

**EXTRUSORA PARA FILAMENTO RECICLADO IMPRESIÓN 3D EN LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA FILIBERTO RESTREPO SIERRA, ENMARCADO EN EL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ECOCODE”**

**KELLY ANDREA CATAÑO RIVERA
DIANA CAROLINA HINCAPIE CARET**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES
TECNOLOGÍA SISTEMAS MECATRÓNICOS
MACEO, ANTIOQUIA**

2025 1

**EXTRUSORA PARA FILAMENTO RECICLADO IMPRESIÓN 3D EN LA
INSTITUCIÓN EDUCATIVA FILIBERTO RESTREPO SIERRA, ENMARCADO EN EL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ECOCODE”**

**KELLY ANDREA CATAÑO RIVERA
DIANA CAROLINA HINCAPIE CARET**

Trabajo de grado investigativo para optar al título de Tecnólogas en sistemas mecatrónicos

Asesora metodológica

Rosalba Ríos Flórez

Doctora en sistemas organizacionales

Asesor técnico

Jesús Ignacio Calle Pérez

Especialista en administración de la tecnología educativa

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DIGITALES

TECNOLOGÍA SISTEMAS MECATRÓNICOS

MACEO, ANTIOQUIA

2025 1

Contenido

Pág.

Lista de figuras	3
Resumen	4
Abstract	7
Introduccion	8
1. Planteamiento del problema.....	10
1.1.Descripción.....	10
1.2.Formulación.....	17
2. Justificación	18
3. Objetivos	19
3.1. Objetivo general	19
3.2 Objetivos específicos	19
4. Marco teórico	22
4.1. Estado del arte de las extrusoras.....	22
4.1.1. Decada 1960 a 1970	22
4.1.2. Decada 1980 a 1970	23
4.1.3. Decadas 1980 a 2000.....	23
4.1.4. Decadas 2000 en adelante.....	23
4.2. Componentes y tipo de extrusoras	24
4.3. Reciclaje de desechos solidos.....	34
4.4. Marco legal	35
4.5.,Marco conceptual	36
5. Metodología	39
5.1. Metodo.....	38
5.2 Método	39
5.3. Instrumentos de recolección de información	40
5.3.1. Fuentes primarias.....	39

5.3.2. Fuentes secundarias	39
6. Conclusiones	47
8. Referencias bibliográficas.....	49

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1:</i> Tecnología alternativa para eliminar botellas PET y cuidar el medio ambiente.	9
<i>Figura 2:</i> Diagrama de bloques	23
<i>Figura 3:</i> Driver L298N	24
<i>Figura 4:</i> Arduino	24
<i>Figura 5:</i> Motor DC	25
<i>Figura 6:</i> Termostato digital W1209	25
<i>Figura 7:</i> Bloque de calentamiento	26
<i>Figura 8:</i> Control motor DC, inversor de giro, 24V/3A	27
<i>Figura 9:</i> Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.	29
<i>Figura 10:</i> Accesorios	40
<i>Figura 11:</i> Bobina y tapa	41
<i>Figura 12:</i> Paredes	41
<i>Figura 13:</i> Engranajes	42
<i>Figura 14:</i> Separadores	43
<i>Figura 15:</i> Mecanismo de tracción armado	43
<i>Figura 16:</i> Mecanismo de tracción armado lateral	44
<i>Figura 17:</i> Mecanismo de tracción armado parte trasera	44
<i>Figura 18:</i> Mecanismo de tracción parte frontal	45
<i>Figura 19:</i> Regulador de temperatura HX-3002 de 12V	45

Resumen

EXTRUSORA PARA FILAMENTO RECICLADO IMPRESIÓN 3D EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FILIBERTO RESTREPO SIERRA, ENMARCADO EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ECOCODE”

KELLY ANDREA CATAÑO RIVERA
DIANA CAROLINA HINCAPIE CARET

El presente proyecto surge como respuesta a la creciente problemática ambiental generada por el mal manejo de residuos plásticos, específicamente botellas PET, en el municipio de Maceo, Antioquia. En este contexto, se diseñó y construyó una extrusora capaz de transformar plásticos reciclados en filamento para impresión 3D, con el fin de integrarla como herramienta educativa y tecnológica en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra.

Los resultados demuestran que la extrusora cumple con los parámetros establecidos, y su implementación no solo favorece la reducción del impacto ambiental, sino que también fortalece la educación en ciencia, tecnología e innovación.

El proyecto se consolida como una solución replicable y una estrategia pedagógica eficaz que integra la economía circular con el aprendizaje activo.

Palabras claves: Extrusora de filamento, reciclaje de plástico, economía circular, impresión 3D, innovación educativa

Abstract

FILAMENT EXTRUDER FOR RECYCLED 3D PRINTING FILAMENT AT FILIBERTO RESTREPO SIERRA EDUCATIONAL INSTITUTION, FRAMED WITHIN THE RESEARCH PROJECT “ECOCODE.”

**KELLY ANDREA CATAÑO RIVERA
DIANA CAROLINA HINCAPIE CARET**

This Project arises as a response to the growing environmental problem caused by the mismanagement of plastic waste, specifically PET bottles, in the municipality of Maceo, Antioquia. In this context, an extruder was designed and built to transform recycled plastics into filament for 3D printing, with the goal of integrating it as an educational and technological tool at Filiberto Restrepo Sierra Educational Institution.

The results show that the extruder meets the established parameters, and its implementation not only helps reduce environmental impact but also strengthens education in science, technology, and innovation.

The project stands as a replicable solution and an effective pedagogical strategy that integrates the circular economy with active learning.

Keywords: Filament extruder, plastic recycling, circular economy, 3D printing, educational innovation.

Glosario

Arduino Uno: placa de desarrollo que permite programar y controlar diversos dispositivos electrónicos.

Boquilla: Su función es moldear el material y contribuir a su expansión. Existe diferentes diseños que nos ayudaran a obtener distintos tipos de producto.

Filamento para impresora 3D: es un material en forma de hilo utilizado como materia prima en impresoras 3D, este puede ser de diferentes tipos de plásticos con propiedades mecánicas diferentes.

Hotend o fusor de una impresora 3D es la parte del dispositivo que se encarga de fundir y extruir el filamento de plástico utilizado para la impresión

PET (Polietilentereftalato): tipo de plástico reciclable comúnmente usado en botellas, resistente y transparente.

Termostato: Componente electrico o electrónico que permite controlar la temperatura de un proceso de calentamiento

Introducción

En la actualidad, el uso desmedido de plásticos representa una de las mayores problemáticas ambientales a nivel global. Cada año, toneladas de residuos plásticos terminan en vertederos, océanos y otros ecosistemas, causando un impacto negativo en el medio ambiente. Las instituciones educativas no están exentas de esta realidad, ya que el consumo de plásticos de un solo uso es común en su funcionamiento diario. Ante este desafío, se vuelve imprescindible implementar estrategias que permitan reducir la generación de residuos y fomentar su reutilización de manera eficiente y sostenible.

Este proyecto busca abordar esta problemática mediante la recolección y transformación de residuos plásticos generados en la institución educativa, convirtiéndolos en filamento reciclado para impresión 3D. Para ello, se utilizará una extrusora de filamento reciclado, la cual permitirá procesar el plástico y darle una nueva utilidad en la fabricación de objetos impresos en 3D. Esta iniciativa no solo contribuirá a la reducción de residuos plásticos en el entorno escolar, sino que también fomentará la conciencia ecológica entre estudiantes y docentes, promoviendo la adopción de prácticas responsables con el medio ambiente.

Además, el proyecto tiene un fuerte componente educativo y tecnológico, ya que permitirá a los estudiantes involucrarse en el proceso de reciclaje y manufactura aditiva. A través de la recolección, clasificación, procesamiento y reutilización de plásticos, los participantes adquirirán conocimientos en ciencia, tecnología e innovación, desarrollando habilidades prácticas en el uso de impresoras 3D y el manejo de materiales reciclados.

En definitiva, esta propuesta representa una solución innovadora y sostenible para la gestión de residuos plásticos dentro de la institución educativa. No solo se busca minimizar el impacto ambiental generado por el uso de plásticos, sino que también se pretende incentivar el desarrollo de un pensamiento crítico y sostenible en los estudiantes, preparándolos para enfrentar los desafíos medioambientales del futuro con soluciones creativas y tecnológicas.

1. Planteamiento del problema

1.1.Descripción

La producción y el consumo de plásticos han experimentado un crecimiento exponencial en las últimas décadas. Según Franklin-Wallis (2025), cada año se generan aproximadamente 2.000 millones de toneladas de residuos sólidos en el mundo, y se estima que para 2050 esta cifra ascenderá a 3.000 millones. Una parte significativa de estos residuos corresponde a plásticos de un solo uso, que a menudo no se gestionan adecuadamente y terminan contaminando diversos ecosistemas.



Figura 1: Tecnología alternativa para eliminar botellas PET y cuidar el medio ambiente.

Fuente: extraído de <https://www.cronica.com.mx/academia/tecnologia-alternativa-eliminar-botellas-pet-medio-ambiente.html>

Uno de los ecosistemas más afectados por la contaminación plástica es el océano. Se estima que entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico ingresan anualmente a los mares, afectando gravemente la vida marina (Franklin-Wallis, 2025). Esta acumulación ha dado lugar a fenómenos como la "Gran mancha de basura en el Pacífico", una vasta área cubierta de desechos plásticos flotantes con un tamaño estimado de 1,6 millones de kilómetros cuadrados.

Además, los micro plásticos, fragmentos diminutos de plástico derivados de productos de mayor tamaño, se han encontrado en una amplia variedad de entornos, incluidos alimentos, agua potable y aire. Estudios recientes han detectado la presencia de micro plásticos en órganos humanos, como pulmones, hígado y placenta, lo que plantea serias preocupaciones sobre su impacto en la salud humana (El País, 2025). Estos micro plásticos pueden provocar efectos nocivos, como inflamación y disfunciones inmunológicas.

En Colombia, la situación es igualmente preocupante. Greenpeace (2020) señala que el país produce alrededor de 1,4 millones de toneladas de residuos plásticos al año, de los cuales solo el 8,6% se recicla. Esta baja tasa de reciclaje contribuye a la acumulación de plásticos en rellenos sanitarios y a la contaminación de ríos y mares.

La falta de infraestructura adecuada para la gestión de residuos plásticos genera impactos ambientales y de salud pública significativos. En muchas zonas del país, los residuos plásticos se queman a cielo abierto, lo que libera sustancias tóxicas en el aire y agrava la contaminación atmosférica. Asimismo, el plástico acumulado en cuerpos de agua contribuye a la obstrucción de drenajes y provoca inundaciones en temporadas de lluvias. Greenpeace. (2020).

El departamento de Antioquia no es ajeno a esta problemática. La creciente urbanización y el aumento en el consumo de productos plásticos han resultado en una gestión inadecuada de los residuos. Esto ha llevado a la contaminación de fuentes hídricas y suelos, afectando la biodiversidad regional y la calidad de vida de sus habitantes. Castro Guamán, J. O. (2021).

En Antioquia, la falta de conciencia sobre el adecuado manejo de los residuos plásticos ha generado que muchas personas los desechen en espacios públicos, cuerpos de agua y zonas rurales. La deficiencia en programas de reciclaje y la carencia de políticas gubernamentales efectivas agravan la situación, evidenciando la necesidad de reforzar la educación ambiental y mejorar las estrategias de recolección y disposición final. Corrillos. (2024).

La región del Magdalena Medio, donde se encuentra el municipio de Maceo, enfrenta desafíos particulares en cuanto a la gestión de residuos plásticos. La actividad industrial y agrícola de la

zona genera una cantidad significativa de desechos plásticos que, sumados a la falta de sistemas eficientes de recolección y reciclaje, resultan en la acumulación de basura en entornos naturales y urbanos.

En Maceo, la disposición inadecuada de plásticos ha generado una contaminación visible en ríos y quebradas, impactando directamente la calidad del agua y la vida silvestre local. Esta situación afecta la salud de las comunidades rurales y la integridad de los ecosistemas circundantes, lo que resalta la importancia de implementar programas de reciclaje y reducción de residuos en el municipio.

En la Institución Educativa Filiberto Restrepo de Maceo, la problemática de los residuos plásticos se manifiesta en la acumulación de plásticos de un solo uso, como botellas y envolturas, en las instalaciones escolares. Esta acumulación no solo genera un ambiente poco saludable para los estudiantes y el personal, sino que también refleja la necesidad de implementar programas de educación ambiental que promuevan prácticas sostenibles y la correcta gestión de residuos. Según la integración de estrategias pedagógicas que aborden el manejo de plásticos en las instituciones educativas puede sensibilizar a la comunidad escolar y fomentar un cambio hacia hábitos más responsables con el medio ambiente. Esto incluye la implementación de campañas de reciclaje, la reducción del uso de plásticos de un solo uso y la adopción de materiales alternativos biodegradables. REMM (2024)

La contaminación por residuos plásticos es un problema ambiental de gran magnitud que afecta al mundo entero, con consecuencias devastadoras para los ecosistemas y la salud humana. En Colombia, Antioquia y específicamente en Maceo, esta problemática requiere soluciones urgentes que incluyan educación ambiental, mejoras en la infraestructura de reciclaje y políticas públicas efectivas. La Institución Educativa Filiberto Restrepo de Maceo tiene la oportunidad de convertirse en un modelo de gestión sostenible de residuos, promoviendo prácticas responsables en su comunidad y generando un impacto positivo en la región.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 (ODS 12) busca garantizar modos de consumo y producción sostenibles, esenciales para la supervivencia de las generaciones actuales y futuras.

El crecimiento poblacional proyectado para 2050 podría requerir tres planetas para sostener los estilos de vida actuales, lo que hace urgente reducir el consumo de recursos y adoptar sistemas energéticos más sostenibles.

Las crisis mundiales han impulsado un aumento en las subvenciones a combustibles fósiles, duplicándose de 2020 a 2021, mientras que las empresas han mostrado mayor compromiso con la sostenibilidad, triplicando sus informes de sostenibilidad en pocos años. Otro desafío importante es el desperdicio de alimentos, con 931 millones de toneladas desperdiciadas anualmente, a pesar de la crisis alimentaria global. Para abordarlo, se requieren políticas basadas en datos, inversión en tecnologías e infraestructuras adecuadas. Naciones Unidas. (s.f.).

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 (ODS 14) busca la conservación y el uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos, fundamentales para la vida en la Tierra. Los océanos cubren tres cuartas partes de la superficie terrestre, contienen el 97% del agua y representan el 99% del espacio vital del planeta. Además de proporcionar recursos naturales como alimentos y medicinas, actúan como sumideros de carbono y contribuyen a la reducción de contaminantes.

Sin embargo, la contaminación marina ha alcanzado niveles críticos, con más de 17 millones de toneladas métricas de residuos plásticos en 2021, una cifra que podría duplicarse o triplicarse para 2040. La acidificación de los océanos, cuyo pH ha disminuido un 30% desde la época preindustrial, amenaza la vida marina y la seguridad alimentaria. Para abordar esta crisis, se requiere mayor financiamiento en ciencia oceánica, esfuerzos de conservación intensificados y acciones urgentes contra el cambio climático. Naciones Unidas. (s.f.).

Aunque el PET se promociona como un material reciclable, la realidad es más compleja. Por un lado, los plásticos PET tardan alrededor de 700 años en degradarse. Esto significa que, a pesar de ser reciclables, permanecen en el medio ambiente durante muchísimo tiempo si no son gestionados de forma adecuada. Además, la cantidad de PET que termina en vertederos o ecosistemas naturales sigue siendo enorme. Según el informe de Greenpeace, aproximadamente el 25% de los residuos plásticos no se reciclan, una cifra alarmante considerando el daño que estos materiales causan, a esto hay que sumar el impacto ecológico durante su producción. Se

emplean grandes cantidades de petróleo y otros recursos para fabricar las botellas de PET, contribuyendo a la crisis de los combustibles fósiles. Se estima que para fabricar 1.000 millones de botellas de plástico se necesitan 24 millones de galones de petróleo, lo cual es altamente insostenible a largo plazo. Renovables Verdes. (s.f.).

De acuerdo con el documento presentado para la convocatoria del programa ONDAS, por estudiantes y profesores del semillero de robótica en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra se ha identificado una problemática relacionada con las prácticas de recolección y separación de residuos sólidos, donde se evidencia la falta de conciencia ambiental y el bajo nivel de participación de la comunidad educativa en la separación y disposición adecuada de los residuos. Esta problemática se ha perpetuado en el tiempo y afecta tanto a los estudiantes como a docentes y personal administrativo. Adicionalmente no se ha contado con los recursos y estrategias efectivas para originar e instruir a los estudiantes sobre la importancia de recolección y separación de basuras y su impacto en el medio ambiente. (Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra, 2023).

La contaminación por plásticos se ha convertido en una crisis ambiental de escala global, afectando a ecosistemas, economías y la salud humana. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cada año se producen millones de toneladas de residuos plásticos, de los cuales una gran parte termina en ríos y océanos, poniendo en riesgo la biodiversidad y contribuyendo al cambio climático. La ONU enfatiza la necesidad de abordar esta problemática desde un enfoque integral, promoviendo la reducción en la producción de plásticos innecesarios, impulsando modelos de economía circular y fortaleciendo la cooperación internacional para encontrar soluciones sostenibles. Si no se toman medidas urgentes, se estima que la contaminación plástica podría duplicarse en los próximos años, profundizando sus efectos negativos en el planeta.

Se tiene la necesidad de reducir los residuos plásticos generados en la Institución educativa y convertirlos en recursos útiles. Para llevar a cabo esta idea, los estudiantes instalaron contenedores de reciclaje en diversos puntos del colegio, recolectando botellas de plástico (PET) y otros materiales reciclables y posteriormente convertirlos en materiales utilizables para

impresión 3D; mediante la utilización de una extrusora de filamentos reciclados que es una herramienta esencial para la Institución y de investigación que busca fomentar la sostenibilidad y la innovación en la fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D. Este dispositivo toma los plásticos reciclados, como botellas, envases los convierte en filamento utilizable para impresoras 3D. El proceso comienza con la trituración de los plásticos recolectados, reduciéndolos a pequeños fragmentos que pueden ser fundidos fácilmente, sin embargo, se hace necesario implementar una estrategia la cual permita lograr recuperar la mayor cantidad de PET con el fin de posteriormente ser transformado en materia prima para la impresión de materiales 3D.

Conocer qué desechos se producen en la escuela es fundamental para que empieces a reducir el desperdicio que se genera durante una jornada escolar.

Restos orgánicos: Como, por ejemplo, alimentos, servilletas o pieles de fruta, entre otros.

Papel y cartón: Estos desechos son los que más abundan tanto en los centros de educación primaria como los de educación secundaria. Leonardo Group. (s.f.).

Plástico: Principalmente, los residuos que se generan de plástico son botellas de agua, bricks de zumo y envases de alimentos.

Colombia enfrenta graves desafíos en la producción, consumo y gestión del plástico, lo que ha generado una crisis ambiental con efectos significativos en los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como en la salud humana. Según Greenpeace, el país consume 1.250.000 toneladas de plástico al año, y cada colombiano desecha en promedio 24 kilos de plástico, con el 74% de los envases plásticos terminando en rellenos sanitarios. La insuficiente infraestructura para la gestión del reciclaje ha agravado el problema.

A nivel de impacto en la salud, un estudio de la Universidad de California en Davis advierte que los microplásticos pueden facilitar la propagación de patógenos peligrosos para humanos y animales, como *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium* y *Giardia*, lo que incrementa los riesgos en el consumo de mariscos y afecta la biodiversidad marina. Además, el Fondo Mundial para la

Naturaleza (WWF) estima que la contaminación plástica en los océanos aumentará un 15%, alcanzando 35 millones de toneladas métricas. El Universal. (2023, 5 de julio).

Durante 60 años la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra ha trabajado permanentemente por la formación integral de niños y jóvenes, cuenta con 841 estudiantes; se encuentra ubicada en el municipio de Maceo Antioquia, Magdalena Medio Antioqueño, y cuenta con una población de 8.221 habitantes.

La Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra nació por iniciativa de presbíteros Víctor Yépez y Hernando Sierra al ver que los niños salían de Básica Primaria y por falta de recursos económicos no podían continuar estudios o para hacerlo, se tenían que desplazar hacia otro lugar.

Los sacerdotes reunieron 30 estudiantes, en su totalidad mujeres quienes tuvieron que soportar toda clase de incomodidades pues solo se contaba con 14 pupitres y con ellas inició el 1º de la Básica Secundaria el 8 de febrero de 1964. Gracias a la gestión de estos sacerdotes se enviaron comunicados a la Secretaría de Educación hasta lograr que según resolución No. 60 le fuera otorgada la licencia de funcionamiento por parte de la gobernación de Antioquia el 11 de mayo del mismo año (1964). En el primer año se graduaron 26 alumnas.

La institución empezó a funcionar sólo con mujeres y en 1966 se volvió mixta a partir de una visita de asesoría realizada por los inspectores nacionales. En este mismo año el sacerdote Tulio Vélez Maya era de encargado de cinco grupos de educadores que trabajaban en dos locales, lo que hacía muy compleja la labor educativa de aquel entonces.

El nombre del Liceo surgió de la propuesta de dos nombres enviados por la Gobernación de Antioquia: “Manuela Beltrán y Virgen del Carmen”, mediante consenso con los maestros y padres de familia se escogió el de “Manuela Beltrán. El 10 de junio de 1967 llegó al Liceo una visita fiscal, al final de la cual, se constató que no existía ninguna anomalía con respecto al manejo de fondos, inversiones y aspecto contable.

La aprobación de estudios para los años 1990 a 1993 tanto de la básica como la media se hizo

mediante resolución 004172 de febrero 12 de 1990 y con la resolución 008965 de junio 21 de 1994 se prorroga la aprobación de estudios hasta tanto se reglamente la ley 115 de 1994.

La Resolución 3655 de 24 de abril de 2003 fusiona el Liceo Manuela Beltrán con la Escuela Presbítero Jaime León Restrepo López; conformando así una sola institución educativa en el área urbana del municipio y más tarde, por Resolución 9341 del 31 de octubre de 2033 se le cambia de nombre de Institución Educativa Manuela Beltrán por Institución Educativa Filiberto Restrepo sierra, ubicada en la vía a La Susana, del Municipio de Maceo, Departamento de Antioquia (Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra, s.f.).

1.2.Formulación

¿Cómo puede construirse un sistema de extrusión, controlado por temperatura y avance, para la elaboración de filamento de impresión 3D a partir de material reciclado de botellas PET?

2. Justificación

El proyecto “Extrusora para filamento reciclado impresión 3D en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra, enmarcado en el proyecto de investigación “EcoCode”” es presentado para optar al título de tecnóloga en sistemas mecatrónicos de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Es importante implementar una extrusora de filamentos reciclados en la institución basada en beneficios ambientales, económicos, educativos y de investigación, elaborar una extrusora y producir filamentos propios brinda a los estudiantes la oportunidad de adquirir habilidades técnicas valiosas en ingeniería, fomentando la colaboración y el aprendizaje integral.

Esta idea es significativa para el desarrollo de productos de alto impacto e innovación tecnológica, se busca hacer una maquina extrusora que fabrique filamentos 3D para que los estudiantes de la Institución Filiberto Restrepo Sierra puedan transformar el reciclaje de botellas PET y de esta manera contribuir con el medio ambiente y la reducción de residuos que terminan en la basura.

¿Por qué y para qué es importante este proyecto?

- Social: Es importante por que promueve la conciencia sobre la importancia del reciclaje y reducción de residuos plásticos y sirve para fomentar la cultura y la responsabilidad ambiental.
- Tecnológico: Es importante porque representa una innovación que puede impulsar el avance de la impresión 3D.
- Teórico: Este es relevante por que contribuye y proporciona datos valiosos para la comunidad científica y académica, esté sirve para implementar conocimientos sobre el reciclaje y fabricación de filamentos.

- Ambiental: El proyecto ayuda a reducir la cantidad de plástico que termina en vertederos y océanos, sirve para mitigar el impacto ambiental y ayudando a reducir la contaminación.
- Económica: Este proyecto es significativo porque ofrece una alternativa para producción de filamentos de impresión 3D, además fomenta la economía circular creando valor a partir de los residuos y generando nuevas oportunidades de negocio y sirve para reducir los costos de producción de filamento de impresión 3D.

La creciente producción y consumo de plásticos ha generado una crisis ambiental a nivel mundial. Según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2021), aproximadamente 400 millones de toneladas de plástico se producen anualmente, de las cuales solo el 9% se recicla. En este contexto, la fabricación de filamento reciclado para impresión 3D a través de una extrusora en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra, ubicada en el municipio de Maceo, Antioquia, surge como una estrategia sostenible que contribuye a la economía circular y la reducción de residuos plásticos.

La impresión 3D ha revolucionado diversos sectores, incluyendo la educación, la manufactura y la investigación, permitiendo la creación de prototipos y productos con una gran flexibilidad en diseño y materialidad (Gibson, Rosen & Stucker, 2021). Sin embargo, la mayoría de los filamentos utilizados en impresoras 3D provienen de plásticos vírgenes como el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) y el PLA (Poliácido láctico), lo que aumenta la demanda de nuevos materiales y, por ende, el impacto ambiental. La creación de un sistema de reciclaje local para producir filamentos a partir de plástico reciclado permitiría reducir la dependencia de materia prima nueva y fomentar un modelo sostenible dentro del contexto educativo.

Este proyecto se enmarca en la iniciativa de investigación “ECOCODE”, la cual promueve estrategias ecológicas y tecnológicas en el ámbito educativo. La implementación de una extrusora para la fabricación de filamento reciclado en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra permitirá a los estudiantes participar en un proceso de aprendizaje basado en la resolución de problemas reales, fortaleciendo sus competencias en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) (Roco & Bainbridge, 2013). Además, este enfoque pedagógico

basado en el aprendizaje experiencial fomentará la creatividad, el pensamiento crítico y la innovación en el diseño y manufactura digital.

Desde un punto de vista económico, la producción de filamento reciclado reduciría los costos asociados a la adquisición de insumos para impresión 3D, permitiendo una mayor accesibilidad a esta tecnología en el entorno educativo. Según estudios recientes, la fabricación de filamento reciclado puede disminuir los costos de producción hasta en un 80%, comparado con el filamento comercial (Kreiger et al., 2014). Esto representa una oportunidad significativa para instituciones educativas con recursos limitados que desean integrar tecnologías emergentes en sus procesos de enseñanza.

Desde el punto de vista ambiental, este proyecto contribuirá a la disminución de residuos plásticos en la institución y su comunidad, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, en particular el ODS 12 sobre producción y consumo responsables y el ODS 13 sobre acción por el clima (Naciones Unidas, 2015). Además, la reutilización de plásticos locales fomenta una conciencia ambiental entre los estudiantes y la comunidad, generando un impacto positivo a largo plazo.

Finalmente, la implementación de esta extrusora servirá como modelo replicable para otras instituciones educativas que deseen integrar tecnologías emergentes con un enfoque sostenible.

Así, este proyecto no solo generará impacto en la formación académica de los estudiantes, sino que también fortalecerá la cultura del reciclaje y la innovación tecnológica en la región.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de extrusión para la elaboración de filamento para impresión 3D, a partir de material reciclado de botellas PET, utilizando un control de temperatura y de avance, para la obtención del filamento.

3.2 Objetivos específicos

Analizar condiciones de materiales termoplásticos identificando variables de comportamiento en máquinas impresoras 3D y las características de los equipos de extrusión existentes.

Establecer el diseño del sistema de extrusión para la obtención del filamento reciclado.

Construir una máquina extrusora utilizando un sistema de control programable para el control de temperatura y avance.

Operacionalizar el sistema de extrusión realizando las pruebas de impresión 3D utilizando el filamento reciclado comprobando el adecuado funcionamiento.

4. Marco teórico

4.1 Estado del arte de las extrusoras

El proceso de extrusión se desarrolló por primera vez en el siglo XIX para la producción de vidrio. En 1904, se utilizó por primera vez para la producción de plástico y esto marcó un punto de inflexión, permitiendo la producción masiva de productos plásticos de diversas formas y aplicaciones. Los principios básicos de la extrusión se centran en la transformación térmica y mecánica del plástico. (Blixt, 2024).

La evolución del proceso de extrusión de termoplásticos ha estado marcada por dos grandes tendencias tecnológicas: La primera es el mejoramiento continuo e innovación en los huesillos de extrusión, para hacerlos más productivos y con un mejor desempeño en cuanto al control de la contrapresión, temperatura y homogeneidad de la masa fundida, y la segunda es el mejoramiento energético que busca lograr un óptimo consumo específico de energía (kWh/kg) de la unidad de plastificación.

A continuación, se destacarán los principales hitos tecnológicos, apoyados en los registros de propiedad intelectual del proceso de extrusión, como precursores al estado del arte de uno de los procesos más importantes en la transformación de plásticos.

4.1.1. Década 1960 a 1970. Las primeras innovaciones en el proceso de extrusión se evidencian en las patentes de Bruce Maddock haciendo parte de Union Carbide Corporation, en los documentos publicados por la oficina de patentes de los Estados Unidos (USPTO) en los años 1958, 1962 y 1973. Estas patentes enfatizaron la importancia del mezclado en el proceso de extrusión y reivindicaron un mezclador que sometía corrientes individuales de masa fundida a zonas de alta cizalladura repetidas veces, lo cual se denominó mezcla dispersiva. El polímero es forzado a pasar varias veces por una pequeña holgura entre la altura de la separación entre canales y el cilindro, lográndose así el efecto de dispersión.

4.1.2. Década 1970 a 1980. Por la misma época, Jacob Vermeulen como parte de Shell Oil Company en las patentes publicadas por la USPTO en 1968, 1973 y 1976 evidenció la influencia de la velocidad de plastificación en el proceso de extrusión.

4.1.3. Décadas 1980 a 2000. Posteriormente, Charles Maillefer con su propia empresa Maillefer S.A. de Suiza, en las patentes publicadas por la USPTO y varias oficinas de patentes Europeas en los años 1967, 1978, 1979, 1984, 1985, 1986 y 1989, invocó una extrusora de alto flujo másico manteniendo una muy buena calidad del extruido gracias a una zona de homogeneización en donde el husillo poseía varios canales (el inicio de las secciones de barrera) y el cilindro tenía ranuras longitudinales o en espiral para forzar el material hacia adelante y hacia las siguientes zonas (principio de las extrusoras de zona de alimentación ranurada). El polímero es forzado a pasar varias veces por una pequeña holgura entre la altura de la separación entre canales en espiral y el cilindro, lográndose así el efecto dispersivo.

Finalmente, el ingeniero Eberhard Grünschloss, en sus patentes publicadas en la oficina alemana de patentes y en la USPTO en los años 1977, 1978, 1981, 1999 y 2002, reivindica la extrusora con zona de alimentación ranurada de alta productividad, con uso eficiente de la energía, con enfriamiento mínimo en las ranuras y bajo nivel de desgaste metálico.

4.1.4. Décadas 2000 hasta la fecha. El ingeniero Grünschloss desde el IKT (Instituto para la Tecnología de los Plásticos) de Stuttgart, Alemania, continuó sus investigaciones y desarrollos, y logró la innovación de la extrusora denominada Helibar, con patentes otorgadas en 2004 y en 2006. Esta es una unidad de plastificación de alta productividad y desempeño en donde el cilindro es ranurado axialmente, desde la zona de alimentación, pasando por las zonas de plastificación y mezclado. El husillo es diseñado con una sección de barrera y varias unidades de mezcla consecutivas. La capacidad de producción de esta extrusora se ve optimizada por medio del uso de ranuras en espiral en el cilindro que, además, se caracterizan por una mejor autolimpieza y menor fricción. A estos beneficios se une la capacidad de formar presión, hasta 800 bar, en la punta del husillo.

Desde el año 2013 se han publicado un gran número de solicitudes de patentes en la oficina de China por las compañías Tianjin, Zhangjiagang, Guangdong, Jiangsu y otras, reivindicando

extrusoras energético-eficientes, extrusoras con husillos refrigerados, extrusoras con mecanismos reciprocantes, entre otras características. Sin embargo, de estas solicitudes, muy pocas poseen solicitud internacional tipo PCT (Patent Cooperation Treaty). Es difícil establecer el nivel de impacto de estas tecnologías. (grupo Axioma, 2015).

4.2. Componentes y tipos de extrusoras

Cada parte o componente del sistema está representado visualmente para mostrar su función y relación dentro del proceso, en el diagrama de bloques.

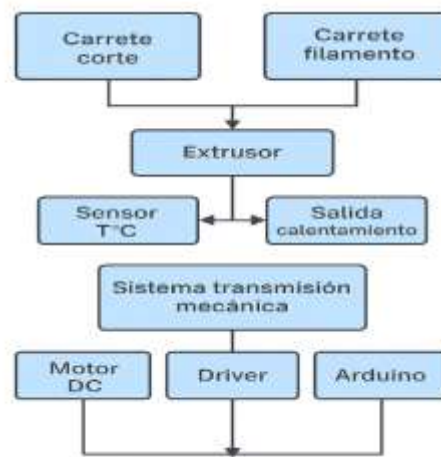


Figura 2: Diagrama de bloques

Fuente: Elaboración propia

El driver L298N, de uso bastante simple: consta de 8 pines, de los cuales 4 están cubiertos con dos jumpers para selección de la salida activa, además tiene de siete bornes, cuatro para las conexiones de las salidas del puente H y 3 más para potencia, una referencia negativa, la ya mencionada salida de 5V y la alimentación que puede ir de 6V a 12V. A continuación, señalamos cada uno de los pines:

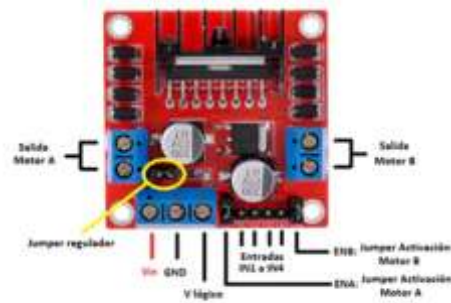


Figura 3: Driver L298N

Fuente: extraído de <https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/driver-l298n-puente-h-motores-arduino>

El driver L298N es un módulo consistente de un circuito puente H y algunos componentes extras para funciones como selección del puente H activo (el circuito integrado contiene 2 en realidad) y una fuente de 5V por medio de un regulador interno, con el fin de usarla en caso de sea necesaria en nuestro circuito. Arca Electrónica. (s.f.).

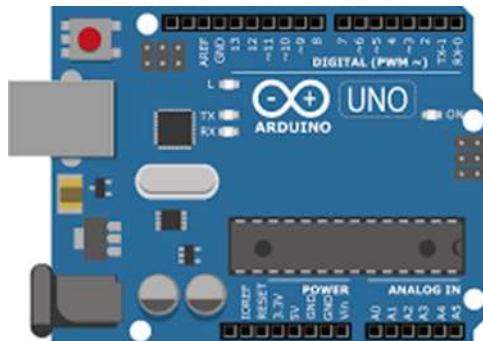


Figura 4: Arduino

Fuente: extraído de <https://www.geeknetic.es/Arduino/que-es-y-para-que-sirve>

Arduino, es una plataforma de hardware open-source basada en placas programables para crear dispositivos digitales con ellos. Actualmente hay varios modelos de placas Arduino en el mercado, con diferentes formatos de tamaño, diferentes procesadores, conectores, capacidades... pero todas ellas tienen en común que cuentan con un procesador programable con su memoria RAM y hasta almacenamiento flash, unos pines de entrada y salida para la comunicación con otros dispositivos, sensores o elementos de forma analógica o digital y alguna forma de conexión por USB o similar para poder programar el dispositivo y que puede servir también para

alimentarlo, Aunque hay modelos que cuentan con otras formas de alimentación. Todas estas capacidades hacen posible que estas pequeñas placas puedan cargar código desde un ordenador y ejecutarlo incluso de forma autónoma siempre que tengan una fuente de alimentación, lo cual permite darle una gran variedad de usos a estas placas, pudiendo incluso combinar varias entre sí para poder crear circuitos más complejos. Romero, J. (2021, noviembre 2).



Figura 5: Motor DC

Fuente: extraído de https://angelmicelti.github.io/4ESO/CYR/motor_dc.html

Lo primero que podemos destacar del motor DC es que también es conocido con el nombre de motor DC, con la particularidad de que tiene la principal función de transformar la energía eléctrica en energía mecánica.

Para comprender el funcionamiento de este tipo de motor es importante aclarar que tienen la capacidad de generar un campo magnético que sobre el rotor y, de este modo, será capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. SD Industrial. (s.f.).



Figura 6. Termostato digital W1209

Fuente: extraído de <https://avelectronics.cc/producto/termostato-digital-w1209/>

El W1209 es un control de temperatura de bajo costo, pero altamente funcional diseñado para mantener la temperatura requerida en incubadoras, invernaderos, acuarios, piscinas, congeladores, etc. es comúnmente utilizado en proyectos hechos en casa, así como para proyectos más profesionales.

Como mencionamos el control digital de temperatura XH-W1209 consta de 3 botones los cuales están etiquetados con “SET” , “+” , “-” respectivamente. Si se pulsa “SET” durante mas de 5 segundos el control desplegará un menú con 7 opciones diferentes de configuración (“P0” , “P1” , “P2” , “P3” , “P4” , “P5” , “P6”). Si se pulsa “SET” durante un instante breve, los displays de 7 segmentos empezarán a parpadear y podremos ingresar el valor de temperatura en el cual queremos que se accione nuestro relevador. Si se presionan los botones + – durante 5 segundos el control se reseteará y quedarán preestablecidos los valores por default. AV Electronics. (s.f.).

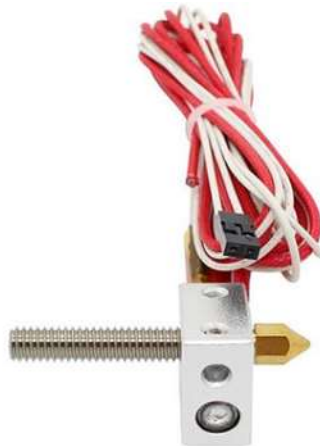


Figura 7: Bloque de calentamiento

Fuente: Extraído de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/kit-heatblock-mk8-kit-bloque-de-calentamiento-para-mk8-9438#attr=>

Características:

Bloque de aluminio de 20mm x 20mm x 10mm

Cartucho calentador de 12V, 40W con cable de 1mt sin conector.

Garganta en acero M6 x 30mm

Boquilla de 0.4mm para filamento de 1.75mm. Didácticas Electrónicas. (s.f.).

El hotend o fusor de una impresora 3D es la parte del dispositivo que se encarga de fundir y extruir el filamento de plástico utilizado para la impresión; es uno de sus componentes más importantes. Este sistema está compuesto por varios componentes como el barrel, el disipador, el ventilador, la boquilla y el bloque calentador. Dynapro3D. (s.f.).



Figura 8: Control motor DC, inversor de giro, 24V/3A

Fuente: Extraído de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/cont-pwm-24v-3a-inv-control-motor-dc-inversor-de-giro-24v-3a-10312#attr=>

Características:

Voltaje de operación del motor: 6V ~ 24V

Corriente continua máxima de salida: 3A

Rango control PWM: 0% ~ 100%

Método de regulación de la velocidad: Por potenciómetro. Didácticas Electrónicas. (s.f.).

Desde el punto de vista de hardware, la instrumentación en el proceso de extrusión es uno de los componentes más críticos de la máquina. La razón de esto es que los trabajos internos de una extrusora son ocultados por el barril. En muchos casos, la única observación visual que se puede realizar es la del extruido saliendo del dado. Cuando un problema es percatado en el extruido, es difícil detectar la procedencia y localización del problema. La instrumentación hace posible determinar que está sucediendo dentro de la extrusora.

Una buena instrumentación permite el monitoreo continuo de los “signos vitales” de la extrusora. Los signos vitales son presión, temperatura, potencia, y velocidad. Estos parámetros de proceso importantes necesitan ser medidos para el control del proceso, además son de gran importancia para la solución de problemas. Un mínimo set de instrumentos debe incluir:

1. Presión en el cabezal del dado antes y después de la malla.
2. Velocidad rotacional del tornillo
3. Temperatura del polímero fundido en el dado
4. Temperaturas a lo largo del barril y el dado
5. Rata de enfriamiento en cada zona de calor
6. Consumo de potencia de cada zona de calor
7. Consumo de potencia del motor
8. Temperatura de enfriamiento del agua en la tolva de alimentación
9. Rata de flujo del agua de enfriamiento en la tolva de alimentación

Este es un requerimiento mínimo. En muchos casos medidas adicionales son requeridas. En algunos casos el vacío en la zona de venteo debe ser monitoreada continuamente. De igual forma, la temperatura del fundido requiere ser medida en varias ubicaciones, dentro y fuera del dado para determinar la distribución de la temperatura del fundido. Estos parámetros están relacionados solo con la extrusora. Sin embargo, hay muchos más parámetros para la línea de extrusión. Parámetros importantes en una línea de extrusión son:

1. Velocidad del halador
2. Dimensiones del producto
3. Rata de enfriamiento y/o temperatura del agua de enfriamiento
4. Tensión en la línea

Muchos otros factores pueden influenciar el proceso de extrusión como la temperatura ambiente, humedad relativa, corrientes de aire alrededor de la extrusora, variación de voltaje de la planta, entre otras. Mejía Meza, R. J., & Ricardo Ricardo, L. G. (2016).

La extrusora esta encargada de la extrusión de polímeros mediante la acción del prensado, fusión, moldeado, presión y empuje de los materiales.

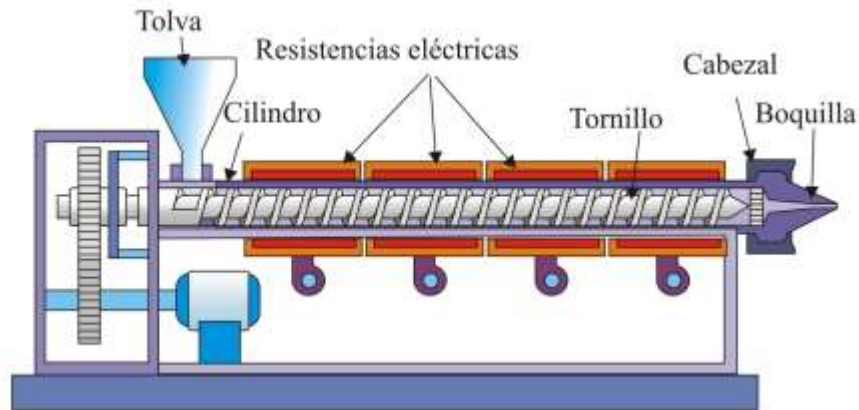


Figura 9: Representación esquemática de una extrusora de husillo sencillo.

Fuente: extraído de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16897/1/TEMA_4_extrusion.pdf

Los componentes de una extrusora:

Tolva de alimentación: Garantiza la entrada uniforme de los ingredientes, los cuales son en forma de polvo.

Según Gester (s.f.), las tolvas pueden incluir desecantes o calentadores para eliminar la humedad de plásticos como el nylon, lo que mejora la calidad del material procesado.

Función: Introducir el material (gránulos, polvo o pellets) en el sistema.

Detalles técnicos:

Material: Generalmente fabricada en acero inoxidable para evitar la corrosión. En aplicaciones alimentarias o farmacéuticas, puede incluir revestimientos antiadherentes.

Variedades:

Tolvas con secado integrado: Equipadas con desecantes o calentadores que eliminan la humedad (común en plásticos como el nylon).

Alimentación forzada: Utiliza tornillos auxiliares para asegurar un flujo constante, especialmente con materiales de baja densidad (como fibras).

Resistencias eléctricas: Sirven para elevar la temperatura en el equipo.

Las resistencias eléctricas desempeñan un papel fundamental en la extrusión de filamento, ya que permiten alcanzar las temperaturas necesarias para fundir el polímero y garantizar un flujo adecuado dentro del cilindro de la extrusora. Su correcto funcionamiento es clave para la estabilidad del proceso.

Aspectos clave de su funcionamiento:

Distribución del calor: Las resistencias deben proporcionar un calentamiento uniforme para evitar variaciones en la viscosidad del polímero.

Tipos de resistencias: Se emplean resistencias cerámicas, de cartucho o de banda, dependiendo del diseño de la extrusora.

Control de temperatura: Se integran con sensores y sistemas de regulación para mantener condiciones óptimas de procesamiento. López, S., & Forero, R. (s.f.).

Cilindro: Alberga en su interior al tornillo. Este puede ser liso, acanalado o rugoso.

Según Gester (s.f.), el barril de la extrusora está fabricado con aleaciones de acero nitrurado o bimetálicas, lo que le permite resistir la abrasión y altas temperaturas.

Función: Alojar el husillo y proporcionar un entorno controlado para fundir y mezclar el material.

Características: Materiales: Hecho de aleaciones de acero nitrurado o bimetálicas, como Xaloy®, que resisten la abrasión y altas temperaturas.

Calefacción

Resistencias eléctricas: Se dividen en varias zonas (3–8) para controlar el gradiente térmico.
Inducción electromagnética: Calienta de manera uniforme y rápida, ideal para materiales sensibles como el PVC.

Enfriamiento: Ventiladores: Usados en procesos de baja exigencia. **Refrigeración líquida:** Agua o aceite circulan por canales internos, crucial en extrusoras de alta velocidad.

Tornillo o huesillo: Es una de las partes más importantes ya que contribuye a realizar funciones de transporte, mezcla, calentar y fundir el material.

Según Gester (s.f.), el husillo de la extrusora cumple la función de transportar, fundir, homogeneizar y presurizar el material, dividiéndose en zonas de alimentación, compresión y dosificación para optimizar el proceso.

Función: Transportar, fundir, homogeneizar y presurizar el material.

Zonas del husillo: **Zona de alimentación:** Hélice con paso amplio para maximizar la entrada de material sin compactación excesiva. **Zona de compresión:** Paso decreciente y profundidad reducida para generar presión y fundir el material. **Zona de dosificación:** Hélice estrecha y profunda para estabilizar la presión y mezclar homogéneamente el material antes del dado. **Tipos de husillos:** **Convencional:** Ideal para polímeros estándar (PE, PP). **Barrera:** Separa el material fundido del sólido, lo que mejora la eficiencia en polímeros cristalinos. **Maddock:** Segmentos de mezcla estática que eliminan puntos calientes en el material.

Cabeza: Se encuentra sujetando la boquilla.

La cabeza de la extrusora cumple un papel fundamental en la fabricación de filamento reciclado, asegurando una extrusión uniforme del material fundido. Además, su diseño influye directamente en la calidad del filamento, ya que regula la presión y el flujo del polímero antes de su salida. Gester. (2025).

Boquilla: Su función es moldear el material y contribuir a su expansión. Existe diferentes diseños que nos ayudaran a obtener distintos tipos de producto.

Las dimensiones de la boquilla no son exactamente las mismas que las del producto extruído, hay varias razones para ello: la recogida del material, el enfriamiento y el fenómeno de relajación contribuyen a que el material cambie de tamaño e incluso de forma; todas ellas serán discutidas posteriormente.

Excepto para las boquillas circulares es prácticamente imposible fabricar una boquilla, en la que la geometría del canal sea tal que la boquilla puede ser empleada para un número amplio de materiales y de condiciones de operación. Universidad de Alicante. (s.f.).

Una extrusora para plástico funciona mediante la alimentación de un material plástico en un extremo de la máquina a través de una tolva. El material se mueve a lo largo de un tornillo sin fin que está dentro del cilindro de la extrusora, y se somete a temperaturas y presiones controladas.

Una extrusora consta de varios componentes clave que trabajan juntos para lograr el proceso de extrusión, algunos de los componentes más importantes son:

- **Tornillo o husillo:** es el elemento principal del extrusor y se encarga de transportar, mezclar y fundir el material plástico.
- **Cilindro:** es la parte del extrusor que aloja el tornillo. Está diseñado para calentar y mantener la temperatura adecuada para fundir el plástico.

- Troquel: es la pieza que determina la forma final del producto extruido.
- Sistema de control: es responsable de controlar la velocidad, la temperatura y otros parámetros del proceso de extrusión. (Tecnología del plástico).

Hay dos tipos principales de extrusoras: De un solo husillo y de doble husillo (corrotante y contrarrotante).

- Las extrusoras de un solo husillo y de doble husillo corrotante son intrínsecamente extrusoras de canal abierto. Pueden considerarse bombas de flujo de arrastre. Su rendimiento o grado de llenado (si no funcionan a su máxima tasa volumétrica) puede verse afectado por el flujo de presión dentro de la extrusora.

- Las extrusoras de doble tornillo contrarrotantes y estrechamente engranadas forman canales cerrados en la región de engranaje. Su rendimiento es menos vulnerable al flujo de presión dentro de la extrusora. Por ello, pueden considerarse bombas de desplazamiento positivo. (Corzosa, 2018).

4.3. Reciclaje de desechos sólidos

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos y aprovechándolos como materia prima para nuevos productos (Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, 2006). El reciclaje es uno de los conceptos de las tres erres, las otras dos son reducir, reusar cuyo objetivo es controlar el exceso de generación de basura, El concepto de reducir implica realizar cambios en la conducta diaria para generar una menor cantidad de residuos. Reusar o recuperar es darles la máxima utilidad a las cosas sin necesidad de destruirlas o desecharlas. (Gary., 2019).

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea

posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende. (Parlamento Europeo, 2023).

El reciclaje trata de convertir residuos plásticos, la basura que consumimos diariamente, en nuevos productos o materia prima para su posterior utilización. (Padilla, 2022).

El proyecto se fundamenta en principios de economía circular y sostenibilidad ambiental, proporcionando una base sólida, integrando teorías, principios y estudios relevantes que sustentan y fundamentan el diseño y construcción de la extrusora de filamentos para impresión 3D a partir de PET reciclado.

Hay muchos tipos de plásticos, ya que estos materiales poseen procesos de reciclaje distintos, se codifican con un número dentro de un triángulo, según el SPI (Sistema de Identificación de Plásticos). Dentro de estos se encuentra el Tereftalato de polietileno (PET), codificado con el número 1, utilizado en envases de bebidas, cosméticos, fibras textiles, películas radiográficas, entre otras aplicaciones similares a estas. El PET-G (tereftalato de polietileno glicol-modificado) ha ganado popularidad en el ámbito de la impresión 3D debido a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas. Además, es un material reciclable, lo que lo hace una opción atractiva para iniciativas de sostenibilidad. (McKeen, 2013).

4.4. Marco legal

La Ley 2232 de 2022 en Colombia establece las medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones.

Esta ley en su artículo 1, establece el objeto de la misma. Con el fin de resguardar los derechos fundamentales a la vida, la salud y el goce de un ambiente sano, se establecen medidas orientadas a la reducción de la producción y el consumo de plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se dictan disposiciones que permitan su sustitución gradual por alternativas sostenibles y su cierre de ciclos, y se establecen medidas complementarias.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2022).

Ley 1549 DE 2012 (Julio 5) por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial. El congreso de la república decreta: Artículo 1°. Definición de la Educación Ambiental. Para efectos de la presente ley, la educación ambiental debe ser entendida, como un proceso dinámico y participativo, orientado a la formación de personas críticas y reflexivas, con capacidades para comprender las problemáticas ambientales de sus contextos (locales, regionales y nacionales). Al igual que para participar activamente en la construcción de apuestas integrales (técnicas, políticas, pedagógicas y otras), que apunten a la transformación de su realidad, en función del propósito de construcción de sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas. Departamento Administrativo de la Función Pública. (2012).

4.5. Marco conceptual

El desarrollo de proyectos por medio de ordenadores ha crecido exponencialmente, facilitando la conceptualización y el diseño de piezas mediante herramientas funcionales que permiten visualizar previamente lo requerido. Comúnmente, se utilizan diferentes programas de diseño para plasmar y posteriormente presentar en modelo 3D las piezas de determinados equipos que serán usadas. Según Cloud Ediciones (2025), existen diversas opciones de software gratuitas que permiten a los usuarios desarrollar modelos tridimensionales con gran precisión.

Realmente, los profesionales y aficionados tienen mucha creatividad y habilidad a la hora de diseñar piezas que lucen en un alto porcentaje similares a los modelos reales. Esto se debe a que los programas facilitan funciones específicas que los diseñadores aplican oportunamente para lograr una presentación de calidad. La disponibilidad de herramientas avanzadas ha optimizado el proceso, permitiendo mejorar la precisión y eficiencia en el modelado de piezas 3D (Cloud Ediciones, 2025).

Un conjunto de engranajes helicoidales dobles (tipo herringbone): muy usados en extrusoras

por su capacidad de transmitir fuerza con suavidad y sin juego axial.

Ejes metálicos montados entre placas laterales impresas en 3D.

Un tambor o carrete cilíndrico, probablemente un barril de tracción de filamento o un tambor que enrolla cable/hilo/material.

Estructura sujeta con tornillos y tuercas, muy probablemente impresos para pruebas funcionales.

Cómo funciona este sistema

Transmisión de movimiento:

Un motor (no se ve en la imagen, pero se conecta a uno de los ejes) hace girar el engranaje motriz.

Este engranaje transfiere el movimiento a través de los demás engranajes acoplados (doble engranaje herringbone) para reducir la velocidad y aumentar el torque.

Reducción de velocidad / aumento de fuerza:

Como los engranajes grandes están acoplados a engranajes más pequeños, el sistema funciona como una reducción.

Esto es útil para extrusoras, donde se necesita aplicar fuerza constante pero no alta velocidad al filamento u otro material.

Salida del movimiento:

El eje final (con el cilindro grande) es el eje de salida, que probablemente:

Gira un tambor para empujar filamento.

Mueve una rosca sin fin en un sistema de extrusión directa.

Enrolla un hilo u otro material.

Para qué sirve en una extrusora

Este tipo de mecanismo se usa comúnmente para:

Extrusoras de filamento tipo Bowden o Direct Drive, donde se necesita fuerza para empujar el filamento a través del hotend.

Extrusoras de pellets o materiales granulares, donde una rosca necesita fuerza para avanzar el material.

Sistemas de recolección o enrollado, para enrollar el material extruido de forma controlada.

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

El tipo de investigación es de tipo descriptiva ya que se va a detallar el proceso de construcción y diseño de una extrusora.

5.2 Método

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo utilizando una metodología de enfoque mixto que combinó tanto elementos cualitativos como cuantitativos.

En cuanto al enfoque de investigación, se utilizó un enfoque exploratorio y descriptivo para comprender en profundidad la problemática de la recolección y separación de basuras en la Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra y analizar el impacto del uso de tecnologías en bebidas en la promoción de prácticas sostenibles.

Además, se diseñaron y ejecutaron talleres de programación en tecnologías en bebidas relacionados con la recolección y separación de basuras, donde se promovió la participación de los estudiantes y se evaluó su comprensión y actitud hacia la temática.

Los datos cuantitativos y cualitativos recopilados fueron analizados de manera integrada, utilizando técnicas como el análisis de contenido y el análisis estadístico descriptivo. (Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra, 2023).

Esta combinación de enfoques cualitativos y cuantitativos brindó una comprensión profunda y amplia de la situación, destacando tanto las experiencias personales de los estudiantes como las tendencias generales en sus conocimientos y actitudes. La información obtenida permitió desarrollar recomendaciones específicas y prácticas para mejorar las iniciativas de recolección y separación de basura en la institución.

Fase 1 diseño y elaboración del sistema mecánico que tiene el sistema de tracción para la extrusora

Fase 2 Ensamble de las partes del diseño mecánico que se imprimieron en 3D

Fase 3 Ubicación y distribución del espacio en la base de sujeción que irá dentro del casco externo del proyecto

Fase 4 pruebas y ensayos antes de la adición de los sistemas eléctricos al proyecto

Fase 5 implementación de la parte electrónica al proyecto

Fase 6 prueba de los mecanismos en conjunto y de su funcionamiento entre sí para finalizar

5.3 Instrumentos de recolección de información

En el proceso de investigación se utilizaron varios instrumentos para la recolección de información, como: Revisión de documentos, videos con información del proceso.

5.3.1 Fuentes primarias. Revisión de documentos de la institución educativa Filiberto Restrepo Sierra y revisión de procesos, artículos, sitios web, libros, relacionados con el tema.

5.3.2 Fuentes secundarias. Consultas en enciclopedias, artículos de investigación, revistas de resúmenes, periódicos y directorios de los temas.

6. Resultados

Componentes del sistema



Figura 10: Accesorios

Fuente: Elaboración propia

Una bobina de extrusora es un componente utilizado para enrollar el filamento.



Figura 11: Bobina y tapa
Fuente: Elaboración propia

Las paredes cumplen la función de sujetar y estabilizar los engranajes, asegurando que permanezcan correctamente alineados dentro del sistema



Figura 12: Paredes
Fuente: Elaboración propia

Los engranajes son elementos mecánicos esenciales para la transmisión de par y movimiento entre diferentes componentes de una máquina. Existen en diversas formas y tamaños, cada uno diseñado para ajustarse a necesidades específicas según la aplicación.



Figura 13: Engranajes
Fuente: Elaboración propia

Se utilizan para mantener el orden y garantizar estabilidad, evitando desplazamientos no deseados y asegurando que cada componente permanezca en su posición.



Figura 14: Separadores

Fuente: Elaboración propia

Cuando los engranajes grandes están conectados a otros más pequeños, el sistema reduce la velocidad, pero aumenta la fuerza. Esto es clave en una extrusora, porque lo que realmente importa no es que el material salga rápido, sino que lo haga con presión constante y uniforme, sin variaciones que puedan afectar la calidad.



Figura 15: Mecanismo de tracción armado

Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Mecanismo de tracción armado lateral
Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Mecanismo de tracción armado parte trasera
Fuente: Elaboración propia



Figura 18: Mecanismo de tracción parte frontal

Fuente: Elaboración propia

Se seleccionó el regulador de temperatura HX-3002 de 12V debido a su precisión en el control térmico, su facilidad de configuración y su capacidad de mantener una temperatura estable en el proceso de extrusión



Figura 19: Regulador de temperatura HX-3002 de 12V

Fuente: Extraído de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/cont-pwm-24v-3a-inv-control-motor-dc-inversor-de-giro-24v-3a-10312#attr=>

7. Conclusiones

Se logró diseñar y construir una extrusora funcional capaz de transformar cintas plásticas recicladas, principalmente de botellas PET, en filamento utilizable para impresión 3D, lo que demuestra que es posible desarrollar soluciones tecnológicas sostenibles con recursos limitados en contextos educativos.

El proyecto promovió la conciencia ambiental y el aprovechamiento de residuos plásticos dentro de la comunidad educativa, fortaleciendo valores como la responsabilidad ecológica, el trabajo en equipo y la cultura del reciclaje a través de la aplicación práctica de conocimientos en tecnología, electrónica y mecánica.

Finalmente, se concluye que la extrusora no solo representa una solución ecológica, sino también una herramienta que potencia el aprendizaje activo y el pensamiento creativo, alineándose con los objetivos del proyecto de investigación ECOCODE y consolidando un modelo replicable en otras comunidades educativas

8. Recomendaciones

El desarrollo de este proyecto es una apuesta por la innovación en reciclaje y fabricación digital, donde la optimización de procesos y el enfoque en sostenibilidad se convierten en pilares fundamentales. Más que una iniciativa tecnológica, este esfuerzo representa una oportunidad para empoderar comunidades, fomentando el conocimiento y la adopción de prácticas responsables en el uso de materiales plásticos.

Para asegurar la viabilidad del proyecto a largo plazo, es clave establecer alianzas estratégicas con instituciones, empresas y entidades gubernamentales. Estas colaboraciones pueden facilitar el acceso a recursos, financiamiento y espacios de difusión, impulsando la adopción de prácticas sostenibles en diferentes sectores.

Finalmente, es esencial mantener un enfoque basado en la innovación y la mejora continua. La exploración de nuevas tecnologías, como la integración de energías renovables en el proceso de extrusión, puede optimizar aún más la eficiencia del sistema y reducir su huella ambiental. Además, el análisis de datos recolectados a lo largo del proceso permitirá realizar ajustes estratégicos para perfeccionar los resultados y garantizar una mayor replicabilidad del modelo en otras comunidades.

9. Referencias bibliográficas

McKeen, L. (2013). *The Effect of UV Light and Weather on Plastics and Elastomers* (Tercera ed.). Ámsterdam , Holanda : ScinceDirect. Recuperado el 20 de 06 de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/book/9781455728510/the-effect-of-uv-light-and-weather-on-plastics-and-elastomers#book-description>

Blixt. (2024). Aristegui Maquinaria, la evolucion de la extrusora . *Aristegui Maquinaria, la evolucion de la extrusora* . España: NA. Recuperado el 01 de 07 de 2024, de <https://www.aristegui.info/la-evolucion-de-la-extrusora/>

Consejo Nacional del Ambiente - CONAM. (01 de 05 de 2006). *sinia.minam.gob.pe*. (S. MINAM, Editor, sinia.minam.gob.pe, Productor, & sinia.minam.gob.pe) Recuperado el 01 de 07 de 2024, de sinia.minam.gob.pe: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-tecnica-formulacion-implementacion-planos-minimizacion>

Corzosa. (2018). *CORZO MAQUINARIA INDUSTRIAL S.A.U.* porriño, España: NA. Recuperado el 30 de 06 de 2024, de <https://corzosa.com/extrusora/>

Gary., J. J. (Diciembre de 2019). Reciclado de Plástico PET. Facultad de Ingenierías y Computación. Recuperado el 1 de julio de 2024, de <https://repositorio.ucsp.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/4c9ed418-f907-4257-9c53-6046d5696c8f/content>

grupo Axioma. (18 de 06 de 2015). Tecnología del plástico 30 años de innovación en extrusión. Bogota, Bogota, Colombia: Group S.A.S. Recuperado el 02 de 07 de 2024, de <https://www.plastico.com/es/noticias/30-anos-de-innovacion-en-extrusion>

Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra. (10 de febrero de 2023). EcoCode: programando un futuro sostenible con MakeCode y la recolección y separación de basuras. Maceo, Antioquia, Colombia: NA. Recuperado el 28 de Junio de 2024

Padilla, A. (26 de 07 de 2022). ¿Que es el reciclaje? Guadalajara, Mexico: NA. Recuperado el 03 de 07 de 2024, de <https://www.uag.mx/es/mediahub/que-es-el-reciclaje/2022-07#:~:text=El%20reciclaje%20trata%20de%20convertir,uso%2C%20por%20lo%20que%20se>

Parlamento Europeo. (24 de 05 de 2023). Obtenido de Economía circular: definición, importancia y beneficios: <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios#:~:text=La%20econom%C3%ADa%20circular%20es%20un,de%20los%20productos%20se%20extiende>.

Tecnología del plástico. (s.f.). *Extrusoras de plástico: todo lo que debe conocer*. Colombia: Publicaciones grupo Axioma Group S.A.S. Recuperado el 1 de julio de 2024, de <https://www.plastico.com/es/noticias/extrusoras-de-plastico-todo-lo-que-debe-conocer>

El País. (2025). Los microplásticos están por todas partes, pero hay formas sencillas de evitarlos. Recuperado de <https://elpais.com/salud-y-bienestar/2025-03-04/los-microplasticos-estan-por-todas-partes-pero-hay-formas-sencillas-para-esquivarlos.html/>

Franklin-Wallis, O. (2025). Tenemos que atajar la crisis de los residuos o nos veremos inundados por la basura. Recuperado de <https://cadenaser.com/nacional/2025/03/01/oliver-franklin-wallis-tenemos-que-atajar-la-tesis-de-los-residuos-o-nos-veremos-inundados-por-la-basura-cadena-ser/>

Greenpeace. (2020). Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el ambiente. Recuperado de <https://clinicamasp.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/Informe-Final-Completo-Pl%C3%A1sticos-GREENPEACE.pdf>

REMM. (2024). Cómo reducir plásticos: Estrategias efectivas para una escuela sostenible. Recuperado de <https://remm.org.mx/como-reducir-plasticos-estrategias-efectivas-para-una->

[escuela-sostenible/](#)

Institución Educativa Filiberto Restrepo Sierra. (s.f.). Reseña histórica de la institución educativa. Recuperado de <https://iefrs.edu.co/resena-historica-de-la-institucion-educativa/>

Crónica. (2025, marzo 19). Tecnología alternativa para eliminar botellas PET y cuidar el medio ambiente. Crónica. <https://www.cronica.com.mx/academia/tecnologia-alternativa-eliminar-botellas-pet-medio-ambiente.html/>

Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2021). Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. Springer.

Kreiger, M. A., Mulder, M. L., Glover, A. G., & Pearce, J. M. (2014). Life cycle analysis of distributed recycling of post-consumer high density polyethylene for 3-D printing filament. *Journal of Cleaner Production*, 70, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.009>

Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2021). Informe sobre la contaminación por plásticos y su impacto ambiental. <https://www.unep.org/es/resources/report>

Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2013). The new world of discovery, invention, and innovation: Converging technologies. Springer

Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

El Universal. (2023, 5 de julio). Impacto ambiental: la preocupante huella plástica en Colombia.

<https://www.eluniversal.com.co/viernes/2023/07/05/impacto-ambiental-la-preocupante-huella-plastica-en-colombia/?form=MG0AV3/>

Castro Guamán, J. O. (2021). Análisis del estado actual en el manejo de residuos sólidos en Antioquia.

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/29682/JulioOrlando_CastroGuaman_2021.pdf?sequence=2&form=MG0AV3&form=MG0AV3/

Greenpeace. (2020). Informe Final Completo Plásticos. Clínica MásP, Universidad de los Andes.

<https://clinicamasp.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/Informe-Final-Completo-Pl%C3%A1sticos-GREENPEACE.pdf?form=MG0AV3&form=MG0AV3>

Corrillos. (2024). Ecopetrol impulsa estrategia para masificar cultura del reciclaje en 3 municipios del Magdalena Medio

<https://www.corrillos.com.co/ecopetrol-impulsa-estrategia-para-masificar-cultura-del-reciclaje-en-3-municipios-del-magdalena-medio/?form=MG0AV3>

Naciones Unidas. (s.f.). Producción y consumo sostenibles.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/>

Renovables Verdes. (s.f.). Plásticos PET.

<https://www.renovablesverdes.com/plasticos-pet/>

Gester. (s.f.). Fabricación y procesamiento del plástico. Gester. Recuperado el 5 de junio de 2025, de <https://gester.es/es/blog/fabricacion-y-procesamiento-del-plastico-n22/>

López, S., & Forero, R. (s.f.). Diseño y fabricación de un equipo de extrusión de filamento en polímero para impresión por MDF. Universidad Santo Tomás. Recuperado el 5 de junio de 2025

<https://repository.usta.edu.co/bitstreams/ee058182-cf40-4e07-b8a8-976389962120/download/>

Gester. (2025). ¿Qué partes componen una extrusora? Recuperado el 5 de junio de 2025
<https://gester.es/es/blog/que-partes-componen-una-extrusora-n45?form=MG0AV3/>

Universidad de Alicante. (s.f.). TEMA 4. EXTRUSIÓN.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16897/1/TEMA_4_extrusion.pdf?form=MG0AV3&form=MG0AV3/

Mejía Meza, R. J., & Ricardo Ricardo, L. G. (2016). Automatización y control de una extrusora para la producción de tuberías de PVC. Universidad Tecnológica de Bolívar. Recuperado de biblioteca.utb.edu.co/

<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0069370.pdf>

Cloud Ediciones. (2025). Top 5 mejores programas de diseño de piezas gratis. Recuperado de Cloud Ediciones.

<https://cloudediciones.com/programas-diseno/top-5-mejores-programas-de-diseno-de-piezas-gratis/?form=MG0AV3>

Arca Electrónica. (s.f.). Driver L298N: Puente H para motores con Arduino. Recuperado de Arca Electrónica.

<https://www.arcaelectronica.com/blogs/tutoriales/driver-l298n-puente-h-motores-arduino>

Romero, J. (2021, noviembre 2). ¿Qué es Arduino y para qué sirve? Geeknetic.
<https://www.geeknetic.es/Arduino/que-es-y-para-que-sirve>

SD Industrial. (s.f.). ¿Qué es un motor DC y para qué sirve? Recuperado de
<https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-motor-dc-y-para-que-sirve/>

AV Electronics. (s.f.). Termostato Digital W1209. Recuperado de
<https://avelectronics.cc/producto/termostato-digital-w1209/>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2022). Ley 2232 de 2022 – Establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso. ANLA. Recuperado el 8 de junio de 2025, de ANLA.

<https://www.anla.gov.co/eureka/index.php/normatividad/leyes/3487-ley-2232-de-2022-plasticos-de-un-solo-uso-medidas-tendientes-a-la-reduccion-gradual-de-la-produccion-y-consumo-de-ciertos-productos-plasticos-de-un-solo-uso-plasticos-residuos-plasticos-biodegradabilidad-microplasticos-plastico-oxodegradable-envases-empaques-reciclaje-reutilizables-economia-circular-bioeconomia-ecodisenio-valor-agregado-sostenible-vida-util-prohibicion-y-sustitucion-gradual-de-los-#:~:text=La%20Ley%202232%20de%202022,el%20objeto%20de%20la%20misma.>

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2012). Ley 1549 de 2012 – Fortalecimiento de la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial. Función Pública. Recuperado el 8 de junio de 2025, de Función Pública.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48262/>

Leonardo Group. (s.f.). Los residuos en la escuela: cuáles son y cómo gestionarlos.

<https://www.leonardo-gr.com/es/blog/los-residuos-en-la-escuela-cu-les-son-y-c-mo-gestionarlos/#:~:text=Restos%20org%C3%A1nicos:%20Como%20por%20ejemplo,piel%20de%20fruta%2C%20entre%20otros/>

Dynapro3D. (s.f.). ¿Qué es el hotend de una impresora 3D? Recuperado el 12 de junio de 2025, de <https://dynapro3d.com/que-es-el-hotend-de-una-impresora-3d/#:~:text=El%20funcionamiento%20del%20hotend%20en,para%20conseguir%20que%20se%20funda>

Didácticas Electrónicas. (s.f.). Kit Heatblock MK8 - Bloque de calentamiento para MK8. Recuperado el 12 de junio de 2025, de <https://www.didacticaselectronicas.com/shop/kit-heatblock-mk8-kit-bloque-de-calentamiento-para-mk8-9438#attr=>