

Dimensión Ambiental en las Ciudades Inteligentes. Uso de insumos reciclados para la impresión 3D

Mariano Gastón Dogliotti ^[0000-0002-1752-6012], Rocío Andrea Rodríguez ^[0000-0002-4221-5726],
Pablo Martín Vera ^[0000-0002-6450-6161]

Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI)
Facultad de Tecnología Informática, Universidad Abierta Interamericana (UAI)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires – Argentina
marianogaston.dogliotti@uai.edu.ar; rocioandrea.rodriguez@uai.edu.ar;
pabломartin.vera@uai.edu.ar

Resumen. La sobrepoblación de las grandes ciudades trae aparejado un incremento de residuos, los cuales mayormente no son reciclados. Entre esos residuos el material que más abunda es el plástico, un material cuya degradación es muy lenta y causa grandes daños al medio ambiente. Entre las estrategias de las ciudades inteligentes debe estar la planificación del reciclado y fomentar la disminución de los volúmenes de desechos que finalmente quedan por fuera del reciclado. Actualmente, un porcentaje muy bajo de los desechos considerados como basura son reciclados. En este trabajo se presenta una propuesta para disminuir los desechos plásticos, basada en el reciclado de botellas (plástico PET - Polietileno Tereftalato). El procedimiento mostrado en este trabajo permite realizar el reciclado de esas botellas plásticas para aplicarlas directamente como materia prima para construir nuevos objetos utilizando impresión 3D. Estos nuevos objetos no sólo logran disminuir la cantidad de desechos plásticos sino reutilizarlos en objetos de uso cotidiano. Conseguir una disminución de residuos por medio de técnicas de reciclaje ciudadana junto con las posibilidades de promover por parte del gobierno acciones para la disminución de empaques de plásticos no reciclables impactará fuertemente en las ciudades que planificamos para el futuro, ciudades inteligentes.

Keywords: Ciudades Inteligentes, Reciclado, Impresión 3D, PET, Medio Ambiente.

1 Introducción

Actualmente, en América Latina la población que vive en áreas urbanas supera el 80% [1], “en 1950, apenas el 42% de la población de la región vivía en ciudades” [2]. “La urbanización es una característica de la civilización contemporánea y el proceso del desarrollo urbano en sí está condicionado por varios factores, entre los cuales se encuentran la globalización y el progreso tecnológico” [3]. Esto muestra como fue aumentando la población en las zonas urbanizadas, el urbanismo trae consigo la incorporación de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), servicios masivos de transporte, entre otras características de la vida moderna. La sobrepoblación actual requiere que las ciudades puedan adaptarse y además ser sostenibles. Este fenómeno no

sólo sucede en América Latina, “a nivel mundial, el aumento de la población se ha concentrado en las ciudades. Esta concentración presenta retos para el diseño e implementación de políticas de desarrollo urbano eficaces” [4]. La sobrepoblación actual requiere que las ciudades puedan adaptarse y además ser sostenibles. “En términos generales el concepto de ciudades o territorios inteligentes y sostenibles hace referencia a un uso extensivo y eficiente de las tecnologías disponibles – en particular las TIC – dirigidas a mejorar la calidad de vida de la población [...]” [5].

Las ciudades inteligentes han ido decantando su significado a través del tiempo y hoy en día, existe una gran simbiosis entre el tema “inteligencia” y el término “sostenibilidad”. Esto abarca con la misma importancia tanto a los aspectos físicos como a los sociales y su principal objetivo es mejorar los entornos actuales llegando a equilibrios sociales, ambientales y económicos, donde la gente tenga las mejores oportunidades para desempeñarse adecuadamente en cualquiera que sea su área [6].

Las ciudades inteligentes o Smart Cities entre sus principales características se destacan por ser más tecnológicas, eficientes y sostenibles. En donde sus habitantes pueden llevar a cabo sus rutinas fácilmente optimizando toda su infraestructura con el menor impacto medio ambiental posible. Por eso las ciudades inteligentes también se caracterizan por tener una gestión de residuos eficaz y eficiente ya que tiene incidencia en la calidad de vida de los ciudadanos. Una sociedad es ecológicamente sostenible cuando mantiene biodiversidad, asegura los recursos renovables y minimiza el empleo de recursos no renovables. En función de esto fue necesario replantear las ciudades, lo cual trae consigo nuevos desafíos, los gobiernos tuvieron que planificar acciones para modernizar las ciudades para que sean más acordes a las necesidades actuales y a la sobrepoblación que en ellas albergan. En el caso de Argentina, la Secretaría de Modernización de la Nación (Presidencia de la Nación Argentina) ha establecido un modelo de ciudad inteligente en el cual se abarcan distintas dimensiones [6] con ejes en cada dimensión [7]:

1. **Gobernanza:** Abarca la optimización de la gestión del gobierno para atender las necesidades de los ciudadanos. Buscando la mayor eficiencia, transparencia y participación ciudadana (Ejes: (a) Gobierno Abierto; (b) Infraestructura y Capacidades; (c) Plataforma de Servicios).
2. **Ambiente:** Se considera la legislación necesaria para protección de recursos naturales, disminuir el riesgo ambiental y los impactos negativos sobre el medio ambiente. Se trata de lograr un compromiso por parte del gobierno y la ciudadanía para promover la concientización y un cambio cultural que conlleve a sumar acciones para una ciudad sustentable (Ejes: (a) Calidad Ambiental; (b) Ecología Urbana y Resiliencia (c) Gestión de Recursos).
3. **Desarrollo Humano:** Procurar que todos los ciudadanos tengan igualdad de oportunidades, asegurar la inclusión y el cumplimiento de derechos básicos. Una ciudad que sea justa, inclusiva y tolerante (Ejes: (a) Educación; (b) Salud; (c) Seguridad; (d) Sociedad).
4. **Planeamiento Urbano:** Que permita realizar de forma eficiente las distintas actividades sociales de su población, debe gestionarse el crecimiento y garantizar la eficiencia de los servicios como transporte público, espacio público, zonas verdes y de esparcimiento. Por otra parte, también gestionar lo referente

a las construcciones y viviendas (Ejes: (a) Espacio Público; (b) Movilidad; (c) Transporte).

5. Competitividad: Se promueve a la innovación y emprendedurismo, así como al uso de tecnologías que puedan mejorar la productividad de las industrias. En un marco de acción que ofrezca estímulos y permita ampliar los horizontes a nuevas actividades productivas (Ejes: (a) Contexto; (b) Innovación; (c) Productividad).

Este artículo se encuentra organizado de la siguiente manera en la sección 2 se presenta la problemática a abordar, en la sección 3 nuestra propuesta, en la sección 4 resultados y finalmente en la sección 5 conclusiones.

2 Problemática

La sobrepoblación trae aparejado el crecimiento de desechos y si bien muchos de los desechos podrían reutilizarse ó compostarse, no hay una conciencia masiva que permita la disminución de la cantidad de residuos diarios. “Vivimos en un mundo donde estamos rodeados de plástico, desde los empaques de los materiales y cubiertos a artefactos plásticos y dispositivos médicos. Desde mediados del siglo veinte, los plásticos han sido una bendición para la humanidad y una parte integral de nuestra vida moderna. Sin embargo, los residuos plásticos son la mayor preocupación debido a su abundancia y persistencia en el medio ambiente” [8]. “Anualmente se producen varios millones de toneladas de plásticos en el mundo” [9]. “Los desechos plásticos que provienen de las actividades domésticas e industriales son un grave problema para los diversos ecosistemas tanto acuáticos como terrestres” [10].

Vivimos rodeados de plásticos de diversos productos que se empaquetan o traslada con elementos compuestos de plástico de un único uso (botellas, envoltorios, tarros, empaques de medicamentos, etc.). La simplicidad introducida con el plástico impacta fuertemente en los residuos que se producen.

Anualmente se desechan millones de toneladas métricas de desechos plásticos [10]. El plástico entre otros elementos ha escalado de forma preocupante en los océanos. Las corrientes marinas rotativas denominadas “giros oceánicos” han permitido la acumulación de grandes cantidades de basura generando continentes de plástico también denominados “islas”. Actualmente hay 5 islas formadas por basura, estas islas se encuentran ubicadas en tres océanos (2 Atlántico, 2 Pacífico, 1 Índico). De esas islas, la más grande se encuentra en el océano Pacífico, con un tamaño que equivale a la suma de territorios de: Francia, España y Alemania (Meyer, 2018). “Se ha estimado que el 80% de la basura proviene de zonas terrestres y el 20% de barcos” (Cruz, et al., 2020). Esto ha modificado el hábitat de distintas especies marinas y el impacto ambiental es gravísimo. La basura ha causado la muerte de aves y animales marinos, que consumen estos desechos como si fuera comida o bien se lastiman o quedan atrapados. “A veces, la muerte por plástico es obvia, si, por ejemplo, los polluelos de albatros se encuentran muertos solo con plástico y sin comida en el estómago, o si la necropsia de una ballena muestra intestinos perforados por plástico afilado. Pero la mayoría de las veces, el daño es más sigiloso y probablemente se manifiesta como hambre o letargo crónico e implacable” [11]. Por otra parte, “el plástico microscópico que ingieren los peces y otras

especies que conforman nuestra dieta pasa a nuestro organismo a través de la cadena alimenticia” [12].

“A pesar de que existen diversos tipos de desechos marinos, tales como el vidrio, papel, cartón, metal, artes de pesca, madera, filtros de cigarrillos, cabuyería, etc., el más común es el plástico. Varios estudios han corroborado que los plásticos representan más del 80% de estas basuras, y advierten que en 2050, la cantidad de plásticos en el océano superará a la de peces [...]” [13].

Es por ello que resulta altamente importante realizar acciones conjuntas entre todos los roles de la sociedad para disminuir el consumo de plásticos que sean utilizados una sola vez y descartados y pensar en otros materiales de reemplazo además con tiempo de vida útil prolongada. Distintos artículos han debatido sobre los plásticos biodegradables, sin embargo, en diversos de ellos se concluye que: “La biodegradabilidad no es la solución a la problemática del plástico, requiere condiciones adecuadas para que ocurra, no se realiza en su totalidad y se le asocia a un consumo no responsable del plástico de un solo uso, porque el consumidor cree que al ser biodegradable no genera impacto. Además, puede contaminar la cadena del reciclaje del plástico” [14].

3 Propuesta

3.1 Plástico como insumo para la impresión 3D

Existen distintos tipos de filamentos para utilizar en impresión 3D entre los que se encuentran:

1. Plásticos comunes: ABS, PLA y PET-g son los más utilizados en la impresión 3D estos permiten fabricar piezas económicas y en poco tiempo.
2. Plásticos de ingeniería: Policarbonato, ASA, PC/ABS, TPU y TPE, Polipropileno, entre otros, permiten aplicaciones de alta resistencia y uso final.
3. Poliamidas: Grupo de materiales centrados en Nylon con variantes 6, 11 y 12. Ideales para aplicaciones de uso final y fabricación de miles de piezas.
4. Plásticos de alto performance: Son plásticos que permiten aplicaciones de alta resistencia mecánica o temperatura tales como el Antero, Ultem, PEEK o PEK.

El más utilizado actualmente es el PLA (ácido poliláctico) es un termoplástico fabricado a base de recursos renovables como el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar, a diferencia de otros materiales de la industria hechos principalmente a base de petróleo. Es un material al que en los últimos años se le ha cuestionado si es verdaderamente sostenible ya que al hablar de que tan biodegradable es, la respuesta no es tan sencilla ya que es biodegradable bajo ciertas circunstancias de compostaje industrial, por más que sus materiales provengan de la naturaleza, si no se lleva a cabo el reciclaje correspondiente puede llegar a durar entre 80 y 100 años en la naturaleza. Es uno de los tipos de filamentos más utilizados por la comunidad maker (fabricantes de objetos en 3D) ya que es un material muy versátil y de fácil impresión para impresoras aditivas.

Pero también existen otros plásticos que son ideales para el reciclado entre estos se destaca el PET (Politileno – Tereftalato) que es 100% reciclable y tiene la particularidad

que se pueden reciclar fácilmente, no es tóxico y se lo puede reciclar varias veces, “[...] pese a ser un material 100% reciclable, está terminando en los rellenos sanitarios, disminuyendo la vida útil de los mismos y consumiendo recursos como el petróleo para la generación de materiales nuevos” [15]. Es importante destacar algunas de las características del PET: alta pureza, buena resistencia y transparencia. “El reciclaje de botellas plásticas o también conocidos como recipientes de envases PET corresponde a uno de los materiales que se puede reciclar en su 100%, el problema recae en que los seres humanos no lo reciclan correctamente” [16]. Debido a las ventajas de este plástico es uno de los ideales para reciclar y fabricar filamentos para impresoras 3D (FDM – Modelado por Deposición Fundida), el PET está presente en la mayoría de los recipientes de bebidas descartables y esto se torna ideal para los Maker ya que es muy sencillo conseguirlo y prácticamente a costo cero, haciéndolo muy atractivo y a su vez beneficioso para el medio ambiente ya que reutilizamos esos residuos en la fabricación de nuevas piezas.

La impresión 3D viene a solucionar esta problemática ya que facilita la reutilización de residuos plásticos en nuevos objetos con otros nuevos usos y a muy bajo costo. Si muchas personas comienzan a reciclar su propio residuo plástico esto impactará en forma positiva en el medio ambiente desechando menos residuos contaminantes, generando así esa economía circular, ya que los nuevos objetos fabricados a través de la impresión 3D gracias a las características técnicas del PET pueden volver a reciclarse y reutilizarse.

3.2 Método de Reciclado

Existen varias formas de reciclar el PET para ser reutilizado en una impresora 3D, entre las principales es posible destacar dos maneras: (1) Reciclado por medio de una máquina extrusora: que nos permite crear filamento por medio de la extrusión de pellet o plástico triturado, es decir que es posible reutilizar cualquier tipo de plástico y transformarlo en un nuevo filamento para nuestras impresoras 3D. Existen diversas empresas dedicadas a producir este tipo de extrusoras de estilo hogareñas, para que cada Maker pueda hacer el reciclado en su propia casa, también se podría fabricar una extrusora de manera casera para alcanzar el mismo objetivo. Pero este proceso es costoso y dificultoso ya que conlleva un proceso mucho más largo para la obtención del nuevo filamento y mucho más conocimiento por parte del Maker. (2) Obtención y reciclado del material directamente de las botellas usadas: lo que lo hace más sencillo, rápido y económico.

Se elige el segundo método para implementar la propuesta de reciclaje de botellas usadas y poder construir objetos de larga vida útil. Los pasos para realizar este proceso fueron los siguientes:

- a) Preparación de la botella: Se retira la etiqueta y se realiza una limpieza del envase plástico a reciclar para que no queden impurezas en el procedimiento, luego inflarlas con aire comprimido o calentarlas con una pistola de aire caliente para eliminar las deformaciones y obtener una tira más homogénea. Esto es importante para obtener un filamento de mejor calidad y una medida constante que en la mayoría de las impresoras es de un diámetro de 1.75mm para lograr una mejor impresión.

- b) Corte de tiras: Se utilizó una herramienta casera fabricada con una hoja de cutter común para realizar el corte de la botella en una tira larga de aproximadamente 8 mm de ancho (ver Fig. 1, imagen de la izquierda). Una vez cortadas las botellas en tiras comienza la transformación en filamento para poder utilizarlo en una impresora 3D, en la Fig. 1 (imagen central e imagen a la derecha) se muestran las tiras obtenidas de una sola botella de 2,25 litros.



Fig. 1. Tiras obtenidas de una botella

- c) Obtención del filamento: Una vez obtenidas las tiras de plástico PET reciclado se procede a pasarlo por un bloque calefactor Hotend con un nozzle en desuso el cual fue agrandado llevándolo a un diámetro interno de 1.6mm (utilizamos el mismo que trae una impresora 3d en su extrusor) el mismo viene acompañado con un termistor de 100k que es el encargado de informar en la placa de control la temperatura de trabajo (ver Fig. 4). Para este trabajo se utilizó una placa de control Arduino mega 2560 con ramps 1.6 y driver drv8825 para realizar las primeras pruebas se usó el mismo firmware que traen las impresoras 3D en este caso Marlin 2.0 para controlar la temperatura del bloque calefactor (ver Fig. 2 – Parte A). Para este procedimiento se hace pasar las tiras de plástico por el bloque calefactor a una temperatura aproximada de 220° centígrados, está temperatura fue la que dio el mejor resultado. La temperatura va a depender del tipo de hotend utilizado. A esa temperatura el PET se ablanda, pero se mantiene rígido y es posible tirar del otro lado del hotend para ir pasando la tira a través de él y obtener del otro lado un filamento más homogéneo de diámetro 1,75 que es el que usan la mayoría de las impresoras 3D (ver Fig. 2 – Parte B).

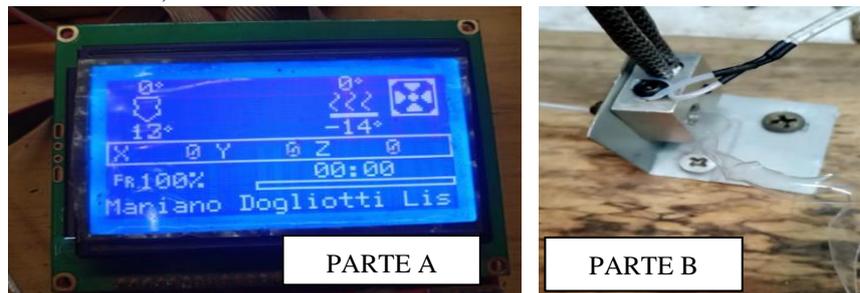


Fig. 2. Parte A: Pantalla de Control; Parte B: Lado derecho se observa el ingreso de la tira de plástico obtenida y del lado izquierdo el filamento que ya es insumo para la impresión 3D

- d) Impresión 3D: Una vez obtenido el filamento se procede a su implementación en nuestra impresora 3D para fabricar nuevas piezas y dándole vida nuevamente a ese plástico que antes era residuo y que ahora se convierte en una pieza de utilidad nuevamente generando la cadena circular beneficiando al medio ambiente. Para este procedimiento necesitamos subir la temperatura de impresión para lograr una mejor adherencia entre capa y bajar la velocidad de impresión para obtener piezas de calidad y con buena rigidez, en nuestro caso imprimimos a 250° con una velocidad de 30 mm/s.

4 Resultados

Tomando como referencia una botella de 2,25 lts, la cual pesa alrededor de 45g, se obtendría aprox. 8 mts de filamento con un peso estimado de 30g utilizable por botella reciclada, dependiendo del tipo de envase, comparado con el filamento de venta comercial se ahorra alrededor de \$80 pesos por botella. Para tener ejemplos de lo que se puede fabricar a partir del reciclado de botellas se realizó una pequeña tabla comparativa (ver Tabla 1). Esta tabla muestra las equivalencias en botellas aproximadamente con respecto a las piezas que se toman como ejemplo de objetos que se podrían imprimir.

Tabla 1. Objetos a fabricar y cálculo de cantidad de botellas necesarias

Objetos a Imprimir	Peso del Objeto	Cantidad a Imprimir	Botellas
Soporte Caño de Cortina	6 g	5	1
Gancho de toalla	8 g	4	1,06
Maceta cilíndrica (diámetro 8 cm)	20 g	1	0,7
Jabonera	60 g	1	2

En la Fig. 4, se muestran los modelos 3D que se imprimirán para cada uno de estos objetos plásticos.

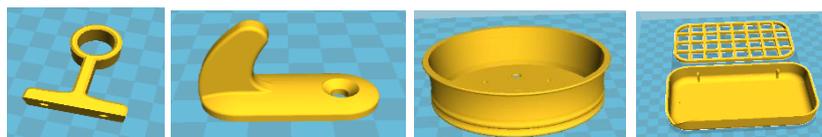


Fig. 4. Soporte de Cortina, Gancho soporte para toalla, Maceta de diámetro 8 cm, Jabonera con rejilla escurridora

Estos modelos son los que permiten generar los objetos en la impresora 3D, en este caso utilizando el plástico reciclado. Como se puede observar en la Tabla 1, una jabonera se puede construir usando el plástico reciclado de 2 botellas de 2,25lts. A modo de ejemplo, en la Fig. 5, se muestra la impresión en 3D de la jabonera con el plástico reciclado y como queda finalmente puesta en uso. En la Fig. 6 se muestran distintos pasos de la fabricación de una pequeña maceta de 8 cm de diámetro, la cual lleva un

poco menos de 1 botella para poderse construir. Los 4 objetos presentados en la tabla 1 son ejemplos de elementos que pueden construirse usando hasta 2 botellas plásticas.



Fig. 5. Impresión 3D de la jabonera

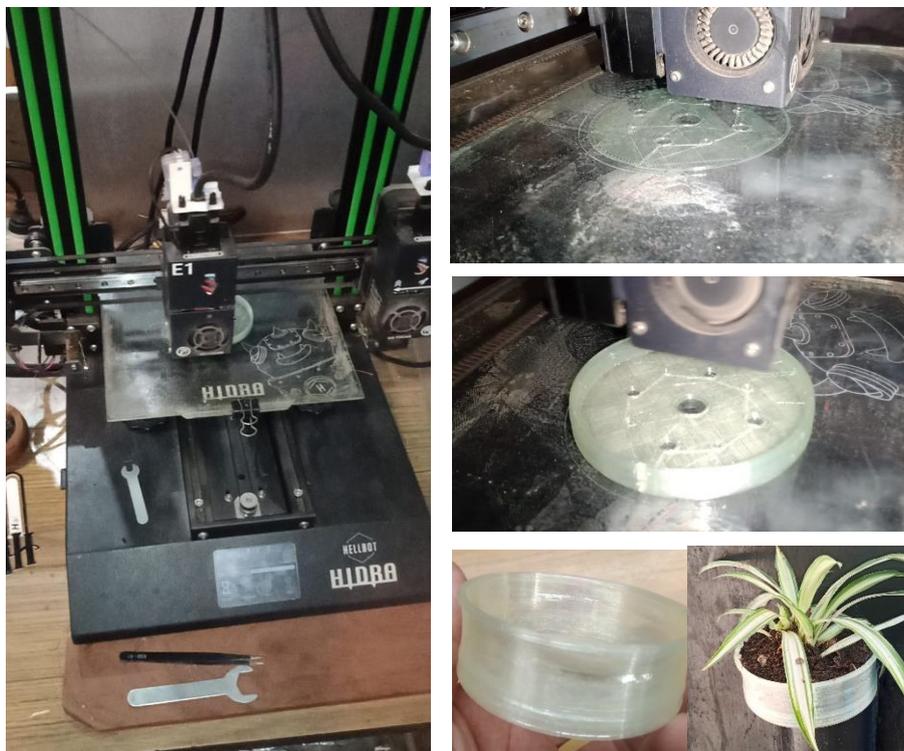


Fig. 6. Impresión 3D de la Maceta

Una gran variedad de objetos puede ser construidos aprovechando como insumo las botellas de plástico PET (las cuales tienen a ser de un único uso). Todos los objetos propuestos se construyeron con el filamento rescatado de una o dos botellas.

5 Conclusiones

Si bien el punto de partida podría ser utilizar botellas y otros productos que puedan ser reutilizados y no desechables, aún en diversas ciudades se siguen vendiendo o

entregando productos en envases o bolsas de materiales a los que se le suele dar un único uso y luego se desechan. Por otra parte, las grandes ciudades deben apoyar a la ecología ambiental, disminuyendo la cantidad de desperdicios que se consideran basura y puedan tener la posibilidad de reuso. Algunas ciudades ya tienen implementadas estrategias para separar los residuos reciclables de los que no lo son, pero en otras es el mismo camión quién se encarga de trasladar compactadas todas las bolsas de basura sin importar una posible clasificación por parte de los ciudadanos de desechos reciclables de los que no lo son, imposibilitando un esquema de reciclado. Esto debe ser un punto de interés para todos los gobiernos, velar por el cuidado del medio ambiente y la forma de reducir la cantidad de plásticos que se generan como desperdicios por parte de los ciudadanos. Claramente todos los actores de la sociedad deben tomar conciencia de la importancia del reciclado y el compromiso ciudadano debe ir acompañado de otras acciones.

Gracias al procedimiento presentado en este artículo es posible fabricar nuevos productos a bajo costo y favorecer al medio ambiente reutilizando residuos plásticos. Se ha demostrado que el reciclado de botellas en insumos plásticos para impresión 3D puede efectuarse mediante un procedimiento relativamente sencillo que todo maker puede aplicar para reducir costos y favorecer el reciclado.

Los productos obtenidos con este plástico son resistentes y de muy buena calidad. El PET es un plástico con buenas características técnica favoreciendo la fabricación de piezas resistentes originando múltiples alternativas. Los objetos mostrados en este trabajo son solo algunos ejemplos de lo que podrías fabricarse, pero la posibilidad de creación de objetos es infinita.

Si cada maker realizara este procedimiento para sus insumos el beneficio para el medio ambiente sería de gran impacto al reciclar un porcentaje considerable de los envases plásticos de consumo diario.

Como trabajo futuro se planea implementar mejoras al procedimiento para obtener un mejor filamento. Incorporando un sistema que permita pasar mejor el PET a velocidad constante y que este se enrolle automáticamente en un carrete utilizando un motor paso a paso con un sistema de engranajes y que a su vez directamente vaya cortando la botella reciclada para que todo el sistema funcione de forma automatizada haciendo esta tarea mucho más fácil y eficiente.

Finalmente es importante reflexionar sobre la importancia en el compromiso de los distintos actores de la sociedad, ya que todos pueden influir en el cuidado del medio ambiente, cada quién desde el rol que ocupe puede realizar acciones que generen un impacto positivo. Este es un problema a escala mundial que afecta tanto a la tierra como a los mares, es necesario concientizar e implementar acciones que puedan disminuir la cantidad de residuos evitando elementos descartables que sirvan para un único uso, así como el reciclado de estos. En este caso el enfoque se posiciona en la participación ciudadana colaborando con el reciclado de botellas plásticas y los maker aprovechando ese filamento como insumo para la impresión 3D. Pero es necesario también el apoyo regulatorio por parte del gobierno, así como el apoyo por parte de las industrias. Es un problema complejo en el que se requiere la participación de todos los actores de la sociedad.

Referencias

1. Naciones Unidas (2014). "World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)". Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.
2. Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C y Facchina, M. (2016). "La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente" (Vol. 454). Inter-American Development Bank.
3. Sikora-Fernández, D. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), 135-152
4. González Parodí, G. A., y Luna Ordoñez, J. E. (2019). "Ciudades Inteligentes en México: de la sostenibilidad a la agenda de gobierno y legislativa".
5. Alvarado López, R. A. (2018). "Ciudad inteligente y sostenible: hacia un modelo de innovación inclusiva". *PAAKAT: revista de tecnología y sociedad*, 7(13).
6. Palacio Cortés C. (2019). "Gobernanza: base en la Estrategia de Ciudades Inteligentes. El caso Argentino de País Digital". Dirección de Investigación, Innovación y Control Subsecretaría País Digital. Secretaría de Modernización de la Nación Presidencia de la Nación Argentina.
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estrategia_argentina_de_ciudades_inteligentes.pdf Accedido el 30/04/23
7. Castella L. (2016). "La Importancia de un Modelo de Planificación Estratégica para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes". Secretaría de Modernización de la República Argentina.
<https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/modelo-de-planificacion-estrategica.pdf> Accedido el 30/04/23
8. Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27.
9. Segura, D., Noguez, R., & Espín, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biocología*, 14(3), 361-372.
10. Flores Arévalo, P. (2020). "La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19". *South Sustainability*, 1(2), e016.
11. Daly N., National Geographic. (2019) ¿Por qué los animales del océano comen plástico? <https://www.nationalgeographic.com/animales/2019/12/por-que-los-animales-del-oceano-comen-plastico>. Accedido el 30/04/23
12. Iberdrola. (2020). El continente de plástico que flota en las aguas del Pacífico. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/isla-de-plastico-pacifico-septimo-continente>. Accedido el 30/04/23
13. Arroyo Valverde, Y. (2020). "Análisis y estudio de las islas de basura oceánicas" (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)
14. Díaz, R. (2021). "El plástico biodegradable en Perú: ¿Una solución o un problema?". *South Sustainability*, 2(2), e042-e042.
15. Valderrama Ocoro, M. F, Chavarro Guzmán, L. E.; Osorio Gomez, J. C. y Peña Montoya, C. C. (2018) . "Estudio dinámico del reciclaje de envases pet en el Valle del Cauca". *Rev. Lasallista Investig. [en línea]*. vol.15, n.1, pp.67-74. ISSN 1794-4449.
16. Andrade, J. E. O., Neira, M. L. N., Escandón, L. V. G., y Vázquez, J. O. Q. (2020). "Maquina bio-recicladora de plástico pet: un emprendimiento viable. Caso Azogues-Ecuador". *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 22(2), 395-409.