



**ITCA**  
**FEPADE**

**MANUALES:  
MONTAJE EDUROBOLEARNING  
USO DE LIBRERÍA ARDUINO  
USO DE IMPRESIÓN 3D**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**

MTRO. NILSON ERICK GALDÁMEZ MARTÍNEZ

**DOCENTE COINVESTIGADOR**

TÉC. JIMMY GERZON RUÍZ CARMONA

**CENTRO REGIONAL MEGATEC ZACATECOLUCA**

ENERO 2025



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA







**ITCA**  
**FEPADE**

**MANUALES:**  
**MONTAJE EDUROBOLEARNING**  
**USO DE LIBRERÍA ARDUINO**  
**USO DE IMPRESIÓN 3D**

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL**

MTRO. NILSON ERICK GALDÁMEZ MARTÍNEZ

**DOCENTE COINVESTIGADOR**

TÉC. JIMMY GERZON RUÍZ CARMONA

**CENTRO REGIONAL MEGATEC ZACATECOLUCA**

ENERO 2025



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL  
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



**Rector**

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

**Vicerrector**

Ing. Christian Antonio Guevara Orantes

**Director de Investigación y  
Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación y  
Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez

Téc. Cristina Michellé Vásquez Hernández

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

**Director Centro Regional  
MEGATEC Zacatecoluca**

Mtro. José Ricardo Somoza Vásquez

372.358

G149m

slv

Galdámez Martínez, Nilson Erick 1994 -

Manuales: Montaje EduRoboLearning; Uso de librería Arduino; Uso de impresión 3D (recurso electrónico) / Nilson Erick Galdámez Martínez y Jimmy Gerzon Ruíz Carmona. - 1ª ed. - Santa Tecla, La Libertad, El Salv.: ITCA Editores, 2025.

1 recurso electrónico, (90 p.: il. col.; 28 cm.)

Datos electrónicos (1 archivo: pdf, 4 MB). --  
<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

ISBN: 978-99983-69-70-2 (E-Book, pdf)

ISBN: 978-99983-69-69-6 (Impreso)

1. Manual - Innovación – Didáctica y Tecnología. 2. Método – Enseñanza - Aprendizaje  
3. Recursos Pedagógicos – Robótica – Programación I. Ruíz Carmona, Jimmy Gerzon – 1989, coaut. – II. Título.

**Autor**

Mtro. Nilson Erick Galdámez Martínez

**Coautor**

Téc. Jimmy Gerzon Ruíz Carmona

**Tiraje:** 13 ejemplares

Año 2025

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial  
Compartir Igual  
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web. [www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

TEL. (503)2132-7423

# Manual de montaje EduRoboLearning

Autores

Mtro. Nilson Erick Galdámez Martínez

Téc. Jimmy Gerzon Ruíz Carmona

## Contenido

|       |                                                     |    |
|-------|-----------------------------------------------------|----|
| 1.    | INTRODUCCIÓN.....                                   | 1  |
| 2.    | GUÍA MONTAJE DE EDUROBOLEARNING .....               | 4  |
| 2.1   | ENSAMBLAJE MOTORES .....                            | 4  |
| 2.2   | SOORTE PORTA PILAS-BATERÍA .....                    | 5  |
| 2.3.  | SOORTE PLACA BOTONERA.....                          | 5  |
| 2.4.  | SOORTE PROTOBOARD 170 PUNTOS .....                  | 6  |
| 2.5.  | PORTA PILAS Y BOLA.....                             | 6  |
| 2.6.  | PROTOBOARD 170 PUNTOS.....                          | 8  |
| 2.7.  | COLOCACIÓN DE LOS DRIVERS .....                     | 8  |
| 2.8.  | COLOCACIÓN CABLEADA DE LOS DRIVERS-PROTOBOARD ..... | 10 |
| 2.9.  | PLACA BOTONERA .....                                | 12 |
| 2.10. | BUZZER 5V O ZUMBADOR.....                           | 13 |
| 2.11. | RUEDAS.....                                         | 13 |
| 2.12. | CONEXIÓN CABLES CORRIENTE PILAS .....               | 16 |

## 1. INTRODUCCIÓN

¡Bienvenidos al fascinante mundo del EduRoboLearning! Este manual ha sido diseñado para guiar a los docentes de bachillerato como instructores en los principios fundamentales y las prácticas esenciales de la construcción de robots. Con la finalidad de que pongan en práctica la creatividad, la lógica y la tecnología y se unen para dar vida a máquinas inteligentes.

En las siguientes páginas, encontrarán una recopilación completa y accesible de los elementos prácticos que se tomaron del proyecto didáctico ESCORNABOT bajo una plataforma de open source que los acompañará paso a paso en el proceso de diseño y construcción de robots educativos. No importa si son principiantes absolutos o si ya tienen alguna experiencia previa, este manual está estructurado para adaptarse a diferentes niveles de conocimiento y habilidades.

### ¿Por qué la robótica educativa?

La robótica educativa es mucho más que simplemente construir robots. Es una herramienta poderosa que fomenta el desarrollo de habilidades cruciales para el siglo XXI, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad, la colaboración y la comunicación. Al trabajar en proyectos de robótica, aprenderán a:

**Pensar de forma lógica y sistemática:** La robótica requiere descomponer problemas complejos en pasos más pequeños y manejables, lo que fortalece su capacidad de análisis y razonamiento.

**Resolver problemas de manera creativa:** No hay una única solución correcta en robótica. Se les animará a experimentar, probar diferentes enfoques y encontrar soluciones innovadoras a los desafíos que se presenten.

**Trabajar en equipo:** La mayoría de los proyectos de robótica se realizan en equipo, lo que les permitirá aprender a colaborar, compartir ideas, delegar tareas y resolver conflictos de manera constructiva.

**Comunicar sus ideas de forma efectiva:** Deberán presentar sus proyectos, explicar sus diseños y justificar sus decisiones, lo que mejorará sus habilidades de comunicación oral y escrita.

**Aplicar conceptos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM):** La robótica es una disciplina multidisciplinaria que integra conceptos de física, matemáticas, electrónica, programación y diseño.

## ¿Qué encontrarán en este manual?

Este manual está dividido en módulos que cubren los siguientes temas:

**Introducción a la robótica:** Definición de robótica, historia, tipos de robots y aplicaciones.

**Componentes básicos de un robot:** Sensores, actuadores, controladores, fuentes de energía y estructuras mecánicas.

**Electrónica básica:** Circuitos eléctricos, resistencias, capacitores, transistores y otros componentes electrónicos esenciales.

**Programación de robots:** Introducción a lenguajes de programación visuales y textuales, control de motores, lectura de sensores y toma de decisiones.

**Diseño y construcción de robots:** Proceso de diseño, selección de materiales, técnicas de construcción y ensamblaje.

**Proyectos de robótica:** Ejemplos de proyectos prácticos que pueden realizar, desde robots simples hasta robots más complejos.

**Consejos y trucos:** Sugerencias para solucionar problemas comunes, optimizar el rendimiento de sus robots y llevar sus proyectos al siguiente nivel.

## Un enfoque práctico y participativo

Este manual no se limita a la teoría. Se centra en la práctica y el aprendizaje activo. Cada módulo incluye ejemplos, ejercicios, actividades y proyectos que les permitirán aplicar los conocimientos adquiridos y desarrollar sus habilidades de manera gradual.

Se les animará a experimentar, a cometer errores y a aprender de ellos. La robótica es un proceso iterativo donde la prueba y el error son fundamentales para el éxito. No tengan miedo de equivocarse, ¡es la mejor manera de aprender!

## Más allá del manual

Este manual es solo el punto de partida. La robótica es un campo en constante evolución, con nuevas tecnologías y técnicas que surgen continuamente. Se les anima a explorar más allá de este manual, a investigar, a leer artículos y libros especializados, a participar en comunidades en línea y a asistir a talleres y conferencias.

Un futuro lleno de posibilidades

La robótica está transformando el mundo que nos rodea. Desde la industria manufacturera hasta la medicina, pasando por la exploración espacial y la asistencia personal, los robots están desempeñando un papel cada vez más importante en nuestras vidas.

Al aprender robótica, no solo están adquiriendo conocimientos y habilidades valiosas, sino que también se están preparando para un futuro lleno de posibilidades. Quién sabe, tal vez algún día ustedes sean los que diseñen y construyan los robots que cambiarán el mundo.

### **¡Manos a la obra!**

Es hora de empezar a construir. Abran sus mentes, enciendan su creatividad y prepárense para un viaje emocionante al mundo de la robótica educativa. ¡Les deseamos mucho éxito en sus proyectos!

Este manual está diseñado para ser una herramienta útil y accesible para todos los profesores e instructores de bachillerato interesados en la robótica. Esperamos que lo disfruten y que les inspire a seguir explorando este fascinante campo. ¡Adelante!

## 2. GUÍA MONTAJE DE EDUROBOLEARNING

### 2.1 ENSAMBLAJE MOTORES

Material necesario:

- Pieza "MotorBracket"
- 2 Motores paso a paso 28BYJ-48 5V (solo los motores, los drivers (placas cuadradas) los usaremos más adelante)
- 4 Tornillos M3 de 10mm



Figura1. Elementos a utilizar

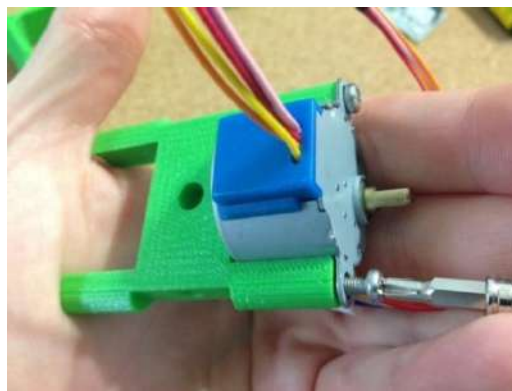


Figura 2. Montaje del motor

Dependiendo de la calidad de las piezas impresas este paso te costará más o menos.

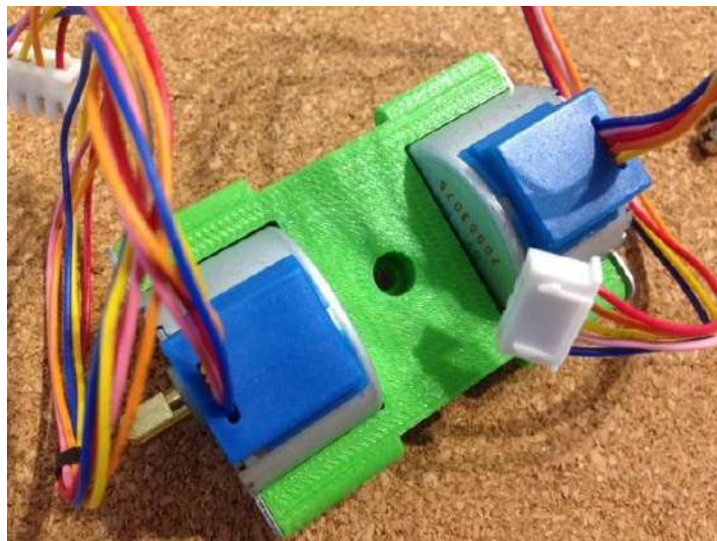


Figura 3. Vista del montaje de los motores

**NOTA:** Coloca los motores en la orientación que se muestra en la figura 2 y 3, la zona azul en el mismo lado de la pieza donde el agujero central del tornillo tiene una muesca para encajar el tornillo.

## 2.2 SOPORTE PORTA PILAS-BATERÍA

Material necesario:

- Pieza "battery-bracket"
- 1 Tornillo M3 de 10mm



Figura 4. Soporte de los motores

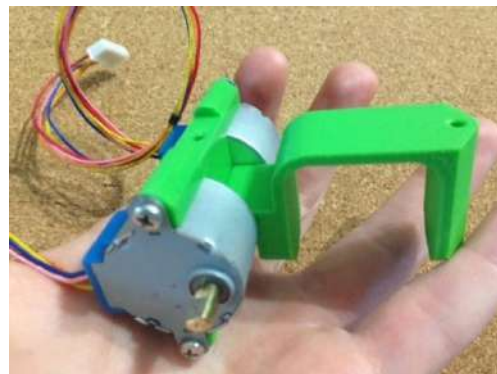


Figura 5. Vista del soporte.

**NOTA:** La pieza va colocada al lado contrario donde quedo la parte azul de los motores como puedes ver en las figuras 4 y 5.

## 2.3. SOPORTE PLACA BOTONERA

Material necesario:

- Pieza Addon-KeypadBracket-PCB
- 1 Tornillo M3 de 10mm

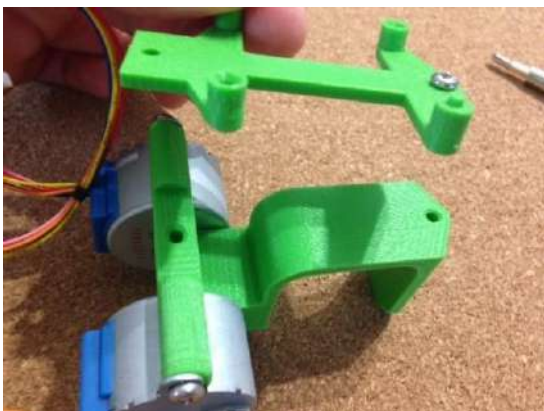


Figura 6. Montaje de soportes de ruedas.

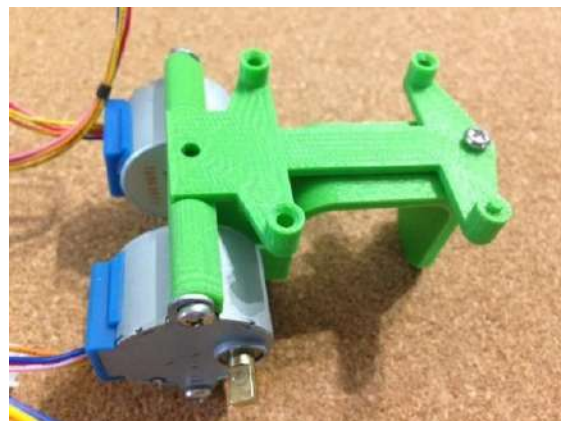


Figura 7. Vista de montaje de soportes.

**NOTA:** Pondremos solamente el tornillo de la parte trasera como puedes ver en las figuras 6 y 7.

## 2.4. SOPORTE PROTOBOARD 170 PUNTOS

Material necesario:

- Pieza "board-bracket"
- 2 Tornillos M3 de 10mm

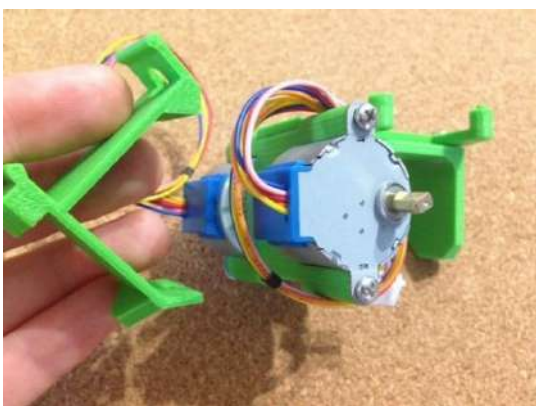


Figura 8. Soportes del motor

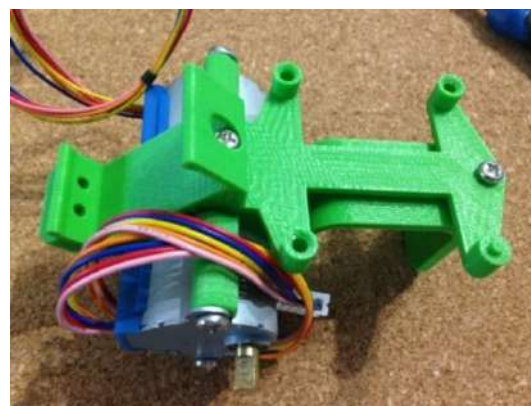


Figura 9. Vista del montaje de los motores

**NOTA:** La pieza se encaja encima del soporte de la placa botonera y lleva otro tornillo en la parte inferior de los motores como se aprecia en las figuras 8 y 9.

## 2.5. PORTA PILAS Y BOLA

Material necesario:

- Pieza "ballcaster-v2"

- 2 Tornillos M3 de 10mm
- Bola o canica de 14mm
- \*Porta pilas AA y cuatro Pilas AA

**NOTA:** Puede que la bola se salga, se soluciona calentando un poco la pieza con un mechero y ajustando al gusto.

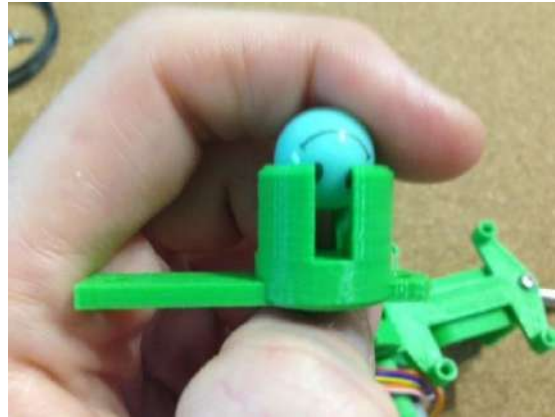


Figura 10. Montaje de rueda delantera.

**NOTA:** En algunos modelos tienen una posición concreta en la que encajan para no forzar la pieza donde va colocado la bola como se muestra en la figura 10.

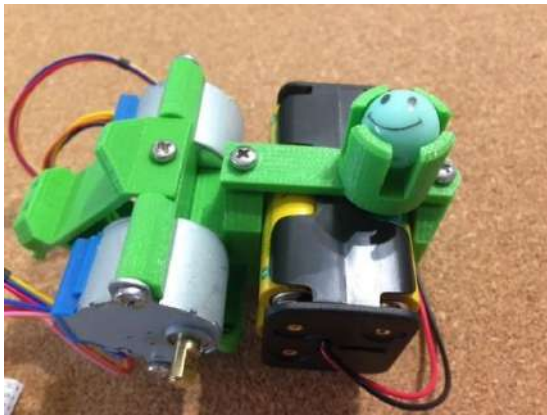


Figura 11. Montaje de rueda delantera.



Figura 12. Vista general.

**NOTA:** Como ves en las figuras 11 y 12, en este modelo queda una separación entre las dos piezas y se aprecia un trozo de tornillo. No hace falta ajustar los tornillos hasta el fondo porque te puedes cargar alguna pieza, es suficiente si ajusta y no se mueve.



Figura 13. Montaje de baterías.

## 2.6. PROTOBOARD 170 PUNTOS

Material necesario:

- Protoboard

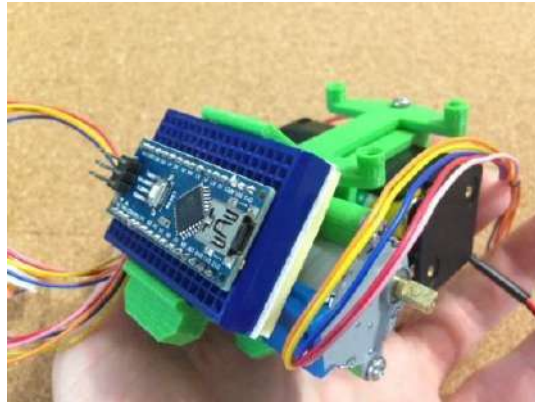


Figura 14. Montaje del protoboard.

**NOTA:** Al colocar encima el Arduino NANO dejo tres hileras libres en la parte superior y dos en la parte inferior.

## 2.7. COLOCACIÓN DE LOS DRIVERS

Material necesario:

- 2 Drivers ULN2003

- 2 Tornillos M3 de 10mm (Puedes usar más corticos de 5 o 6mm)

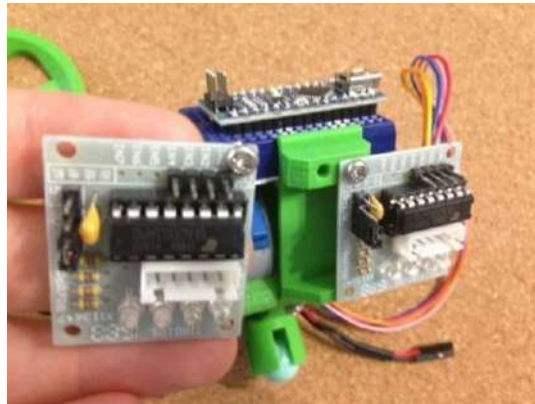


Figura 15. Montaje del driver de motores

**NOTA:** Mira en la figura 15 como va colocada la placa o te pegará después con las ruedas. Los cuatro pines machos tienen que ir en la parte superior.

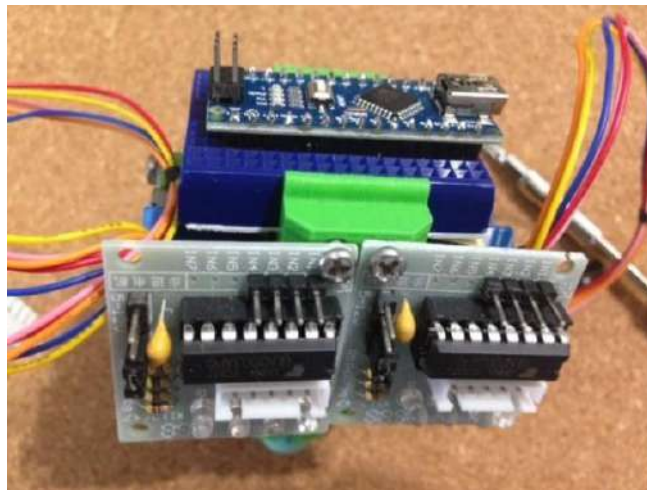


Figura 16. Vista general.

**NOTA:** En la imagen 16 se muestra que te quedará un poquito torcido porque pegarán las soldaduras de la parte trasera en la pieza impresa 3D.

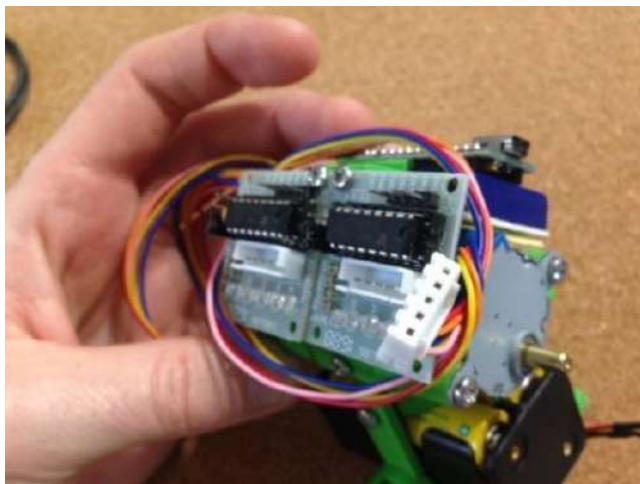


Figura 17. Driver de motores.

**NOTA:** Un truco para que los cables queden recogidos es pasar el cable por el driver contrario empezando por la parte de abajo y rodeando los dos como se muestra en la imagen 17.

## 2.8. COLOCACIÓN CABLEADA DE LOS DRIVERS-PROTOBOARD

Material necesario:

- 8 cables Arduino macho-hembra de 10cm
- 2 cables Arduino macho-hembra de 10cm negros
- 2 cables Arduino macho-hembra de 10cm rojos

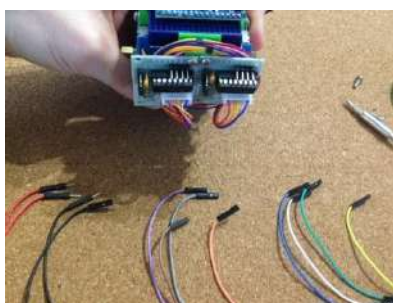


Figura 18. Colocación de cables.

La conexión es fácil, "mirando de frente los drivers" empezamos por los cuatro conectores de arriba, **primero el de arriba a la derecha lo pinchamos en el pin D9** y los otros tres a continuación en orden **D8, D7, D6**.

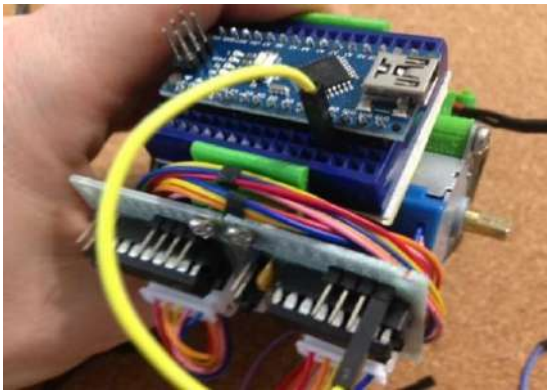


Figura 19. Conexión de cables de voltaje

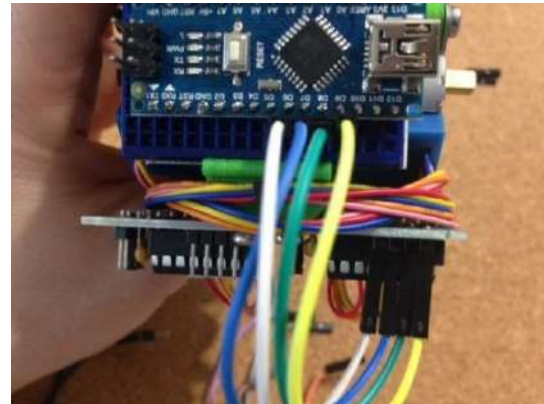


Figura 20. Cables para los pulsos

Ahora a por el de la izquierda "mirando de frente los drivers" los **conectaremos a continuación D5, D4, D3 y D2.**

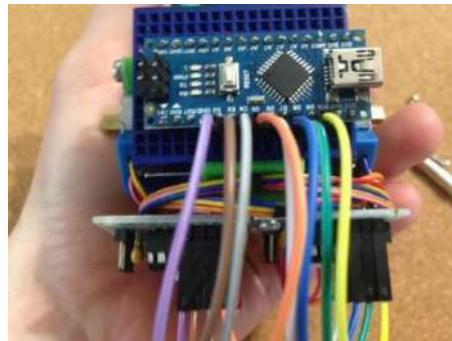


Figura 21. Vista general de las conexiones.

Vamos a conectar positivo y negativo. Lo tienes marcado en el driver. En este caso el de abajo positivo, el de arriba negativo. **Positivo** va colocado al pin **VIN** y el **Negativo** a **GND**

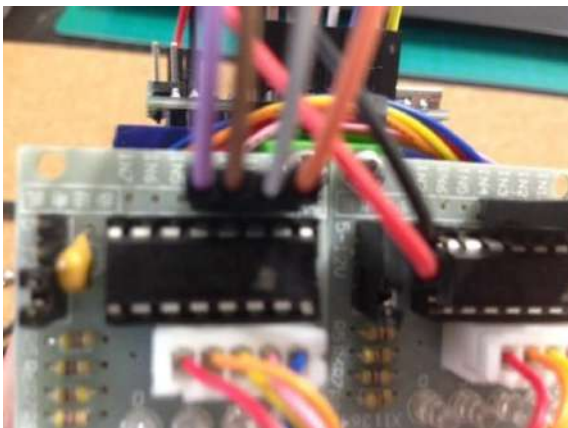


Figura 22. Alimentación de los driver

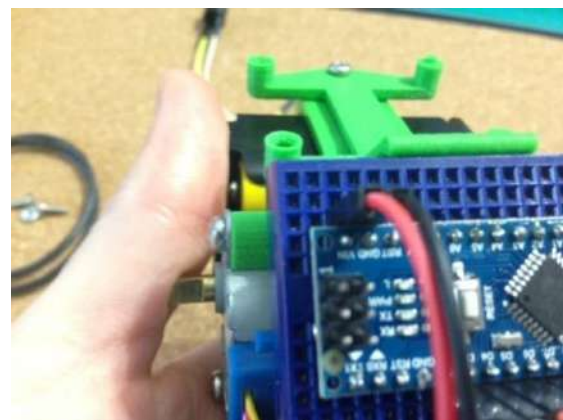


Figura 23. Conexiones de voltaje.

El resultado final debería ser algo así:

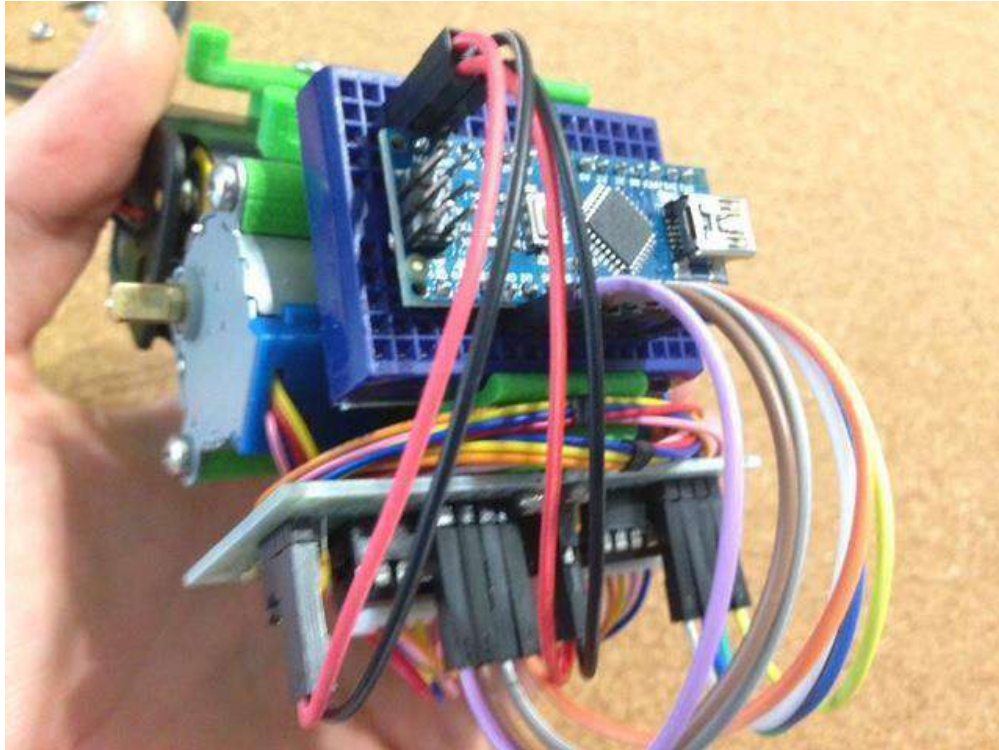


Figura 24. Vista general de las conexiones.

## 2.9. PLACA BOTONERA

Material necesario:

- Placa botonera.
- 3 Cables Arduino macho-hembra de 10cm
- 2 Tornillos M3 de 10mm (Puedes usar más cortos de 5 o 6mm)



Figura 25

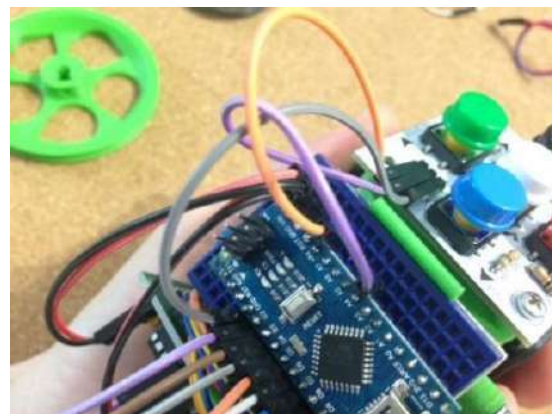


Figura 26

El pin cercano al botón azul es **GND**, lo coloco en el **GND de la parte inferior**.

El **pin central** es la conexión de datos, lo coloco en el **pin A4**.

El **pin exterior** es el positivo y lo conectaremos al **pin de 5V** (en el caso de no ir marcado en el Arduino NANO, tienes que dejar un hueco de separación con GND)

## 2.10. BUZZER 5V O ZUMBADOR

Material necesario:

- Buzzer 5V
- 2 Cables arduino macho-hembra de 10cm.



Figura 27. Colocación del buzzer.

Normalmente el positivo va marcado y suele ser la patilla larga. **Positivo** lo conectamos al **Pin D10** y **negativo** al **GND** que nos queda libre en la parte inferior.

## 2.11. RUEDAS

Material necesario:

- Pieza "wheel-l" y pieza "wheel-r"
- 2 Juntas tóricas 63x60x3mm
- 2 Tornillos M3 de 10mm y 2 Tuercas M3

La tuerca debería entrar sin forzar mucho, siempre puedes usar el soldador para encajarla, pero con mucho cuidado. Después coloca el tornillo sin que asome la punta por la tuerca, así después solo tienes que apretar una vez tengas la rueda montada.



Figura 28. Ruedas del robot.

La junta tórica dependiendo del tamaño te costará un poco ponerla, pero no hay mayor problema



Figura 29. Colocación de o-ring

**NOTA:** La rueda lleva la forma del engancha con el motor.

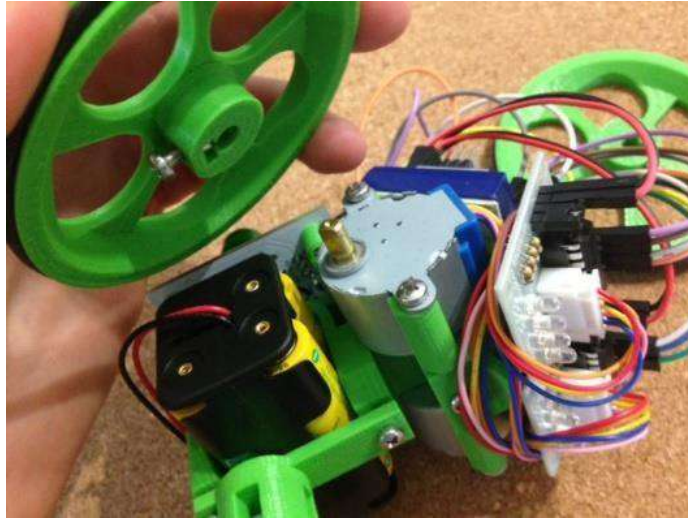


Figura 30. Montaje de rueda

Mueve la rueda para que el tornillo te quede en la parte inferior y lo puedas ajustar con facilidad.

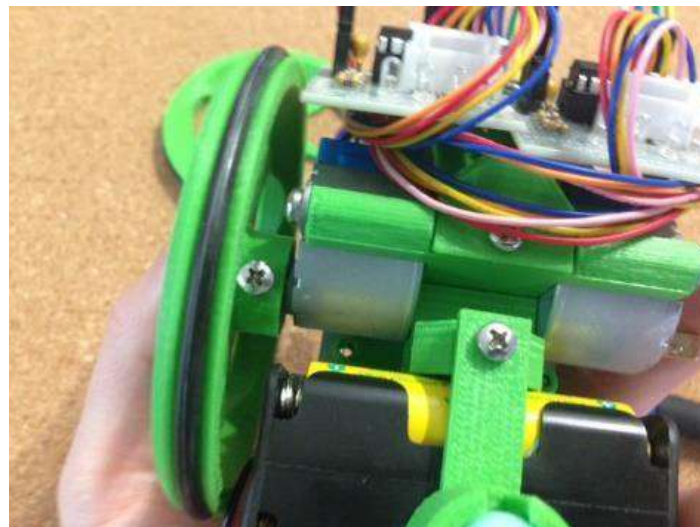


Figura 31. Vista del montaje.

## 2.12. CONEXIÓN CABLES CORRIENTE PILAS

Material necesario:

- 2 Cables Arduino macho-macho 10cm

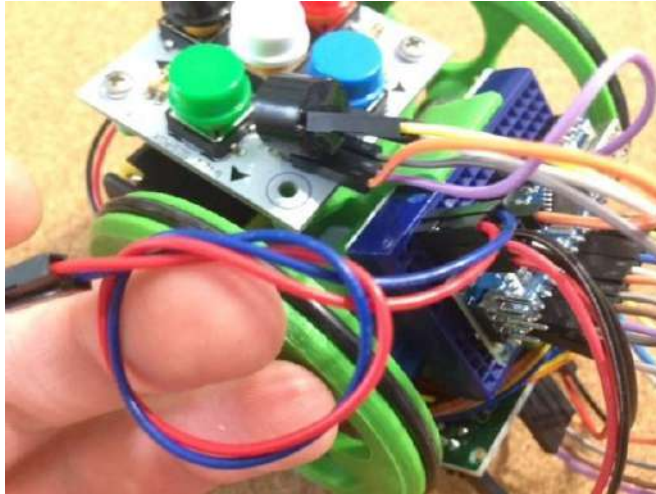
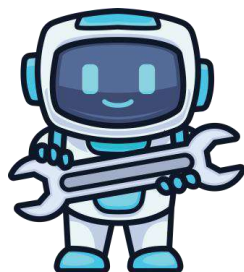


Figura 32. Cables de voltaje.

Si has dejado tres huecos en la hilera superior como dije al inicio te quedará sitio para poner el positivo en VIN y negativo en GND como puedes ver en la foto.



# MANUAL DE USO DE LIBRERÍA DE ARDUINO PARA EDUROBOLEARNING



Autores:

Mtro. Nilson Erick Galdámez Martínez

Téc. Jimmy Gerzon Ruíz Carmona

## Contenido

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.....                                     | 1  |
| 2. ¿POR QUÉ LA LIBRERÍA?.....                            | 4  |
| 3. ¿CÓMO INCORPORAR LA LIBRERÍA EN IDE DE ARDUINO? ..... | 5  |
| 4. ¿CÓMO CARGAR EL EJEMPLO DE LA LIBRERÍA? .....         | 8  |
| 5. ¿CÓMO MOVER EL ROBOT? .....                           | 9  |
| 6. LUCES Y SONIDO .....                                  | 12 |
| 7. CONTROL MEDIANTE BOTONERA .....                       | 13 |
| 8. CONTROL MEDIANTE BLUETOOTH.....                       | 14 |
| 9. CÓDIGO FUENTE.....                                    | 16 |
| 10. ULTRASONIDOS .....                                   | 17 |
| 11. INFRARROJOS .....                                    | 19 |
| 12. ZUMBADOR .....                                       | 21 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La robótica educativa se ha convertido en una herramienta fundamental en el ámbito del aprendizaje contemporáneo, fomentando el desarrollo de habilidades a los docentes con los conocimientos vitales para la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad. En este contexto, el uso de Arduino, una plataforma de hardware libre, se presenta como una opción ideal para introducir a los docentes de educación media en el apasionante mundo de la programación y la robótica. Este manual está diseñado específicamente para guiar a educadores y aprendices en la creación de proyectos de robótica utilizando Arduino, proporcionando una base sólida en conceptos de programación, electrónica y diseño.

Arduino es una plataforma que combina un entorno de desarrollo fácil de usar con una amplia gama de hardware, lo que permite la creación de dispositivos interactivos de forma sencilla y accesible. Desde su lanzamiento, ha ganado popularidad gracias a su flexibilidad y la posibilidad de aplicar sus principios en diversas áreas, incluyendo la educación. Este manual se estructura para ir desde los conceptos más básicos hasta proyectos más complejos, asegurando que todos los participantes, independientemente de su nivel de experiencia, puedan seguir el contenido y poner en práctica lo aprendido.

El primer objetivo de este manual es desmitificar la programación. A menudo, los instructores se sienten intimidados por la codificación, viéndola como un campo inaccesible. Sin embargo, este manual abordará la programación de Arduino mediante un enfoque paso a paso, utilizando ejemplos prácticos y ejercicios sencillos que fomenten la exploración y el aprendizaje activo. Aprenderás a escribir código que controle motores, luces y sensores, facilitando la creación de robots que pueden interactuar con su entorno.

La robótica no solo se trata de programar, sino también de entender cómo interactúan las piezas físicas. Por ello, este manual también incorporará conceptos de electrónica básica, como la lectura de circuitos, la conexión de sensores y actuadores, y el funcionamiento de componentes como resistencias, diodos y transistores. Esta base teórica será esencial para realizar proyectos prácticos que no solo funcionen, sino que también sean seguros y efectivos.

Además, se explorará la importancia del trabajo en equipo en proyectos de robótica educativa. A medida que los instructores y alumnos trabajan juntos para construir y programar sus robots, desarrollarán habilidades interpersonales y aprenderán a comunicar sus ideas de forma efectiva. Aprenderán que el proceso de creación suele

implicar ensayo y error, y cómo la perseverancia y la colaboración pueden llevar al éxito en sus proyectos.

El manual también contempla el uso de recursos y bibliotecas de Arduino, que permiten ampliar las capacidades de los proyectos. A lo largo de los capítulos, se presentarán diferentes herramientas y técnicas que ayudarán a los educadores a incentivarse y a sus estudiantes a ir más allá de lo básico. El uso de módulos y componentes adicionales, así como la integración de plataformas en línea, enriquecerá su experiencia de aprendizaje, permitiendo la personalización y adaptación de los proyectos.

Por último, se planteará la importancia de la robótica educativa en el contexto actual, donde la tecnología juega un papel crucial en nuestras vidas. A medida que avanzan la inteligencia artificial y la automatización, comprender los principios que rigen estos campos se vuelve esencial para las generaciones futuras. Este manual no solo busca enseñar a programar con Arduino, sino también motivar a los educadores a explorar sus intereses tecnológicos y prepararlos para un futuro en constante evolución.

Al cierre de este manual, esperamos que te sientas empoderado para aplicar tus conocimientos de programación y robótica en proyectos creativos y desafiantes. También confiamos en que este manual se convierta en una herramienta valiosa para educadores que deseen inspirar a sus estudiantes y prepararlos para el mundo digital que les espera. La robótica educativa no solo amplía el conocimiento técnico, sino que también fomenta la curiosidad y la innovación, habilidades cruciales en la era moderna.

## 2. ¿POR QUÉ LA LIBRERÍA?

La librería nace con objetivo de cubrir la necesidad de programar en un entorno de programación textual (**IDE Arduino**). El kit de robótica en un principio ha sido diseñado para programarlo **exclusivamente con la botonera pensando en el alumnado**, por tanto, para alumnado más mayor y con más capacidad de abstracción se hacía necesario adaptarle una serie de instrucciones para poder manejar con programación textual.



Una librería en el contexto del IDE de Arduino es un conjunto de código prescrito que puedes incluir en tus proyectos para realizar tareas específicas sin tener que escribir todo el código desde cero.

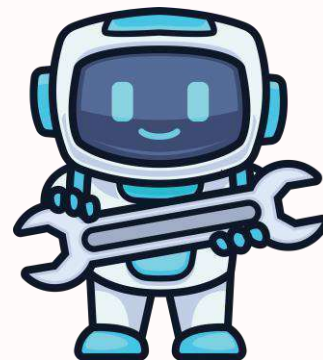


Figura 1. Insertar librerías.

### 3. ¿CÓMO INCORPORAR LA LIBRERÍA EN IDE DE ARDUINO?

Para ello usamos el archivo de la librería, y lo incorporamos como librería a nuestro entorno Arduino según la siguiente secuencia:

Añadimos la librería .zip en la opción Menú programa

> Incluir librería > Añadir librería .zip

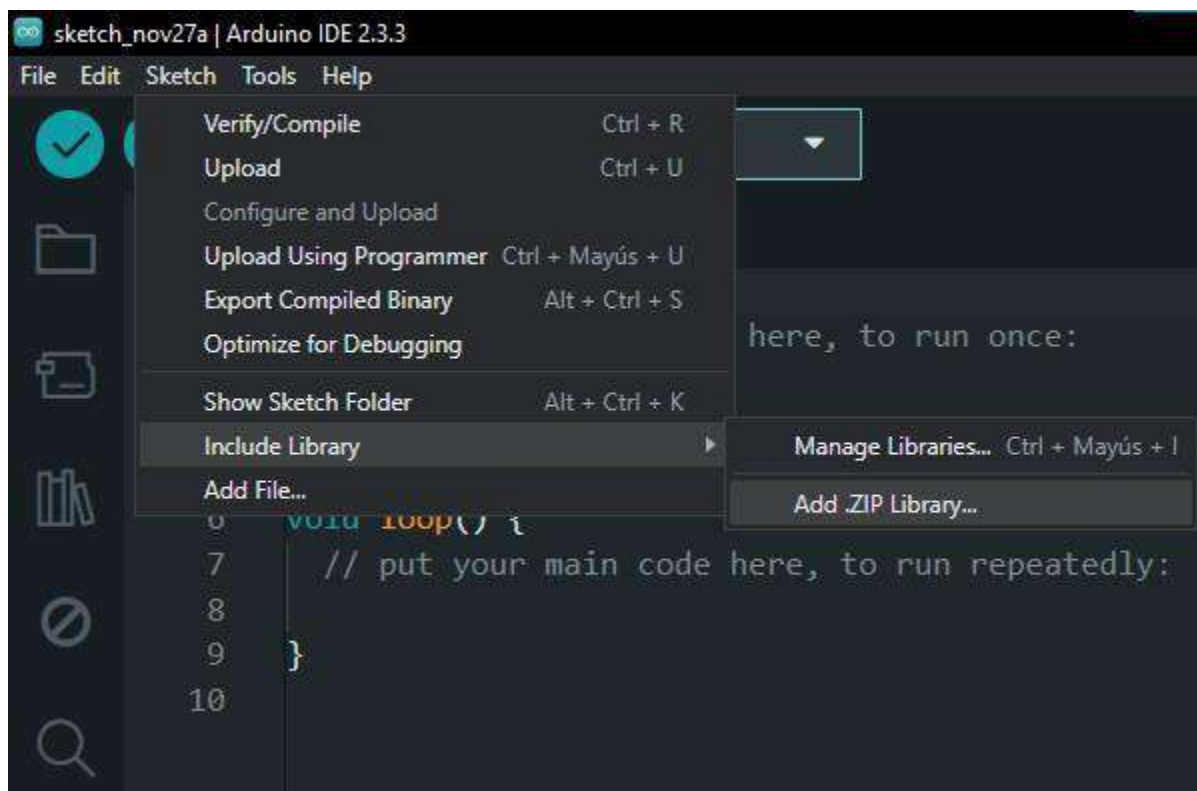
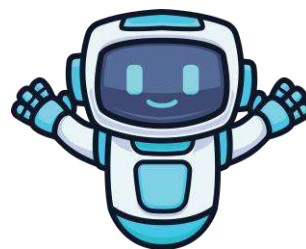


Figura 2. Menú para insertar librería.

Ahora nos aparece un menú de elección del fichero zip, debemos elegir nuestro fichero “escornabot.zip” descargado anteriormente.

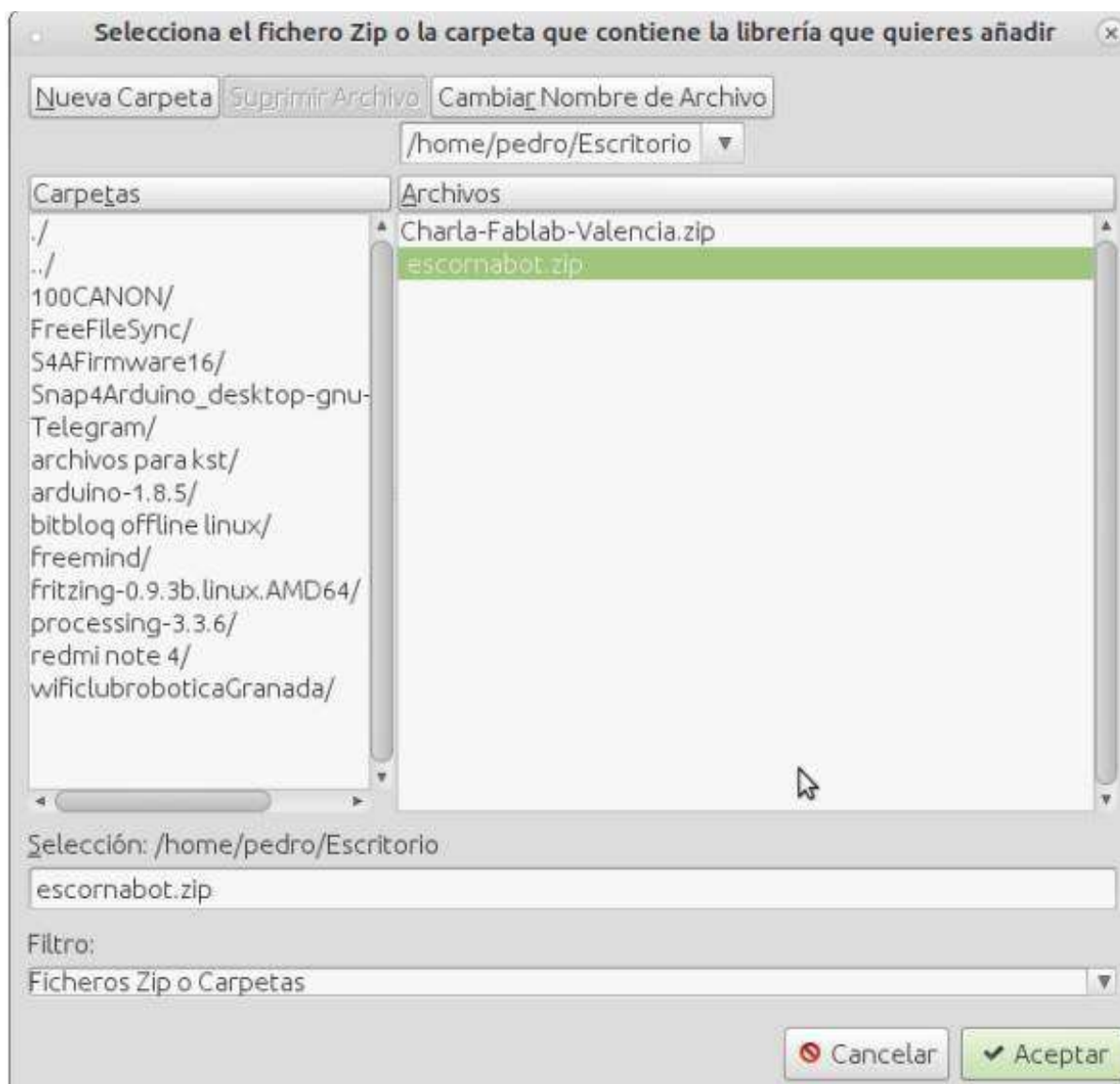


Figura 3. Fichero de librerías arduino.

Una vez incluido ya tenemos la librería disponible en nuestro listado de librerías.

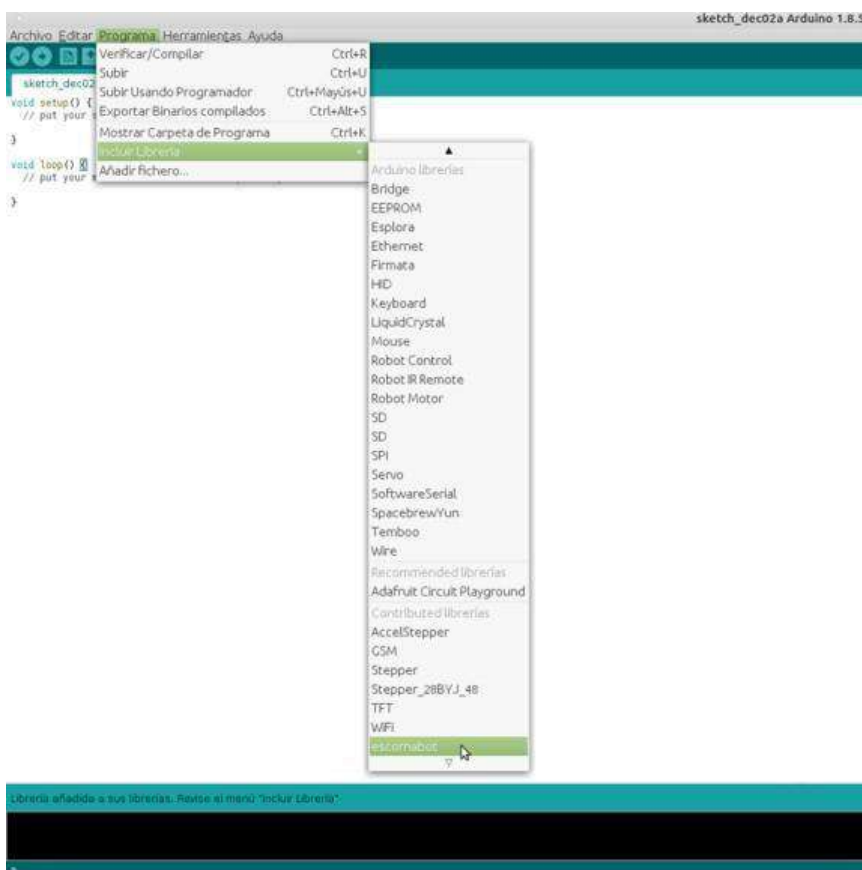


Figura 4. Lista de librerías incluidas.

Seleccionándola la incluimos en nuestro programa “#include”, a partir de ahora ya puedo utilizar las funciones de la misma.

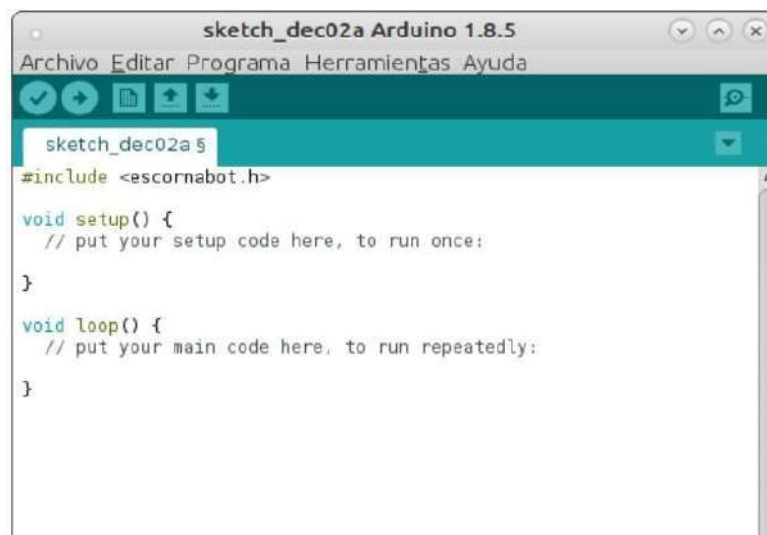
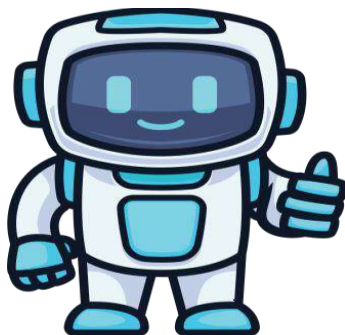


Figura 5. Línea de texto para incluir librería.



#include se utiliza para incluir bibliotecas externas en el boceto. Esto le da al programador acceso a un gran grupo de bibliotecas estándar (grupos de funciones prefabricadas), y también a bibliotecas escritas especialmente para Arduino.

#### 4. ¿CÓMO CARGAR EL EJEMPLO DE LA LIBRERÍA?

Todas las librerías suelen tener asociado al menos un ejemplo, para cargarlo una vez incorporada la librería al IDE de Arduino (ver punto 2), debemos ir la opción del menú Archivo > Ejemplos > EDUROBOLEARNING > test\_ EDUROBOLEARNING

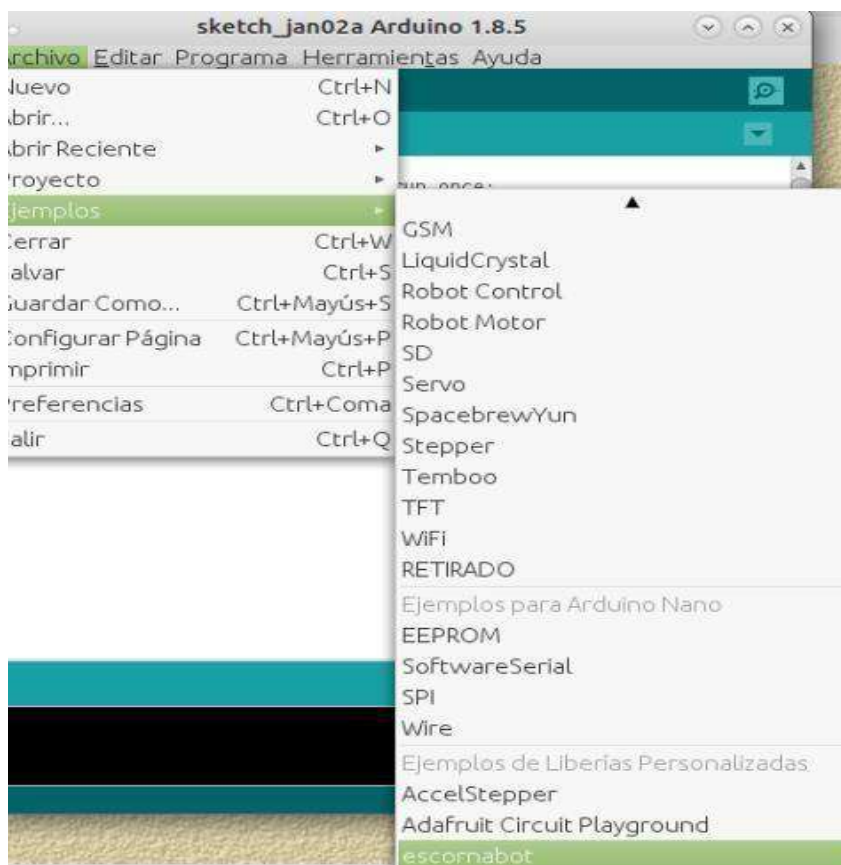
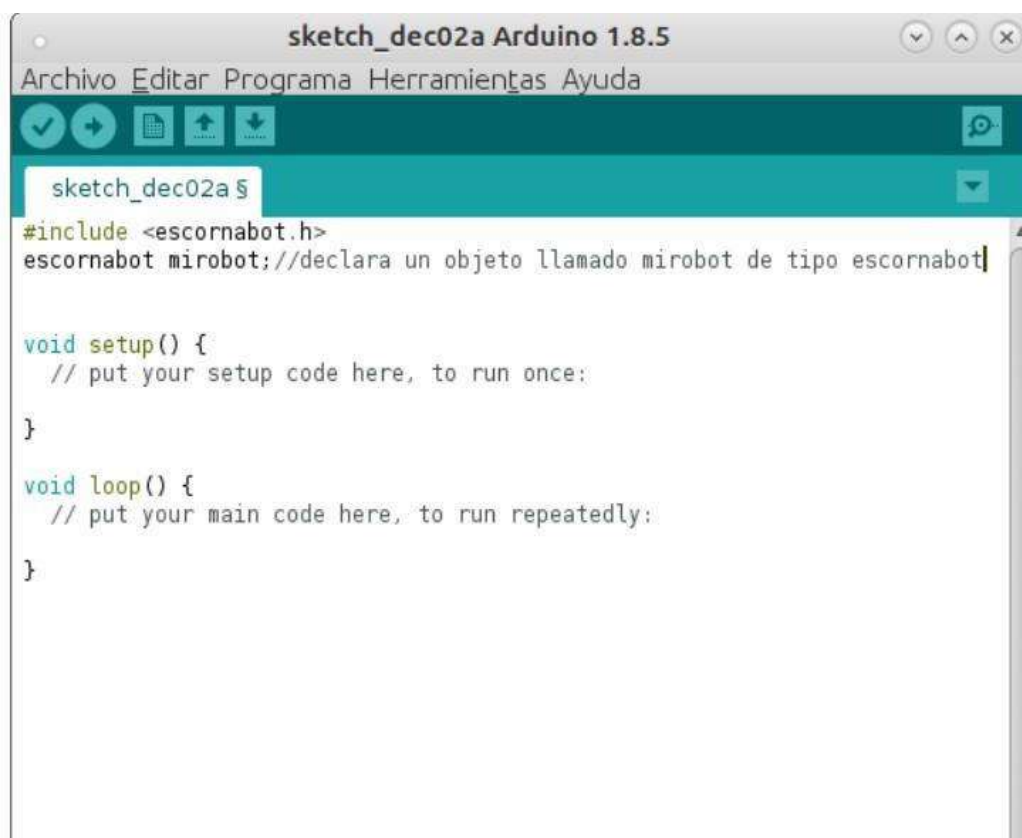


Figura 6. Menú de librerías disponibles

## 5. ¿CÓMO MOVER EL ROBOT?

Para mover el robot o realizar cualquier otra función con el mismo, debemos en nuestro programa declarar un objeto, para que el mismo pueda realizar todas las funciones (procedimientos) de un kit. Para ello en nuestro programa en la parte de declaración de variables vamos a incluir dicho objeto, en mi caso se llama “mi robot”. Tenemos varias opciones de crear (construir) el objeto “mi robot”:



```

sketch_dec02a Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

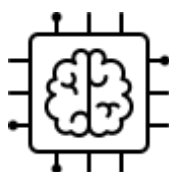
sketch_dec02a $
#include <escornabot.h>
escornabot mirobot;//declara un objeto llamado mirobot de tipo escornabot

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
  
```

Figura 7. Línea de código de librería agregada.

Por defecto creando el objeto con EDUROBOLEARNING mi robot, como está en el ejemplo: funcionarían los motores en paso completo con una bobina en cada paso, poco par y poco consumo.



- Creando el objeto con la opción EDUROBOLEARNING mi robot (2): los motores funcionarían con paso completo y dos bobinas estaría funcionando a la vez en cada paso, esto supone mayor par y consumo.
- Creando el objeto con la opción EDUROBOLEARNING mi robot (3): los motores funcionarían en modo medio paso, lo que provoca pares y consumos intermedios, además de un movimiento más suave.
- Ahora a este objeto “mi robot” podemos decirle que haga varias acciones de movimiento. Las posibilidades de movimiento de este mismo son:
- EDUROBOLEARNING. drive (vueltas, velocidad): Sirve para avanzar o retroceder. Se mueve el número de vueltas indicado, si son negativas va hacia atrás. La velocidad se da rpm.
- EDUROBOLEARNING. driveD (distancia, velocidad): Sirve para avanzar o retroceder. Se mueve la distancia en cm indicada, si son negativas va hacia atrás. La velocidad se da rpm.
- EDUROBOLEARNING. Turn (vueltas, velocidad): Sirve para girar. Se indica como antes el número de vueltas o fracción a girar, si son positivas gira hacia derecha y negativas hacia izquierda. La velocidad se da en rpm.
- EDUROBOLEARNING. Turn (Angulo, velocidad): Sirve para girar. Se indica el ángulo a girar, si es positivo gira hacia derecha y negativo hacia izquierda. La velocidad se da en rpm.
- EDUROBOLEARNING. Stop (): detiene los dos motores. En el siguiente ejemplo (ejemplo 1) las acciones las hemos programado en el “setup()”, para que sólo se ejecute una vez. El robot se mueve hacia delante, hacia detrás, gira hacia derecha y gira hacia izquierda quedándose en la posición de partida:



Figura 8. Vista general del EduRoboLearning



Figura 9. Vista general del EduRoboLearning

## 6. LUCES Y SONIDO

Se pueden incluir cuatro leds y un zumbador, para ellos también tenemos procedimientos para accionarlos o apagarlos, que son:

**EDUROBOLEARNING. led ON (número de led o posición en inglés):** sirve para encender los leds de EDUROBOLEARNING. Los leds son: 1 o forward (azul, posición delantera), 3 o backward (ámbar, posición trasera), 4 o right (verde, posición derecha), y 2 o left (rojo, posición izquierda).

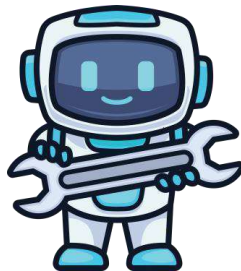
**EDUROBOLEARNING. Led OFF (número de led o posición en inglés):** sirve para apagar los leds de EDUROBOLEARNING.

**EDUROBOLEARNING. Led State (número de led o posición en inglés):** devuelve el estado del led, encendido (1 o HIGH) o apagado (0 o LOW).

**EDUROBOLEARNING. Buzz ON ():** enciende el zumbador.

**EDUROBOLEARNING. Buzz OFF ():** apaga el zumbador.

En el siguiente ejemplo (ejemplo 2) procedemos a encender los leds secuencialmente, y cuando termina el último suena el zumbador, todo se repite indefinidamente ya que las acciones están en el *“loop()”*:



## 7. CONTROL MEDIANTE BOTONERA

Hasta ahora sólo hemos accionado actuadores, ha llegado el momento de interactuar con la botonera, para ello disponemos de un procedimiento para evaluar que botón ha sido pulsado, en función de su valor podemos accionar los actuadores (motores, leds y zumbador). El procedimiento es: EDUROBOLEARNING.pushButton(): devuelve el valor del botón pulsado o la posición en inglés. 1 o forward (delantero), 3 o backward (trasero), 4 o right (derecho), 2 o left (izquierdo), 5 o central (central). En el siguiente programa (ejemplo 3a) al pulsar cualquiera de los cuatro botones de dirección (adelante, atrás, derecha, izquierda) realiza la correspondiente acción de movimiento o giro. Cuando se pulsa el botón central el robot gira sobre sí mismo:

```
sketch_nov28b.ino
1  #include <escornabot.h>
2  escornabot mirobot;
3  void setup() {
4    Serial.begin (9600);
5  }
6  void loop() {
7    //prueba de librería
8    switch (mirobot.pushButton()) {
9      case forward://si pulsamos el botón delantero, se enciende led delantero, se mueve 7 cm hacia delante,
```

Figura 10. Inicialización de puerto serial.

```
sketch_nov28b.ino
10  y se apaga el led delantero
11  mirobot.ledON (forward);
12  mirobot.driveD (7, 10);
13  mirobot.ledOFF (forward);
14  Página 9 de 17
15  break;
16  case backward://si pulsamos el botón trasero, se enciende led trasero, se mueve 7 cm hacia atrás, y se
17  apaga el led trasero
18  mirobot.ledON (backward);
19  mirobot.driveD (-7, 10);
20  mirobot.ledOFF (backward);
21  break;
22  case right://si pulsamos el botón derecho, se enciende led derecho, gira 45º hacia la derecha, y se apaga
23  el led derecho
24  mirobot.ledON (right);
25  mirobot.turnA (45, 10);
26  mirobot.ledOFF (right);
27  break;
28  case left://si pulsamos el botón izquierdo, se enciende led izquierdo, gira 45º hacia la izquierda, y se
29  apaga el led izquierdo
30  mirobot.ledON (left);
31  mirobot.turnA (-45, 10);
32  mirobot.ledOFF (left);
33  break;
34  case central://si pulsamos el botón central, suena el zumbador y se enciende todos los leds durante un
```

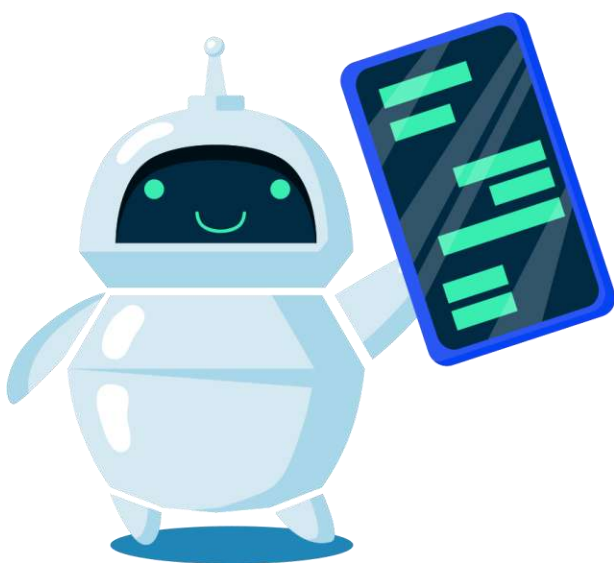
Figura 11. Instrucciones de movimientos.

```
segundo, después se apagan el zumbador y los leds
mirobot.buzzON ();
for (int i = 1; i < mirobot.numberLeds; i++)//La constante mirobot.numberLeds esta definida en la
libreria y vale 5
{
mirobot.ledON(i);
}
delay (1000);
mirobot.buzzOFF();
for (int i = 1; i < mirobot.numberLeds; i++)
{
mirobot.ledOFF(i);
}
break;
default:
mirobot.driveD(0,0);
break;
}
}
```

Figura 12. Activación de actuadores.

## 8. CONTROL MEDIANTE BLUETOOTH

El kit en su versión tiene la posibilidad de comunicarse por bluetooth. Para ello se ha diseñado un procedimiento para capturar un carácter enviado desde un dispositivo móvil, y en función de este mismo podemos decirle a nuestro EDUROBOLEARNING la función a realizar. El procedimiento es el siguiente:



¡Hola! La comunicación Bluetooth en el entorno de desarrollo de Arduino es una forma de establecer una conexión inalámbrica entre tu placa Arduino y otros dispositivos, como smartphones, tablets u otros Arduinos. Esto permite enviar y recibir datos de manera sencilla, lo que abre un mundo de posibilidades para crear proyectos interactivos y automatizados.

EDUROBOLEARNING. blueT(): devuelve el valor numérico correspondiente a el carácter enviado por bluetooth a EDUROBOLEARNING. En nuestro caso hemos diseñado un programa (ejemplo 4ª) que en función del carácter enviado desde la aplicación “Arduino Bluetooth controlar” realizamos una acción u otra. Si se envía el carácter:

‘A’: se mueve hacia delante (avanza). ‘R’: se mueve hacia atrás (retrocede). ‘D’: gira hacia la derecha. ‘I’: gira hacia la izquierda. ‘C’: gira sobre sí mismo. ‘5’: activa o desactiva el zumbador.

Según su estado anterior.

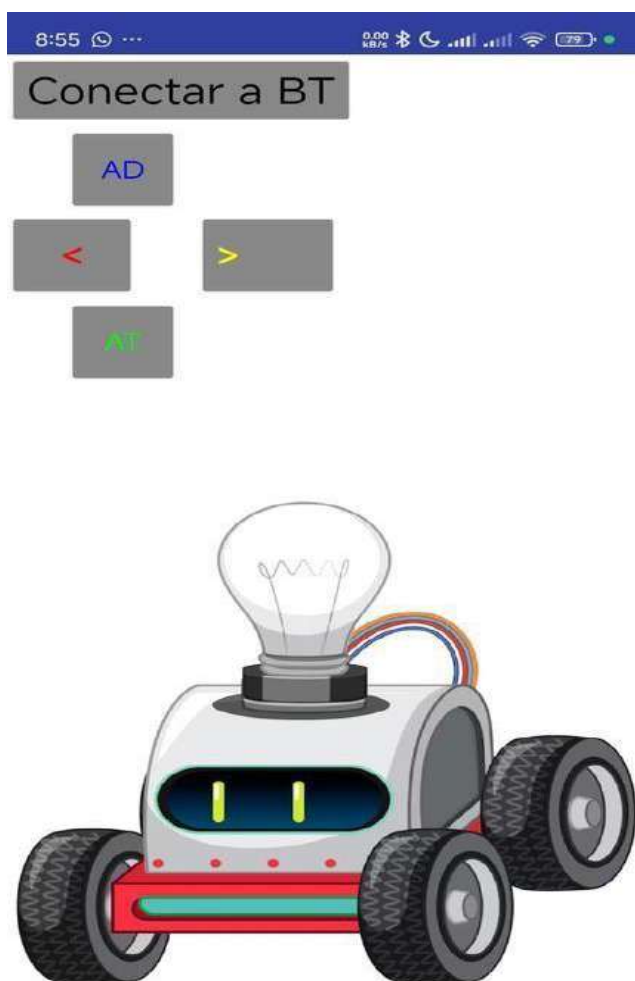


Figura 13. Vista de APP para control del robot por Bluetooth.

## 9. CÓDIGO FUENTE

```
#include <Stepper.h>           // Incluye la biblioteca para controlar motores paso a paso
#include <SoftwareSerial.h>     // Incluye la biblioteca para comunicación por software (serial por Bluetooth)

#define buzzer 12              // Define el pin 12 como la salida para el buzzer

SoftwareSerial BT(10, 11);     // Inicializa la comunicación serial por Bluetooth en los pines 10 (RX) y 11 (TX)

long time = 0;                // Variable para almacenar el tiempo actual
long t1 = 0;                  // Variable auxiliar para el control de tiempo del buzzer
long t2 = 0;                  // Variable auxiliar para el control de los motores
bool buzzerState;             // Variable para almacenar el estado del buzzer (encendido/apagado)

const int stepsPerRevolution = 2048; // Define los pasos por revolución para el motor 28BYJ-48

// Inicializa los motores paso a paso con el número de pasos por revolución y los pines de control
Stepper stepper1(stepsPerRevolution, 6, 8, 7, 9); // Motor 1, conectado a los pines 6, 8, 7, 9
Stepper stepper2(stepsPerRevolution, 2, 4, 3, 5); // Motor 2, conectado a los pines 2, 4, 3, 5

void setup() {
  // Configura la velocidad de los motores a 5 RPM para obtener mayor torque
  stepper1.setSpeed(5);
  stepper2.setSpeed(5);

  pinMode(buzzer, OUTPUT); // Configura el pin del buzzer como salida

  // Inicia la comunicación serial tanto por USB como por Bluetooth
  Serial.begin(9600);
  BT.begin(9600);
  Serial.println("Ingrese A (adelante), B (atrás), C (derecha), D (izquierda):");
}

void loop() {
  // Verifica si hay comandos disponibles desde el monitor serial (USB)
  if (Serial.available()) {
    char comando = Serial.read(); // Lee el comando ingresado
    ejecutarComando(comando);     // Ejecuta la acción correspondiente
  }

  // Verifica si hay comandos disponibles desde el módulo Bluetooth
  if (BT.available()) {
    char comando = BT.read(); // Lee el comando recibido por Bluetooth

    ejecutarComando(comando); // Ejecuta la acción correspondiente
    BT.println(comando);      // Envía de vuelta el comando por Bluetooth para confirmación
  }
}

// Función para ejecutar el comando según la entrada del usuario
void ejecutarComando(char comando) {
  switch (comando) {
    case 'A': // Adelante
      Serial.println("Avanzando hacia adelante...");
      moverMotores(stepsPerRevolution / 2); // Mueve los motores hacia adelante medio ciclo
      break;
    case 'B': // Atrás
      Serial.println("Retrocediendo...");
      moverMotores(-stepsPerRevolution / 2); // Mueve los motores hacia atrás medio ciclo
      break;
    case 'C': // Girar a la derecha
      Serial.println("Girando a la derecha...");
      girarDerecha(stepsPerRevolution / 2); // Hace girar los motores en direcciones opuestas para girar a la derecha
      break;
    case 'D': // Girar a la izquierda
      Serial.println("Girando a la izquierda...");
      girarIzquierda(stepsPerRevolution / 2); // Hace girar los motores en direcciones opuestas para girar a la izquierda
      break;
    default:
      Serial.println("Comando no reconocido. Ingrese A, B, C o D.");
      break;
  }
}

// Función para mover ambos motores en la misma dirección
void moverMotores(int steps) {
  int pasosRestantes = abs(steps); // Calcula los pasos que faltan por dar
  int direccion = steps > 0 ? 1 : -1; // Determina la dirección del movimiento

  while (pasosRestantes > 0) {
    time = millis(); // Obtiene el tiempo actual

    if (time - t1 >= 100) { // Control del buzzer, emite un sonido cada 100 ms
      t1 = time;
    }
  }
}
```

Figura 14. Código fuente de arduino.

```

    buzzerState = !buzzerState;           // Alterna el estado del buzzer
    digitalWrite(buzzer, buzzerState);    // Enciende o apaga el buzzer según el estado
    Serial.println(buzzerState);
}

if (time - t2 >= 5) {                    // Control del movimiento de los motores, da un paso cada 5 ms
    t2 = time;
    stepper1.step(direccion);            // Mueve el motor 1
    stepper2.step(direccion);            // Mueve el motor 2
    pasosRestantes--;                    // Resta un paso
}
}
digitalWrite(buzzer, LOW);               // Apaga el buzzer cuando termina de mover
}

// Función para girar a la derecha (los motores se mueven en direcciones opuestas)
void girarDerecha(int steps) {
    int pasosRestantes = abs(steps);    // Calcula los pasos restantes
    while (pasosRestantes > 0) {
        long time = millis();

        if (time - t1 >= 100) {          // Control del buzzer
            t1 = time;
            buzzerState = !buzzerState;  // Alterna el estado del buzzer
            digitalWrite(buzzer, buzzerState); // Enciende o apaga el buzzer según el estado
            Serial.println(buzzerState);
        }

        if (time - t2 >= 5) {            // Control del movimiento de los motores
            t2 = time;
            stepper1.step(1);             // Mueve el motor 1 en una dirección
            stepper2.step(-1);            // Mueve el motor 2 en la dirección opuesta
            pasosRestantes--;             // Resta un paso
        }
    }
    digitalWrite(buzzer, LOW);           // Apaga el buzzer cuando termina de girar
}

// Función para girar a la izquierda (los motores se mueven en direcciones opuestas)
void girarIzquierda(int steps) {

```

Figura 15. Código fuente de arduino.

## 10. ULTRASONIDOS

Con los pines disponibles y la librería, también es posible el control de un sensor de ultrasonidos de forma fácil, para ello usamos los siguientes procedimientos:

- **EDUROBOLEARNING. us(pin trigger, pin echo):** configura los pines trigger y echo de un sensor de ultrasonidos.
- **EDUROBOLEARNING. distance( ):** devuelve la distancia en cm a la que detecta un objeto el sensor de ultrasonidos definido previamente. Antes de proceder a programar con estos procedimientos vamos a sugerir un esquema de conexionado del sensor de ultrasonidos, conexionando el trigger de ultrasonidos al pin 11 y el echo al pin 12. También se ha diseñado un

programa evita de obstáculos (ejemplo 5a) a modo de ejemplo de uso de estos procedimientos.

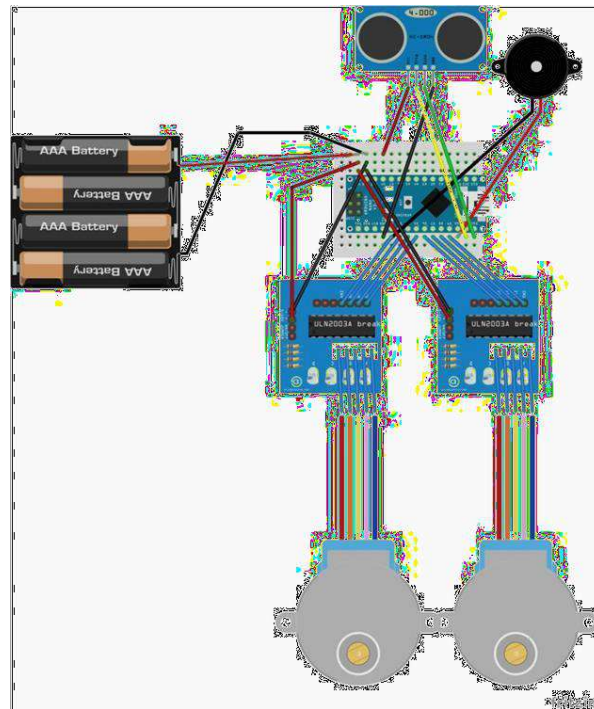


Figura 16. Conexión de los motores al arduino.

```

1  #include <escornabot.h>
2  escornabot mirobot;
3  boolean funciona = false;
4  void setup() {
5      mirobot.us(11, 12); //configuramos los pines trigger y echo
6  }
7  void loop() {
8      compruebaBoton();
9      if (funciona == true) {
10         mirobot.driveD(-5, 10);
11         if (mirobot.distance() <= 15) {
12             mirobot.driveD(5, 10);
13             mirobot.turnA(-45, 10);
14         }
15     }
16     else if (funciona == false) {
17         mirobot.Stop();
18     }
19 }
20 void compruebaBoton () {
21     if (mirobot.pushButton() == right) {
22         funciona = !funciona;
23         delay(300);
24     }
25 }

```

Figura 17. Código fuente.

## 11. INFRARROJOS

Con los pines disponibles y la librería, también es posible el control de sensores de infrarrojos de forma fácil, para ello usamos los siguientes procedimientos:

EDUROBOLEARNING. `infrared(pin izquierdo, pin derecho)`: configura los pines para los sensores izquierdo y derecho.

EDUROBOLEARNING. `blackRight()`: devuelve true si el sensor derecho infrarrojo está a negro, false cuando no está a negro.

EDUROBOLEARNING. `blackLeft()`: devuelve true si el sensor izquierdo infrarrojo está a negro, false cuando no está a negro.

EDUROBOLEARNING. `whiteRight()`: devuelve true si el sensor derecho infrarrojo está a blanco, false cuando no está a blanco.

EDUROBOLEARNING. `whiteLeft()`: devuelve true si el sensor izquierdo infrarrojo está a blanco, false cuando no está a blanco. Antes de proceder a programar con estos procedimientos vamos a sugerir un esquema de conexionado de dos sensores de infrarrojos, conexionando el izquierdo al pin 11 y el derecho al pin 12.

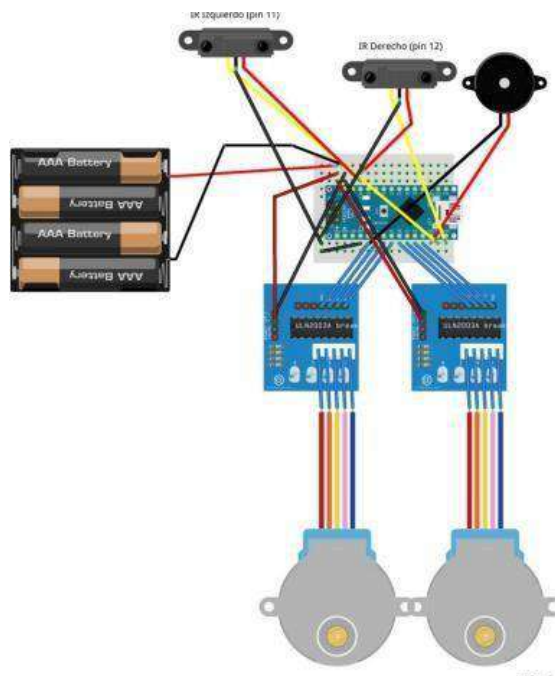


Figura 20. Conexiones generales.

También se ha diseñado un programa sigue líneas (ejemplo 6a) a modo de ejemplo de uso de estos procedimientos.

```
sketch_nov28b.ino
1  #include <escornabot.h>
2  escornabot miescorni;
3  boolean funciona = false;
4  void setup() {
5      //Serial.begin(9600);
6      miescorni.infrared(11,12);
7
8  }
9  void loop() {
10     compruebaBoton();
11     if (funciona == true) {
12         if (miescorni.blackRight() && miescorni.whiteLeft()) { //si sensor izquierdo encuentra blanco
13             miescorni.turnA(-5, 10); //gira hacia la derecha en el sentido contrario a la marcha
14         }
15         if (miescorni.whiteRight() && miescorni.blackLeft()) { //si sensor derecho encuentra blanco
16             miescorni.turnA(5, 10); //gira hacia la izquierda en el sentido contrario a la marcha
17         }
18         if (miescorni.blackRight() && miescorni.blackLeft()) { //si los dos sensores encuentran negro
19             miescorni.driveD(-2, 13); //se mueve hacia delante en el sentido contrario a la marcha
20         }
21         if (miescorni.whiteRight() && miescorni.whiteLeft()) { //si los dos sensores encuentran blanco
22             miescorni.driveD(2, 13); //se mueve hacia detrás en el sentido contrario a la marcha
23         }
24     }
25     else if (funciona == false) {
```

```
        miescorni.Stop();
    }
}
void compruebaBoton () {
    if (miescorni.pushButton() == right) {
        funciona = !funciona;
        delay (300);
    }
}
```

Figura 20. Código fuente.

## 12. ZUMBADOR

La librería también tiene procedimientos para definir y manejar zumbadores, para ello usamos los siguientes procedimientos:

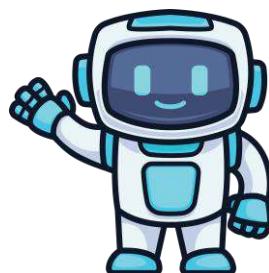
EDUROBOLEARNING. `buzzer(pin zumbador)`: configura el pin al que se conecta el zumbador.

EDUROBOLEARNING. `tono(frecuencia, duración)`: emite un sonido en el zumbador configurado anteriormente, de una cierta frecuencia en Hz y duración en ms. Se ha diseñado un programa a modo de ejemplo de uso de un zumbador (ejemplo 7a):

sketch\_nov28b.ino

```
1  #include <escornabot.h>
2  escornabot miescorni;
3  void setup() {
4    miescorni.buzzer(10);
5  }
6  Página 17 de 17
7  void loop() {
8    for (int x = 0; x < 1000; x = x + 100) {
9      miescorni.tono(x, 500);
10   }
11   for (int x = 1000; x >=0; x = x - 100) {
12     miescorni.tono(x, 500);
13   }
14 }
```

Figura 21. Código fuente.



# MANUAL DE USO DE IMPRESIÓN 3D

Autores

Mtro. Nilson Erick Galdámez Martínez

Téc. Jimmy Gerzon Ruíz Carmona

## CONTENIDO

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                  | 1  |
| 2. GUÍA DE FABRICACIÓN ADITIVA .....                                   | 4  |
| 2.1. ¿QUÉ ES LA FABRICACIÓN ADITIVA? .....                             | 4  |
| 2.2. ¿CÓMO FUNCIONA LA IMPRESIÓN 3D? .....                             | 5  |
| 2.3. ¿QUÉ ES EL PROTOTIPADO RÁPIDO? .....                              | 6  |
| 3. MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (FDM) .....                         | 6  |
| 3.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA IMPRESIÓN 3D .....                    | 8  |
| 3.2. OBTENER EL MODELO DIGITAL .....                                   | 9  |
| 3.3. EXPORTAR Y REPARAR EL ARCHIVO STL .....                           | 10 |
| 3.4. TEST, ORIENTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y G-CODE .....                    | 11 |
| 3.5. ANALIZAR LA PIEZA O MODELO .....                                  | 11 |
| 3.6. ESTRUCTURAS DE SOPORTE .....                                      | 12 |
| 3.7. RELLENO DEL MODELO .....                                          | 13 |
| 3.8. POSICIONAMIENTO Y ORIENTACIÓN .....                               | 14 |
| 3.9. GENERACIÓN DE G-CODE .....                                        | 15 |
| 3.10. IMPRESIÓN 3D .....                                               | 17 |
| 3.11. EXTRACCIÓN DE LAS PIEZAS .....                                   | 17 |
| 3.12. POST-PROCESADO .....                                             | 18 |
| 3.13. SOFTWARE NECESARIO PARA IMPRESIÓN 3D .....                       | 19 |
| 3.14. PROGRAMAS PARA EL DISEÑO .....                                   | 20 |
| 3.15. PROGRAMAS PARA PRUEBAS, ORIENTACIÓN Y REPARACIÓN .....           | 21 |
| 3.16. PROGRAMAS PARA GENERAR EL G-CODE .....                           | 21 |
| 3.17. FLUJO DE TRABAJO EN IMPRESIÓN 3D .....                           | 22 |
| 4. MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D .....                                    | 22 |
| 4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL .....                                         | 22 |
| 4.2. MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D PARA FDM .....                         | 23 |
| 5. LIMITACIONES DE LOS OBJETOS IMPRESOS .....                          | 24 |
| 5.1. LIMITACIONES DE LA FABRICACIÓN ADITIVA Y DE LA IMPRESIÓN 3D ..... | 24 |
| 5.2. TABLA DE LIMITACIONES PARA FDM .....                              | 26 |
| 6. EJEMPLO .....                                                       | 30 |
| 7. FUENTES .....                                                       | 37 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente manual ha sido creado para guiar a docentes de educación media a través de las complejidades y oportunidades que ofrece la tecnología de impresión tridimensional. Ya sea que seas un principiante que se embarca en su primera aventura de manufactura aditiva o un profesional experimentado en busca de optimizar tus habilidades y transmitirlos como instructor en esta rama, esta guía está diseñada tomando como base la recopilación de temas más importantes dentro de la impresión 3D; para proporcionarte todo el conocimiento necesario para perfeccionar tu experiencia de impresión 3D.

En el presente manual se recopila una serie de contenidos importantes para guiarte en la introducción hacia la impresión aditiva y las herramientas básicas que debes conocer. Dentro también están los elementos básicos del diseño y creación de figuras mediante impresión 3D.

### **La Revolución de la Impresión 3D**

La impresión 3D ha revolucionado el mundo del diseño y la manufactura al permitir la creación de objetos tridimensionales directamente a partir de modelos digitales. Esta tecnología ha transformado la manera en que diseñamos y producimos, ofreciendo posibilidades ilimitadas en diversos campos como la ingeniería, la medicina, la moda y el arte. La habilidad de transformar un concepto digital en un objeto tangible no solo acelera los procesos de desarrollo, sino que también reduce costos y personaliza la producción como nunca antes.

### **Objetivos del Manual**

Este manual busca proporcionar un recurso exhaustivo que cubra desde los aspectos básicos hasta las técnicas avanzadas de impresión 3D. Iniciaremos con una introducción a los componentes básicos de una impresora 3D y las diferentes tecnologías disponibles, discutiremos los materiales más comunes utilizados en la impresión, y revisaremos las mejores prácticas para lograr impresiones exitosas. Además, abordaremos temas cruciales como el mantenimiento de la impresora, la resolución de problemas y la aplicación de técnicas de post-procesamiento para mejorar la calidad de los modelos finales.

### **Elementos Fundamentales**

La impresión 3D combina elementos de software y hardware que trabajan juntos para producir un objeto físico:

1. **Modelado:** Todas las impresiones comienzan con un diseño digital, generalmente creado mediante software de modelado 3D. Estas aplicaciones permiten a los usuarios diseñar objetos con precisión increíble y exportarlos en formatos compatibles con impresoras 3D.
2. **Slicing:** Una vez diseñado el modelo, el siguiente paso es preparar el archivo para la impresión mediante un proceso denominado “slicing”, que transforma el modelo en capas planas que la impresora puede manejar.
3. **Impresión:** Aquí es donde la magia cobra vida. La impresora 3D va construyendo el objeto capa por capa, siguiendo las instrucciones provistas por el archivo 'sliced'. Este proceso puede variar dependiendo del tipo de impresora y el material utilizado.

### Conociendo tu Impresora 3D

Comprender bien el funcionamiento de tu equipo es esencial para aprovechar al máximo su potencial. Cada impresora tiene características únicas, por lo que este manual está adaptado a cubrir los aspectos técnicos relevantes de manera general, así como específicos donde sea necesario:

- **FDM (Fused Deposition Modeling):** La tecnología más común, utiliza filamentos plásticos que se funden capa por capa para formar un objeto.
- **SLA (Stereolithography) y DLP (Digital Light Processing):** Estas tecnologías emplean resinas fotopoliméricas que se solidifican mediante láseres o proyectores de luz.
- **SLS (Selective Laser Sintering\*):** Utiliza polvos que son sinterizados mediante láser para crear estructuras sólidas.

### Materiales Usados

La gama de materiales para impresión 3D incluye plásticos como el PLA y el ABS, resinas fotocurables, metales, y compuestos especiales, cada uno con sus propias ventajas y limitaciones. Una selección adecuada del material puede impactar significativamente en el rendimiento de la impresión y su aplicación final.

## **Mantenimiento y Solución de Problemas**

Mantener tu impresora 3D en perfecto estado es fundamental para garantizar un rendimiento óptimo y un ciclo de vida prolongado. También abordamos cómo identificar y resolver problemas comunes que pueden surgir durante el uso, como atascos de filamento, calibración incorrecta de la plataforma, o problemas de adherencia en la base de impresión.

Este manual está diseñado para empoderarte, inspirarte y proporcionarte todas las herramientas necesarias para hacer realidad tus ideas creativas a través de la impresión 3D. Al involucrarte plenamente en el proceso, descubrirás un mundo prácticamente ilimitado de innovación y diseño. Esperamos que disfrutes cada paso de este viaje y que la impresión 3D se convierta en un aliado valioso en tu arsenal creativo.

## 2. GUÍA DE FABRICACIÓN ADITIVA

### 2.1. ¿QUÉ ES LA FABRICACIÓN ADITIVA?

La fabricación aditiva o impresión 3D (como se llama comúnmente) es un proceso que crea objetos físicos a partir de un diseño digital. Hay diferentes tecnologías de impresión 3D y materiales con los que imprimir, pero todas están basadas en el mismo principio: un modelo digital es convertido en un objeto sólido físico tridimensional a base de añadir material capa a capa.

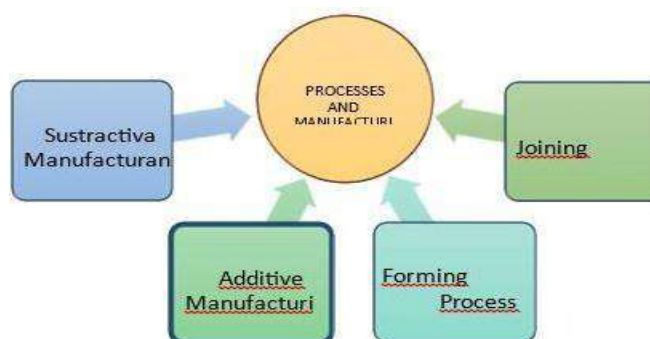
Es importante señalar desde el principio que la Fabricación Aditiva no constituye una única tecnología, sino que se trata de un conjunto de procesos de fabricación, muy diferentes entre sí, que comparten en común tres características:

- ✓ Son procesos de fabricación por adición de material para construir objetos sólidos tridimensionales.
- ✓ El objeto se construye superponiendo sucesivas capas de material.
- ✓ El objeto se hace a partir de un modelo 3D digital.

Son llamados procesos de Fabricación ADITIVA para diferenciarlos de los procesos convencionales.

Junto con estos, son parte de todo el conjunto de procesos disponibles en la Industria.

Algunas de las tecnologías de fabricación aditiva más usadas que mejor encajan en el área educacional serán descritas en los siguientes puntos de esta guía. Estas tecnologías son: Modelado por deposición fundida (FDM), Estereolitografía (SLA) y sinterizado láser selectivo (SLS).



Esquema 1: Técnicas y procesos de fabricación.

Figura 1. Diagrama del proceso.

## 2.2. ¿CÓMO FUNCIONA LA IMPRESIÓN 3D?

Todo empieza por crear u obtener un diseño virtual del objeto que quiere crearse. Este diseño virtual puede hacerse en un archivo CAD (diseño asistido por ordenador) usando un programa de modelado 3D (para la creación de un objeto totalmente nuevo) o usando un escáner 3D (para copiar un objeto existente). Un escáner 3D hace una copia 3D digital de un objeto. También hay muchos repositorios de archivos online donde pueden descargarse archivos 3D ya existentes que pueden ayudar a empezar.

El proceso de impresión 3D convierte en un objeto en muchas y pequeñas rebanadas, y luego las construye de abajo hacia arriba, rebanada a rebanada. Las capas se acumulan para formar el objeto sólido.

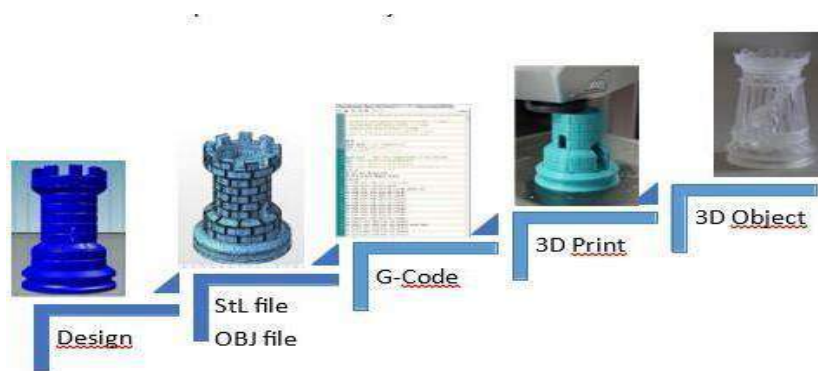


Figura 2. Esquema de impresión aditiva.

Algunas de las ventajas de la Fabricación Aditiva en comparación con procesos convencionales son:

- Menos pasos entre el modelo CAD y la producción de la pieza.
- Se necesita poca mano de obra debido al alto nivel de automatización.
- Mayor número de formas geométricas pueden fabricarse, permitiendo por ejemplo la producción de piezas con topología optimizada, con canales internos, etc.
- Fabricación de alta velocidad para piezas pequeñas y complejas.
- Generalmente menos desperdicio de material
- Posibilidad de reconstruir secciones dañadas de objetos existentes, dependiendo del material de la pieza.
- No son necesarias herramientas especiales.

## 2.3. ¿QUÉ ES EL PROTOTIPADO RÁPIDO?

El prototipado rápido es un proceso automatizado que rápidamente construye prototipos físicos a partir de archivos CAD 3D compuestos por superficies o modelos sólidos. Cualquier proceso de fabricación puede ser clasificado como sustractivo, de moldeo o aditivo. Todo proceso de fabricación encaja completamente en una de estas categorías, o es un proceso híbrido que en la caja en más de una. En el campo de la fabricación, la productividad se consigue guiando a un producto desde el concepto hasta el mercado de manera rápida y económica. Las tecnologías de prototipado rápido ayudan a este proceso.

Es importante no confundir el prototipado rápido de la impresión 3D o de la fabricación aditiva, porque estos conceptos son usados de manera indistinta y mal muchas veces. Puede decirse que la fabricación aditiva es una de las tecnologías con las que pueden producirse un producto prototipado rápido.

Es conveniente subrayar que cada tecnología y cada proceso tiene un punto de partida en común: diseño asistido por ordenador (CAD).

## 3. MODELADO POR DEPOSICIÓN FUNDIDA (FDM)

Las impresoras caseras trabajan normalmente con filamento de plástico. La tecnología detrás de esto, llamada normalmente Modelado por Deposición Fundida (FDM), es una tecnología de impresión 3D que trabaja extruyendo unos polímeros termoplásticos a través de una boquilla caliente, que se va depositando en una plataforma de construcción. El FDM también es considerado como una forma de fabricación aditiva, que es al mismo tiempo un "proceso de unión de materiales para crear objetos a partir de los datos de un modelo 3D, normalmente capa sobre capa". El proceso involucra un filamento de plástico que es alimentado por un carrete a la boquilla, donde el material es fundido y licuado y se "dibuja" en la plataforma. Tan pronto como toca la superficie de impresión, el filamento se endurece mientras se deposita gradualmente, siguiendo una cierta estructura, para crear finalmente la impresión 3D. Cuando una capa es dibujada, la plataforma desciende la altura de una capa para que la impresora sea capaz de empezar a trabajar en la siguiente capa.

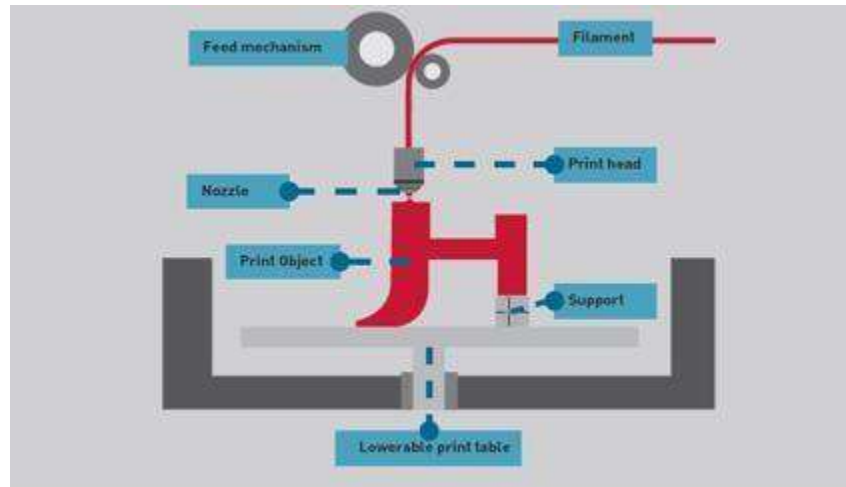


Figura 3. Filamento de impresora 3D

Hay muchos materiales diferentes que pueden ser usados para FDM. En primer lugar, están divididos entre las categorías industrial y consumidor. Los más comunes son el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), el PLA (Ácido Poli láctico) y el Nylon (Poliamida), pero otras variedades más exóticas de materiales pueden usarse también, como una mezcla de plástico y madera o carbón. Debido a que esta tecnología presenta algunos pros muy buenos, el FDM es con frecuencia usada en el área de prototipos no funcionales para producir piezas conceptuales, modelos funcionales, prototipos en general, fabricación de utillaje y piezas finales. Más específicamente, el FDM puede ser usado para la producción a bajo volumen y prototipos destinados a pruebas de forma, ajuste y funcionalidad.

Al mismo tiempo, es comúnmente usada en el sector aeroespacial, por ejemplo, para producir turbinas de viento. Los modelos anatómicos para uso médico también son adecuados para ser producidos con esta tecnología. Finalmente, el FDM está permitiendo lentamente el prototipado rápido de micro dispositivos biomédicos, el tipo de dispositivos que son usados a diario en hospitales, por ejemplo, por lo tanto, es fundamental, ya que se considera barato, pero al mismo tiempo muy seguro. Cuando se trata de tecnologías de impresión 3D, una de las primeras preocupaciones es la relacionada con su coste. Mientras que por lo general es el uso a largo plazo de los materiales lo que puede convertirse en un gasto serio, aquellos que desean adentrarse con el Modelado por Deposición Fundida tienen una ventaja desde el principio; de hecho, las máquinas de FDM se encuentran entre las más baratas y las más asequibles, especialmente para aquellos que desean utilizarla en un entorno doméstico.

En cuanto a la precisión, las impresiones 3D no alcanzan el mismo nivel de precisión y calidad que otros ítems que se han producido mediante el uso de la Estereolitografía. Dicho esto, el resultado se considera bastante cualitativo, según el sector donde la tecnología se aplique. La resolución depende principalmente del tamaño de la boquilla que se use. La precisión de la máquina es dependiente de los movimientos del extrusor en los ejes X e Y, pero hay otros factores que deben considerarse. Por ejemplo, la fuerza de unión entre las capas es más baja que en Estereolitografía. Consecuentemente, el peso de las capas puede comprimir capas inferiores, lo que puede influir e incluso comprometer la calidad de la impresión 3D.

### 3.1. PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA IMPRESIÓN 3D

A continuación, en este apartado, se van a describir los procesos y pasos necesarios para, partiendo de un diseño digital, conseguir una pieza real impresa.

Cabe decir que no hay un solo proceso válido para imprimir piezas en tres dimensiones. Lo que en esta guía se propone son una serie de pasos que deberán ser adaptados al tipo de pieza, la tecnología seleccionada, al tipo de máquina e incluso al software usado. Además, el proceso que se describe a continuación está en mayor medida pensado para impresoras de filamento fundido (FDM).

Es importante que los consejos que se dan en cada uno de los pasos del proceso son orientativos y tienen carácter general. Esto significa que no deben ser tomados al pie de la letra. En el proceso de producción para impresión 3D influye mucho la experiencia, las características de la pieza, la máquina usada... Seguramente alguien con muy poca o nula experiencia imprima muchas piezas con fallos, antes de dar con la clave. El proceso de producción, de un modo general, es el siguiente:

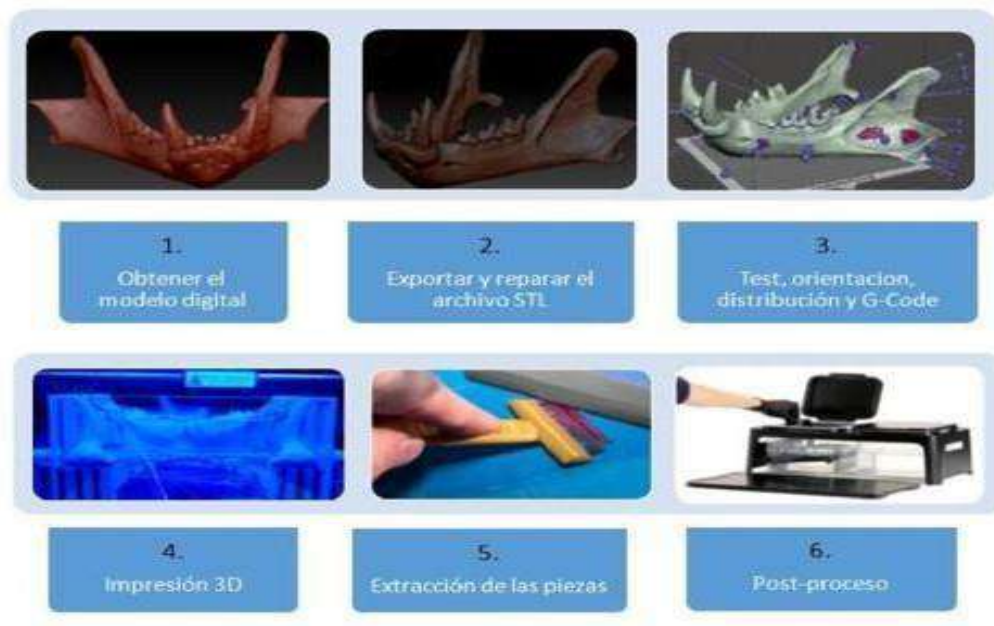


Figura 4. Pasos de impresión 3D

### 3.2. OBTENER EL MODELO DIGITAL

Para obtener el modelo 3D o modelo digital que se quiere imprimir se tienen varias posibilidades.

En concreto son tres:

- **Modelar la pieza usando un software CAD:** Con esta primera opción, para obtener el modelo tridimensional se debe usar un software de diseño asistido por ordenador (CAD). Existen infinidad de software tipo CAD con los que modelar, y no hay una opción mejor, si no que dependerá del usuario y sus habilidades con el software en cuestión.
- **Obtener la geometría mediante Ingeniería Inversa y escáneres 3D:** Mediante esta opción se usa un escáner 3D para obtener digitalmente la geometría de un objeto real. No es un proceso simple y se requiere de cierta habilidad y experiencia. Además, hay muchos tipos de escáneres 3D y suelen ser caros. El proceso de ingeniería inversa suele servir para copiar, mejorar o customizar objetos existentes, o también para incorporar superficies complejas a una pieza ya modelada en 3D.

- **Descargar el modelo de repositorios o pedir a alguien que lo diseñe por ti:** Si no se poseen conocimientos de diseño 3D asistido por ordenador, o no se posee el equipamiento necesario (o software o incluso conocimientos) para aplicar un proceso de ingeniería inversa, descargar el modelo de un repositorio o pedir a alguien que lo diseñe es la mejor opción. Dependiendo de si el repositorio es un repositorio de modelos para imprimir en 3D (ej.: Thingiverse) o un repositorio de modelos digitales más genérico (ej.: GrabCAD), el modelo que se descargue estará listo para imprimir o no.

En el siguiente tutorial pueden verse una serie de recomendaciones de diseño CAD a para la impresión 3D, dependiendo del material seleccionado:

<https://www.sculpteo.com/en/materials/materialsdesign-guidelines/>

Y en el siguiente link puede encontrarse más información y tutoriales sobre como modelar y preparar una pieza para ser impresa con distinto software CAD:

<https://www.sculpteo.com/en/tutorial/>

### 3.3. EXPORTAR Y REPARAR EL ARCHIVO STL

Cuando se trabaja con el diseño e impresión de modelos 3D pueden encontrarse gran variedad de formatos o tipos de archivos. Algunos sólo están pensados para el diseño, o el escaneo, pero otros están más asociados a la impresión 3D, como: STL, OBJ, PLY o FBX, entre otros. Dependiendo de la pieza modelada, del software, de las características de la impresora, etc. deberá usarse uno u otro. En esta guía, para unificar criterios se explicará cómo exportar y usar el archivo tipo STL.

Cuando la pieza ya está diseñada y modelada es necesaria una conversión de formato a esta extensión ".stl". Si la pieza se ha descargado de un repositorio, muchas veces esta conversión ya está implementada. Sin embargo, si se han usado software comerciales o libres CAD sí que es necesaria.

Normalmente, exportar un diseño CAD al formato STL es tan simple como ir al menú del software que se esté usando y clicar en "Guardar como..." o en "Exportar" y elegir STL. Algunas veces hay problemas durante la conversión a STL, ya sea porque el modelo no estaba pensado para la impresión 3D, ya sea porque el diseño en el programa CAD no se ha hecho correctamente, o por otras causas. Así pues, el modelo exportado puede tener ciertos fallos. Estos errores son de diversa índole: agujeros o huecos, triángulos al revés, caras o triángulos duplicados, caras o triángulos que se cortan, puntos o caras singulares (fuera del modelo), etc.

La reparación de un modelo digital se explica en el siguiente paso del proceso de producción en impresión 3D, ya que está muy ligada a la realización de diversos análisis a las piezas.

### 3.4. TEST, ORIENTACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y G-CODE

Esta fase del proceso de producción en impresión 3D trata sobre la preparación de las piezas o modelos digitales (ya exportados a STL) para ser impresas en 3D. Se trata de llevar a cabo el siguiente proceso, ordenadamente.

### 3.5. ANALIZAR LA PIEZA O MODELO

El análisis suele ser necesario cuando se trata de piezas relativamente complejas, o piezas cuyo origen se desconozca, o simplemente puede realizarse si se quiere estar seguros al cien por cien de que la pieza es apta para imprimirse en 3D. Además, un buen análisis permite detectar errores en la malla de triángulos que surge de la conversión a STL.

Estos análisis pueden ser llevados a cabo mediante cierto software, que también puede servir para otros propósitos, o no. Pueden llevarse a cabo análisis de:

- *Espesor*: El espesor recomendado dependerá de la máquina de impresión 3D usada (y consecuentemente de la tecnología usada). Algunas máquinas permiten mayores espesores que otras. Bastará con buscar la máquina usada en cuestión y ver qué espesores permite. De un modo general, para máquinas de filamento fundido (FDM) pueden considerarse espesores como mínimo de 1 milímetro, aproximadamente. Este parámetro no debe confundirse con el espesor de capa.
- *Agujeros o huecos*: El modelo que se quiera imprimir debe estar correctamente cerrado, o como suele decirse: estanco. Esto significa la malla triangular no debe tener agujeros o huecos, o lo que es lo mismo, que no debe haber vértices o puntos de triángulos "suelos"; todos deben contactar con otros triángulos.
- *Ángulos y partes en voladizo*: Mediante este análisis puede averiguarse, dependiendo de la tecnología y máquina seleccionada si el modelo o pieza

necesitará estructuras de soporte para ser impresa. En general, para impresoras FDM el ángulo de inclinación mínimo permitido es de 45°.

Finalmente, cabe destacar que muchos de los programas usados para analizar la pieza permiten, no sólo detectar los errores o problemas que presenta, si no que permiten también reparar, o lo que es mejor, auto reparar el modelo.

### 3.6. ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Para ciertas tecnologías (casi todas las que usan plástico), es necesario que, para vencer a la gravedad e imprimir partes en voladizo (o con huecos internos), se inserten estructuras de soporte en estas zonas. Suelen ser necesarias a partir de los 45 grados (para impresoras FDM).



Figura 5. Representación de soportes en impresión 3D.

Las estructuras de soporte suelen hacerse del mismo material que la pieza, aunque hay impresoras que poseen dos materiales: el de la pieza y el de las estructuras de soporte. De esta última manera, pueden usarse materiales de soporte solubles en ciertos líquidos.

Como están pensadas nada más que para sujetar las primeras capas del modelo que están en voladizo, las estructuras de soporte se construyen de forma más ligera y usando menos material que la pieza en sí. Además, así, dejarán menos marcas en la pieza, cuando se retiren. La mayoría de software existente, ya sea de análisis o del propio software de las máquinas de impresión, permiten dos opciones: o hacer un diseño de las estructuras de soporte, o calcular e insertar automáticamente estas estructuras.

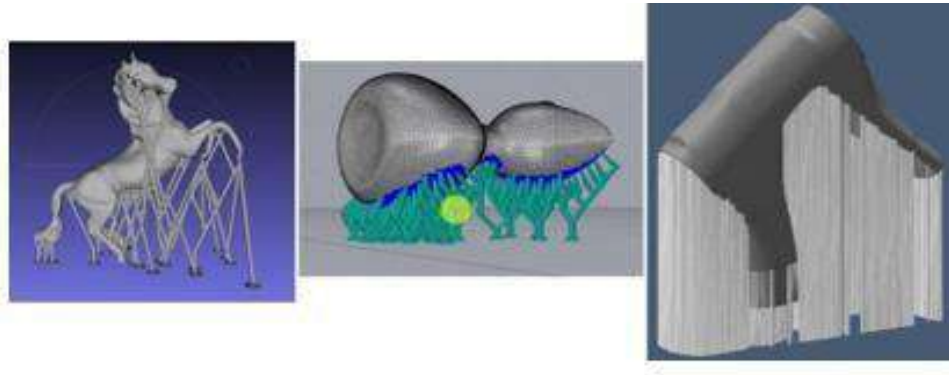


Figura 6. Ejemplos de modelado

Una buena guía para diseñar, saber usar, y cuánto y cuándo usar soportes puede encontrarse en el siguiente link: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/supports3d-printing-technology-overview>.

### 3.7. RELLENO DEL MODELO

Cuando se habla del relleno se habla de la estructura que es impresa por dentro del objeto. Es decir, si se pone el ejemplo de un simple cubo, las seis paredes externas serán impresas de un modo sólido, con cierto grosor, pero todo el interior del cubo no será sólido, si no que habrá que elegir el porcentaje del relleno, e incluso la forma geométrica que presenta dicho relleno.

También puede elegirse el patrón geométrico del relleno. Algunos son más resistentes que otros, pero de modo general puede dejarse el que por defecto aparezca en el software usado. Se elegirán porcentaje y forma del patrón en función de varios factores: peso total de la pieza, material usado, resistencia a conseguir, tiempo de impresión y a veces propiedades decorativas. De un modo general cuanto mayor sea el porcentaje de relleno más fuerte será la pieza impresa, pero más tiempo tardará en imprimirse. Un porcentaje de entorno al 15% suele ser suficiente.

Pueden verse algunos ejemplos (tanto en el software como en piezas impresas) a continuación):

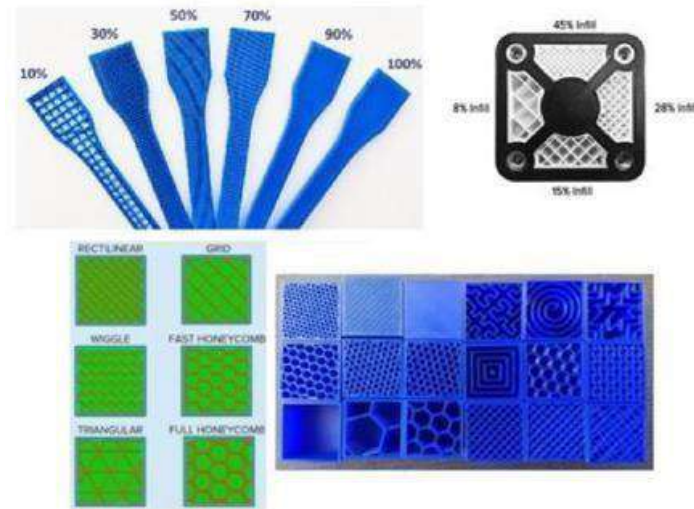


Figura 7. Rellenos en impresión 3D.

### 3.8. POSICIONAMIENTO Y ORIENTACIÓN

Decidir el posicionamiento y orientación de la pieza en la base de impresión o cama es una de las partes más importantes de todo el proceso. Es una decisión que influye en la calidad y propiedades de la pieza.

Hay que tener en cuenta que un posicionamiento u otro se hará dependiendo de la tecnología usada para imprimir (FDM, SLA, etc.). En esta guía se explicará pensando mayormente para impresoras de filamento fundido (FDM).

Uno de los criterios más usados para elegir el posicionamiento y la orientación es el de usar mínimo material (y conseguir menor tiempo de impresión). Esto se consigue de tal forma que las partes en voladizo se minimicen, con lo que consecuentemente se imprimirán menos estructuras de soporte y la pieza se construirá en menor tiempo. Sin embargo, a veces prima más la calidad a conseguir, por ejemplo, por lo que pueden elegirse orientaciones que no sean óptimas en cuanto a material y tiempo de impresión.

Algunos consejos, de modo general son:

- Centrar las piezas en la superficie de impresión o cama de impresión. Esto reducirá los movimientos del cabezal de impresión (y por tanto, el tiempo de impresión). Además, aumentará la calidad y precisión de la pieza, puesto que las plataformas de impresión suelen estar más calibradas y niveladas en su parte central y puesto que si están calefactadas, lo estarán más por el centro.
- Si hay superficies curvas o inclinadas, y se desea que se impriman con calidad, la pieza debe posicionarse de tal manera que esas superficies queden en el plano XY o plano horizontal, o lo más paralelas posible a este plano. De este modo se evitará el llamado efecto "stair-stepping" o escalonamiento, en el que las superficies inclinadas o curvas no quedan demasiado lisas y con calidad.
- Si la pieza tiene un agujero interno, o un agujero pasante, sería interesante colocarlo con su eje perpendicular a la cama de impresión, si se quiere conseguir buena calidad en dicho orificio.
- Una sección larga y plana impresa en el plano horizontal o XY puede sufrir deformación, lo que significa que sus bordes exteriores se enfrían y se contraen más rápido, causando que comben hacia arriba. A veces, conviene imprimir estas piezas de manera que su sección más larga quede perpendicular al plato de impresión.
- De modo general, la superficie superior de una pieza impresa tendrá el mejor acabado.
- Si se trata de piezas funcionales, que deben soportar esfuerzos o cargas, es mucho más probable que se deslaminen y fracturen cuando la tensión es perpendicular a la dirección de las capas.

### 3.9. GENERACIÓN DE G-CODE

Una vez se han implementado todos los pasos anteriores ya se está en disposición de generar lo que es conocido como G-Code o código máquina. Este código es la traducción de la pieza (y todos los parámetros que anteriormente se han configurado) en unas instrucciones que cada máquina pueda entender.

Antes, dependiendo del software usado, es muy posible que haya que elegir el **espesor de capa o altura de capa**. Este parámetro tiene mucha importancia también, e influirá significativamente en la calidad final de la superficie de la pieza. Una altura de capa pequeña resultará en mejor resolución o calidad, pero también en un mayor tiempo de impresión.

Es vital, por tanto, entender qué es más importante: la estética o una impresión rápida y más barata. A veces, las diferencias entre dos piezas idénticas, pero con alturas de capa de 100 micras y 200 micras son difíciles de distinguir, pero la de 100 micras tardará el doble en imprimirse y costará más. Por tanto, es imprescindible saber cuál es la aplicación final de una pieza. También es decisivo la cantidad de curvas y ángulos de la pieza, puesto que la altura de capa es más perceptible en estas partes que en paredes rectas.



Figura 8 tipos de relleno en impresión 3D.

Para finalizar con este tema de la altura de capa, cabe decir que para cada máquina y tecnología solo se podrá elegir entre un rango de valores de alturas de capa. Por ejemplo, para FDM un rango muy común es de 50 a 300 micras (0.05 a 0.3 milímetros). Así pues, llegados a este punto se debe generar el G-Code, y esto puede hacerse con diverso software. Probablemente, alguno de los programas que se vayan a usar ha podido utilizarse ya en etapas anteriores. El programa corta el modelo en "rebanadas" horizontales o capas, generando las trayectorias que el cabezal de la máquina debe seguir. También calcula la cantidad de material (en peso y a veces en metros) y el tiempo de impresión estimado.

Con el programa que se haya usado, se exporta el G-Code y se guarda, ya sea en una tarjeta SD o en un "Pen Drive". O también puede ser enviado directamente a la máquina, dependiendo de ésta y del software usado.

Para concluir esta parte, cabe destacar que hay muchos parámetros que pueden cambiarse:

espesor de las paredes exteriores, velocidades de impresión, temperatura de impresión y de la plataforma, caudal, etc. Pero son parámetros cuya edición se deja a usuarios con mucha experiencia, por lo que se aconseja dejar como vienen por defecto.

### 3.10. IMPRESIÓN 3D

Ahora que ya se ha obtenido el código máquina se puede llevar a cabo la impresión 3D en sí.

Hay ciertas cosas que hay que comprobar y hacer antes de imprimir.

Para impresoras FDM debe comprobarse tanto la plataforma o cama, como el extrusor están caliente (el software o la impresora lo hacen automáticamente cuando se manda la pieza a imprimir). Y también es altamente recomendable usar algún tipo de laca para facilitar la extracción de la pieza. Se ruega que, debido a los muchos tipos de máquinas, cada usuario lea las instrucciones para también saber cómo colocar el filamento en la impresora, por ejemplo. Así pues, se manda el código a la máquina y se deja que trabaje.

### 3.11. EXTRACCIÓN DE LAS PIEZAS

Cuando la impresora haya acabado su trabajo, es el momento de llevar a cabo el proceso de extracción de la/s piezas/s. Una vez más, dependiendo de la máquina y fundamentalmente, de la tecnología y los materiales usados, los procesos de extracción variarán.

Para impresoras de filamento fundido (FDM), las piezas suelen ser extraídas a mano, o con algún utensilio tipo cuchilla. También es posible adquirir plataformas flexibles que facilitan la extracción. Incluso puede hacerse con otros métodos como: usando disolvente, con diferencia de temperatura (frío) o por ejemplo con hilo dental.

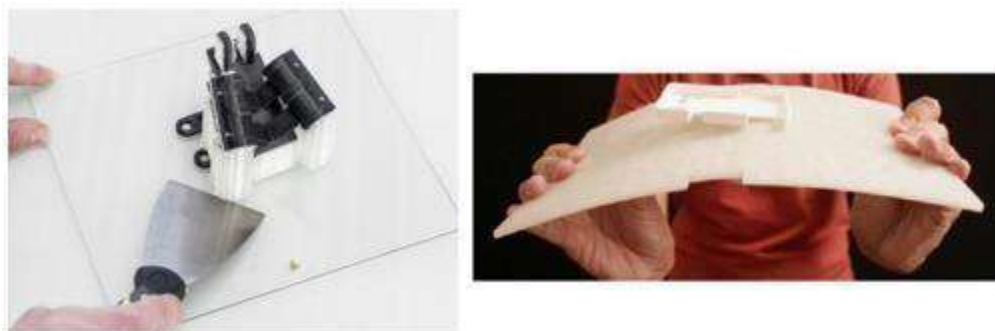


Figura 9. Formas de extraer la pieza impresa.

### 3.12. POST-PROCESADO

Para muchas piezas es necesario un proceso de acabado, que una vez más, varía con el tipo de tecnología y el tipo de máquina. Incluso para algunas tecnologías y máquinas es absolutamente necesario.

En primer lugar, cabe decir que muchas de las piezas que se impriman no tienen por qué necesitar una etapa de post-procesado. O a algunas solamente les hará falta quitarle las estructuras de soporte de manera mecánica. Hay muchísimos procesos de acabado y post- procesos en general:

- Quitar soportes: Puede hacerse de manera mecánica, como ya se ha dicho, o bien por medio de un baño en ciertos disolventes (o incluso en agua), si el material de impresión es el adecuado.



Figura 10. Extracción de soporte.

- Lijado: Es un proceso a aplicar cuando ya se han retirado las estructuras de soporte. Pueden elegirse diferentes grosores de lija.
- Pulido: Si se quiere dotar a la pieza de una superficie "de espejo" es necesario pulir dicha pieza. Se necesitará lijar la pieza con una lija de grano 2000 previamente. Hecho esto se limpiará el polvo perfectamente y se pulimentará con un paño de microfibra y un esmalte especial, que produzca un brillo de larga duración. También hay ruedas rotativas lijadoras y pulidoras.
- Revestimientos: Todas las piezas son susceptibles de aplicar un revestimiento. En el caso de pinturas suele aconsejarse primero una capa de imprimación y para luego pintar con aerosoles, acrílicos o aerógrafos.

También está la opción de aplicar geles epoxi, revestimientos de metal, etc.



Figura 11. Forma final de la impresión

Hay muchos más procesos de acabado: granallado, suavizado con vapor de acetona...  
Para conocer más post-procesos para la tecnología FDM puede visitarse el siguiente link: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/post-processing-fdm-printed-parts>

### 3.13. SOFTWARE NECESARIO PARA IMPRESIÓN 3D

Hay diferente software para cada forma de crear el objeto 3D, así como para cada fase del proceso. Para saber qué software tiene la mayor afinidad y satisface más las necesidades, es necesario estudiar y evaluar cuál es el más apropiado para tu manera de trabajar y tu nivel técnico.

El proceso para obtener el objeto 3D está compuesto de 3 fases: Diseñar el objeto, Reparar/Generar el G-Code e Imprimir.

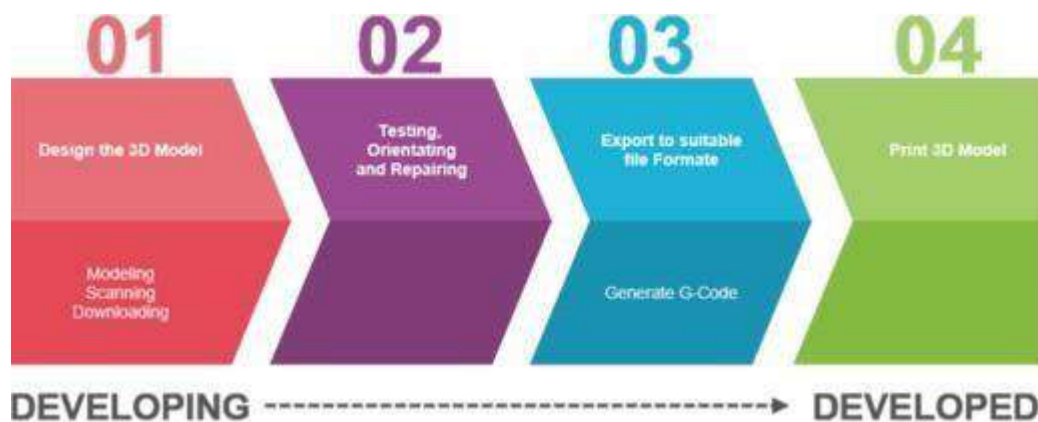


Figura 12. Software de impresión 3D

Cierto software es capaz de hacer todo el proceso, lo que significa que tiene herramientas para la creación 3D del objeto, la verificación y reparación, y hasta la generación del G-Code. A

continuación se explica el software disponible para la creación del objeto 3D; está dividido en 3 grupos.

### 3.14. PROGRAMAS PARA EL DISEÑO

Hay tres maneras de crear un objeto 3D: Modelándolo, Escaneándolo y Descargándolo de repositorios que estén disponibles online.

#### Modelar

Muchos programas pueden ser usados para crear o dibujar un Modelo 3D desde el principio. Tienen diferentes niveles de complejidad, y también diferentes licencias. Para elegir cuál de ellos se acerca a tus necesidades de trabajo y encaja con tus habilidades, hay una lista a continuación, con una breve descripción y enlaces, para que pueda conocerse más de ellos.

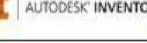
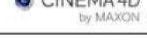
| Software libre                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Su interfaz potente pero fácil de usar lo hace ideal para principiantes en modelado 3D.                                                                                                                                                                               | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=vpv7TrGnZ17w">https://www.youtube.com/watch?v=vpv7TrGnZ17w</a>                                                                                     |
|  | Software "Open Source" y gratis para diseñar en 3D. También es usado para animación, renderizado y edición de video.                                                                                                                                                  | <a href="https://www.blender.org/support/tutorials/">https://www.blender.org/support/tutorials/</a>                                                                                         |
|  | Modelador 3D paramétrico. Es fácil modificar diseño usando el histórico del modelo y cambiando los parámetros. El programa es multi-plataforma (Windows, Mac OS, y Linux) y lee y guarda en varios tipos de formatos abiertos.                                        | <a href="https://www.freecadweb.org/wiki/Draft_tutorial#Tutorial">https://www.freecadweb.org/wiki/Draft_tutorial#Tutorial</a>                                                               |
|  | Modelador de subdivisión avanzado es poderoso y fácil de usar. Es de código abierto y completamente gratis.                                                                                                                                                           | <a href="http://www.wings3d.com/?page_id=252">http://www.wings3d.com/?page_id=252</a>                                                                                                       |
| Software comercial – Versión estudiantil                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                             |
|  | Software CAD y de dibujo aplicado a diseño 2D y 3D.                                                                                                                                                                                                                   | <a href="https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/getting-started?sourcecode">https://knowledge.autodesk.com/support/autocad/getting-started?sourcecode</a>                           |
|  | Este software de CAD 3D profesional ofrece una serie de herramientas fáciles de usar para diseño mecánico 3D, documentación, simulación de producto y prototipo digital.                                                                                              | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=IEhFEeR5ls">https://www.youtube.com/watch?v=IEhFEeR5ls</a>                                                                                         |
|  | Revit está específicamente hecho para Modelado de Información de Construcción (BIM), potenciando el diseño y la construcción profesional para llevar ideas desde el concepto a la construcción con un enfoque coordinado y consistente basado en el modelo.           | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=PR0BVU9tSN0&amp;list=PLAQZFR75sdgX_v1enJjlexCkMeMoBCON">https://www.youtube.com/watch?v=PR0BVU9tSN0&amp;list=PLAQZFR75sdgX_v1enJjlexCkMeMoBCON</a> |
| Software comercial                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                             |
|  | Es una solución de diseño 3D para la creación rápida de piezas, ensamblajes y dibujos 2D. Posee herramientas específicas para chapa metálica, soldadura, superficies y moldeado, y hace que sea fácil entregar los mejores diseños de cada tipo.                      | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=LAdn7k8WQg&amp;list=PLR0UP1bV8REQuL7R5xcQkK_Mq-pW_KMa">https://www.youtube.com/watch?v=LAdn7k8WQg&amp;list=PLR0UP1bV8REQuL7R5xcQkK_Mq-pW_KMa</a>   |
|  | Es el software líder para diseñar, simular, analizar y fabricar productos en una gran variedad de industrias.                                                                                                                                                         | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=gQbqbm8U7k">https://www.youtube.com/watch?v=gQbqbm8U7k</a>                                                                                         |
|  | Aplicación de modelado 3D, animación, gráficos y renderizado, capaz de modelado de procedimiento y poligonal/subdivisión, animación, iluminación, texturización, renderizado, y con las características comunes que se encuentran en las aplicaciones de modelado 3D. | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=iLQs8fp2xov&amp;list=PLT2hWSINdIMs3aivQJauufoCPBlai_c">https://www.youtube.com/watch?v=iLQs8fp2xov&amp;list=PLT2hWSINdIMs3aivQJauufoCPBlai_c</a>   |

Tabla 1: Software para diseñar un modelo 3D

### Escanear

Usando un escáner 3D se puede capturar una copia digital de un objeto físico del mundo real. Diferentes tecnologías son capaces de escanear un objeto para crear un Modelo 3D, como, por ejemplo: "time-of-flight", luz modular/estructurada, escaneado volumétrico, etc.

### Descargar

La tercera posibilidad de conseguir un Modelo 3D es descargándolo de páginas web de repositorios, ya esté listo para imprimir o ya necesite una pequeña corrección.

## 3.15. PROGRAMAS PARA PRUEBAS, ORIENTACIÓN Y REPARACIÓN

Antes de imprimir el Modelo 3D, es necesario analizar el modelo 3D. Esto mostrará si alguna parte no puede ser impresa o si hay algún fallo. Entonces es posible reparar, reducir o incrementar los triángulos que forman la superficie que será impresa, y cortar el modelo en partes si es necesario.

Hay cierto software disponible para hacer esta parte del proceso y abajo puede encontrarse una lista con los más usados:

|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>AUTODESK®<br/>NETFABB®</b> | <a href="https://knowledge.autodesk.com/support/netfabb?p=NETF&amp;skill=Beginner&amp;sort=score&amp;page=1&amp;v=2017">https://knowledge.autodesk.com/support/netfabb?p=NETF&amp;skill=Beginner&amp;sort=score&amp;page=1&amp;v=2017</a> |
|  <b>Meshlab</b>                | <a href="http://www.meshlab.net/#support">http://www.meshlab.net/#support</a>                                                                                                                                                             |
|  <b>AUTODESK<br/>MESHMIXER</b> | <a href="https://www.mmmanual.com/">https://www.mmmanual.com/</a>                                                                                                                                                                         |

*Tabla 2: Software para probar, orientar y reparar modelos 3D.*

## 3.16. PROGRAMAS PARA GENERAR EL G-CODE

G-Code es un lenguaje por el cual se le dice a una máquina computerizada cómo hacer algo. Este "cómo" se define por instrucciones de a dónde moverse, cómo de rápido moverse, y qué camino seguir. El G-Code puede ser generado con diferentes softwares como Skeinforge, Cura, Slic3r... Uno de los más usados es Slic3r. Es una herramienta necesaria para convertir un modelo 3D en unas instrucciones de impresión (G-Code) para la impresora. Corta el modelo en rebanadas horizontales (capas), genera las trayectorias para rellenarlas y calcula

la cantidad de material a extruir. Es posible escalar, rotar, dividir o cortar el objeto, y también añadir soportes.

### 3.17. FLUJO DE TRABAJO EN IMPRESIÓN 3D

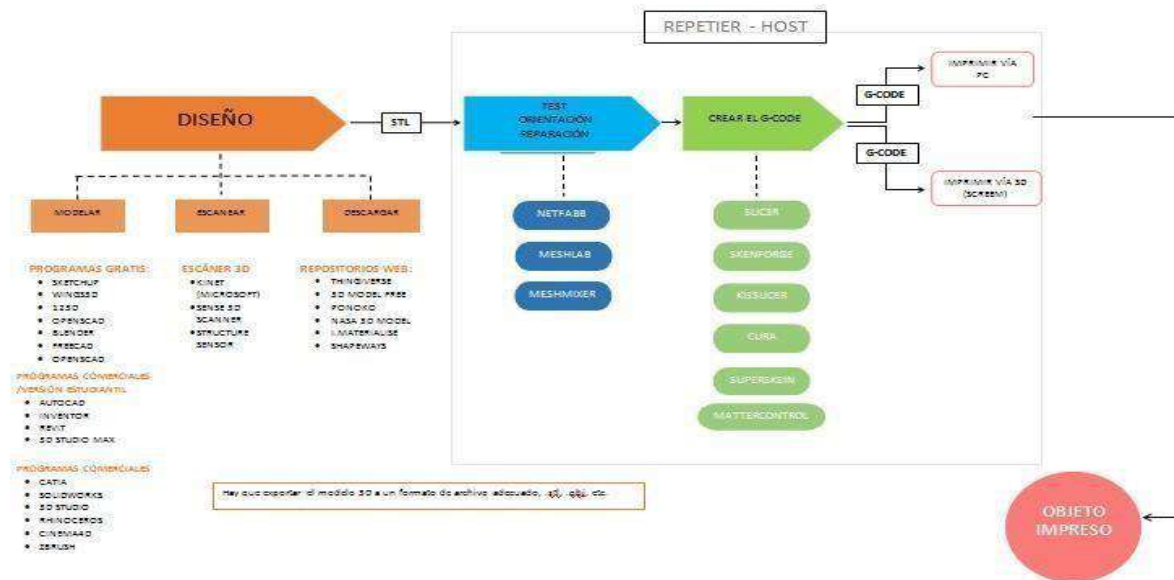


Figura 13. Diagrama del flujo de trabajo en impresión 3D.

## 4. MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D

### 4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

En lo que se refiere a la impresión 3D, los materiales suelen ser una de las decisiones más importantes. Las tecnologías anteriores a la Fabricación Aditiva hacían uso de ciertos materiales que demostraron no ser lo suficientemente resistentes y que se degradaban rápidamente. Con el tiempo, los conocimientos sobre impresión 3D han estado ampliándose y se han expandido por todo el mundo. Con más personas interesadas y la idea de que esta tecnología tiene el potencial correcto para liderar nuevas e innovadoras maneras de fabricar, estudios y análisis más profundos se están llevando a cabo y nuevos materiales se han creado.

Algunos ejemplos están visibles en 3dhubs.com, un portal que ofrece servicios de impresión 3D en un nivel global:

- **Plástico prototipo**, adecuado para prototipos rápidos y económicos;

- **Resina de alto detalle**, adecuado para diseño intrincados y esculturas;
- **Nylon SLS**, para prototipos funcionales y piezas finales;
- **Nylon reforzado con fibras**, para piezas fuertes de ingeniería;
- **Plástico rígido opaco**, para prototipos realistas con alta precisión;
- **Plástico de goma**, simulando gomas;
- **Plástico transparente**, para crear piezas y prototipos transparentes;
- **ABS simulado**, con una alta precisión y para moldes funcionales;
- **Arenas a todo color**, para modelos foto-realistas;
- **Metales para industria**, para prototipos y piezas finales.

## 4.2. MATERIALES DE IMPRESIÓN 3D PARA FDM

En cuanto al **Modelado por Deposición Fundida** (FDM), algunos de los materiales más populares son:

- Filamentos Termoplásticos.
- PLA: Fácil de imprimir, muy preciso, bajo punto de fusión, rígido. Bueno para muchas cosas, pero no para aplicaciones de calor.
- ABS: Tiende a deformarse, fuerte y algo flexible. Usado para muchas piezas mecánicas.
- PETG: Fácil de imprimir y preciso, tiende a deshilacharse, buena adhesión de capa.
- TPU: Polímero flexible; buena impresión, aspecto de goma rígida.
- Nylon: Fuerte y flexible; filamento especial para impresoras.
- Policarbonato: Indescribiblemente fuerte, alta deformación, alta temperatura y humo tóxico [Paul Chase, 3D Printing 101. 2016.]

En cuanto al PLA y al ABS, no hay límite en lo que puede hacerse con ellos. Por ejemplo, pueden ser mezclados. Representan una mejor solución que usar un material de plástico puro; esto es, de hecho, relativamente caro, y de una baja resistencia y durabilidad. Los productos finales pueden ser fácilmente deformados. Así pues, los plásticos no hacen al FDM rentable, ni permiten a la tecnología ser aplicada en aplicaciones funcionales y de soporte de cargas, especialmente en una producción a gran escala.

Los filamentos de ABS, en cambio, pueden tomar gran variedad de formas y pueden ser diseñados para tener muchas propiedades. Por lo tanto, son fuertes, pero también flexibles; pueden ser lijados y mecanizados, además puede añadirse acetona para aplicar brillo a las piezas mediante cepillado o sumergiéndolas en esta. Una primera comparación entre el ABS y el PLA es que los primeros son mucho más fáciles de reciclar, otra razón de por qué la mayoría de los ingenieros preferiría usar este tipo de material.

## 5. LIMITACIONES DE LOS OBJETOS IMPRESOS

En este apartado se pretenden mostrar las limitaciones tanto de la fabricación aditiva y de la impresión 3D en general, como las limitaciones particulares de cada tecnología, poniendo el foco algo más en la tecnología de *Modelado por Deposición Fundida* (FDM).

### 5.1. LIMITACIONES DE LA FABRICACIÓN ADITIVA Y DE LA IMPRESIÓN 3D

A pesar de los avances obvios que esta tecnología puede llevar a la industria debido a sus ventajas indiscutibles, hay limitaciones que hacen que la fabricación aditiva no esté implementada en algunos sectores.

Las limitaciones actuales son debidas a los propios procesos de fabricación aditiva, que todavía pueden mejorarse, así como a los procesos auxiliares (manipulaciones previas del material, post- procesos, control de calidad...) que en muchos casos condicionan la viabilidad. La falta de conocimiento en cómo diseñar los productos y cómo reorientar las empresas para integrar con éxito estas nuevas tecnologías también influye.

Algunas de estas limitaciones son las siguientes:

**Tecnologías en desarrollo:** Muchas de las tecnologías se encuentran en continuo desarrollo. Algunas de ellas todavía se encuentran en fases iniciales de desarrollo. En pocos años, una máquina puede quedar desfasada o desactualizada.

**Disponibilidad y coste de la materia prima:** Conseguir el suministro de materiales en algunos puntos puede ser complicado. También, algunos materiales son bastante caros, si se buscan propiedades muy específicas. El material más básico y barato suele ser plástico.

**Inversión inicial:** Las impresoras FDM de escritorio suelen ser baratas, pero para otras tecnologías, y si se buscan mayores tamaños de máquina, la inversión inicial puede ser muy elevada.

**Tamaño de las piezas:** El tamaño de las piezas a producir es el del plato de impresión. Si bien es cierto que muchas piezas grandes pueden trocearse y luego unirse.

**Producción en masa no rentable:** La fabricación aditiva y la impresión 3D están pensadas para series muy cortas de piezas (1 - 10 unidades, por ejemplo). Para series más largas, la producción con estas tecnologías no resulta rentable.

**Acabados y precisión:** En general, conseguir muy buen acabado y muy buena precisión será caro. Es decir, habrá que recurrir a tecnologías y máquinas más caras. Además, las piezas pueden requerir de post-procesos y otras máquinas y subprocesos especiales.

**La obtención de los ficheros digitales:** Si se desean piezas específicas y muy personalizadas, es necesario poseer conocimientos avanzados de diseño CAD. La mayoría de las veces los repositorios de archivos CAD no son suficientes. Lo mismo pasa con el escáner 3D; son caros y utilizarlo requiere de ciertos conocimientos.

## 5.2. TABLA DE LIMITACIONES PARA FDM

| LIMITACIONES                   |                                                                                                  |                                                                                       |                                    |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| NOMBRE                         | DESCRIPCIÓN                                                                                      | DIBUJO                                                                                | FDM                                |
| Paredes con soporte            | Paredes que están conectadas al resto de la impresión en al menos dos lados.                     |    | 0.8 mm                             |
| Paredes sin soporte            | Las paredes sin soporte están conectadas con el resto de la impresión en menos de dos lados.     |    | 0.8 mm                             |
| Soportes y voladizos           | El ángulo máximo que puede ser impresos sin requerir soportes.                                   |    | 45°                                |
| Detalles en relieve y grabados | Características en el modelo que pueden ser elevadas o empotradas bajo la superficie del modelo. |    | 0.6 mm de ancho y 2.00 de alto     |
| Puentes horizontales           | El puente que una tecnología puede imprimir sin la necesidad de soportes.                        |    | 10 mm                              |
| Agujeros                       | El diámetro mínimo con el que una tecnología puede imprimir con éxito un agujero.                |   | 2 mm                               |
| Partes conectadas / móviles    | El espacio recomendado entre dos partes móviles o conectadas.                                    |  | 0.5 mm                             |
| Detalles mínimos               | El tamaño mínimo recomendado para un detalle para asegurar que no fallará al imprimirse.         |  | 2 mm                               |
| Diámetro de un pin             | El mínimo diámetro de un pin al que puede imprimirse.                                            |  | 3 mm                               |
| Tolerancia                     | La tolerancia esperada de una tecnología específica.                                             |  | ± 0.5% (límite por abajo ± 0.5 mm) |

Tabla 3: Tabla comparativa.

### INTRODUCTION TO THE LIMITATIONS OF FDM TECHNOLOGY

Profundizando un poco más en la tecnología FDM a continuación se muestran algunas de sus limitaciones en detalle y se proponen algunos métodos que pueden implementarse en la etapa del diseño para minimizar el impacto de estas limitaciones cuando se imprime un objeto.

## **PUENTES**

Los puentes en FDM ocurren cuando se requiere que la impresora imprima entre dos soportes o puntos separados. Debido a que la primera capa impresa no ofrece soporte (no hay nada sobre lo que construir) y se requiere "puentear" un hueco, el material tenderá a hundirse. Los puentes ocurren más frecuentemente en los ejes de agujeros horizontales que se encuentran en las paredes de los objetos o en la capa superior (o "techo") de piezas huecas.

Una solución para reducir el impacto de los puentes es reducir la distancia del puente, pero esto dependerá de las restricciones de diseño de la pieza. Otra solución para evitar el hundimiento es incluir soportes. Éstos ofrecen una plataforma de construcción temporal para construir las capas de los puentes. El material de soporte se elimina cuando la impresión ha sido completada. Esto puede dejar marcas o daños sobre la superficie dónde los soportes conectan con la pieza final.

## **AGUJEROS VERTICALES**

El FDM a menudo imprimirá agujeros verticales de tamaño inferior. El proceso general para imprimir un agujero y la razón de porqué la reducción en diámetro ocurre es:

1. Conforme el inyector imprime el perímetro de un agujero vertical, comprime la capa recién impresa sobre las capas construidas recientemente para ayudar a mejorar la adhesión.
2. La fuerza de compresión del inyector deforma la forma de la capa redondeada en una forma más ancha y plana (ver imagen de abajo).
3. Esto incrementa el área de contacto con la capa impresa previamente (mejorando la adhesión), pero también incrementa el ancho del segmento extruido.
4. El resultado de esto es una reducción del diámetro del agujero que se está imprimiendo.

Esto puede ser un problema en particular cuando se imprimen agujeros de pequeño diámetro donde el efecto es mayor debido al ratio diámetro del agujero y diámetro del extrusor. El tamaño inferior dependerá de la impresora, del software de rebanado, del tamaño del agujero y del material. A menudo, la reducción del diámetro de los agujeros

verticales se tiene en cuenta en el software de rebanado, pero la precisión puede variar y ciertas pruebas de impresión pueden ser necesarias para conseguir la precisión deseada. Si un alto nivel de calidad es requerido, taladrar el agujero después de imprimirlo puede ser necesario.

## **VOLADIZOS**

Los problemas con los voladizos son uno de los problemas de impresión más comunes relacionados con el FDM. Los voladizos ocurren cuando la capa impresa del material sólo está parcialmente soportada por la capa de debajo. De manera similar a los puentes, el soporte inadecuado proporcionado por la superficie de debajo de la capa construida puede resultar en una pobre adhesión de capa, abombamiento o curvatura.

Un voladizo puede ser impreso sin pérdida de calidad hasta los 45 grados, dependiendo del material. A los 45 grados, la nueva capa impresa se soporta por el 50% de la capa previa. Esto permite suficiente soporte y adhesión sobre lo que construir. Por encima de 45 grados se requiere soportes para asegurar que la nueva capa impresa no caiga hacia abajo y lejos de la boquilla.

Otro problema que ocurre cuando se imprimen voladizos es el rizado. La nueva capa impresa se vuelve cada vez más delgada en el borde del voladizo, lo que resulta en una diferencia de enfriamiento causando que se deforme hacia arriba.

## **ESQUINAS**

Debido a que la boquilla de impresión en FDM es circular, las esquinas y los ejes tendrán un radio igual al tamaño de la boquilla. Esto significa que estas características nunca serán perfectamente cuadradas.

Para ejes y esquinas afiladas, las primeras capas de una impresión son particularmente importantes. Como se ha mencionado arriba para agujeros verticales, conforme el inyector imprime cada capa, comprime el material de impresión hacia abajo para mejorar la adhesión. Para la primera capa impresa, esto crea a veces un brote llamado "pie de elefante". Puede tener impacto en la capacidad para ensamblar piezas de FDM debido a que sobresale fuera de las dimensiones especificadas.

Otro problema que a menudo está presente en relación con la primera capa impresa en FDM es el pandeo o "warping". El ABS es más vulnerable al pandeo debido a su alta temperatura de impresión comparado con el PLA. La capa base es la primera capa que se imprime y enfría conforme las otras capas calientes se imprimen encima. Esto causa un enfriamiento diferencial y puede resultar en que la capa base se pandee hacia arriba del plato de impresión conforme se encoge y contrae.

La adición de un chaflán o un radio a lo largo de los ejes de la pieza que están en contacto con el plato de impresión reducen el impacto de estos problemas. Esto ayudará también a retirar el componente del plato de impresión una vez la pieza se ha completado.

### **PINES VERTICALES**

Los pines verticales son frecuentemente impresos en FDM cuando se requiere ensamblar partes o alinearlas. Considerando que estos factores son frecuentemente funcionales, es importante entender el tamaño de los pines verticales que el FDM puede imprimir con precisión.

Pines más grandes (más de 5 mm de diámetro) son impresos con un perímetro y relleno, permitiendo una conexión fuerte con el resto de la impresión. Pines más pequeños (menos de 5 mm de diámetro) pueden ser impresos perimetralmente sin relleno. Esto crea una discontinuidad entre el resto de la impresión y el pin, resultando en una conexión débil que es susceptible de romperse. En el peor escenario, los pines pequeños pueden no imprimirse del todo ya que no hay suficiente material de impresión al que las nuevas capas se adhieran. Frecuentemente una correcta calibración de la impresora (altura de capa óptima, velocidad de impresión, temperatura de extrusión, etc.) pueden reducir la probabilidad de que fallen los pines pequeños. Añadir un radio a la base del pin eliminará ese punto como un concentrador de tensiones y aportará fuerza. Para pines críticos de menos de 5 mm de diámetro, un pin fuera de la plataforma insertado en el agujero impreso puede ser la solución óptima.

### **DISEÑO AVANZADO**

Algunos aspectos a considerar cuando se imprime con FDM son cómo reducir la cantidad de soporte requerido o la orientación y dirección de la pieza a imprimir en

la plataforma.

A menudo, dividir el modelo puede reducir su complejidad, ahorrando tiempo y dinero. Los voladizos que requieren grandes cantidades de soporte pueden ser eliminados simplemente dividiendo una forma compleja en secciones que son impresas individualmente. Si se desea, las secciones pueden ser pegadas una vez la impresión se ha completado.

### **ORIENTACIÓN DEL AGUJERO**

El soporte para agujeros se evita mejor cambiando la orientación de la impresión. Eliminar los soportes en agujeros horizontales puede ser a menudo difícil, pero rotando la dirección de construcción 90 grados, la necesidad de soportes se elimina. Para componentes con agujeros múltiples en diferentes direcciones, hay que priorizar los agujeros ciegos, luego agujeros de diámetros más pequeños a más grandes, y luego el tamaño de agujero.

### **DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN**

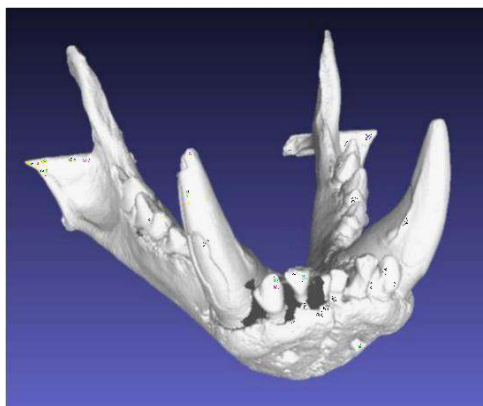
Debido a la naturaleza anisotrópica de la impresión por FDM, entender qué aplicación tiene un componente y cómo se construye es crítico para el éxito del diseño. Los componentes por FDM son inherentemente más débiles en una dirección debido a la orientación de las capas.

## **6. EJEMPLO**

En este apartado se pretende mostrar, mediante un ejemplo real, todos los pasos a seguir para, partiendo de un modelo o fichero digital, conseguir una pieza real impresa.

El ejemplo que va a ser expuesto a continuación trata sobre un proyecto de reproducción de patrimonio. Surge de la necesidad de hacer accesible a personas invidentes ciertas piezas del Museo de Historia Natural de Valencia. Concretamente, se trata de la mandíbula inferior de un tigre. El proyecto comienza con el escaneo tridimensional de la mandíbula original, obteniéndose

un modelo digital. Es a partir de aquí dónde empezará este ejemplo.

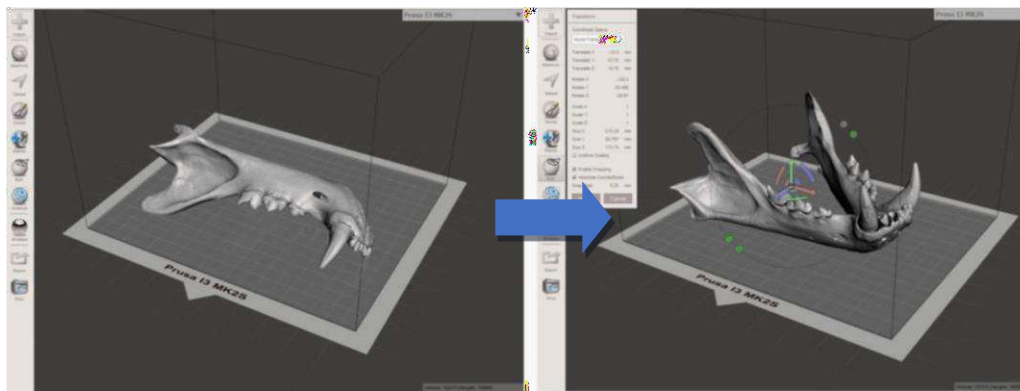


*Figura 14: Modelo digital resultante del escaneo en 3D.*

Sea cual sea el formato en el que esté el archivo, debe exportarse a STL, tal y como se ha visto en apartados anteriores.

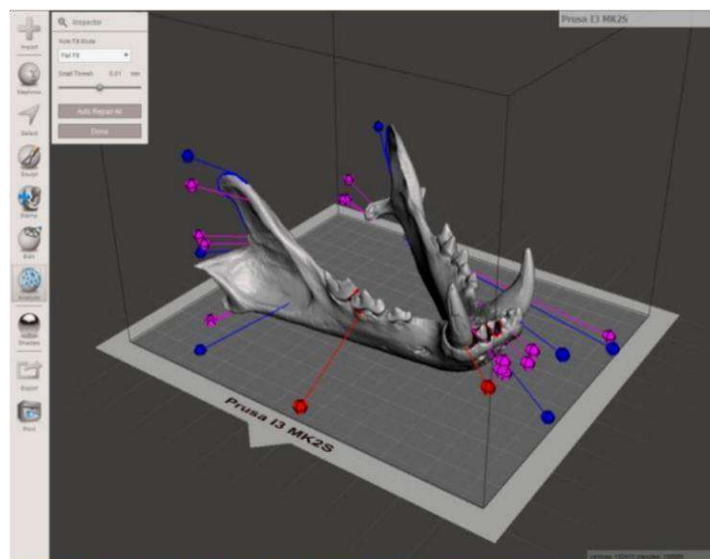
Como puede observarse casi a simple vista en la imagen anterior, el modelo tiene algunos errores que deben repararse, como en la parte de los dientes, por ejemplo. Para ello puede utilizarse diverso software. Aquí se explicará el proceso de análisis y reparación con software de libre acceso o uso. Por ejemplo: Meshmixer, de Autodesk. Antes de ver el proceso de análisis y reparación del modelo STL cabe destacar, que este modelo en cuestión pasó por un software (Meshlab, en concreto) para reducir su tamaño. La malla de este modelo tenía un número muy elevado y excesivo de triángulos, por lo que éste se bajó y con ello, su tamaño de archivo. Este es un paso que pocas veces hay que implementar, por lo que sólo se ha mencionado. Para más información de cómo reducir el número de triángulos de una malla, y por tanto, su tamaño:

[https://www.shapeways.com/tutorials/polygon\\_reduction\\_with\\_meshlab](https://www.shapeways.com/tutorials/polygon_reduction_with_meshlab) Así pues, como se comentaba, se abrirá el modelo STL en cuestión en Meshmixer, con la opción de importar. Lo primero que puede observarse es que la orientación puede no ser la adecuada. No hay que preocuparse por esto. Meshmixer permite cambiarla mediante la opción de Edit > Transform. Además, no se imprimirá con Meshmixer, por lo que se ajusta la orientación de una forma aproximada, como puede observarse a continuación:



*Figura 15: Orientar el modelo en Meshmixer*

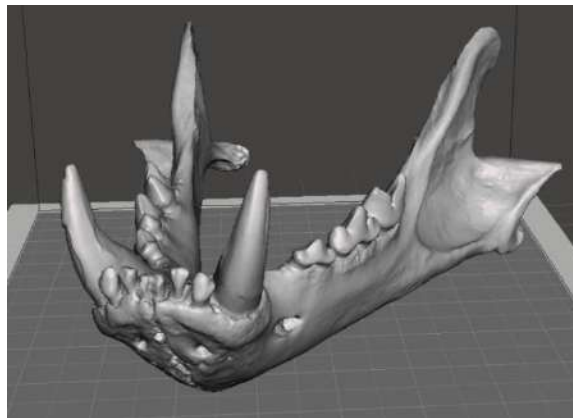
Seguidamente, se procede a realizar un análisis general de todos los defectos de la pieza. Para ello se usará la opción Inspector, dentro Analysis. Meshmixer muestra todos los errores en el archivo que detecta. Muestra de distinto color, y mediante puntos y flechas los distintos tipos de errores. En azul aparecen los agujeros en la malla, en rojo partes con ejes o puntos compartidos o duplicados ("non-manifold") y en magenta componentes desconectados o con un área muy pequeña en comparación con la malla entera. Se tienen dos opciones ahora, o reparar los errores uno a uno clicando en la bola o punto, o clicar en Auto Repair All y repararlo todo a la vez.



*Figura 16: Análisis general en Meshmixer.*

En este caso, el software consigue reparar automáticamente todos los defectos encontrados. De lo contrario, se podría acudir a otro software e implementar otro análisis y reparación. Con Meshmixer también puede realizarse otro tipo de análisis como: de espesor, estabilidad,

orientación óptima y posicionamiento en la base de impresión, etc. Así pues, llegados a este punto, se tiene un modelo STL completamente reparado y listo para la siguiente fase. Como puede observarse, el programa ha cerrado completamente los agujeros que tenía la malla, y ha arreglado todos sus defectos. Cabe destacar que el software hace estas reparaciones de forma automática, intentando en mayor o menor medida aproximarse a la geometría que tiene a su alrededor. Si se desea reparar agujeros o huecos con una geometría determinada se debe acudir a un software de escultura digital. Si bien es cierto que Meshmixer tiene un módulo de escultura digital, pero no va a ser explicado en este ejemplo, puesto que queda fuera del alcance de esta guía.



*Figura 17: Mandíbula con los agujeros y defectos reparados.*

Ahora, en Meshmixer se exportará en formato STL de nuevo el modelo reparado. El siguiente paso es llevar el archivo a un software que permita hacer, por lo menos, lo siguiente:

- Elegir una orientación en la cama de impresión. Rotar y mover el modelo.
- Escalar el modelo.
- Elegir la calidad o la altura de capa.
- Elegir un relleno, sobre todo en términos de densidad.
- Generar las estructuras de soporte necesarias.

Además, con este mismo software se generará el código máquina o G-Code. Se tiene diverso software de libre uso a disposición para ello. Por ejemplo, Ultimaker Cura, o Slic3r. En este ejemplo va a usarse Cura.

Así pues, se importará a Cura el modelo reparado. Es conveniente configurar el software usado para que ahora sí se muestre la cama de impresión de la máquina. Cura tiene preestablecidas una serie bastante grande de impresoras 3D. Si la que se va a usar no está en esta base de datos, es posible crearla de cero.

Para este modelo se va a proceder a escalarlo al 60%, darle una calidad de capa de 0.2 mm., un relleno del 15% cuadrangular, se generarán soportes automáticos en todas partes, y se configurará el parámetro de "velocidad de la primera capa" a 20 mm/s. para garantizar una buena adhesión de esta primera capa. También se elige el material del que se dispone en la impresora: PLA. Finalmente, se guardará el G-Code en el dispositivo a insertar en la impresora clicando en "Save to File".

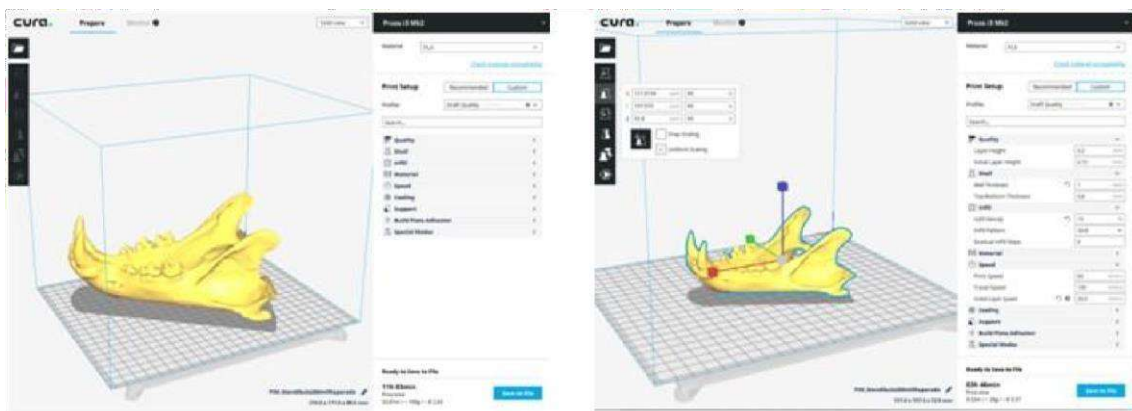


Figura 18: Modelo cargado y configuración de parámetros del modelo en Cura.

Llegados a este punto, es posible pasar a la siguiente fase del proceso: la impresión 3D en sí. Se acudirá a la máquina y, por el medio que ésta use, se lanzará la impresión y se dejará a la máquina trabajar, pudiendo ir de vez en cuando a comprobar si todo está correcto. Cabe decir que es recomendable observar si la primera capa de impresión se adhiere correctamente a la cama o plataforma.

Si no es así, consultar la siguiente guía: <https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/#print-notsticking-to-the-bed>

Se muestra a continuación la secuencia de impresión para el ejemplo dado:



*Figura 19: Proceso de impresión de la mandíbula.*

El siguiente paso, claro está, es extraer la pieza impresa. Para ello se hace uso de una espátula con los bordes redondeados, para que no raye y estropee la plataforma de impresión.

Una vez la pieza ha sido retirada de la plataforma, es momento de ir a la etapa de post-procesado, consistente en retirar los soportes manual y mecánicamente, y lijar aquellas partes de la pieza que tengan marcas (como las de los propios soportes, por ejemplo). La plataforma de la impresora debe quedar correctamente limpia para la siguiente impresión. Como se ha comentado, es conveniente lijar las marcas que dejan las estructuras de soporte, sobre todo.

Al final, el resultado de la pieza es el que puede observarse a continuación:



*Figura 20: Resultado final.*

Si el resultado en algún punto de la impresión no es bueno, o al final de la impresión se

observan errores o mermas, la siguiente guía puede resultar de gran ayuda, para configurar correctamente ciertos parámetros de impresión y de la propia impresora:

<https://www.simplify3d.com/support/print-quality-troubleshooting/>

## 7. FUENTES

[1] ¿Qué es la fabricación aditiva? Fuente:

<https://www.3dhubs.com/what-is-3d-printing>

[2] Esquema 1: Procesos y técnicas de fabricación. Fuente: [KIT](#)

[3] ¿Cómo funciona la impresión 3D? Fuente:

<https://www.createeducation.com/about-us/introduction/>

[4] Figura 1: Proceso de impresión 3D. Fuente: [KIT](#)

[5] Tecnología de prototipado rápido para el Desarrollo de nuevos productos. 2016. Fuente: [http://ijiset.com/vol3/v3s1/IJISSET\\_V3\\_I1\\_39.pdf](http://ijiset.com/vol3/v3s1/IJISSET_V3_I1_39.pdf)

[6] Figura 2: Tecnología FDM. Fuente:  
<https://i.materialise.com/blog/3d-printingtechnologies-and-materials/>

[7] F. Kunz, A. A. Jorg, L. Chaabane: Innovation Infrastructure & Services. Switzerland Innovation Park Biel. 2017.

[8] Impresiones por FDM. 2017.

Fuente: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/fdm-fused-deposition-modelingdefinition/>

[9] Surface modification of fused deposition modeling ABS to enable rapid prototyping of biomedical microdevices. 2013.

Fuente:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092401361300006X>

[10] Scaffold Design and in Vitro Study of Osteochondral Coculture in a ThreeDimensional Porous Polycaprolactone Scaffold Fabricated by Fused Deposition Modeling. 2004.

Fuente:

<http://online.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/10763270360697012>

[11] Esquema 2: Proceso de producción en impresión 3D. Fuente: [CETEM](#)

[12] Figura 3: Estructuras de soporte.

Fuente: <https://www.geekygadgets.com/wp-content/uploads/2015/01/Form-1-3D-PrinterUpdate1.jpg>

[13] Figura 4: Diferentes tipos de estructuras de soporte. Fuente:

[http://www.reppersdelight.spacymen.com/public/RD\\_images/MeshMixer\\_support3.jpg](http://www.reppersdelight.spacymen.com/public/RD_images/MeshMixer_support3.jpg)

<https://i.ytimg.com/vi/GThbJZZvRFY/maxresdefault.jpg>

[https://www.simufact.com/files/Medien/2Produkte/2.3\\_Simufact\\_Additive/Support-settings\\_more\\_support.png](https://www.simufact.com/files/Medien/2Produkte/2.3_Simufact_Additive/Support-settings_more_support.png)

[14] Figura 5: Diferentes porcentajes de relleno. Fuente:

<http://my3dmatter.com/wp-content/uploads/2015/03/infillpercentimage.png>

<https://3dplatform.com/wp-content/uploads/2015/08/3DP-Infill-Percentage1024x745.jpg>

Different infill patterns. Source:

<https://i.ytimg.com/vi/BMWTK2ZqJCM/maxresdefault.jpg>

[https://assets.pinshape.com/uploads/image/file/98145/container\\_display-tray-forinfill-pattern-and-infill-density-3d-printing-98145.jpg](https://assets.pinshape.com/uploads/image/file/98145/container_display-tray-forinfill-pattern-and-infill-density-3d-printing-98145.jpg)

[15] Figura 6: Dos alturas de capa distintas. Fuente:

[http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/8/8c/Altura\\_de\\_capa.jpg/700px-Altura\\_de\\_capa.jpg](http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/8/8c/Altura_de_capa.jpg/700px-Altura_de_capa.jpg)

[16] Figura 7: Extraction. Fuente:

<https://i.ytimg.com/vi/1T5BdRFICd8/maxresdefault.jpg>

[https://d3v5bfco3dani2.cloudfront.net/photo/image/1300x0/58ee1eb0f407c/SDB\\_20\\_17-04-11\\_0001-61.JPG](https://d3v5bfco3dani2.cloudfront.net/photo/image/1300x0/58ee1eb0f407c/SDB_20_17-04-11_0001-61.JPG)

[17] Figura 8 Izquierda: Proceso mecánico. Fuente:

[https://formlabs.com/media/upload/thumbs/Removing\\_Supports\\_copy.jpg.895x0](https://formlabs.com/media/upload/thumbs/Removing_Supports_copy.jpg.895x0)

[q 80\\_cro p-smart.jpg](#)

[18] Figura 8 Derecha: Baño para quitar las estructuras de soporte. Fuente:  
<https://3dprint.com/wp-content/uploads/2015/07/rinse3.png>

[19] Figura 9: Diferente acabado. Fuente:  
<https://hackadaycom.files.wordpress.com/2013/02/rap.jpg?w=580>

[20] Figura 10: Proceso para desarrollar un modelo 3D. Fuente: [KIT](#)

[21] Tabla 1: Software para diseñar un modelo 3D. Fuente: [KIT](#)

[22] Tabla 2: Software para probar, orientar y reparar un modelo 3D. Fuente: [KIT](#)

[23] Figura 11: Diagrama de impresión 3. Fuente: [KIT](#)

[24] Materiales de impresión. 2017. Fuente: <https://www.3dhubs.com/materials>

[25] Limitaciones en impresión 3D. Fuente:  
[http://informecotec.es/media/N30\\_Fabric\\_Aditiva.pdf](http://informecotec.es/media/N30_Fabric_Aditiva.pdf)

[26] Tabla 3: Tabla comparativa. Fuente: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/3dhubs-knowledgebase/key-design-considerations-for-3dprinting/3d-printing-design-rules.jpg>

[27] Cómo diseñar piezas para impresión 3D. Fuente:  
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/how-design-parts-fdm-3d-printing>

[28] Figura 12: Modelo digital, resultado del escáner 3D. Fuente: [CETEM](#)

[29] Figura 13: Posicionar el modelo en Meshmixer. Fuente: [CETEM](#)

[30] Figura 14: Análisis general en Meshmixer. Fuente: [CETEM](#)

[31] Figura 15: Mandíbula con agujeros y defectos reparados. Fuente: [CETEM](#)

[32] Figura 16: Modelo cargado en Cura. Configuración y parámetros del modelo en Cura. Fuente: [CETEM](#)

[33] Figura 17: Secuencia de impresión de la mandíbula. Fuente: [CETEM](#)

[34] Figura 18: Resultado final. Fuente: [CETEM](#)







# ITCA FEPADE

## SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

### 1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.  
Tel.: (503) 2132-7400

### 2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.  
Tel.: (503) 2440-4348

### 3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.  
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

### 4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.  
Tel.: (503) 2669-2298

### 5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión  
Tel.: (503) 2668-4700

[www.itca.edu.sv](http://www.itca.edu.sv)

