



*Estudio comparativo entre bloques artesanales y bloques elaborados con vidrio reciclado acorde a los requisitos establecidos en la norma INEN*

*Comparative study between handcrafted blocks and blocks made with recycled glass according to the requirements established in the INEN standard*

*Estudo comparativo entre blocos artesanais e blocos feitos com vidro reciclado de acordo com os requisitos estabelecidos na norma INEN*

Jennifer Marissa Medranda-Cobeña<sup>I</sup>  
[jmedranda6614@utm.edu.ec](mailto:jmedranda6614@utm.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-6321-3749>

Kevin Benjamín Aguayo-García<sup>II</sup>  
[kaguayo1923@utm.edu.ec](mailto:kaguayo1923@utm.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-3704-2231>

Wilter Enrique Ruiz-Párraga<sup>III</sup>  
[Wilter.ruiz@utm.edu.ec](mailto:Wilter.ruiz@utm.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

**Correspondencia:** [jmedranda6614@utm.edu.ec](mailto:jmedranda6614@utm.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de agosto de 2022 \* **Aceptado:** 28 de septiembre de 2022 \* **Publicado:** 05 de octubre de 2022

- I. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.
- III. Magíster en Docencia e Investigación Educativa, Máster en Ingeniería Civil, Mención Tecnología de los Materiales de Construcción, Profesor Titular en la Universidad Técnica de Manabí, en la Carrera de Ingeniería Civil, Especialista en Materiales de Construcción, Portoviejo, Ecuador.

## Resumen

La utilización del vidrio reciclado molido en reemplazo parcial de la arena en bloques de hormigón artesanales abre una alternativa para obtener un nuevo material de construcción más eficiente y para reducción del impacto ambiental, animado por la poca demanda de la reutilización del vidrio en el Ecuador y que su degradación en el medio ambiente conlleva unos 4000 años. Con el propósito de determinar la influencia del vidrio reciclado en los bloques de hormigón artesanales, en la presente investigación se estudió el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques mediante ensayos de laboratorio bajo las normas NTE INEN 3066, cumpliendo con los criterios de dimensión, densidad, absorción y resistencia a la compresión, se ha tomado como referencia la dosificación en la elaboración de los bloques de las fábricas artesanales, donde se determinó en porcentajes de 10% y 15% la sustitución parcial de la arena por vidrio molido. Mediante un análisis cuantitativo se realiza el estudio comparativo donde se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de los bloques con porcentaje de vidrio en conjunto con los bloques elaborados con los materiales tradicionales como cemento, arena, agua y chasqui, fabricados por los artesanos de las bloqueras de mayor producción de la ciudad de Portoviejo, llegando a la conclusión que los bloques de hormigón con vidrio molido presenta ventajas en el aumento de la resistencia a la compresión de hasta un 21.44% y 19.56% con el 10 y 15 % de sustitución de la arena por vidrio molido respectivamente.

**Palabras claves:** Bloques de hormigón; Vidrio molido; Ensayos de densidad; Ensayo de absorción; Ensayo de resistencia a la compresión.

## Abstract

The use of ground recycled glass as a partial replacement for sand in artisanal concrete blocks opens an alternative to obtain a new, more efficient construction material and to reduce environmental impact, encouraged by the low demand for the reuse of glass in Ecuador and that its degradation in the environment takes about 4000 years. In order to determine the influence of recycled glass on handcrafted concrete blocks, in the present investigation the behavior of the physical and mechanical properties of the blocks was studied through laboratory tests under the NTE INEN 3066 standards, complying with the criteria of dimension, density, absorption and resistance to compression, the dosage in the elaboration of the blocks of the artisanal factories has

been taken as a reference, where the partial replacement of the sand by ground glass was determined in percentages of 10% and 15%. Through a quantitative analysis, a comparative study is carried out where the results obtained from the tests of the blocks with percentage of glass are presented together with the blocks made with traditional materials such as cement, sand, water and chasqui, manufactured by the artisans of the blocks with the highest production in the city of Portoviejo, reaching the conclusion that concrete blocks with ground glass have advantages in increasing the compressive strength of up to 21.44% and 19.56% with 10 and 15% substitution of sand by ground glass respectively.

**Keywords:** Concrete blocks; Ground glass; density tests; Absorption test; Compression resistance test.

## Resumo

O uso de vidro reciclado moído como substituição parcial da areia em blocos de concreto artesanal abre uma alternativa para obter um novo material de construção mais eficiente e reduzir o impacto ambiental, incentivado pela baixa demanda de reutilização de vidro no Equador e que sua degradação no ambiente leva cerca de 4000 anos. A fim de determinar a influência do vidro reciclado em blocos de concreto artesanais, na presente investigação o comportamento das propriedades físicas e mecânicas dos blocos foi estudado através de ensaios de laboratório segundo as normas NTE INEN 3066, atendendo aos critérios de dimensão, densidade, absorção e resistência à compressão, tomou-se como referência a dosagem na elaboração dos blocos das fábricas artesanais, onde foi determinada a substituição parcial da areia por vidro moído em percentuais de 10% e 15%. Através de uma análise quantitativa, é realizado um estudo comparativo onde são apresentados os resultados obtidos nos testes dos blocos com porcentagem de vidro juntamente com os blocos confeccionados com materiais tradicionais como cimento, areia, água e chasqui, fabricados pelos artesãos de os blocos com maior produção na cidade de Portoviejo, chegando-se à conclusão que os blocos de concreto com vidro fosco apresentam vantagens no aumento da resistência à compressão de até 21,44% e 19,56% com 10 e 15% de substituição de areia por vidro fosco respectivamente.

**Palavras-chave:** Blocos de concreto; Vidro fosco; testes de densidade; Teste de absorção; Teste de resistência à compressão.

## Introducción

El bloque de hormigón es uno de los productos prefabricado que se emplean en las construcciones, su implementación varía para realizar muros, losas aligeradas, entre otros. Estos dan solución oportuna en el Ecuador para implementarlos en mampostería y envolvente vertical en edificaciones, considerando las características de los materiales pétreos que se usan en el país. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), su uso en paredes en edificaciones representa el 63,7% en permisos de construcción (INEC, 2017, pág. 15), siendo uno de los más demandados en el sector constructor ecuatoriano; proyectándose en el crecimiento urbanístico de las siguientes décadas, la industria de la construcción requerirá una alta demanda de materiales para la fabricación de estos bloques.

Los bloques de hormigón deben cumplir con los requerimientos establecidos por las normas Técnicas Ecuatorianas - Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN), en estudio investigativo realizado por Ortiz, Orejuela y Ruiz (2019), se concluyó que, los bloques de hormigón artesanal de la ciudad de Portoviejo se fabrican con dosificaciones de forma empírica, debido al no empleo de las materias primas establecidas por la norma, siendo esto uno de los causantes para que no cumpla con valores establecidos en la NTE INEN 3066 2016-11. Al realizar una comparación entre bloques artesanales elaborados en la ciudad de Portoviejo y los bloques empleando la misma dosificación con vidrio molido, se verifica si los resultados de los ensayos de las dos variantes de bloques cumplen con los requerimientos establecidos con la normalización para bloques de hormigón NTE INEN 3066 2016-11.

Investigaciones en la implementación de materiales reciclados como las de plástico de Sánchez y Oshiro (2014), papel periódico propuesto por Almengor, Gutiérrez, Moreno y Caballero (2017), y polietileno tereftalato expuesto por Infante y Valderrama (2019), han demostrado su efectividad como parte de la mezcla de hormigón para obtener igual o mejores propiedades en el diseño y poder mitigar la huella ecológica que dejan estos residuos. La reutilización de estos materiales reciclados brinda beneficios económicos, al ser utilizados en la fabricación de materiales que se emplean en la construcción, se reduce la cantidad de agregados alcanzando un menor uso de los materiales pétreos obtenidos de canteras y depósitos. El vidrio reciclado puede ser uno de estos materiales que aporten al desempeño del bloque de hormigón. De acuerdo con Carrasco (2017), a pesar de que el vidrio no contamina, genera impactos negativos significativos perjudicando la naturaleza y la vida silvestre, debido a que el tiempo de degradación de este material es de unos

4000 años aproximadamente y que según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos mediante la dirección de estadísticas agropecuarias y ambientales, la clasificación de residuos inorgánicos en vidrio corresponde a un 12,68% en el Ecuador, esto solo en hogares que clasifican su basura (INEC, 2016, pág. 9).

En la investigación realizada en la Universidad Técnica de Ambato por Núñez y Peñafiel (2016), se determinó que el reemplazo parcial del agregado fino (arena) por el vidrio molido en el diseño de hormigones es una posibilidad viable estructuralmente para el beneficio del medio ambiente, ya que este sigue el mismo fenómeno físico de endurecimiento que el cemento y que sus partículas se hidratan progresivamente. En el estudio realizado en Pereira Colombia por Cano y Cruz (2017), se determinó que el vidrio molido tamizado, granulado e incorporado a la mezcla de hormigón como adición, significó una resistencia mayor a la de la mezcla del hormigón convencional. En la Universidad Central del Ecuador, se realizó la investigación donde Almeida y Trujillo (2017) concluyeron que la utilización de vidrio molido en la elaboración de hormigones resulta en un aumento a la resistencia conforme aumenta la edad del hormigón.

De acuerdo con Shi, Wu, Riefler & Wang (2005), el tamaño del vidrio en partículas diminutas desempeña importancia en las reacciones y rendimiento del mortero dando a conocer que mientras más fino sea el vidrio mejor aportación brinda como actividad puzolánica, que es la capacidad de un material de reaccionar al hidróxido de calcio y agua para formar compuestos hidráulicos similares a los producidos durante la hidratación del Clinker de cemento. En un estudio del mortero con uso de vidrio molido como sustituto parcial de agregado fino realizado por Pérez-Pimentel, Martínez-Camacho, Hernández y Godínez-Domínguez (2019), obtuvieron como resultado que el vidrio molido reciclado en la construcción es viable y positivo ya que se obtienen resistencias mecánicas prometedoras y ayuda a reducir la contaminación, y que su uso puede aplicarse para la fabricación de bloques y revestimientos de muros.

## **Materiales y métodos**

### **Materiales**

En la presente investigación se usaron bloques de hormigón obtenidos de fábricas artesanales de la ciudad de Portoviejo, y se realizaron bloques con vidrio molido en remplazo parcial de la arena

donde se utilizó la misma dosificación empleada por los artesanos. Los componentes adecuados se definen a continuación:

### **Bloques de hormigón**

“Elemento modular y premoldeado, se encuentra dentro de la categoría de mampuestos manipulados en obras, el cual es prefabricado a base de cemento, agua, áridos finos y/o gruesos, con o sin aditivos, que obedece a una granulometría, dosificación y técnica de construcción” (Gómez, Rada, & Flores, 2011, pág. 26).

**Figura 1:** Bloques de Hormigón de acuerdo su uso

<b>Clase</b>	<b>Uso</b>
<b>A</b>	Mampostería estructural
<b>B</b>	Mampostería no estructural
<b>C</b>	Alivianamientos en losas

**Fuente:** NTE INEN 3066 2016-11

De acuerdo con las bloqueras seleccionadas para realizar este estudio comparativo, se da a conocer que se realizan bloques clase B, cuyo uso es para mampostería no estructural.

### **Cemento**

Definido como “cemento hidráulico, producido por pulverización de Clinker, consistente esencialmente de silicatos cálcicos hidráulicos cristalinos y que usualmente contiene uno o más de los siguientes elementos: agua, sulfato de calcio, hasta 5% de piedra caliza y adiciones de proceso” (NTE INEN 151, 2010, pág. 2). El cemento utilizado será portland tipo GU, de peso específico de 3150 kg/cm<sup>3</sup>.

### **Agregados**

“Agregados o áridos, constituyen cualquier material mineral, formado de partículas graduadas o fragmentos, de diferentes tamaños que provienen de la desintegración natural o artificial de las rocas” (Ortiz, Orejuela, & Ruiz, 2019, pág. 16).

Así como los bloques que realizan los fabricantes para su producción, en la elaboración de bloques con vidrio reciclado, se utilizó como agregado fino la arena de banco (depósitos de arena

de mar), la misma que proviene de las costas de Manabí y que es adquirida a través de los depósitos que la expenden, no se utilizó ripio o árido grueso en su elaboración, sino piedra pómez o chasqui para el respectivo análisis comparativo.

### **Piedra Pómez (Chasqui)**

De acuerdo con el Instituto Geológico y Minero de España, la piedra pómez o chasqui es una materia prima mineral de origen volcánico, cuya composición interviene mayoritariamente la sílice y la alúmina, roca con alta porosidad, ligera, friable, eficaz aislante térmico y con propiedades puzolánicas (IGME Panorama Minero, 2016, pág. 602).

### **Agua**

De acuerdo con (NTE INEN 3066, 2016, pág. 4) “El agua que se utilice en la elaboración de los bloques de hormigón debe ser potable, libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas”.

La mezcla para la elaboración de los bloques de hormigón, se utilizó agua potable de la ciudad de Portoviejo.

### **Vidrio**

Definido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), como sustancia líquida subenfriada, sobre fundida, amorfa, dura, frágil, donde los silicatos sólidos y de cal son su complejo químico (NEC-HS-Vidrio, 2014). “En cuanto a resistencia mecánica, presenta normalmente una resistencia a la tracción entre 3.000 y 5.500 N/cm<sup>2</sup>, aunque puede llegar a sobrepasar los 70.000 N/cm<sup>2</sup> si el vidrio ha recibido un tratamiento especial” (Catalan, 2013, pág. 20).

La incorporación del vidrio reciclado como reemplazo parcial de la arena en bloques de hormigón, se realiza para conocer su comportamiento y la capacidad de modificar las propiedades de los bloques. En esta investigación se utilizó la máquina de los Ángeles para obtener la finura del vidrio pasante del 100% del tamiz de N.º 4.

## **Métodos**

La presente investigación fue empleada bajo el diseño de nivel pre experimental (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), se utilizó varios ensayos en base a la norma para recopilar la información y lograr el objetivo propuesto. Esta investigación permitió conocer los resultados del estudio comparativo entre bloques artesanales y bloques elaborados con vidrio reciclado en reemplazo parcial del agregado fino (arena) utilizando la misma dosificación provista por los artesanos, se realizó los ensayos de: dimensión, densidad, absorción y resistencia a la compresión, todos expuestos bajo los criterios que la NTE INEN 3066 2016-11. Posteriormente se realiza la evaluación del cumplimiento de los requisitos establecidos por las normas con los valores obtenidos de los ensayos.

Con la finalidad de realizar el respectivo estudio para los ensayos de dimensión, densidad, absorción y resistencia a la compresión, se requirieron 90 bloques de hormigón clase B, de los cuales 54 son bloques artesanales obtenidos en las bloqueras escogidas como objeto de estudio dentro de la ciudad y 36 bloques de hormigón con vidrio molido en reemplazo parcial de la arena.

Los porcentajes a utilizar son del 10% y 15%, partiendo en referencia de un estudio realizado por Santiago (2014) de la mezcla de hormigón utilizando vidrio reciclado como parte del agregado fino (arena), donde se concluyó el rango óptimo de reemplazo del 10% - 20% para obtener resultados satisfactorios y una mayor resistencia mecánica. La granulometría del vidrio triturado debe cumplir con los requisitos de la Norma INEN 872 para áridos finos, ya que al reemplazarlo con este material este debe ajustarse a los requerimientos de la norma citada anteriormente.

## **Resultados y discusión**

La investigación está dirigida a realizar el estudio comparativo entre bloques artesanales y bloques elaborados con vidrio reciclado como sustituto parcial de arena acorde al cumplimiento de los requisitos establecidos en la NTE INEN 3066 2016-11, el enfoque de la investigación se ejecutó de manera cuantitativa, empleándose datos estadísticos, donde se respondieron preguntas de esta investigación y objetivos, verificados mediante los ensayos realizados a los bloques en el laboratorio de Suelos, Rocas y Asfalto de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí.

Existen alrededor de 32 fábricas de bloques artesanales en la ciudad de Portoviejo, para esta investigación se escogieron 3 con mayor producción que ingresan a la ciudad, las mismas que recibirán el nombre de fábrica 1, fábrica 2 y fábrica 3. Para la elaboración de este material con

vidrio reciclado se procedió a utilizar la misma dosificación que se emplea en las tres fábricas escogidas y que se presentan en la tabla 2.

**Figura 1:** Dosificación para bloques tradicionales sin sustitución de vidrio

<b>MATERIAL</b>	<b>SUSTITUCIÓN 0 % DE VIDRIO TRITURADO</b>
AGUA	20.00 Lt
CEMENTO	50.00 Kg
CHASQUI	257.96 Kg
ARENA	82.62 Kg
VIDRIO	0.00 Kg

**Fuente:** Datos tomados de las bloqueras (2022)

Cantidad para la elaboración de 13 tableros, la cifra de bloques varía de acuerdo con la dimensión a fabricar, para su producción el vidrio se recicló y trituró adicionándolo a la mezcla en cantidades específicas como se observa en la siguiente tabla de dosificación.

**Figura 2:** Dosificación para bloques de 10 cm con sustitución en porcentajes de vidrio

<b>Material</b>	<b>Dosificación</b>		
	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>
Cemento	6,59 kg	6,59 kg	6,59 kg
Agua	2,64 Lt.	2,64 Lt.	2,64 Lt
Chasqui	34,02 kg	34,02 kg	34,02 kg
Arena	10,90 kg	9,81 kg	9,26 kg
Vidrio	0.00	1,09 kg	1,64 kg

Dosificación para la elaboración de 12 bloques

**Fuente:** Datos tomados de las bloqueras (2022)

La Tabla 4 presenta la dosificación utilizada para realizar bloques de 15 cm con porcentajes de vidrio entre el 10% y 15%.

**Figura 3:** Dosificación para bloques de 15 cm con sustitución en porcentajes de vidrio

<b>Material</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Dosificación con vidrio</b>
-----------------	---------------------	--------------------------------

	0%	10%	15%
Cemento	9,23 kg	9,23 kg	9,23 kg
Agua	3,69 Lt	3,69 Lt	3,69 Lt
Chasqui	47,62 kg	47,62 kg	47,62 kg
Arena	15,25 kg	13,73 kg	12,97 kg
Vidrio	0.00	1,52 kg	2,28 kg

Dosificación para la elaboración de 12 bloques

**Fuente:** Datos tomados de las bloqueras (2022)

En la Tabla 5 se aprecia el volumen de material a emplear para la elaboración de bloques de 20 cm con sustitución de vidrio por arena.

**Figura 4:** Dosificación para bloques de 20 cm con sustitución en porcentajes de vidrio

Material	Dosificación		
	0%	10%	15%
Cemento	11,54 kg	11,54 kg	11,54 kg
Agua	4,62 Lt	4,62 Lt	4,62 Lt
Chasqui	59,53 kg	59,53 kg	59,53 kg
Arena	19,07 kg	17,16 kg	16,21 kg
Vidrio	0,00 kg	1,91 kg	2,86 kg

Dosificación para la elaboración de 12 bloques

**Fuente:** Datos tomados de las bloqueras (2022)

### **Ensayo de dimensiones de bloques: NTE INEN 3066 2016-11**

Las muestras tomadas para este ensayo fueron 9 bloques por cada fabrica escogida como objeto de estudio, más 9 bloques por cada variación en porcentajes de vidrio molido. Se tomaron 3 bloques de hormigón de acuerdo con las variaciones de ancho de los bloques a ensayar, teniendo un total de 27 bloques artesanales provenientes de las fábricas, más 3 bloques que se realizaron con porcentajes de vidrio molido en sustitución parcial del 10% y 15 % del agregado fino (arena) por cada variación de ancho del bloque a ensayar, teniendo un total de 45 bloques, tal como se muestra en la Tabla 6.

**Figura 5:** Bloques a utilizar en el Ensayo de Dimensión

<b>Medidas de Bloques (cm)</b>	<b>Bloques de Tradicionales a usar por medida</b>	<b>Bloques de Vidrio al 10% a usar por medida</b>	<b>Bloques de Vidrio al 15% a usar por medida</b>
40 x 20 x 10	3	3	3
40 x 20 x 15	3	3	3
40 x 20 x 20	3	3	3
<b>Total de Bloques</b>	<b>9 bloques</b>	<b>9 bloques</b>	<b>9 bloques</b>

Total de Fábricas como objeto de estudio	3
Total de Bloques tradicionales a utilizar	27 bloques
Total de Bloques con vidrio a utilizar	18 bloques
<b>Total de Bloques a ensayar</b>	<b>45 bloques</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

A continuación, la tabla 7 muestra las dimensiones modulares y nominales obtenidas en el ensayo idénticas a las medidas que se encuentran en la NTE INEN 3066 2016-11

**Figura 6:** Resultado de los ensayos de Dimensiones de las tres Fábricas de Bloques y los Bloques elaborados con vidrio molido

<b>Dimensiones modulares (nM)</b>			<b>Dimensiones modulares (mm)</b>		
<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>
4	1	2	400	100	200
4	1,5	2	400	150	200
4	2	2	400	200	200

Fuente: Norma NTE INEN 638

Los bloques elaborados con vidrio molido como sustituto parcial de la arena muestran dimensiones similares a los materiales elaborados por las 3 bloqueras objetos de estudio, en

cuanto a las dimensiones nominales no se utilizan debido que todos los bloques poseen dimensiones modulares en alto, ancho y largo.

### Ensayo de densidad de bloques. NTE INEN 3066 2016-11

Al igual que en el ensayo de dimensión, se tomó la misma cantidad de bloques por las diferentes fábricas objeto de estudio y los elaborados con porcentajes parciales de vidrio molido.

Las tablas 8, 9 y 10 presentan los resultados obtenidos del ensayo de densidad referente a bloques de hormigón de acuerdo con la densidad expuestas en la NTE INEN 3066 2016-11.

**Figura 7:** Resultados del Ensayo de Densidad en Bloques de 10 cm

Muestras	Bloques Tradicionales 10 cm			Bloques con vidrio 10 cm		
	Fabrica 1	Fabrica 2	Fabrica 3	10	% 15	%
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	Vidrio	Vidrio	
1	1389.00	1407.13	1435.26	1348.27	1358.61	
2	1399.22	1391.17	1364.80	1369.91	1341.89	
3	1384.67	1383.17	1358.32	1406.95	1443.16	
<b>Promedio</b>	<b>1390.96</b>	<b>1393.83</b>	<b>1386.12</b>	<b>1375.04</b>	<b>1381.22</b>	

Fuente: Autoría propia (2022)

**Figura 8:** Resultados del ensayo de densidad en bloques de 15 cm

Muestras	Bloques Tradicionales 15 cm			Bloques con vidrio 15cm		
	Fabrica 1	Fabrica 2	Fabrica 3	10	% 15	%
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	Vidrio	Vidrio	
1	1462.14	1436.45	1419.55	1313.63	1361.06	
2	1433.62	1462.76	1435.02	1325.43	1372.91	
3	1471.56	1456.83	1462.33	1301.96	1355.33	
<b>Promedio</b>	<b>1455.77</b>	<b>1452.01</b>	<b>1438.96</b>	<b>1313.67</b>	<b>1363.10</b>	

Fuente: Autoría propia (2022)

**Figura 9:** Resultados del ensayo de densidad en bloques de 20 cm

Muestras	Bloques Tradicionales 20 cm			Bloques con vidrio 20 cm	
	Fabrica 1	Fabrica 2	Fabrica 3	10 % Vidrio	15 % Vidrio
	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )
1	1504.56	1507.45	1445.78	1467.87	1413.73
2	1465.20	1470.81	1427.02	1328.03	1448.64
3	1502.12	1459.88	1517.07	1445.98	1462.77
<b>Promedio</b>	<b>1490.63</b>	<b>1479.38</b>	<b>1463.29</b>	<b>1413.96</b>	<b>1441.71</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

Analizando los valores promedios obtenidos en el ensayo de las Fábricas 1, 2 y 3 se determinó que de acuerdo a su densidad se encuentran dentro de la clasificación de livianos; en comparación con los bloques elaborados con vidrio molido en diferentes porcentajes, se dio a conocer que la densidad disminuye, pero mantiene la categoría de livianos como se estipula en la norma NTE INEN 3066 2016-11.

### **Ensayos de absorción de bloques. NTE INEN 3066 2016-11**

Para la realización del ensayo de adsorción, se tomaron 3 bloques enteros por cada variación de ancho por las 3 fábricas de bloques artesanal de estudio, más los elaborados con los porcentajes de vidrio molido en sustitución de la arena por cada variación de dimensión. La misma cantidad de bloques que se utilizó en los ensayos de Dimensión y Densidad.

La tabla 11 indica parámetros de diseño en absorción para bloques tipo A, de tal manera que los resultados obtenidos en el ensayo de absorción para los bloques artesanales serán registrados de forma comparativa, porque el bloque estudiado es tipo B, no registrándose en la norma valores de absorción de acuerdo con la norma NTE INEN 3066 2016-11.

**Figura 10:** Absorción máxima de agua en bloques clase A

**Absorción máxima de agua en bloques Clase A**

<b>Tipo</b>	<b>Densidad del Hormigón (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Absorción de agua máxima promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Absorción de agua máxima por unidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Liviano	< 1680	288	320
Mediano	1680 a 2000	240	270
Normal	> 2000	208	240

Fuente: NTE INEN 3066 2016-11

**Figura 11:** Resultados del ensayo de absorción en bloques de 10 cm

<b>Muestras</b>	<b>Bloques Tradicionales 10 cm</b>			<b>Bloques con vidrio 10 cm</b>	
	<b>Fabrica 1 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fabrica 2 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fabrica 3 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>10 Vidrio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>15 Vidrio (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	234.25	234.67	213.90	258.46	242.94
<b>2</b>	237.00	237.83	241.82	250.13	259.82
<b>3</b>	240.90	231.49	243.65	274.25	211.37
<b>Promedio</b>	<b>237.38</b>	<b>234.67</b>	<b>233.12</b>	<b>260.95</b>	<b>238.04</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

**Figura 12:** Resultados del ensayo de absorción en bloques de 15 cm

<b>Muestras</b>	<b>Bloques Tradicionales 15 cm</b>			<b>Bloques con vidrio 15 cm</b>	
	<b>Fabrica 1 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fabrica 2 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fabrica 3 (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>10 Vidrio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>15 Vidrio (kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	232.20	247.77	235.97	250.53	239.33
<b>2</b>	225.42	222.93	225.67	249.71	230.64
<b>3</b>	232.73	227.07	226.99	254.82	244.40
<b>Promedio</b>	<b>230.12</b>	<b>232.59</b>	<b>229.55</b>	<b>251.69</b>	<b>238.12</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

**Figura 13:** Resultados del ensayo de absorción en bloques de 20 cm

	<b>Bloques con vidrio 20 cm</b>				
	<b>Bloques Tradicionales 20 cm</b>			<b>10 %</b>	<b>15 %</b>
<b>Muestras</b>	<b>Fabrica 1</b>	<b>Fabrica 2</b>	<b>Fabrica 3</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Vidrio</b>
	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	217.80	216.07	223.07	227.87	247.87
<b>2</b>	215.32	215.43	203.60	206.48	236.84
<b>3</b>	207.16	224.05	236.00	242.84	242.36
<b>Promedio</b>	<b>213.43</b>	<b>218.52</b>	<b>220.89</b>	<b>225.73</b>	<b>242.36</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

Acorde a los valores promedios obtenidos en los ensayos de absorción de las fábricas 1, 2 y 3, de acuerdo con el rango de densidad, las tres dimensiones de bloques cumplen con los parámetros de absorción establecidos por la NTE INEN 3066-2016-11; los bloques elaborados con sustitución parcial en 10% y 15 % de vidrio molido por la arena presentaron mayor absorción en comparación de los bloques artesanales tradicionales, manteniéndose en el rango de cumplimiento según su densidad de acuerdo a la norma citada anteriormente.

### **Ensayo de Resistencia a la compresión simple. NTE INEN 3066 2016-11**

Para la realización de este ensayo, se utilizaron 45 bloques en buenas condiciones como lo especifica la norma.

La tabla 15 presenta los valores establecidos por la NTE INEN 3066 2016-11 haciendo referencia al uso de la resistencia neta mínima a la compresión para bloques de hormigón clase B 4,0 MPa del promedio de 3 bloques.

**Figura 14:** Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón

<b>Descripción</b>	<b>Resistencia neta mínima a la compresión simple (MPa)</b>		
	<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>
Promedio de 3	13,8	4,0	1,7

bloques  
Por bloque  
\*1MPa = 10.2 12,4 3,5 1,4  
Kg/cm<sup>2</sup>

Fuente: NTE INEN 3066 2016-11

Figura 15: Resultados del ensayo de resistencia a compresión en bloques de 10 cm

Muestras	Ensayo (días)	Resistencia NTE (MPa)	Bloques Tradicionales 10 cm			Bloques con vidrio 10 cm	
			Fabrica 1 MPa	Fabrica 2 MPa	Fabrica 3 MPa	10 % Vidrio MPa	15 % Vidrio MPa
1	28		1.66	1.97	2.01	2.64	2.34
2	28	4	2.49	2.48	1.69	2.28	2.63
3	28		1.98	1.67	1.59	2.53	2.31
<b>Promedio</b>		<b>4</b>	<b>2.05</b>	<b>2.04</b>	<b>1.76</b>	<b>2.48</b>	<b>2.43</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

La tabla 16 presenta el estudio comparativo de los bloques tradicionales y los bloques con sustitución de la arena por vidrio en porcentajes de 10% y 15% en relación a la resistencia a compresión establecida en la NTE INEN 3066-2016-11, donde la resistencia a la compresión entre las bloqueras objeto de estudio denominadas “fábricas” para bloques de 10 cm presentan un descenso de 2.05 MPa para la fábrica 1, 2.04 MPa la fábrica 2 y la fábrica 3 en 1.76 MPa mientras que los bloques elaborados con el 10% y 15% de vidrio muestran resistencias de 2.48 MPa y 2.43MPa observándose un mejoramiento en la resistencia mecánica a la compresión.

Figura 16: Resultados del ensayo de resistencia a compresión en bloques de 15 cm

Muestras	Ensayo (días)	Resistencia NTE (MPa)	Bloques Tradicionales 15 cm			Bloques con vidrio 15 cm	
			Fábrica 1 MPa	Fábrica 2 MPa	Fábrica 3 MPa	10 % Vidrio MPa	15 % Vidrio MPa
1	28		1.25	1.07	1.15	1.32	1.47
2	28	4	1.15	1.08	0.90	1.47	1.26

<b>3</b>	28		1.47	1.51	1.16	1.54	1.55
<b>Promedio</b>	<b>4</b>		<b>1.29</b>	<b>1.22</b>	<b>1.07</b>	<b>1.44</b>	<b>1.43</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

Los valores obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión realizados en los bloques tradicionales y los elaborados con vidrio reciclado muestran valores inferiores referente a la norma, alcanzando el 1.29 MPa la fábrica 1, 1.22 MPa la fábrica 2 y el 1.07 MPa para la fábrica 3 de la resistencia mínima a la compresión establecido en la norma, los bloques elaborados con el 10% de y 15% de sustitución de la arena por el vidrio muestran valores de un 1.43 MPa y 1.44 MPa respectivamente.

Figura 17: Resultados del ensayo de resistencia a compresión en bloques de 20 cm

Muestras	Ensayo (días)	Resistencia NTE (MPa)	Bloques Tradicionales 20 cm			Bloques con vidrio 20 cm	
			Fabrica 1	Fabrica 2	Fabrica 3	% 10 Vidrio	% 15 Vidrio
			MPa	MPa	MPa	MPa	MPa
<b>1</b>	28		2.21	2.59	1.65	1.79	2.35
<b>2</b>	28	4	1.26	1.49	1.63	2.00	1.62
<b>3</b>	28		2.21	1.76	2.05	2.58	2.28
<b>Promedio</b>	<b>4</b>		<b>1.89</b>	<b>1.95</b>	<b>1.77</b>	<b>2.12</b>	<b>2.08</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

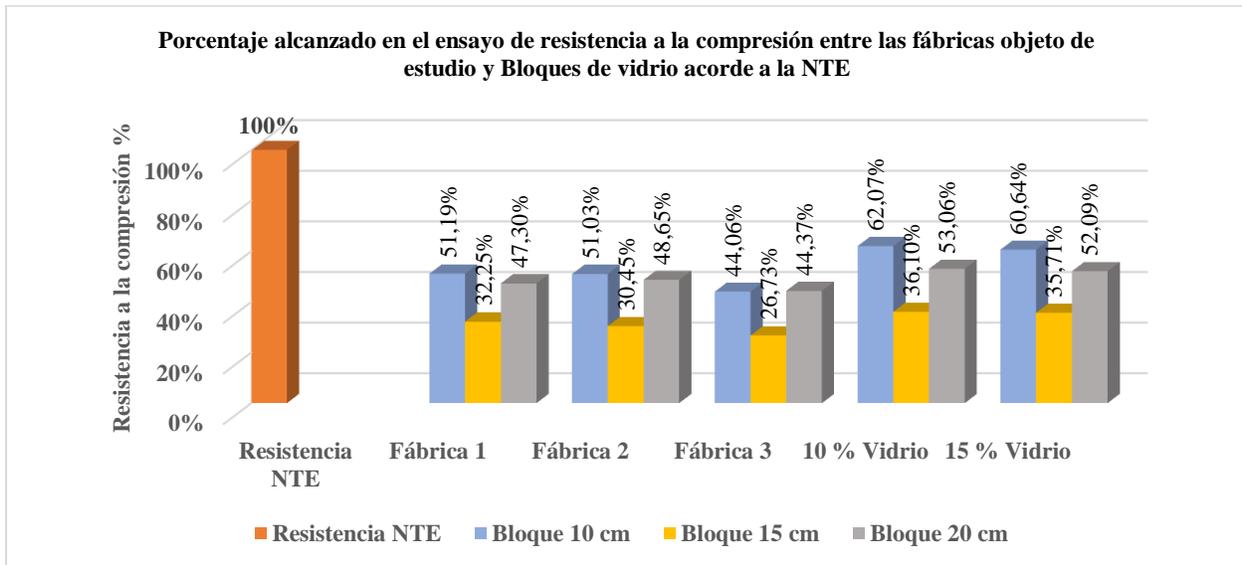
La tabla 18 presenta los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de los bloques tradicionales (fábricas) y los bloques con vidrio del 10% y 15% para dimensiones de 20 cm, donde se reflejan valores inferiores a los establecidos en la norma para Bloques tipo B; para los bloques con el 10% del reemplazo parcial de la arena por el vidrio molido se evidenció un 2.12 MPa de su resistencia, mientras que para el 15% de sustitución, la resistencia obtuvo un 2.08 MPa en comparación a las fábricas 1, 2 y 3 donde los valores obtenidos fueron 1.89 MPa, 1.95 MPa, 1.77 MPa de la resistencia neta mínima a la compresión.

**Figura 18:** Resultados del ensayo de resistencia a compresión de las fábricas y los bloques con vidrio en relación a la NTE

Medidas de Bloques (cm)	Resistencia %	Fábrica 1 %	Fábrica 2 %	Fábrica 3 %	10 Vidrio %	15 Vidrio %
10		51,19%	51,03%	44,06%	62,07%	60,64%
15		32,25%	30,45%	26,73%	36,10%	35,71%
20		47,30%	48,65%	44,37%	53,06%	52,09%
<b>Promedio</b>	<b>100%</b>	<b>43,58%</b>	<b>43,38%</b>	<b>38,39%</b>	<b>50,41%</b>	<b>49,48%</b>

Fuente: Autoría propia (2022)

A continuación, se muestra la gráfica 1 que representa en porcentajes la resistencia alcanzada de cada medida de bloque por fábrica y por bloques elaborados con vidrio reciclado, dando a conocer que el 100% equivale a la 4,0 MPa de la resistencia neta mínima a la compresión como lo establece la norma.



**Figura 19:** Porcentaje alcanzado en el ensayo de resistencia a la compresión entre las fábricas objeto de estudio y los bloques con vidrio en porcentajes de 10% y 15% acorde a la NTE INEN 3066-2016-11

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión del total de bloques con sustitución de la arena por vidrio entre el 10% y 15% presentan incrementos en su resistencia con respecto a los bloques tradicionales obtenidos de las fábricas; para los bloques de 10 cm de ancho

con los porcentajes antes mencionados acrecentaron en 10.88% y 9.45%. En bloques de 15 cm se obtuvo características semejantes con las adiciones de vidrio obteniendo el 3.85% y 3.46%, para los bloques con medidas de 20 cm presentaron un aumento del 5.76% y 4.79% a diferencia de la fábrica 1.

La resistencia de los testigos con vidrio triturado en comparación a los de la fábrica 2 mostraron incrementos del 11.04% y 9.61% en los bloques de 10 cm, el 5.64% y 5.26% en los de 15 cm, el 4.41% y 3.44% en los de 20 cm. En los bloques de 10 cm con adición de vidrio en sustitución de la arena del 10% y 15% la resistencia mejoró en un 18% y 16.58%; en los bloques de 15 cm existió un incremento del 9.37% y 8.99%; también se evidenció un aumento del 8.69% y 7.72% en bloques de 20 cm con relación a los elementos elaborados en la fábrica 3.

En lo referente al análisis entre los bloques con adición de vidrio 10% , 15% y lo que indica la NTE INEN 3066-2016-11 se observa en la gráfica 1 una reducción de la resistencia del 37.93% y 39.36% en bloques de 10x20x40 cm, un 63.9% y 64.29% para bloques de 15x20x40 cm , así como también un 46.94% y 47.91% en los de 20x20x40 cm; por lo cual el bloque con sustitución parcial de la arena por vidrio ostenta menor resistencia respecto a la norma pero mayor resistencia a los bloques tradicionales, por lo tanto, el vidrio molido mejora la resistencia a la compresión de los bloques artesanales.

## Conclusiones

Las tres fábricas objeto de estudio para esta investigación provienen de la ciudad de Portoviejo, por los ensayos realizados a la compresión estas muestran déficits en la resistencia mecánica en los bloques, determinándose que los encargados de la elaboración de estos materiales lo hacen de manera artesanal, usando una dosificación de forma empírica y no cumpliendo con lo establecido por la NTE INEN 3066 2016-11, siendo estos uno de los causantes de los resultados no satisfactorios de resistencia mínima requerida de estos bloques elaborados en las fábricas.

Los bloques de hormigón obtenidos de las fábricas artesanales y los elaborados con vidrio molido en remplazo parcial de la arena, para la realización del estudio correspondiente, cumplen con los requerimientos físicos para bloques tipos B establecidos por la NTE INEN 3066 2016-11, en los parámetros de medición y densidad, para el ensayo de absorción se referenció con bloques tipos A expuesta por la norma, ya que esta no brinda para bloques tipos B, cumpliendo los resultados de los ensayos con los requisitos impuesto por esta. Por otro lado, en el parámetro mecánico en

resistencia a la compresión, los bloques elaborados en las fábricas artesanales no cumplen con la resistencia requerida en la norma NTE INEN 3066 2016-11, al adicionar vidrio molido como sustituto parcial de la arena en los porcentajes del 10 y 15 %, mejoraron significativamente la resistencia a la compresión de los bloques objeto de estudio.

El uso de vidrio reciclado en los bloques de hormigón en remplazo parcial del agregado fino, en los porcentajes establecidos del 10% y 15% , son viables para su empleo en la fabricación de estos materiales, porque mejora su resistencia a la compresión en el 21.44% para la sustitución del 10% y del 19.56% para el 15%, así mismo cumple con los requisitos establecidos en medición, densidad y adsorción, con este trabajo se pretende mejorar las condiciones ambientales de la ciudad al reciclar vidrio y a su vez disminuir la explotación del material pétreo.

## Referencias

1. Acosta Martínez, M., Bujato Díaz, J., Carey Cantillo, G., & Díaz Camacho, A. (2018). El vidrio, la propuesta innovadora en las construcciones de Barranquilla. *Investigación y Desarrollo en TIC*, 43-49.
2. Almeida Beltrán , J., & Trujillo Vivas, C. R. (2017). *Universidad Central del Ecuador*. Retrieved from Principios básicos de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de hormigones.: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9820>
3. Almengor, A., Gutiérrez, N., Moreno, J., & Caballero, K. (2017). Reciclaje de materiales para la elaboración de bloques bioamigables. *RIC*.
4. Alvarado Mera, S. M., Vélez Soledispa, A. G., Ruiz Párraga, W. E., Ortiz Hernández, E. H., & Jarre Castro, C. M. (2019). Estudio de la resistencia a compresión del hormigón utilizando el vidrio finamente molido en reemplazo parcial del cemento. *REVISTA RIEMAT*, 5.
5. Cano Cano, J. D., & Cruz Pulgarin, C. M. (2017). *Universidad Libre*. Retrieved from Análisis de mezclas de concreto con proporciones de vidrio molido, tamizado y granular como aditivo a fin de aumentar la resistencia a la compresión del hormigón: <https://repository.unilivre.edu.co/handle/10901/17082>
6. Carrasco R., T. (2017). El reciclaje de vidrio y su impacto en la conservación del medio ambiente. *Explorador Digital*, 3. Retrieved from

- <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/exploradordigital/article/view/319>
7. Catalan, C. J. (2013). *Universidad Austral de Chile*. Retrieved from Estudio de la Influencia del Vidrio Molido en Hormigones Grado H15, H20, y H30: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcic357e/doc/bmfcic357e.pdf>
  8. Gómez, D., Rada, J., & Flores, J. (2011). *Elaboración y uso de bloques de hormigón y bloques de arcilla en mampostería*. Guayaquil: ESPOL. FICT.
  9. González-Fonteboa, B., & Martínez Albella, F. (2005). Hormigones con áridos reciclados: estudio de las propiedades de los áridos y las mezclas. *ResearchGate*.
  10. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL.
  11. Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa, y mixta*. Ciudad de México.
  12. IGME Panorama Minero. (2016). *Instituto Geológico y Minero de España. Panorama Minero 2017*. Retrieved from Panorama Minero: [http://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/PANORAMA\\_MINERO\\_2017\(BU24\)\(BR\).pdf](http://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/PANORAMA_MINERO_2017(BU24)(BR).pdf)
  13. INEC. (2017). *Materiales predominantes a ser utilizados en la edificación*. Retrieved from Anuario de edificación: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-edificaciones-2017/>
  14. Infante Alcalde, J., & Valderrama Ulloa, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información Tecnológica*.
  15. Mera Alvarado, S. M., Vélez Soledispa, A. G., Ruiz Párraga, W. E., Ortiz Hernández, E. H., & Jarre Castro, C. M. (2020). Estudio de la resistencia a compresión del hormigón utilizando el vidrio finamente molido en reemplazo parcial del cemento. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIETMAT ISSN: 2588-0721.4(2), 1-7*.
  16. Misael, G., & Tello, W. (2017). *Repositorio Institucional UNASAM*. Retrieved from Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de

- fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016:  
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2120>
17. NEC-HS-Vidrio. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción. Vidrio*. Quito.
  18. NTE INEN 151. (2010). *Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana. Cemento hidráulico*. Quito.
  19. NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de Ensayo*. Quito.
  20. NTE INEN 3066. (2016). *Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de Ensayo*. Quito.
  21. Núñez Aldás, G. W., & Peñafiel Carrillo, D. A. (2016). *Análisis de la Resistencia a la Compresión del Hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
  22. Ortiz, E. A., Orejuela, E. F., & Ruiz, W. E. (2019). Evaluación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma INEN, en la elaboración artesanal de los bloques de hormigón en el cantón Portoviejo. *Revista de Investigación en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN:2588-0721*,4(2), 15-20.
  23. Pérez-Pimentel, R. I., Martínez-Camacho, J. A., Hernández Cruz, D., & Godínez-Domínguez, E. A. (2019). Estudio de morteros con uso de vidrio molido como sustituto parcial de agregado fino. *PAKBAL*, 5-11.
  24. Rubio Inguilán, M. C., & Toscano Barros, L. S. (2017). *Diseño de bloques de aliviamientos con vidrio triturado reciclado*. Quito: Universidad Central Del Ecuador.
  25. Sanchez Soloaga, I., & Oshiro, A. (2014). Uso del plástico reciclado en hormigón. Una alternativa para reducir la huella ecológica. *Revista de la Construcción*.
  26. Santiago Nieves, L. E. (2014). Diseño de mezcla de hormigón utilizando vidrio reciclado de botella como parte del agregado fino. *PRCR*, 7. Retrieved from <https://prcrepository.org/xmlui/handle/20.500.12475/795?locale-attribute=de>
  27. Shi, C., Wu, Y., Riefler, C., & Wang, H. (2005). Characteristics and pozzolanic reactivity of glass powders. *Cement and Concrete Research*, 993.

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).