



## **Caracterización de bloques de construcción mediante ensayos de flexión**

### *Characterization of building blocks by bending tests*

Lema Rivas Edgar Ignacio<sup>1</sup>

Mg. Luis Paúl Núñez Naranjo.<sup>2</sup>



0000-0002-6768-0341

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador [edgarlemarivas@tsachila.edu.ec](mailto:edgarlemarivas@tsachila.edu.ec)

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, Ecuador [luisnunez@tsachila.edu.ec](mailto:luisnunez@tsachila.edu.ec)

**Recepción:** 21 de octubre de 2022

**Aceptación:** 30 de noviembre de 2022

**Publicación:** 28 de diciembre de 2022

**Citación/como citar este artículo:** Ávila, K. y Núñez, L. (2022). Caracterización de bloques de construcción mediante ensayos de flexión. Ideas y Voces, 2(3), 60-73.



## Resumen

El presente proyecto de investigación se lo ejecutó con la finalidad de establecer las características y propiedades básicas del material compuesto en función del tereftalato de polietileno conocido como PET, el mismo que será utilizado en la elaboración de bloques de construcción para contribuir con la reducción de aplicación de materiales contaminantes, y pueda favorecer al medioambiente, dándole un uso distinto en contraste a botarlo a la basura cuyos resultados son nefastos. Para poder ejecutar el presente trabajo investigativo, se empleó una metodología experimental, con la que se contrastó la hipótesis planteada, en un laboratorio respectivo que, para la ejecución de los ensayos se siguieron los procedimientos respectivos mediante la normativo NTE INEN 2554, poniéndose en marcha 15 probetas, las cuales tenían composiciones de PET del 20%, 40%, 60% y 80% respectivamente, en comparación con los bloques tradicionales. Los resultados hallados indicaron que los bloques con una composición del 40% del PET tendrían más carga y mayor resistencia a los ensayos de flexión.

## Palabras clave

Construcción, tereftalato, medio ambiente, contaminantes

## Abstract

This research project was carried out in order to establish the basic characteristics and properties of the composite material based on polyethylene terephthalate known as PET, the same that will be used in the production of building blocks to contribute to the reduction of application of polluting materials, and can favor the environment, giving it a different use in contrast to throwing it away whose results are disastrous. In order to carry out this investigative work, an experimental methodology was used, with which the proposed hypothesis was contrasted, in a respective laboratory that, for the execution of the tests, the respective procedures were followed through the NTE INEN 2554 regulations, starting up 15 test tubes, which had PET compositions of 20%, 40%, 60% and 80% respectively, compared to traditional blocks. The results found indicated that the blocks with a composition of 40% PET would have more load and greater resistance to bending tests.

## Keywords

Construction, terephthalate, environment, pollutants

### 1.1.1 Introducción

La construcción, sin lugar a dudas, es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, es entonces cuando observamos con preocupación, cómo se podría influir o aportar a mejorar las condiciones para los habitantes de la provincia y a su vez al país que carecen de una vivienda digna, o simplemente las condiciones con las que cuentan no son las más favorables y también observar la gran cantidad de contaminación de botellas plásticas (PET) lo que genera gran contaminación (Gaggino, Kreiker, Mattioli, & Argüello, 2015).

Dentro de los grandes problemas en la sociedad ecuatoriana está el desconocimiento de los materiales para la construcción de viviendas, el cual se convierte en un obstáculo para poder introducir materiales alternativos a los ya existentes, considerando únicamente al hormigón, teja, ladrillo cerámico y demás materiales como la solución permanente para ser usado en construcciones, aún a pesar de sus altos costos.

Además, los países que están cerca del Océano Pacífico son considerados riesgosos por su cercanía al mismo, lo que hace fundamental buscar alternativas de construcción que reduzcan el peligro de edificar en zonas sísmicas, siendo de mayor impacto en aquellos lugares donde la presencia de edificaciones provoque fallecimientos de vidas humanas. Ante estas circunstancias, es elemental construir con materiales livianos para viviendas que contribuyan a la reducción de los índices de mortalidad que son causados por estos fenómenos naturales (Díaz Cordero, 2012).

Por tal motivo, la construcción de nuevos materiales en base de plástico reciclado (PET), se convierte en una alternativa para cubrir los requerimientos exigidos por los profesionales de la construcción, evaluando favorablemente dichos materiales en parámetros ya sean técnicos, económicos, sociales y ambientales como tal.

## **1.1.2 4.3 Objetivos**

### **4.3.1 Objetivo general**

- Caracterizar los materiales del bloque compuestos a base de plástico reciclado Tereftalato de Polietileno (PET) mediante ensayos de flexión para remplazar al bloque convencional.

### **4.3.2 Objetivos específicos**

- Elaborar muestras de bloque prototipo sustituyendo arena y piedra pómez por Tereftalato de Polietileno.
- Realizar ensayos de flexión a los bloques compuestos de Tereftalato de Polietileno (PET).
- Comparar las características mecánicas (flexión) de los bloques Tereftalato de Polietileno (PET) con los bloques convencionales.

## **1.1.3 4.4 Metodología**

El diseño de investigación es el plan o estrategia que se concibe para la obtención de la información referente al planteamiento del problema de estudio. Bajo un enfoque cuantitativo, el investigador direcciona los diseños para comprobar la hipótesis planteada dentro de un contexto particular o brindar evidencias acordes a los parámetros del estudio (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Dentro de los tipos de investigación experimental se encuentra el diseño transeccional o transversal, el cual sirve para recopilar datos en un determinado momento. El objetivo es describir las variables y analizar el impacto e interrelación de las mismas en un tiempo definido. Ante este tipo de diseños, se divide en tres partes de acuerdo a la finalidad de la investigación: exploratorios, descriptivos, correlacionales o causales.

Los estudios exploratorios son aquellos en los cuales se conoce una o más variables, dentro de una comunidad, un contexto o una situación en particular. Este tipo de investigaciones se las aplica en problemas nuevo o poco conocidos, dando apertura al iniciode otros diseños. La investigación descriptiva es aquella que indaga el impacto de las modalidades o niveles de una o más variables en una población, cuyo procedimiento consisteen la ubicación de dichas variables sobre un grupo de individuos, objetos, etc., para proporcionar información en base a su descripción.

Para efecto del presente trabajo, se aplicó los diseños transeccionales de orden exploratorio y descriptivo para que, en primera instancia, se pueda conocer los efectos del uso de los materiales para la fabricación de los bloques PET dentro de la investigación propuesta.

#### **4.4.1 Procedimientos para los ensayos de flexión**

Marcar los tercios respectivos dentro de los bloques como se indica en la figura 14.



**Figura 14.** Marcación de tercios en bloques

Realizar el ensayo colocando los apoyos en la máquina según la norma NTE INEN2554 (ver figura 15).



**Figura 15.** Colocación de apoyos para ensayo

Verificar el tercio en donde se produjo la rotura para calcular el módulo de rotura y medirlo (ver figura 16).



**Figura 16.** Verificación de tercio

Se procede con el cálculo de la rotura, midiendo cada una de las caras fracturadas luego del ensayo, tomando en cuenta el ancho y la altura en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Se toman las tres medidas, para luego sacar un promedio de ancho y alto con una aproximación de 1 mm (INEN, 2016).



**Figura 17.** Cálculo de la Rotura

### 1.1.4 4.5 Población y Muestra

La población de estudio está definida como el conjunto de todos los casos, de forma limitada y accesible para servir de referencia en lo que respecta a la elección de la muestra, siempre y cuando cumpla con parámetros predeterminados, el cual puede abarcar individuos, objetos y demás (Arias, Villacís, & Miranda, 2016). Dentro de las características que se utilizan para seleccionar la población de estudio, se mencionan las siguientes:

**4.5.1 Homogeneidad:** consiste en que todos los elementos de la población, deben tener las mismas características de acuerdo a las variables de estudio;

**4.5.2 Temporalidad:** el periodo en el cual se ubica la población de interés. Es de vital importancia ya que, debe ubicarse tanto en el presente como en el pasado, la cual puede variar con el tiempo.

**4.5.3 Límites espaciales:** debe especificarse el tipo de población a estudiarse, la cual puede ser comunidad, país o unidad educativa, según el caso.

Para delimitar la población, Robledo (2004) define a la misma como población diana o población blanco, la cual viene definida por características tales como las demográficas, sociales, educativas, etc. Esta población es el universo en el cual se generalizan los resultados, hallándose en la misma la población accesible que consta con aquellos casos que sirven para satisfacer los parámetros definidos y puede el investigador acceder en todo momento. Para el presente estudio, la población delimitada serán los bloques que se utilizarán a los procesos de fabricación de bloques PET.

### 1.1.5 4.6 Resultados

#### 4.6.1 Carga Promedio de las probetas (bloques)

En base los resultados obtenidos, se realizó la medición de la carga de todos y cada una de las probetas con la máquina de flexión, para lo cual se empleó una báscula para la obtención precisa de los datos. En las tablas que se muestran a continuación, se detalla la carga de cada una de las probetas (ver tabla 18), basados en el porcentaje de material compuesto con el cual fueron fabricadas, además tienen 28 días de curación en la cual fueron fabricadas.

**Tabla 18.** Carga promedio de probetas según su categoría

| <b>Carga<br/>(KN)/Identificación</b> | <b>Tradicional</b> | <b>20%<br/>PET</b> | <b>40%<br/>PET</b> | <b>60%<br/>PET</b> | <b>80%<br/>PET</b> |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Probeta 1                            | 3.82               | 3.50               | 7.46               | 5.17               | 4.88               |
| Probeta 2                            | 2.52               | 4.47               | 6.40               | 5.58               | 5.01               |
| Probeta 3                            | 2.96               | 3.69               | 5.47               | 4.61               | 4.99               |
| <b>Promedio</b>                      | <b>3.10</b>        | <b>3.89</b>        | <b>6.44</b>        | <b>5.12</b>        | <b>4.96</b>        |

En base a los resultados hallados, se puede deducir que, en función de los bloques tradicionales y a medida que aumenta el porcentaje de tereftalato de polietileno PET, la carga de los bloques (probetas), el que tiene el 40% de dicho material contiene mayor carga en comparación al resto, lo cual se puede indicar que tendrá mayor resistencia en su estructura.

#### **4.6.2 Resultado de los ensayos de flexión**

Los ensayos de flexión fueron realizados con probetas a una edad de 28 días de curado, donde únicamente varía su composición. En la tabla 19 se puede visualizar los valores de los módulos de rotura que se aplicaron en cada una de las probetas conjuntamente con la ubicación de la falla, los cuales muestran los niveles soportados por cada una de las probetas. Dichos valores fueron recabados dentro del laboratorio de ensayos de flexión

de la Universidad Técnica de Ambato. Los datos obtenidos de los ensayos fueron comparados entre sí, siguiendo los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2554, para lo cual se detallará el tipo de bloque y la ubicación de la falla a la cual pertenecen. De acuerdo a la tabla 19, se puede observar que los módulos de tabla tradicionales presentan en promedio 0.24 MPA de resistencia, ubicándose de igual manera en tercio medio en cuanto a la ubicación de la falla respectiva. Estos valores son referentes para la comparación con los componentes del PET de acuerdo al porcentaje agregado.

**Tabla 19.** Módulo de Rotura bloque Tradicional

| <b>Módulo de Rotura<br/>(MPA)/Identificación</b> | <b>Tradicional</b> | <b>Ubicación de la<br/>falla</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Probeta 1                                        | 0.29               | Tercio Medio                     |
| Probeta 2                                        | 0.19               | Tercio Medio                     |
| Probeta 3                                        | 0.23               | Fuera de Tercio                  |
| <b>Promedio</b>                                  | <b>0.24</b>        |                                  |

De acuerdo a la tabla 20, se puede observar que los módulos de tabla con 20% de PET presentan en promedio 0.23 MPA de resistencia, ubicándose de igual manera en tercio medio en cuanto a la ubicación de la falla respectiva, pese a que la probeta 3 está fuera de tercio. Como se puede observar, la resistencia en comparación al bloque tradicional es menor, lo que implica que este bloque tiene una resistencia menor.

**Tabla 20.** Módulo de Rotura 20% PET

| <b>Módulo de Rotura<br/>(MPA)/Identificación</b> | <b>20%<br/>PET</b> | <b>Ubicación de la falla</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| Probeta 1                                        | 0.22               | Tercio Medio                 |
| Probeta 2                                        | 0.20               | Tercio Medio                 |
| Probeta 3                                        | 0.26               | Fuera de Tercio              |
| <b>Promedio</b>                                  | <b>0.23</b>        |                              |

**Tabla 21.** Módulo de Rotura 40% PET

| <b>Módulo de Rotura<br/>(MPA)/Identificación</b> | <b>40%<br/>PET</b> | <b>Ubicación de la falla</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| Probeta 1                                        | 0.47               | Tercio Medio                 |
| Probeta 2                                        | 0.50               | Tercio Medio                 |
| Probeta 3                                        | 0.44               | Fuera de Tercio              |
| <b>Promedio</b>                                  | <b>0.47</b>        |                              |

De acuerdo a la tabla 21, se puede observar que los módulos de tabla con 40% de PET presentan en promedio 0.47 MPA de resistencia, ubicándose de igual manera en tercio medio en cuanto a la ubicación de la falla respectiva en la probeta 1 y probeta 3. Esta medición refleja una mayor resistencia en comparación a los dos bloques anteriores, dándose a entender que con 40% de PET, los bloques presentarán resistencia y menos fallas en su elaboración.

**Tabla 22.** Módulo de Rotura 60% PET

| <b>Módulo de Rotura<br/>(MPA)/Identificación</b> | <b>60%<br/>PET</b> | <b>Ubicación de la<br/>falla</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Probeta 1                                        | 0.19               | Tercio Medio                     |
| Probeta 2                                        | 0.13               | Tercio Medio                     |
| Probeta 3                                        | 0.12               | Tercio Medio                     |
| <b>Promedio</b>                                  | <b>0.15</b>        |                                  |

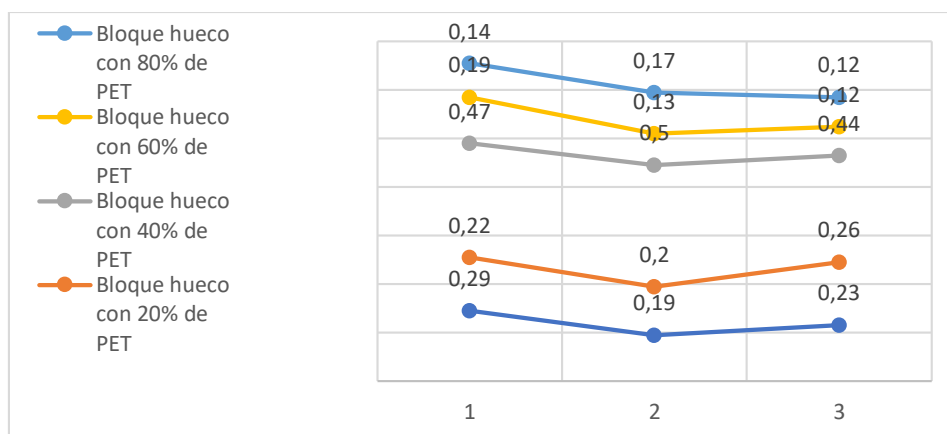
De acuerdo a la tabla 22, se puede observar que los módulos de tabla con 60% de PET presentan en promedio 0.15 MPA de resistencia, ubicándose de igual manera en tercio medio en cuanto a la ubicación de la falla respectiva. Como se puede observar, la resistencia en comparación a los bloques anteriores es menor, lo que implica que este bloque tiene una resistencia débil para su consistencia.

**Tabla 23.** Módulo de Rotura 80% PET

| <b>Módulo de Rotura<br/>(MPA)/Identificación</b> | <b>80%<br/>PET</b> | <b>Ubicación de la falla</b> |
|--------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|
| Probeta 1                                        | 0.14               | Tercio Medio                 |
| Probeta 2                                        | 0.17               | Tercio Medio                 |
| Probeta 3                                        | 0.12               | Tercio Medio                 |
| <b>Promedio</b>                                  | <b>0.14</b>        |                              |

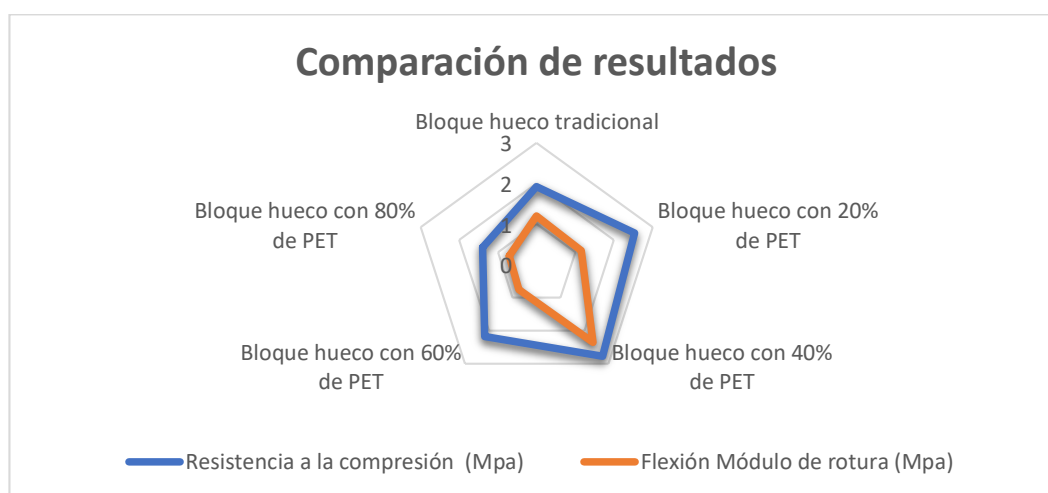
Por último, de acuerdo a la tabla 23, se puede observar que los módulos de tabla con 80% de PET presentan en promedio 0.14 MPA de resistencia, ubicándose de igual manera en tercio medio en cuanto a la ubicación de la falla respectiva. Como se puede observar, la resistencia en comparación a los bloques anteriores es menor, lo que implica que este bloque tiene una resistencia débil para su consistencia.

**1.1.6 En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento de las probetas a los ensayos de flexión.**



**Figura 18.** Ensayo de flexión

En la figura 19 se realiza una comparación entre los dos ensayos tanto el de compresión como el de flexión y se selecciona la composición que cumple con la normativa de construcción del ecuador.



**Figura 19.** Comparación ensayo de compresión vs flexión

### 1.1.7 4.7 Conclusiones

- Dentro de las conclusiones se puede mencionar que a través de los análisis respectivos de los resultados que se han podido mostrar sobre los ensayos de flexión aplicado a las

distintas probetas, se concluye que la dosificación de materia compuesto PET empleado en la elaboración de bloques más adecuada, es la compuesta por un 40% de tereftalato de polietileno, dado que soportaron en promedio el módulo de rotura a niveles máximos en comparación a las otras composiciones, dando como resultado un promedio de 0.47 MPa, comprobándose de esta manera la hipótesis planteada en la que al aplicar PET como sustituto parcial de la piedra triturada (chispa) y arena, son un determinante en la resistencia a la flexión.

- Los respectivos ensayos de flexión fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, los cuales fueron aplicados en función de cada probeta de cada dosificación de PET propuesta, tomando como referencia los pasos y observaciones establecidos en la normativa NTE INEN 2554. En función de los resultados obtenidos de los ensayos de flexión, se observa que las cargas de los bloques tradicionales y con adición del 20%, 40%, 60% y 80% de PET, poseen en promedio una carga de 0.24, 0.23, 0.47, 0.15 y 0.14 MPa respectivamente, concluyendo que la de mejor resistencia fue la de 40% y la de 80% se considera no recomendable para ningún tipo de construcción.

- Por último, los ensayos y materiales empleados para la fabricación de probetas fueron aplicados en función de la norma NTE INEN 2554, pero que, al no existir una medida estándar para su calificación de producto final, únicamente se hicieron comparaciones en función de las muestras empleadas para cada porcentaje de PET conjuntamente con la construcción de bloques tradicionales para determinar cuál de ellos cumple con la carga y resistencia óptimas.

## 4.8 Bibliografía

- Arias, J. Villasís, M. & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación

- III: la población de estudio. Revista Alergia México, 63(2), 201-206. Recuperado de  
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Díaz, G. (2012). El Cambio Climático. Ciencia y Sociedad. Recuperado de  
<https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>
  - Gaggino, R., Kreiker, J., Mattioli, D., & Argüello. (2015). Emprendimiento de  
 Fabricación de ladrillos con Plástico reciclado involucrando actores públicos y  
 privados. Recuperado de  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/56370/CONICET\\_Digital\\_Nro.a447c64a-9704-4c31-972c-d20a3b201c13\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/56370/CONICET_Digital_Nro.a447c64a-9704-4c31-972c-d20a3b201c13_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
  - Gamboa, O. (2005). Optimización del proceso de Fabricación de Bloques de  
 concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 KG/cm<sup>2</sup>, caso  
 específico fuerte-block máquinas #1 y #2. Recuperado de  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1468\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1468_IN.pdf)
  - Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).  
 Metodología de la Investigación. Mac Graw Hill.
  - Norma Técnica Ecuatoriana. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN  
 2554. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2554.pdf>
  - ONU Hábitat México. (2021). Recolectar y eliminar residuos de manera  
 eficiente. Recuperado el 11 de marzo de 2021, de ONU Hábitat por un mejor  
 futuro urbano: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/recolectar-y-eliminar-residuos-de-manera-eficiente>

- Ramírez, A., Sánchez, J. M., & García, A. (2004). El Desarrollo Sustentable: Interpretación y Análisis. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/342/34202107.pdf>
- Robledo, J. (2004). Población de estudio y muestreo en la investigación epidemiológica. Nure Investigación(10). Recuperado de <http://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/viewFile/205/187>.
- Sanmartín, G., Zhigue, R., & Alaña, T. (2017). El reciclaje: un nichode innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista. Universidad y Sociedad, 9(1), 36-40. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v9n1/rus05117.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2016). NTE INEN 3066 BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO. Recuperado de [https://vipresa.com.ec/wpcontent/uploads/2019/02/nte\\_inen\\_3066.pdf](https://vipresa.com.ec/wpcontent/uploads/2019/02/nte_inen_3066.pdf)