



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.1918>

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículos de investigación

Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

Block prototype based on recycled materials for the development of sustainable construction

Protótipo de bloco baseado em materiais reciclados para o desenvolvimento de construções sustentáveis

Alex Jhuber Alvarado-Gutiérrez ^I
alex_alvarado1996@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-0011-1670>

Josué Alfonso Torres-Toapanta ^{II}
josuetorres99@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2044-1295>

Alexis Wladimir Valle-Benítez ^{III}
avalleb@ulvr.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9274-3738>

Correspondencia: alex_alvarado1996@hotmail.com

***Recibido:** 16 de marzo de 2021 ***Aceptado:** 22 de abril de 2021 * **Publicado:** 10 de mayo de 2021

- I. Egresado de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- II. Egresado de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Magister en Sistemas Integrados de Gestión, Docente Investigador, Catedrático en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte en Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Resumen

Esta investigación se enfoca en la fabricación de un prototipo de bloque utilizando materiales reciclados, tales como el tereftalato de polietileno (PET), papel y almidón de yuca como un adherente natural, además de los materiales tradicionales que se emplean en el proceso de fabricación del bloque. Esto con el fin de incentivar una construcción innovadora y amigable con el medio ambiente, puesto que cada año se generan millones de toneladas de plástico. La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo o positivista, según este paradigma, se declara una metodología de investigación experimental, basada en los ensayos de laboratorio que reflejan si el prototipo de bloque cumple o supera las especificaciones que establece la normativa. De allí, que se pretenda demostrar que los materiales implementados pueden ser utilizados en el bloque, contribuyendo a reducir el impacto ambiental generado por mala disposición de los desechos no reciclados. Los resultados del ensayo a la compresión realizados a los bloques demostraron que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET usado, donde la mejor resistencia se obtuvo en la muestra 3. Entre las conclusiones destaca que: todos los bloques elaborados en este proyecto superan la resistencia de 1.4 Mpa, entran en la Categoría tipo C, con lo que según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 pueden ser usados para mampostería no estructural tales como alivianamientos de losas. Con el uso del plástico y del papel mejoran la actividad del reciclaje, logrando reducir la contaminación al medio ambiente.

Palabras claves: Prototipo; Bloque; Almidón; Contaminación; Construcción.

Abstract

This research focuses on the manufacture of a block prototype using recycled materials, such as polyethylene terephthalate (PET), paper and cassava starch as a natural adherent, in addition to the traditional materials used in the manufacturing process of the block. This in order to encourage innovative and environmentally friendly construction, since millions of tons of plastic are generated each year. This research has a quantitative or positivist approach, according to this paradigm, an experimental research methodology is declared, based on laboratory tests that reflect whether the block prototype meets or exceeds the specifications established by the regulations. Hence, it is intended to demonstrate that the implemented materials can be used in the block, helping to reduce the environmental impact generated by poor disposal of non-recycled waste. The results of the compression test carried out on the blocks showed that the resistance varies according to the amount of PET used, where the best resistance was obtained in sample 3. Among the conclusions it stands

out that: all the blocks made in this project exceed the resistance of 1.4 Mpa, they fall into the Type C Category, with which according to the Ecuadorian technical standard NTE INEN 3066 they can be used for non-structural masonry such as relief of slabs. With the use of plastic and paper, they improve recycling activity, reducing pollution to the environment.

Keywords: Prototype; Block; Starch; Contamination; Building.

Resumo

Esta pesquisa tem como foco a fabricação de um protótipo de bloco utilizando materiais reciclados, como o polietileno tereftalato (PET), papel e amido de mandioca como aderente natural, além dos materiais tradicionais utilizados na fabricação do bloco. Isso com o objetivo de incentivar a construção inovadora e ecologicamente correta, uma vez que milhões de toneladas de plástico são geradas a cada ano. Esta pesquisa tem uma abordagem quantitativa ou positivista, de acordo com este paradigma, uma metodologia de pesquisa experimental é declarada, baseada em testes de laboratório que refletem se o protótipo de bloco atende ou excede as especificações estabelecidas pela regulamentação. Com isso, pretende-se demonstrar que os materiais implantados podem ser utilizados no bloco, contribuindo para a redução do impacto ambiental gerado pela má destinação de resíduos não reciclados. Os resultados do ensaio de compressão realizado nos blocos mostraram que a resistência varia de acordo com a quantidade de PET utilizada, onde a melhor resistência foi obtida na amostra 3. Dentre as conclusões destaca-se que: todos os blocos confeccionados neste projeto superam a resistência de 1,4 Mpa, enquadram-se na Categoria Tipo C, com a qual, segundo a norma técnica equatoriana NTE INEN 3066, podem ser utilizados em alvenarias não estruturais como relevo de lajes. Com o uso de plástico e papel, melhoram a atividade de reciclagem, reduzindo a poluição ao meio ambiente.

Palavras-chave: Protótipo; Quadra; Amido; Contaminação; Prédio.

Introduction

La visión de la investigación está dirigida a reducir aquellos agentes contaminantes que alteran y destruyen los ecosistemas, tales como el plástico y el papel. La producción de plástico aumenta considerablemente cada año, por ende, la contaminación que produce este material es devastadora; siendo uno de los mayores problemas el deficiente manejo que se da al material, aumentando el índice de contaminación en el aire, agua y suelo y distorsionando los diferentes ecosistemas existentes a

Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

nivel mundial. Varios países han optado por plantear estrategias que logren mitigar el impacto ambiental negativo generado por estos residuos plásticos (Manchola, Bernal y Castro, 2018). Según lo estableció en un informe el 15 de mayo del 2020, la Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), 27 países lograron generar 675 millones de toneladas de residuos solo en el sector urbanístico, donde solo se recicló el 36%, lo cual indica que estamos muy lejos de lograr un ecosistema libre de contaminación. Por otro lado, el papel es un elemento que se lo encuentra a nivel mundial, siendo utilizado para una gran variedad de aplicaciones.

Debido a su gran producción, la contaminación que se genera por la fabricación del papel, tiene como resultado un gran impacto ambiental en nuestro medio, tales como el consumo de elevadas cantidades de agua y energía, la emisión de gas CO₂, equivalente por cada kilo de papel producido, adicional, los procesos químicos a los que son sometidos los materiales, afecta la salud de la población e incide negativamente al cambio climático.

Dada las circunstancias de las variaciones climatológicas, se ha generado una preocupación en los ciudadanos y empresas, que reconocen que la industria papelera es cada vez mayor, así como su contaminación, que inicia desde la obtención de la materia prima proveniente de los árboles hasta su disposición final. Desde otro punto de vista, el almidón de yuca; considerado como un elemento natural; es posible obtenerlo de las raíces del mismo. Posee bajos niveles de proteínas y grasas y se lo puede emplear en su estado nativo u original, o también se lo puede someter por diversos tratamientos para mejorar sus propiedades físicas y químicas. (Pizarro, Sánchez, Ceballos, Morante y Dufour, 2016). El almidón, muy aparte de fines alimenticios, es posible emplearlo en ámbitos industriales, como aditivo del cemento para así lograr un mejor fraguado del hormigón, es posible emplearlo en la fabricación del papel, en los enlucidos a base de yeso y en la restauración de edificaciones antiguas como aditivo de la cal.

Este estudio, se plantea en la fabricación de un prototipo de bloque con base en los materiales previamente mencionados; que pueda ser empleado como una alternativa ecológica en una construcción tradicional. Actualmente en el Ecuador, se están implementando nuevas metodologías de construcciones sostenibles que contribuyan con el entorno ecológico, un claro ejemplo es Quito, donde se encuentra la empresa tritubot, constituida en el año 2013, la cual se ha planteado como objetivo principal recaudar al menos 2.000.000 de botellas plásticas (PET), para implementarlas en la fabricación de bloques ecológicos, a los cuales le llaman ecobloqs. (tritubot, 2021).

Lo anteriormente planteado responde al hecho de que existe una lucha para reducir la contaminación que producen estos agentes contaminantes en el país. No obstante, nuestra propuesta incluye, además del PET, el papel para así presentar un nuevo proyecto de innovación. El proyecto de investigación se plantea una metodología con enfoque cuantitativo, según el estudio, desarrollando una investigación experimental, basados en los ensayos de laboratorio que reflejarán si el prototipo de bloque cumple o supera las especificaciones que establece la normativa donde se analizaron los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión y absorción del bloque, dando lugar a establecer una dosificación óptima de los materiales que garantice la funcionalidad del bloque en la construcción.

La necesidad de cuidar el medio ambiente es clara, es la tendencia por la cual, los materiales deben estar ligados a un enfoque ecológico y sustentable de construcción, para lo cual nuestra prioridad se basa en la elaboración de un prototipo de bloque implementando los materiales reciclables mencionados.

Materiales y métodos

En este trabajo se plantea una metodología con enfoque cuantitativo, que consiste en la búsqueda de datos en el marco de un conjunto de sucesos consecutivos ordenados, en los cuales no es posible omitir los pasos, sin embargo, se puede reestablecer cierto paso o fase dentro de la investigación. Este proceso nace a partir de una idea que se plantea, donde una vez procesados los datos, tributan a lo establecido en los objetivos e interrogantes para el desarrollo de la investigación. (Hernandez; Fernandez y Baptista, 2016).

Según este marco metodológico, el estudio se desarrolla en el contexto de una investigación experimental elaborando un prototipo de bloque en base de almidón, polietileno tereftalato (PET), papel reciclado con la finalidad de lograr reducir el porcentaje que es generado por la contaminación del plástico y el papel, implementando dichos materiales como elementos primordiales que conformen el bloque proyectado.

Todo ello estuvo respaldado y basado en los ensayos de laboratorio, de donde se deriva si el prototipo de bloque cumple o supera las especificaciones que establece la normativa donde se con los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión y absorción del bloque, dando lugar a establecer una dosificación óptima de los materiales que garantice la funcionalidad de este bloque en el futuro de la construcción.

Técnicas e instrumentos

Técnicas:

Las técnicas que se han utilizado para la elaboración del proyecto de investigación fueron los ensayos de resistencia a la compresión y absorción del bloque propuesto en base de almidón, polietileno tereftalato (PET), papel reciclado y material tradicional para el desarrollo de la construcción sostenible.

- Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39
- Ensayo de absorción INEN 642

Instrumentos:

Los instrumentos empleados para la elaboración del proyecto de investigación fueron:

- Prensa Hidráulica (Versa Tester 30-M)
- Formatos de laboratorio realizados por Autores del Proyecto.
- Fichas de resultados.
- Equipos empleados en el laboratorio RUFILIN

Población

Basados en el libro metodología de la investigación los autores, (Ferrández, Ferrández, Andreu, & García, 2019) establecen que para el enfoque cuantitativo se busca generalizar los datos que se obtienen en un entorno o grupo (muestra) a un sector o comunidad más grande (población). Dentro de la investigación propuesta. Según la encuesta de edificaciones de la INEC, menciona que hasta años anteriores al 2018, los principales resultados de la ENED, se publicaron para la variable “permisos de construcción”. Por lo tanto, se consideró como población al grupo de profesionales y empresas dedicadas a la construcción, enfocado en los permisos de construcción del 2017 en la provincia del Guayas. En el siguiente gráfico estadístico, se muestra un número promedio de los permisos de construcción generados en el país, donde varían según la provincia. Se consideró la cantidad de 8.979 permisos de construcción.

Gráfico 1: Distribución de permisos de construcción por provincias

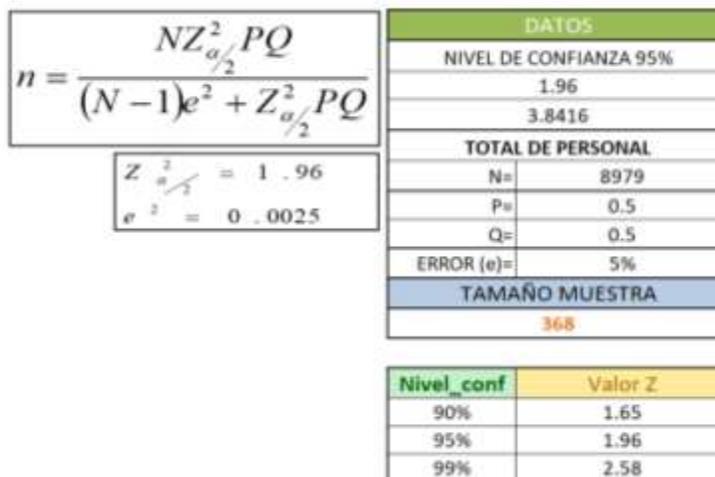


Fuente: instituto nacional de estadísticas y censos. Encuestas de edificaciones 2017

Muestra

De acuerdo con el libro: “Metodología de la investigación” de los autores Hernández, Fernández y Baptista, (2014) se menciona que el campo de muestra corresponde a la población establecida para el estudio, en otros términos, se refiere a un sistema de piezas que se integran dentro de un grupo establecido a lo que se llama población. Para definir la muestra se toma en consideración el valor de 8.979 permisos de construcción que corresponde a la provincia del Guayas.

Figura 1: Cálculo de la muestra



Fuente: Elaborado por los autores

Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

Análisis y discusión de resultados

En nuestro proyecto de titulación se realizaron 5 dosificaciones diferentes del prototipo de bloque, donde se busca optimizar recursos, tales como los materiales tradicionales y aumentar o igualar la producción del bloque tradicional sin reducir los parámetros que establece la normativa para la fabricación del mismo.

Tabla 1: Dosificaciones utilizadas para la elaboración del bloque

Fuente: Registro de datos observados.

Muestra	Almidón hervido (lts)	Plástico pet (kg)	Arena (kg)	Piedra pómez, chasqui (kg)	Cemento (kg)	Papel remojado (kg)	Bloques totales
1	5	2.25	20	27	13.1	5	11
2	5	3	20	16	13.1	4	7
3	7	5	16.5	16	7.5	1.5	11
4	5.5	2.5	11.5	7.5	7	2.75	7
5	5	2.25	16.7	13	10.5	1.5	7

Elaborado por: Los autores

Luego de establecer las dosificaciones, se procedió a realizar los ensayos en el laboratorio para determinar la resistencia y el porcentaje de absorción de cada muestra.

Tabla 2: Descripción de los resultados de la prueba de compresión

BLOQUE No.	FECHA		EDAD DIAS	CARGA MAXIMA Kg.	RESISTENCIA KG/CM2	RESISTENCIA MPA
	TOMA	ROTURA				
1	5/2/2021	19/2/2021	14	2128	8.51	0.83
	5/2/2021	26/2/2021	21	4000	16.00	1.57
	5/2/2021	5/3/2021	28	4400	17.60	1.73
2	5/2/2021	19/2/2021	14	2908	11.63	1.14
	5/2/2021	26/2/2021	21	4550	18.20	1.78
	5/2/2021	5/3/2021	28	4950	19.80	1.94
3	5/2/2021	19/2/2021	14	3158	12.63	1.24
	5/2/2021	26/2/2021	21	3090	12.36	1.21
	5/2/2021	5/3/2021	28	5022	20.09	1.97
4	5/2/2021	19/2/2021	14	2358	9.43	0.92
	5/2/2021	26/2/2021	21	4125	16.50	1.62
	5/2/2021	5/3/2021	28	4412	17.65	1.73
5	5/2/2021	19/2/2021	14	2788	11.15	1.09
	5/2/2021	26/2/2021	21	4490	17.96	1.76
	5/2/2021	5/3/2021	28	4505	18.02	1.77

Fuente: datos obtenidos de la prueba de compresión. Elaborado por los autores

Para el desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión, se tomaron en cuenta las 5 muestras previamente elaboradas. De acuerdo a su dosificación respectiva, se evaluó la resistencia máxima que

Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

soportaría cada bloque, para ello eso establecieron fechas de rotura a los 14, 21 y 28 días. La (Norma NTE INEN 3066, 2016) establece la resistencia mínima a la compresión que deben cumplir los bloques de acuerdo a su tipo y función, donde la resistencia mínima para el bloque proyectado (Tipo c) es de 1.4 Mpa. Por lo tanto, según los resultados del ensayo de resistencia a la compresión, se obtuvo que las 5 muestras obtuvieron una resistencia mayor, donde la muestra 3 favorece los resultados con una resistencia superior a las demás, con un valor de 1.97 Mpa.

Imagen 1: PET triturado.



Fuente Google

Imagen 2: Muestra 3.



Editado por los autores

Imagne 3: Papel triturado



Imágenes 4 y 5: Engrudo de almidón de yuca y Cemento Portland Holcim



Fuente: Google, 2021

Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

Imágenes 6 y 7: Arena, árido fino y piedra pómez, chasqui



Fuente: Google, 2021

Imagen 8: Proceso de mezclado de los materiales



Imagen 9: Máquina que moldea y compacta el bloque



Imagen 10: Tablero con los bloques moldeados y compactados



Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible

Tabla 3: descripción de los resultados del ensayo de absorción.

Bloque no.	Ensayo de absorción			M ² -M ^d	Porcentaje de absorción %
	Masa de muestra saturada (M ²) gr	Masa de muestra secada al horno (M ^d) gr			
1	6350	5400	950	18	
2	6300	5400	900	17	
3	6200	5350	850	16	
4	6150	5250	900	17	
5	6100	5150	950	18	

Fuente: Datos obtenidos del ensayo de absorción. Elaborado por los autores

Se puede apreciar que el plástico tiene un rol muy importante en el bloque, el cual influye en los resultados de absorción, a medida que aumenta la cantidad de plástico, el porcentaje de absorción disminuye haciendo el bloque más ligero, como es el caso del bloque 3 que es el que tiene más plástico y cuyo porcentaje de absorción fue 16, esto sucede ya que el volumen del plástico dentro del bloque pesa poco por ende la absorción es mínima.

Discusión

Los resultados del ensayo a la compresión realizados a los bloques demostraron que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET usado, donde la mejor resistencia se obtuvo en la muestra 3. Todos los bloques elaborados en este proyecto de investigación superan la resistencia de 1.4 Mpa, entran en la Categoría tipo C, con lo que según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 pueden ser usados para mampostería no estructural tales como alivianamientos de losas.

El material plástico PET tiene un alto tiempo de degradación entre 200 a 300 años, lo cual garantiza que la construcción sea de larga vida. Con el uso del plástico y del papel mejoran la actividad del reciclaje, logrando reducir la contaminación al medio ambiente, conservando la salud y vida de los animales.

Conclusiones

- Los resultados del ensayo a la compresión realizados a los bloques demostraron que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET usado. La mejor resistencia se obtuvo en la muestra 3.
- Todos los bloques elaborados en este proyecto de investigación superan la resistencia de 1.4 Mpa, entran en la Categoría tipo C, con lo que según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 pueden ser usados para mampostería no estructural tales como alivianamientos de losas.

- El material plástico PET tiene un alto tiempo de degradación entre 200 a 300 años, lo cual garantiza que la construcción sea de larga vida.
- Con el uso del plástico y del papel mejoran la actividad del reciclaje, logrando reducir la contaminación al medio ambiente, conservando la salud y vida de los animales.

Referencias

1. Ambientum. (2019, Octubre 21). Retrieved from Ambientum.com: <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/reciclaje-de-pet.asp#>
2. Antrax, I. (2015, Mayo 10). slideshare. Retrieved from https://es.slideshare.net/ivan_antrax/propiedades-y-caracteristicas-del-pet
3. Bloqueras.org. (2018). Bloqueras.org. Retrieved from <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>
4. Bolsalea. (2020, Febrero 10). Retrieved from <https://www.bolsalea.com/blog/2011/09/el-origen-del-papel-3/>
5. Bon, M. (2018, noviembre 09). digitalpapel.com. Retrieved from <https://blog.digitalpapel.com/usos-papel-reciclado/>
6. Cartabon. (2020, Enero 21). Retrieved from <https://www.cartabon.com/blog/p-que-tipos-de-papel-existen-y-para-que-se-utiliza-cada-uno>
7. Choez, R. (2019). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2913/1/T-ULVR-2625.pdf>
8. ciel.org. (2019, Mayo). ciel.org. Retrieved from <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/05/Plastic-and-Climate-FINAL-2019.pdf>
9. ciel.org. (2019, Marzo). ciel.org. Retrieved from <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/03/Plastic-Health-Spanish.pdf>
10. COMERCIO, E. (2017, abril 28). Ecuador tiene un déficit en reciclar basura. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-deficit-reciclar-basura-contaminacion.html>
11. Concretec. (2016, Septiembre 15). Retrieved from https://www.concretec.com.bo/fichas/bloques_hormigon.pdf
12. Construyored. (2017, Diciembre 04). Retrieved from <https://construyored.com/noticias/1834-ya-sabes-para-que-sirve-un-bloque-de-concreto>
13. Correa Palaguachi, Cristhian Geovanny. (2020). Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3780>

14. eltelegrafo. (2017, abril 19). 10.000 millones de árboles desaparecen anualmente. pp. <https://www.elfelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/10-000-millones-de-arboles-desaparecen-anualmente>.
15. Ensinck, M. G. (2020, Marzo 2). Comunicación sostenible. Retrieved from <https://www.comunicacionsostenible.co/site/plasticos-del-problema-a-la-solucion/>
16. Ferrández, G., Ferrández, V., Andreu, R., & García, O. (22 de Mayo de 2019). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Obtenido de <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2071.%20XIV%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Ingenieri%CC%81a%20Horti%CC%81cola/Estudio%20de%20los%20usos%20del%20almido%CC%81n%20en%20la%20construccio%CC%81n.pdf>
17. Hernandez; Fernandez y Baptista. (2016). Metodología de la investigación. Mexico: MC GRAW HILL Education.
18. Manchola, Bernal y Castro. (2018). Investigación Formativa en Ingeniería segunda edición. En P. E. Serna, Investigación Formativa en Ingeniería segunda edición (pág. 85). Medellín: IAI (Editorial Instituto Antioqueño de Investigación).
19. Norma NTE INEN 3066. (2016). BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO. Quito. Obtenido de https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3066.pdf
20. Pizarro, Sánchez, Ceballos, Morante y Dufour. (2016). Diversificación de los Almidones de Yuca y sus Posibles Usos en la Industria Alimentaria. revista Politécnica vol. 37 núm. 2. Obtenido de http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/637
21. tritubot. (2021). tritubot. Obtenido de <http://tritubot.com/ecobloq/>