finalización. Frente a posibles discrepancias, el orden de prioridad de los documentos básicos del Proyecto será el siguiente:

- 1).- Planos.
- 2).- Pliego de Condiciones.
- 3).- Presupuesto.
- 4).- Memoria.

##### 3.1.1.2. Modificaciones

Durante la fabricación del dispositivo, se podrán realizar todas las modificaciones que se estimen oportunas para la mejora o ajuste del producto,

siempre que las mismas no modifiquen el funcionamiento básico del dispositivo o lo alteren por completo.

## 3.2. MATERIALES

### 3.2.1. Carcasas y soportes

Se emplearán diversas carcasas/paredes y soportes que serán los encargados de darle forma y robustez al dispositivo.

El material de impresión será PLA, ya que ofrece altas resistencias frente a la humedad y la grasa, presenta un nivel bajo de inflamabilidad, es un material flexible, se puede agrupar fácilmente con otros materiales y dependiendo del proceso de fabricación puede presentar ciertas características mecánicas favorables para la impresión 3D.

Destacar que se podrá emplear cualquier tipo de filamento apto para la impresión 3D y cualquier técnica de impresión 3D, como impresión por láser o por resina, no obstante, estos procesos son demasiados costosos y lentos en comparación a la impresión 3D mediante filamentos.

### 3.2.2. Engranajes DriveGear

A parte de los sensores, carcasas y soportes se va a emplear engranajes DriveGear para permitir que el filamento se desplace.

Estos engranajes están fabricados en acero endurecido y mecanizados con CNC, ofreciendo una resistencia y una presión extremadamente altas.

Los engranajes constan de un accionamiento primario con tornillo de bloqueo M4 y están montados en un eje de 5/8 mm con un lado plano.

El conjunto de engranajes estará formado por un engranaje de transmisión primario, un engranaje de transmisión secundario, un eje y rodamientos para eliminar toda la fricción en el acople del engranaje con el eje.



Imagen 41 Engranajes DriveGear

### 3.2.3. Sensores

Tal y como se nombre en el documento N.º 1: MEMORIA, el dispositivo estará formado por dos sensores analógicos.

#### 3.2.3.1. Potenciómetro

El potenciómetro será el 3046 linear Motion Potentiometer. Con un valor de resistencia de 1 k  $\Omega$ .

Presentará una vida útil de 500.000 ciclos, siendo fácilmente intercambiable en el momento que se requiera.

Este potenciómetro no presenta casi oposición al desplazamiento de la varilla por lo que detectará sin problemas las variaciones en el filamento. Hay que destacar el uso de un muelle para conseguir el retorno del potenciómetro una vez se ha realizado la medida.

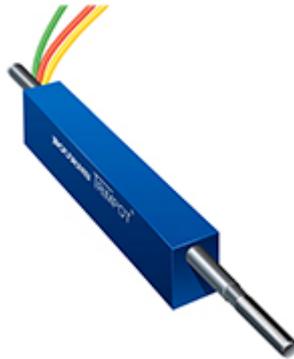


Imagen 42 Potenciómetro

#### 3.2.3.2. Encoder

El encoder o codificador fotoeléctrico de rotación incremental empleado es el encoder Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R, eje de 6 mm (DC5-24Vdc)

Se trata de un encoder que proporciona 600 pulsos por revolución, una velocidad máxima de 5000 rpm y una frecuencia de respuesta de extremadamente alta.



Imagen 43 Encoder

### 3.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN

Dado que todo el dispositivo esta alimentado a través de la placa Arduino Mega, el sistema, la impresora, no va a tener que afrontar ninguna carga energética ya que simplemente con la conexión del ordenador al microcontrolador es suficiente.

Por otro lado, sí que se deberán realizar diversos ajustes mecánicos a la hora de acoplar el dispositivo a la impresora. No obstante, en el diseño de la pared de soporte, plano N.º 4, se ha habilitado suficiente superficie para que la instalación en la impresora no suponga modificar el diseño, simplemente haría falta realizar los orificios necesarios.

#### 3.3.1. Condiciones exigibles a los suministros energéticos requeridos

Todos los componentes y subsistemas trabajan con un suministro energético despreciable. Ya que solamente con la alimentación propia del microcontrolador, Arduino Mega, basta para alimentar todo el dispositivo.

### 3.4. PRUEBA DE SERVICIO

La prueba de servicio constará de dos partes. En la primera de ellas, se introducirá un filamento del cual se conozca su diámetro y no presente variaciones, para corroborar el buen funcionamiento del dispositivo y la buena calibración inicial del potenciómetro. Además de comprobar que el código ejecutado coincide con el diámetro introducido, es decir, si se introduce un filamento de 1.75 mm, se debe ejecutar la parte de código correspondiente a ese diámetro.

Y la segunda parte, una vez comprobado la calibración inicial del potenciómetro, se introducirá un filamento que presente diversas variaciones de diámetro con el fin de

observar si esas variaciones se cuantifican correctamente. Realizando así, la segunda y última calibración necesaria.

## 3.5. CERTIFICACIONES

### 3.5.1. Mercado CE

Mercado CE de cada uno de los componentes aprobado. Cada uno de los materiales usados contarán con este certificado previo a su compra, estará demandado por el suministrador y otorgado por las entidades pertinentes. Y estará aplicado en el momento que se ponga en el mercado.

Presentará dos directivas de obligada aplicación:

- Compatibilidad Electromagnética (EMC):  
<https://drive.google.com/file/d/1BL7TmEUOxnrUyVJeEZOr4DDzhDf7C6bb/view?usp=sharing>
- Restricción uso de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrodomésticos (ROHS):  
<https://drive.google.com/file/d/1X89W-qS3-IbEXLhxg8WvPKCcN0GJJces/view?usp=sharing>

### 3.5.2. Ecodiseño

Todos los diseños se han fabricado mediante impresión 3D empleando filamento de PLA. El filamento de PLA o ácido poliláctico, es un termoplástico fabricado a partir de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. A diferencia de otros materiales de la industria destinados a la impresión que provienen de derivados del petróleo.

Por tanto, se cumplen los objetivos N.º 12 y 13 de desarrollo sostenible ya que se emplean materiales de origen natural, reutilizados y no se emplean componentes dañinos para el planeta durante su fabricación.

### 3.5.3. Registro reglamentario

Se registrarán todas las actividades, montajes, pruebas y condiciones necesarias de forma escrita, física, mediante planos y scripts de acuerdo con la norma ISO9000:2005.

## 3.6. MANUAL DE MANTENIMIENTO E INSTALACIÓN

Ampliando lo expuesto en el anejo N.º 3: PLAN DE MANTENIMIENTO, se considerará vital para el mantenimiento del dispositivo realizar varias comprobaciones antes y después de su funcionamiento.

Cada 10 mediciones (se considera una medición cuando se termina todo el filamento y el potenciómetro regresa a su estado de reposo) es recomendable volver a comprobar la calibración del dispositivo, así como revisar que todas las piezas y soportes continúan bien ajustadas. Considerar desmontar los engranajes DriveGear cada cierto tiempo y limpiarlos con el fin de evitar acumulaciones de material en sus dientes.

Así como se ha nombrado en el apartado 3.3 CONDICIONES DE EJECUCIÓN, para instalar el dispositivo en la impresora no se necesita nada más que realizar los orificios donde se considere pertinente en la parte de la pared de soporte destinada para ello. Hay que destacar que, si en algún momento se desea implementar algún sensor actuador adicional, es posible que conlleve la modificación tanto de la programación como del diseño de la estructura.

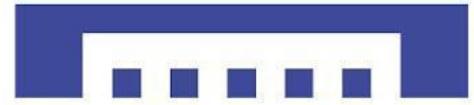
Valencia, junio de 2022

Redactor:

|                        |
|------------------------|
| Carlos Sánchez Jiménez |
|------------------------|



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# Diseño y construcción de un dispositivo cuantificador de diámetros de filamentos cerámicos para impresión 3D

DOCUMENTO N.º 4: PRESUPUESTO

AUTOR/A: Sánchez Jiménez, Carlos

Tutor/a: Adán Roca, Vicente

Cotutor/a externo: MARTÍNEZ SIMÓN, DANIEL

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4. PRESUPUESTO .....</b>                                    | <b>68</b> |
| <b>4.1. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES .....</b>                | <b>68</b> |
| <b>4.2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTO .....</b>               | <b>68</b> |
| <b>4.2.1. Subsistema de control .....</b>                      | <b>68</b> |
| <b>4.2.2. Subsistema de sensores .....</b>                     | <b>69</b> |
| <b>4.2.3. Subsistema de interfaz, diseño e impresión .....</b> | <b>69</b> |
| <b>4.3. MEDICIONES .....</b>                                   | <b>69</b> |
| <b>4.4. PRESUPUESTO .....</b>                                  | <b>70</b> |
| <b>4.5. RESUMEN PRESUPUESTO .....</b>                          | <b>70</b> |

## 4. PRESUPUESTO

### 4.1. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES

| 4.1. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES  |        |   |            |
|-------------------------------------|--------|---|------------|
| Ref.                                | Unidad | Descripción   | Precio (€) |
| <b>Materiales</b>                   |        |   |            |
| m1                                  | ud.    | Microcontrolador (Arduino Mega 2560)                              | 47,68      |
| m2                                  | ud.    | Potenciómetro (3046 linear Motion Potentiometer)                  | 19,12      |
| m3                                  | ud.    | Encoder (Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R) | 33,55      |
| m4                                  | ud.    | Cableado de conexión (20 cm)                                      | 0,12       |
| m5                                  | ud.    | Rodamientos (5 x 8 x 2.5 mm)                                      | 2,99       |
| m6                                  | ud.    | Engranajes DriveGear (eje 5 mm)                                   | 29,99      |
| m7                                  | ud.    | Tornillos Phillips(3 mm Ø x 40 mm)                                | 0,20       |
| m8                                  | ud.    | Tuercas hexagonal (3 mmØ)   | 0,10       |
| m9                                  | kg     | Filamento PLA (1 kg, 1,75 mm Ø)                                   | 19,95      |
| m10                                 | ud.    | Laca  | 1,50       |
| <b>M.O.D (Mano de obra directa)</b> |        |   |            |
| h1                                  |        | Técnico de impresión  | 12,50      |

Imagen 44 Cuadro de precios elementales

### 4.2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTO

#### 4.2.1. Subsistema de control

| 4.2. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS |        |   |              |          |               |
|--------------------------------------|--------|---|--------------|----------|---------------|
| Ref.                                 | Unidad | Descripción   | Precio (€/h) | Cantidad | Parcial (€)   |
| <b>Subsistema 1</b>                  | Ud.    | Subsistema de control formado por un microcontrolador (Arduino Mega 2560, el programa de LabVIEW y programación tanto del microcontrolador como de LabVIEW. |              |          |               |
| m1                                   | h.     | Programación del código del microcontrolador  | 12,00        | 3,50     | 42,00         |
| m2                                   | h.     | Programación del código de LabVIEW  | 16,00        | 6,00     | 96,00         |
| m3                                   | h.     | Prueba y verificación de la programación  | 10,00        | 1,00     | 10,00         |
| <b>M.O.D</b>                         |        |   |              |          |               |
| h1                                   | h.     | Técnico de impresión  | 12,50        | 11,00    | 137,50        |
| <b>Medios auxiliares</b>             |        |   |              |          |               |
|                                      | %      | M.A. sobre costes directos  | 7%           | 285,50   | 19,985        |
| <b>Precio de ejecución material</b>  |        |   |              |          | <b>305,49</b> |

Imagen 45 Cuadro de precios descompuestos Subsistema 1

## 4.2.2. Subsistema de sensores

| Ref.                     | Unidad | Descripción  | Precio (€/h) | Cantidad                            | Parcial (€)  |
|--------------------------|--------|--|--------------|-------------------------------------|--------------|
| <b>Subsistema 2</b>      | Ud.    | Subsistema de sensores formado por sensores analógicos. Potenciómetro (3046 linear Motion Potentiometer) y encoder (Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R, eje de 6 mm DC5-24Vdc). |              |                                     |              |
| m4                       | h.     | Instalación de los sensores  | 10,00        | 0,30                                | 3,00         |
| m5                       | h.     | Revisión de la correcta conexión de los sensores   | 10,00        | 0,30                                | 3,00         |
| <b>M.O.D</b>             |        |  |              |                                     |              |
| h1                       | h.     | Técnico de impresión   | 12,50        | 1,00                                | 12,50        |
| <b>Medios auxiliares</b> |        |  |              |                                     |              |
|                          | %      | M.A. sobre costes directos   | 7%           | 18,50                               | 1,30         |
|                          |        |  |              | <b>Precio de ejecución material</b> | <b>19,80</b> |

Imagen 46 Cuadro de precios descompuesto Subsistema 2

## 4.2.3. Subsistema de interfaz, diseño e impresión

| Ref.                     | Unidad | Descripción   | Precio (€/h) | Cantidad                            | Parcial (€)   |
|--------------------------|--------|---|--------------|-------------------------------------|---------------|
| <b>Subsistema 3</b>      | Ud.    | Subsistema de interfaz formado por la interfaz diseñada y configurada en LabVIEW. Diseño 3D e impresión de todas las carcasas y soportes que se emplean en la fabricación del dispositivo |              |                                     |               |
| m6                       | h.     | Diseño de la interfaz   | 12,50        | 2,00                                | 25,00         |
| m7                       | h.     | Revisión de la interfaz y su correcto funcionamiento  | 10,00        | 1,00                                | 10,00         |
| m8                       | h.     | Diseño 3D e impresión de las carcasas y soportes  | 13,00        | 17,00                               | 221,00        |
| <b>M.O.D</b>             |        |   |              |                                     |               |
| h1                       | h.     | Técnico de impresión  | 12,50        | 5,00                                | 62,50         |
| <b>Medios auxiliares</b> |        |   |              |                                     |               |
|                          | %      | M.A. sobre costes directos  | 7%           | 318,50                              | 22,295        |
|                          |        |   |              | <b>Precio de ejecución material</b> | <b>340,80</b> |

Imagen 47 Cuadro de precios descompuestos Subsistema 3

## 4.3. MEDICIONES

| 4.3. MEDICIONES |        |   |          |  |
|-----------------|--------|---|----------|--|
| Ref.            | Unidad | Descripción   | Cantidad |  |
| m1              | ud.    | Microcontrolador (Arduino Mega 2560)                              | 1        |  |
| m2              | ud.    | Potenciómetro (3046 linear Motion Potentiometer)                  | 1        |  |
| m3              | ud.    | Encoder (Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R) | 1        |  |
| m4              | ud.    | Cableado de conexión (20 cm)                                      | 20       |  |
| m5              | ud.    | Rodamientos (5 x 8 x 2.5 mm)                                      | 5        |  |
| m6              | ud.    | Engranejes DriveGear (eje 5 mm)                                   | 2        |  |
| m7              | ud.    | Tornillos Phillips(3 mm Ø x 40 mm)                                | 10       |  |
| m8              | ud.    | Tuercas hexagonal (3 mmØ)   | 10       |  |
| m9              | kg     | Filamento PLA (1 kg, 1,75 mm Ø)                                   | 1        |  |
| m10             | ud.    | Laca  | 1        |  |

Imagen 48 Mediciones

## 4.4. PRESUPUESTO

| 4.4. PRESUPUESTO |        |   |                  |          |               |
|------------------|--------|---|------------------|----------|---------------|
| Ref.             | Unidad | Descripción   | Precio (€ / ud.) | Cantidad | Total (€)     |
| m1               | ud.    | Microcontrolador (Arduino Mega 2560)                              | 47,68            | 1        | 47,68         |
| m2               | ud.    | Potenciómetro (3046 linear Motion Potentiometer)                  | 19,12            | 1        | 19,12         |
| m3               | ud.    | Encoder (Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R) | 33,55            | 1        | 33,55         |
| m4               | ud.    | Cableado de conexión (20 cm)                                      | 0,12             | 20       | 2,40          |
| m5               | ud.    | Rodamientos (5 x 8 x 2.5 mm)                                      | 2,99             | 5        | 14,95         |
| m6               | ud.    | Engranejes DriveGear (eje 5 mm)                                   | 29,99            | 2        | 59,98         |
| m7               | ud.    | Tornillos Phillips(3 mm Ø x 40 mm)                                | 0,20             | 10       | 2,00          |
| m8               | ud.    | Tuercas hexagonal (3 mm Ø)  | 0,10             | 10       | 1,00          |
| m9               | kg     | Filamento PLA (1 kg, 1,75 mm Ø)                                   | 19,95            | 1        | 19,95         |
| m10              | ud.    | Laca  | 1,50             | 1        | 1,50          |
| <b>Total</b>     |        |   |                  |          | <b>202,13</b> |

Imagen 49 Presupuesto

El precio de todos los materiales y elementos del producto es de doscientos dos euros con trece céntimos.

## 4.5. RESUMEN PRESUPUESTO

| 4.5. RESUMEN PRESUPUESTO                |        |  |            |          |               |
|---|--------|--|------------|----------|---------------|
| Capítulo                                | Unidad | Valoración   | Precio (€) | Cantidad | Parcial       |
| Subsistema 1                            | Ud.    | Subsistema de control formado por un microcontrolador (Arduino Mega 2560, el programa de LabVIEW y programación tanto del microcontrolador como de LabVIEW.  | 305,49     | 1        | 305,49        |
| Subsistema 2                            | Ud.    | Subsistema de sensores formado por sensores analógicos. Potenciómetro (3046 linear Motion Potentiometer) y encoder (Codificador rotatorio incremental AB bifásico, 600P / R, eje de 6 mm DC5-24Vdc). | 19,80      | 1        | 19,80         |
| Subsistema 3                            | Ud.    | Subsistema de interfaz formado por la interfaz diseñada y configurada en LabVIEW.  | 340,80     | 1        | 340,8         |
| <b>Total presupuesto ejec. material</b> |        |  |            |          | <b>666,09</b> |

| Administración                         | Precio (€)     |
|--|----------------|
| 13 % BI                                | 112,87         |
| 6 % CG                                 | 52,09          |
| 21 % IVA                               | 182,33         |
| <b>PEG (Expectativas de beneficio)</b> | <b>347,29</b>  |
| <b>TOTAL PRESUPUESTO</b>               | <b>1215,51</b> |

Imagen 50 Resumen presupuesto

El precio total del presupuesto es de mil doscientos quince euros con cincuenta y un céntimos.

Valencia, junio de 2022

Redactor:

Carlos Sánchez Jiménez