

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO
CEMENTO AL 6% CON FIBRAS SINTETICAS DE PET**

MARCO HELY GUIO PEREZ

7302178

DIRECTOR

I.C. Esp. M.Sc. MIGUEL ANGEL OSPINA GARCIA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA FAEDIS

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTA

2019

CONTENIDO

LISTA DE IMÁGENES	3
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE GRAFICOS	6
COMPORTAMIENTO MECANICO DE BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO	7
CEMENTO AL 6% CON FIBRAS SINTETICAS DE PET	7
INTRODUCCION.....	7
OBJETIVOS.....	8
GENERAL	8
ESPECIFICOS	8
MARCO CONCEPTUAL.....	9
BLOQUES DE SUELO CEMENTO BTC	10
NORMA TECNICA COLOMBIANA ICONTEC NTC 532	12
INCLUSION DE FIBRAS EN BTC	13
FIBRAS DE PET	14
OBTENCION DE FIBRAS DE PET	¡Error! Marcador no definido.
NORMATIVIDAD MUNDIAL PARA BTC	15
MAQUINA CINVA RAM.....	17
MATERIALES Y METODOS	17
FABRICACION DE LOS BLOQUES	18
CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA ADOBERA.....	26
ANALISIS DE RESULTADOS	40
CONCLUSIONES.....	41
BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Maquina CINVA RAM.....	17
Imagen 2. Fibras de PET.....	18
Imagen 3. Maquina CINVA RAM.....	19
Imagen 4. Probeta para medir volumen de agua.....	19
Imágen 5. Cemento tipo 1.....	20
Imagen 6. Bascula para pesar arcilla y arena.....	20
Imágen 7. Materiales mezclados.....	21
Imágen 8. Mezcla de materiales.....	21
Imágen 9. Material sin fibras.....	22
Imágen 10. Fabricación de BTC.....	22
Imágen 11. BTC sin fibras.....	22
Imágen 12. Báscula para pesar la fibra.....	23
Imágen 13. Adición de fibras de PET.....	23
Imágen 14. Material con adición de fibra.....	23
Imágen 15. BTC con 0.25% de PET.....	24
Imagen 16. BTC con 0.25 % de fibra PET.....	24
Imagen 17. BTC con 0.25 % de fibra PET.....	24
Imagen 18. BTC con 0.25 % de fibra PET.....	25
Imagen 19. Material para BTC con 0.5 % de fibra PET.....	25
Imagen 20. BTC con 1 % de fibra PET.....	26
Imagen 21. Curado de los BTC.....	26
Imagen 22. Ladrillera El Oasis. Oicata Boyacá.....	27
Imagen 23. Bascula para pesaje de especímenes.....	27
Imagen 24. Medida de dimensiones de especímenes.....	27
Imagen 25. Medida de dimensiones de especímenes.....	28
Imagen 26. Medida de dimensiones de especímenes.....	28
Imagen 27. Temperatura y humedad del laboratorio.....	28
Imagen 28. Prensa para ensayo de compresión.....	29
Imagen 29. Tipo de falla de bloque sin fibra.....	29
Imagen 30. Compresión espécimen con 0% PET.....	30
Imagen 31. Falla a compresión bloque sin fibra.....	30
Imagen 32. Ensayo a compresión bloque con 0.25% de PET.....	31
Imagen 33. Fibras en Bloque con 0.25% de fibra PE.....	31
Imagen 34. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET.....	31
Imagen 35. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET.....	32
Imagen 36. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de fibra PET.....	32
Imagen 37. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET.....	32
Imagen 38. Prueba de compresión con espécimen con 1% de PET.....	33
Imagen 39. Prueba de compresión con espécimen con 1% de fibra PET.....	33

Imagen 40. Prueba de compresión con espécimen con 01% de PET.....	34
Imagen 41. Juego de tamices para granulometría.....	34
Imagen 42. Porcentaje retenido en Tamiz 4.7 mm.....	35
Imagen 43. Porcentaje retenido en Tamiz 1.19 mm.....	35
Imagen 44. Porcentaje retenido en Tamiz 0.6 mm.....	35
Imagen 45. Porcentaje retenido en Tamiz 0.3 mm.....	36
Imagen 46. Porcentaje retenido en Tamiz 0.15 mm.....	36
Imagen 47. Porcentaje retenido en Tamiz 0.075 mm.....	36
Imagen 48. Porcentaje en Fondo.....	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Proporción de componentes de BTC	11
Tabla 2. Características de los BTC (Tomado de Carcedo, 2012).....	12
Tabla 3. Tipos de fibras más comunes y sus propiedades, (Tomado de Quintero y Mahecha, 2016)	14
Tabla 4. Propiedades mecánicas del PET. (Adaptado de Palacios, 2014)	14
Tabla 5 .Características del PET reciclado. Tomado de Di Marco, 2017	15
Tabla 6. Características de PET Fuente: Adaptado de Caballero y Flórez, 2016	15
Tabla 7. Normatividad mundial (Tomado de Carcedo, 2012)	16
Tabla 8. Proporción de materiales para BTC del estudio.....	18
Tabla 9 . Porcentaje (%) que pasa en granulometría.....	37
Tabla 10. Dimensiones de especímenes.....	38
Tabla 11. Carga máxima en ensayo a compresión.....	39

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1. Granulometría de arcillas y arenas del BTC. Fuente: Elaboración propia.....	38
Grafico 2. MPa para cada espécimen.....	39

COMPORTAMIENTO MECANICO DE BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO

CEMENTO AL 6% CON FIBRAS SINTETICAS DE PET

Marco Hely Guio Pérez. Universidad Militar Nueva Granada

MECHANICAL BEHAVIOR OF COMPRESSED BLOCKS OF SOIL CEMENT AT 6% WITH SYNTHETIC PET FIBERS

INTRODUCCION

El desarrollo de materiales de construcción que permitan disminuir costos y que cumplan con especificaciones normativas de comportamiento mecánico, es uno de los objetivos de la Ingeniería Civil, con un abordaje de sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad relaciona la producción en los diferentes campos, con el equilibrio que se debe tener con el medio ambiente, con lo social y económico.

Los bloques de tierra comprimidos BTC, son una opción constructiva para ser utilizados cumpliendo requerimientos mecánicos y para tener variedad arquitectónica y estructural con su utilización.

El uso de materiales de construcción convencionales como el cemento y mampostería de arcilla, demanda grandes cantidades de combustibles fósiles para su producción. Con la utilización de estos BTC se disminuye la utilización de estos combustibles y se puede producir un material de buenas características mecánicas, de bajo costo y con diversidad arquitectónica. Con la utilización de fibras de plástico PET se busca tener otra ruta de reciclaje que disminuya la contaminación producida por este material, al ser adicionado como material constructivo.

OBJETIVOS

GENERAL

- Evaluar el comportamiento mecánico de bloques comprimidos de suelo cemento (BTC) al 6% de cemento, utilizando fibras sintéticas de plástico reciclado PET (Tereftalato de Polietileno) en diferente porcentaje de adición, 0.25, 0.5 y 1%, para desarrollar un material que incorpore materiales reciclados y analizar si estos bloques cumplen con la normatividad del país.

ESPECIFICOS

- Buscar fuentes de información relacionados con el tema de investigación
- Caracterizar el suelo empleado en el estudio.
- Fabricación de las piezas con la maquina adobera.
- Realizar la caracterización mecánica de los BTC
- Analizar los datos y compararlos con criterios normativos aplicables.

MARCO CONCEPTUAL

Desde el conocimiento del desarrollo de las primeras civilizaciones, se tiene evidencia de la utilización de tierra para construir ciudades. Se puede mencionar las construcciones habitacionales egipcias y funerarias con utilización de bloques hechos a mano y secados al sol. El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguos, remontándose su uso al año 8000 antes de cristo, utilizado por civilizaciones como la Mesopotamia y Egiptia (Etchebarne & Pineiro, 2005). También existe evidencia arqueológica de la existencia de ciudades construidas en su totalidad en tierra como Jericó, Çatal Huyuk en Turquía, Harappa en Paquistán, Akhleton-Aton en Egipto, Chan – Chan en Perú, Babilonia en Iraq, entre otras. Todas las grandes civilizaciones del Medio Este como los asirios, los babilonios los persas y los sumerios, construyeron con bloques de barro y tierra apisonada (Quintero & Mahecha, 2016). En la conquista y la colonización del continente americano, los españoles trajeron el conocimiento de la técnica constructiva con adobe y tapia pisada (Yamin, Phillips, & Reyes, 2007)

Se han encontrado materiales para adicionarle y mejorar sus características. Su adición ha estado enfocada a aumentar su resistencia a la intemperie, su resistencia mecánica y su manejabilidad para facilitar su uso. Ejemplos de ello son el uso de fibras, como la paja, la cáscara de arroz o la hierba, o de estabilizantes naturales, como la ceniza, el estiércol o la resina de los árboles. También hay que mencionar la adición de otros productos para cambiar las proporciones de los componentes de la tierra, como la arena o la arcilla (Etchebarne & Pineiro, 2005). La historia de la utilización de compuestos reforzados con fibras como materiales de construcción tiene más de 3.000 años. Hay ejemplos del uso de paja en adobe de arcilla, mencionados en el Éxodo, y crines de caballo. Otras fibras naturales han sido utilizadas para comprobar la ductilidad de los materiales de construcción esencialmente frágiles (Johnston, 2014).

En la actualidad se están empezando a emplear fibras artificiales que se obtienen como excedente de procesos industriales y son susceptibles de ser utilizadas como mejora de diferentes materiales, entre otros el suelo (Claria & Vettorelo, 2010).

Las fibras sintéticas ayudan a controlar la fisuración por contracción plástica, además de incrementar la tenacidad y la resistencia al impacto. Las fibras sintéticas presentan grandes

ventajas desde el punto de vista tecnológico por cuanto tienen un elevado módulo de elasticidad, una alta resistencia a tensión y poco peso (Vishnu, 2017).

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS BTC

Los bloques de tierra comprimidos son una mezcla homogénea de suelo con un % de agua y cemento y con un determinado grado de compactación.

Los bloques de tierra comprimida (BTC) están actualmente siendo estudiados en gran parte del mundo con diferentes estabilizantes para mejorar diversas de sus características. Esta situación es debida a la importancia que la tierra cruda tiene en el planeta como material de construcción. Su fácil disponibilidad, bajo costo e inercia térmica hacen de la tierra una materia prima fundamental para las viviendas de ciertas poblaciones en el mundo (Carcedo, 2012).

Los BTC, se obtienen a partir de la mezcla de tierra (82,75%), arena (6,20%) y cemento, para luego ser compactada. El material debe ser cernido previamente al mezclado y estabilizado. La máquina utilizada para la compactación es conocida como prensa o bloquera. Se compone de una barra metálica o palanca, la cual es accionada por un operador humano (Arteaga, Medina, & Gutierrez, 2011).

FUENTE	TIERRA	ARENA	LIMO	ARCILLA	CAL	CEMENTO	YESO	FIBRAS	AGUA	SILICE
NORMA E80 Perú		65	20	15						
(Cid & Canas , 2009)		50	20	20						
(Millogo, 2008)					10					
(Ghettala, Abibsi, & Houari, 2006)						12	8			
(Shon, Saylak, & Zollinger, 2009)		56	21	23	3	3				
(Morel, Pkla , & Walker , 2007)									10	
(Setyo, 2011)	70	30			5					
(Degirmenci, 2008)							15			
(Isika, 2008)				8	2		8			
(Yetgin, 2008)		60	25	15						
(Jimenez & Canas , 2007)			20	15						
(Roux., 2002)								1		
(Minke, 2008)		64	22	14						
(Carcedo, 2012)		47	3	21	12				17	
(Carcedo, 2012)		47	3	20	12				17	1
Vasquez y col 2014	45	50				5				

Tabla 1. Proporción de componentes de BTC

Técnicamente todo suelo exento de materia orgánica, puede ser usado para ser estabilizado con cemento. Debe estar formado por una mezcla de arena, limo y arcilla; estos dos últimos en proporción tal que den cohesión suficiente a la mezcla y buena composición granulométrica, sin que se originen contracciones perjudiciales (Berlingieri, 2017).

La construcción con tierra es poco usada en la actualidad por la falta de difusión e investigación, y a que es relacionada con pobreza, tal vez porque su mayor empleo haya sido en zonas rurales de los países que mayor índice de uso tienen, desaprovechándose sus ventajas como abundancia del material, localización, disponibilidad, reciclaje, bajo costo, aislamiento térmico y acústico (Arteaga, Medina, & Gutierrez, 2011).

PROPIEDADES	UNIDADES	CLASE A	CLASE B
Resistencia a compresión a 28 días	N/mm ²	5-7	2-5
Resistencia a tracción a 28 días	N/mm ²	1-2	0.5-1
Resistencia a flexión a 28 días	N/mm ²	1-2	0.5-1
Resistencia a cortante a 28 días	N/mm ²	1-2	0.5-1
Módulo de Young	N/mm ²	700-1000	-
Densidad aparente	Kg/m ³	1900-2200	1700-2000
Coefficiente de expansividad térmica	mm/m ⁰ C	0,010-0.015	
Hinchamiento tras inmersión 24 horas	mm/m ⁰ C	0,5-1	1-2
Retracción por secado	mm/m ⁰ C	0,2-1	0,2-1
Permeabilidad	mm/s	1,10 ⁻⁵	
Absorción de agua total	% de peso	5-10	10-20
Calor específico	KJ/Kg	0,85	065,085
Coefficiente de conductibilidad térmica	W/m ⁰ C	0,46 -0,81	0,81 – 0.93
Coefficiente de transmisión de vapor	%	5-10	10-30
Desfase térmico	Horas	10 – 12	5-10
Aislamiento acústico muros de 40 cm	dB	50	40

Tabla 2. Características de los BTC (Tomado de Carcedo, 2012)

NORMA TECNICA COLOMBIANA ICONTEC NTC 5324

Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones, especificaciones, métodos de ensayo y condiciones de entrega (Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion ICONTEC, 2004).

La resistencia varía de 2 a 4 MPa, según la norma; existe una clasificación por resistencia: si la resistencia mínima es de 2 MPa es BSC (bloque suelo cemento) 20, si es de 4 MPa es BSC 40, si es de 6 MPa es BSC 60.

INCLUSION DE FIBRAS EN BTC

Con respecto a los contenidos de fibras usuales en el suelo, las publicaciones existentes utilizan un porcentaje en suelo seco que varía entre el 0.5% y el 3%. Para suelos arenosos reforzados con fibras de polipropileno, las longitudes de fibra más comunes se encuentran entre los 10 mm y los 30 mm. Este valor se encuentra directamente relacionado al tamaño de los granos del suelo (Claria & Vettorelo, 2010).

Las fibras como estabilizantes impiden la aparición de fisuras y siguen actuando con el tiempo; también cumplen la función de articular la estructura y volverla flexible ante movimientos sísmicos. (Sierra, Ramirez, & Porras , 2013)

La inclusión de fibras en los BTC, como las fibra de coco, esta investigado, como material de refuerzo, por sus características físicas (resistencia a la tensión) y químicas (resistencia a ácidos, sales y álcalis); y otras fibras naturales como lo es el caso de la lechuguilla, caña de azúcar y el bagazo de caña (Osorio & Herrera, 2017)

Tipo de Fibra	Diámetro equivalente (mm)	Densidad (Kg/m ³)	Resistencia a Tracción (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Alargamiento de rotura
Acrílico	0.02-0.35	1100	200-400	2	1.1
Asbesto	0.0015-0.02	3200	600-1000	83-138	1-2
Algodón	0.2-0.6	1500	400-700	4.8	3-10
Vidrio	0.005-0.15	2500	1000-2600	70-80	1.5-3.5
Grafito	0.008-0.009	1900	1000-2600	230-415	0.5-1
Aramida	.01	1450	3500-3600	65-133	2.1-4
Nylon	0.02-0.4	1100	760-820	4.1	16-20
Poliéster	0.02-0.4	1400	720-860	8.3	11-13
Polipropileno	0.02-1	900-950	200-760	3.5-15	5-25
Polivinil alcohol	0.027-0.660	1300	900-1600	23-40	7-8

Carbón	-	1400	4000	230-240	1.4-1.8
Rayón	0.02-0.38	1500	400-600	6.9	10-25
Basalto	0.0106	2593	990	7.6	2.56
Polietileno	0.025-1	960	200-300	5.0	3
Sisal	0.08-0.3	760-1100	228-800	11-27	2.1-4.2
Coco	0.11-0.53	680-1020	108-250	2.5-4.5	14-41
Yute	0.1-0.2	1030	250-350	26-32	1.5-1.9
Acero	0.15-1	7840	345-3000	200	4-10

Tabla 3. Tipos de fibras más comunes y sus propiedades, (Tomado de Quintero y Mahecha, 2016)

FIBRAS DE PET

El Tereftalato de polietileno, PET es muy usado en la industria para envases (Imagen No. 2).

El uso de fibras de PET en la industria incluye el reforzado de neumáticos y de hormigón, los cinturones de seguridad y las cintas transportadoras. Esto se debe a sus excelentes características mecánicas y también a su resistencia a la luz. Una de las principales ventajas del PET sobre otras fibras es su resistencia a entornos fuertemente básicos, que se hallan dentro del hormigón.

PROPIEDADES MECANICAS A 23 ⁰ C	UNIDAD	VALORES
Peso específico	g/cm ³	1.39
Resistencia a la tracción	Kg/cm ²	900
Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	260/480
Resistencia a la flexión	Kg/cm ²	1450
Módulo de elasticidad (TRACCION)	Kg/cm ²	37000

Tabla 4. Propiedades mecánicas del PET. (Adaptado de Palacios, 2014)

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1.335
Resistencia al impacto	cm ² /g	8432
Resistencia al Impacto-Sharp-energía que absorbe	Kjulios	7.746

Tabla 5 .Características del PET reciclado. Tomado de Di Marco, 2017

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR	
Densidad específica 25°C	Amorfo	g/cc	1335
	Cristalino	g/cc	1390
Punto de derretimiento	°C	265	

Tabla 6. Características de PET Fuente: Adaptado de Caballero y Flórez, 2016

NORMATIVIDAD MUNDIAL PARA BTC

No hay mucha normatividad acerca de bloques de tierra comprimida en el mundo.

En España en 2008, la UNE 41410, de bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, define los BTC usados en fábricas de albañilería. Establece las prestaciones que deben cumplir los bloques y los ensayos para determinar sus características.

La norma peruana E.080:2006 determina unos valores límite para los componentes del adobe: arcilla: 10-20%, limo: 15-25% y arena: 55-70 para su producción. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Mantenimiento. Gobierno de Perú. , 2006)

PERIODO	PAIS	NORMA
1979	PERU	NTP 331.201, 331.202,331.203
1980	INDIA	IS 2210
1982	INDIA	IS 1725

1985	TURQUIA	TS 537, TS 2514, TS 2515
1986	BRASIL	NBR 8491, 8492
1989	BRASIL	NBR 10832, NBR 10833
1990	BRASIL	NBR 12025
1992	BRASIL	NBR 12023, 112024
1993	INDIA	IS 13827 DE 1993
1994	BRASIL	NBR 10834, 10835, 10836
1996	BRASIL	NBR 13553, 13554, 13555
1996	REGIONAL AFRICA	ARS 670, 683
1996	TUNEZ	NT 21.33, 21.35
1997	NIGERIA	NIS 369
1998	NUEVA ZELANDA	NZS 4297, 4298
1999	NUEVA ZELANDA	NZS 4299
1999	KENYA	KS 02.1070
2000	PERU	NTE E.080
2001	FRANCIA	XP P13 901
2001	ZIMBABUE	SAZS 724
2004	COLOMBIA	NTC 5324
2004	EEUU	NMAC 14,7,4
2004	ITALIA	LEY 378 DEL 2004
2006	ITALIA	L.R. 2 /0.6
2008	ESPANA	UNE 41410
2009	SRI LANKA	SLS 1382-1, 1382-2, 1382-3
2010	EEUU	ASTM E 2392 M-10

Tabla 7. Normatividad mundial (Tomado de Carcedo, 2012)

En Colombia la Norma Técnica Colombiana de ICONTEC NTC 5324 define las características generales que deben cumplir los bloques de suelo cemento para muros y divisiones y describe los ensayos propios para determinar dichas características.

MAQUINA CINVA RAM

Esta máquina tiene su fundamento en el uso de una palanca que en la medida en que se va comprimiendo la mezcla se incrementa la presión sobre esta. Se produce un bloque de construcción de buena resistencia y durabilidad (Imagen No. 1).

La máquina fue desarrollada por el Ingeniero Raúl Ramírez (RAM) del CINVA - Centro Interamericano de Vivienda y Planeación en Colombia, dentro del proyecto 22 de la OEA.

Puede producir bloques con una resistencia de 14 a 35 Kg/cm² (200-500 psi) y en mezclas más ricas de 25 a 50 Kg/cm²



Imagen 1. Máquina CINVA RAM. Fuente Autor

MATERIALES Y METODOS

Evaluar el comportamiento mecánico con la adición de fibras de plástico reciclado (PET), en adiciones de 0.25%, 0.5% y 1%. 3 especímenes por análisis. Estos porcentajes de adición se compararan con una muestra patrón (0% PET). El % de adición del Cemento Portland es del 6%, registrado en estudios previos.

Se evaluará compresión a 28 días.

ARENA	ARCILLA	CEMENTO	AGUA	FIBRA PET
52	27	6	15	0
51.88	26.87	6	15	0.25
51.75	26.75	6	15	0.5
51.5	26.5	6	15	1

Tabla 8. Proporción de materiales para BTC del estudio

FABRICACION DE LOS BLOQUES

- Suelo: tomado de la ladrillera El Oasis, Municipio de Oicatá, Departamento de Boyacá, 1700 msnm (Imagen No.22).
- Tamizado
- Mezclado del suelo con el cemento y las fibras de PET (Imagen No.13).
- Adición de agua.
- Compactación y moldeo (Imagen No. 10.)
- Curado (Imagen No. 21).



Imagen 2. Fibras de PET. Fuente Autor



Imagen 3. Maquina CINVA RAM. Fuente Autor



Imagen 4. Probeta para medir volumen de agua. Fuente Autor



Imagen 5. Cemento tipo 1. Fuente Autor



Imagen 6. Bascula para pesar arcilla y arena. Fuente Autor



Imagen 7. Materiales mezclados. Fuente Autor



Imagen 8. Mezcla de materiales. Fuente Autor



Imagen 9. Material sin fibras. Fuente Autor.



Imágen 10. Fabricación de BTC. Fuente Autor.



Imagen 11. BTC sin fibras. Fuente Autor.



Imagen 12. Báscula para pesar la fibra. Fuente Autor.



Imagen 13. Adición de fibras de PET. Fuente Autor.



Imagen 14. Material con adición de fibra. Fuente Autor.



Imagen 15. BTC con 0.25% de PET. Fuente Autor.



Imagen 16. BTC con 0.25 % de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 17. BTC con 0.25 % de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 18. BTC con 0.25 % de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 19. Material para BTC con 0.5 % de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 20. BTC con 1 % de fibra PET



Imagen 21. Curado de los BTC. Fuente Autor.

CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA ADOBERA

ASPECTO	CARACTERISTICA
PESO	130 Kg
Medidas del Bloque	12.5 X 25 X 8 cm
PRESION	200 psi
CAPACIDAD	200 a 250 Bloque día



Imagen 22. Ladrillera El Oasis. Oicatá Boyacá. Fuente Autor.



Imagen 23. Bascula para pesaje de especímenes. Fuente Autor.



Imagen 24. Medida de dimensiones de especímenes.



Imagen 25. Medida de dimensiones de especímenes. Fuente Autor.

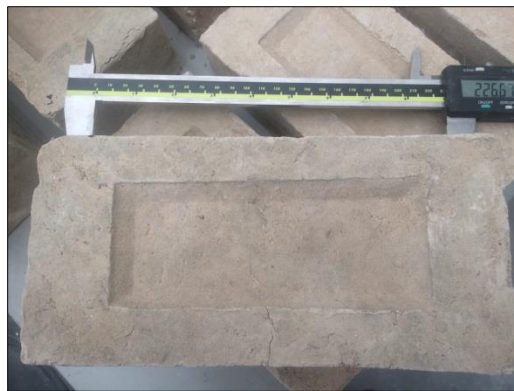


Imagen 26. Medida de dimensiones de especímenes. Fuente Autor.



Imagen 27. Temperatura y humedad del laboratorio. Fuente Autor.



Imagen 28. Prensa para ensayo de compresión. Fuente Autor.



Imagen 29. Tipo de falla de bloque sin fibra. Fuente Autor.



Imagen 30. Compresión espécimen con 0% PET. Fuente Autor.



Imagen 31. Falla a compresión bloque sin fibra. Fuente Autor.



Imagen 32. Ensayo a compresión bloque con 0.25% de PET



Imagen 33. Fibras en Bloque con 0.25% de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 34. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET. Fuente Autor



Imagen 35. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET. Fuente Autor.



Imagen 36. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 37. Prueba de compresión con espécimen con 0.5% de PET. Fuente Autor.



Imagen 38. Prueba de compresión con espécimen con 1% de PET. Fuente Autor.



Imagen 39. Prueba de compresión con espécimen con 1% de fibra PET. Fuente Autor.



Imagen 40. Prueba de compresión con espécimen con 01% de PET. Fuente Autor.



Imagen 41. Juego de tamices para granulometría. Fuente Autor.



Imagen 42. Porcentaje retenido en Tamiz 4.7 mm. Fuente Autor.



Imagen 43. Porcentaje retenido en Tamiz 1.19 mm. Fuente Autor.



Imagen 44. Porcentaje retenido en Tamiz 0.6 mm. Fuente Autor.



Imagen 45. Porcentaje retenido en Tamiz 0.3 mm.



Imagen 46. Porcentaje retenido en Tamiz 0.15 mm. Fuente Autor.



Imagen 47. Porcentaje retenido en Tamiz 0.075 mm. Fuente Autor.



Imagen 48. Porcentaje en Fondo. Fuente Autor.

MALLA(mm)	P RETENIDO(g)	% RETENIDO	%RET ACUM	%QUE PASA
4.7	1	0.33	0.33	99.67
1.19	94	31.33	31.67	68.33
0.6	63	21.00	52.67	47.33
0.3	71	23.67	76.33	23.67
0.15	47	15.67	92.00	8.00
0.075	17	5.67	97.67	2.33
	7	2.33	100.00	0.00
	300	100		

Tabla 9 . Porcentaje (%) que pasa en granulometría. Fuente Autor.

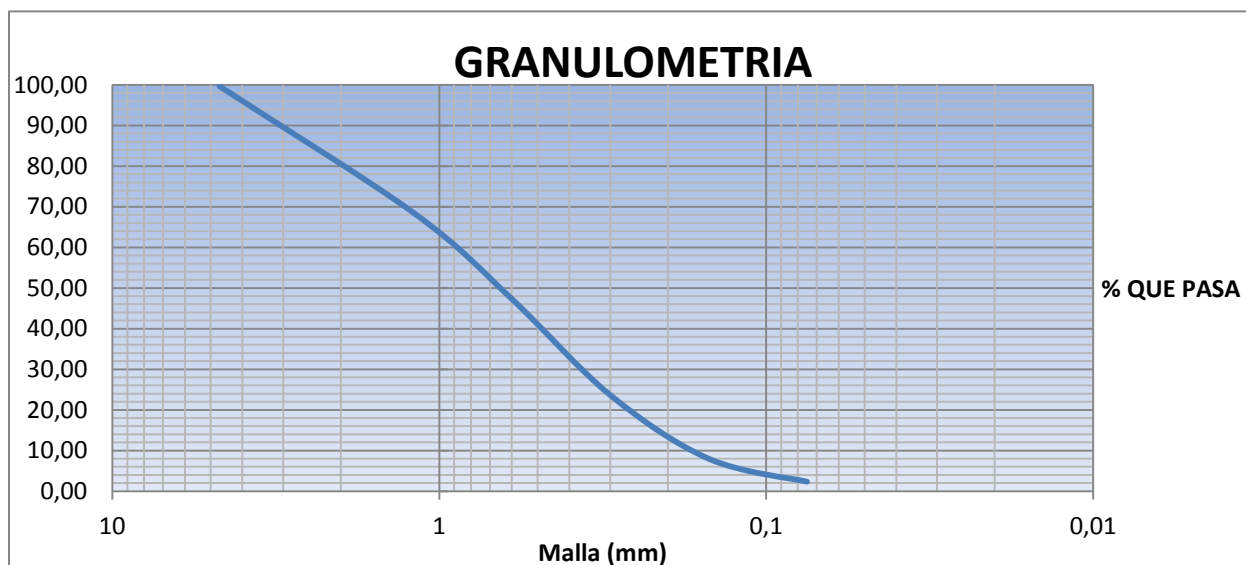


Gráfico 1. Granulometría de arcillas y arenas del BTC. Fuente: Elaboración propia.

% PET	ESPECIMEN	PESO g	ANCHO (mm)			PROM	ALTO (mm)			PROM	LARGO (mm)			PROM
0	1.1	3606	108.51	108.52	108.51	108.51	85.32	85.32	84.63	85.09	226.67	224.89	225.25	225.60
	1.2	3556	108.9	110.05	108.9	109.28	84.41	84.43	85.45	84.76	227.96	230.82	228.37	229.05
	1.3	3609	111.33	110.85	110.76	110.98	85.35	84.44	86.25	85.35	227.74	224.5	228.52	226.92
0.25	2.1	3610	109.94	110.18	109.98	110.03	83.3	82.04	82.27	82.54	227.95	228.06	228.24	228.08
	2.2	3620	110.77	110.41	110.07	110.42	79.54	79.99	79.68	79.74	229.08	228.09	229.17	228.78
	2.3	3510	109.06	109.56	109.07	109.23	80.79	82.09	82.21	81.70	228.75	229.15	229.22	229.04
0.5	3.1	3667	109.83	109.17	109.42	109.47	85.65	84.29	85.9	85.28	228.07	227.94	229.02	228.34
	3.2	3639	110.07	110.04	109.24	109.78	86.74	88.17	87.31	87.41	227.5	227.68	227.17	227.45
	3.3	3530	108.78	109.01	109.1	108.96	83.7	84.2	81.39	83.10	229.15	230.26	231.29	230.23
1	4.1	3528	109.79	109.75	109.89	109.81	83.04	84.73	84.12	83.96	229.7	229.65	228.94	229.43
	4.2	4156	111.01	113.02	114.38	112.80	96.01	95.24	94.16	95.14	223.2	226.49	226.16	225.28
	4.3	4156	114.11	110.41	111.54	112.02	83.04	84.73	84.12	83.96	229.7	229.65	228.94	229.43

Tabla 10. Dimensiones de especímenes. Fuente: Elaboración propia.

% PET	ESPECIMEN	VOLUMEN mm ³	VOLUMEN cm ³	DENSIDAD g/cm ³	AREA mm ²	CARGA KN	MPa
0	1.1	2,068,516.09	2,083.09	1.731	24,480.97	23.2	0.948
	1.2	2,125,098.18	2,121.74	1.676	25,031.35	22.79	0.910
	1.3	2,183,062.99	2,149.33	1.679	25,183.58	23.15	0.919
0.25	2.1	2,065,127.98	2,071.40	1.743	25,096.77	47.34	1.886
	2.2	2,009,907.43	2,014.24	1.797	25,261.13	60.8	2.407
	2.3	2,055,334.30	2,043.89	1.717	25,018.04	49.53	1.980
0.5	3.1	2,152,599.75	2,131.79	1.720	24,997.51	191	7.641
	3.2	2,166,689.40	2,182.56	1.667	24,970.22	218	8.730
	3.3	2,053,774.02	2,084.65	1.693	25,086.99	212	8.451
1	4.1	2,116,309.18	2,115.35	1.668	25,193.71	227	9.010
	4.2	2,435,747.90	2,417.68	1.719	25,412.71	215	8.460
	4.3	2,148,085.59	2,157.92	1.926	25,700.75	220	8.560

Tabla 11. Carga máxima en ensayo a compresión. Fuente: Elaboración propia.

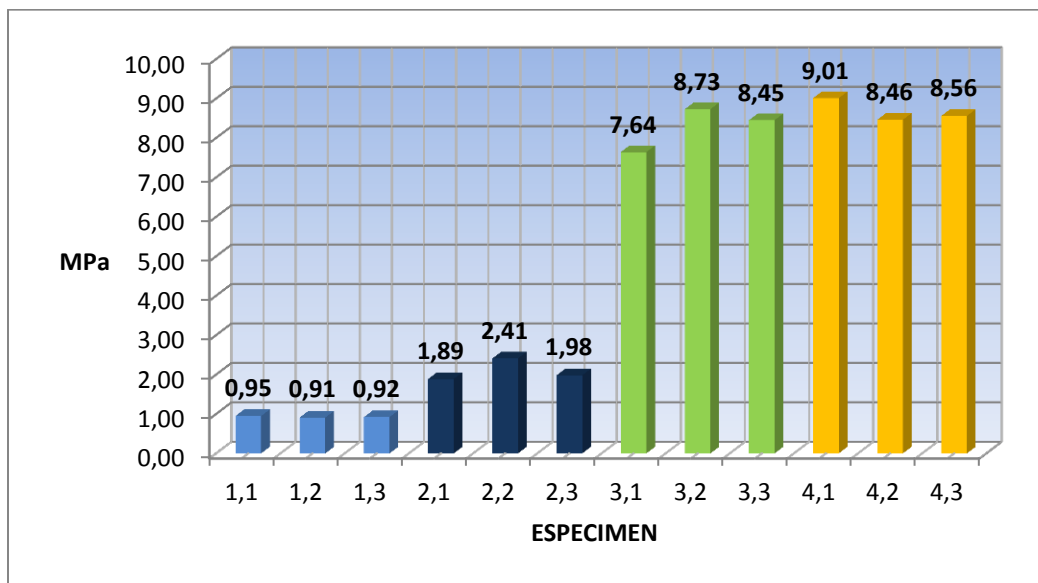


Grafico 2. MPa para cada espécimen. Fuente: Elaboración propia.

ANALISIS DE RESULTADOS

Los especímenes con porcentaje de 0.5 y 1% de fibras de PET mostraron un mejor comportamiento a la prueba de compresión con MPa superiores a los obtenidos en los especímenes con 0.25% de fibra y los bloques sin fibra.

Los bloques fabricados sin fibra mostraron resistencias a la compresión pequeñas, entre 0.91 y 0.95 MPa y con un leve incremento para los especímenes con 0.25% de fibras PET, con 2,09 MPa como promedio de resistencias a la prueba de compresión.

Los BTC con adición de fibra PET de 0.5 % y 1% muestran resistencias a la compresión entre 7.64 y 9.01 MPa.

El tipo de falla que mostraron los especímenes sin fibra se caracterizó por fallas definidas y en pequeño número (Imagen No.30,31), a diferencia de los bloques con 0.5 y 1% de fibras que presentaron múltiples fracturas gracias al entramado de fibras que tenían (Imagen No. 34).

Uno de los hallazgos principales encontrados en los ensayos a la compresión de los bloques, fue la deformación; ya que esta característica o este tipo de falla, puede crear un solapamiento de la resistencia real del bloque

La considerada deformación es una característica del ensayo de compresión de estos BTC y por lo tanto la resistencia obtenida en este trabajo no diferenció entre la zona elástica y la zona plástica del bloque; es necesario complementar la metodología del ensayo de resistencia a la compresión descrita en la norma NTC4017, con un equipo que permita medir la deformación del bloque, para realizar el diagrama de esfuerzo-deformación unitario y determinar el módulo de elasticidad del bloque (Ramirez, 2016)

El análisis de su resistencia a la prueba de compresión indica que, al ser comprimido, su fractura no es inmediata (Imagen No. 32-40); por lo general, el material pierde sus caras y mantiene la geometría. La principal fractura se dirige hacia las esquinas en un plano inclinado, porque se concentran los esfuerzos.

CONCLUSIONES

Es necesario medir la resistencia a la compresión y a su vez medir la deformación, con el fin de calcular el módulo de elasticidad y con base en ese criterio, determinar la resistencia real de los BTC.

Con este estudio queda abierta la opción de seguir haciendo investigación con este tipo de material para el desarrollo de un elemento constructivo que cumpla con especificaciones estructurales de construcción y tenga un componente sostenible en lo ambiental, social y económico.

Puede ser conveniente hacer este tipo de bloques con un mezclado mecánico que permita una incorporación más uniforme del material, pues manualmente la distribución de los componentes no es la óptima.

En el porcentaje de participación de los componentes del Bloque BTC hay también un campo amplio de investigación, pues en la literatura no se encuentra mucha información.

Respecto a las propiedades físicas de la fibra también se puede evaluar cómo puede influir tanto la longitud de la fibra como su diámetro en las características mecánicas de los BTC.

La máquina CINVA RAM es una herramienta muy útil para masificar la fabricación de BTC con mejor desempeño estructural para proyectos constructivos.

Con la elaboración de este tipo de material constructivo se ahorra energía al no necesitarse el paso por hornos para cocción, con combustible fósil generalmente, contribuyendo a la reducción de contaminación ambiental.

En Colombia, según el reglamento NSR-10, sólo están permitidos las unidades de mampostería de arcilla, concreto y silicocalcáreos. Este tipo de materiales como los BTC deben desarrollarse para alcanzar características mecánicas que permitan su uso según reglamentación.

Bibliografía

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Mantenimiento. Gobierno de Perú. . (2006). *Norma E.080* . Peru.
- Arteaga, K., Medina, O., & Gutierrez, O. (2011). *Bloque de tierra comprimida como material constructivo*. Tunja, Boyacá, Colombia: Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC.
- Berlingieri., R. (2017). *Caracterización de Bloques Suelo Cemento como Mampuesto*. Cordoba, Argentina: Universidad Nacional de Cordoba.
- Carcedo, M. (2012). *Resistencia a compresión de Bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Cid, J., & Canas , I. (2009). *Construcción con Tierra: Materias primas*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- Claria, J., & Vettorelo, P. (2010). *Refuerzo de arenas mediante la adición de fibras sintéticas*. Mendoza: Congreso Argentino de mecánica de suelos e Ingeniería Geotécnica.
- Degirmenci, N. (2008). *The using of waste phosphogypsum and natural gypsum in adobe stabilization*. Construction and Building Materials .
- Di Marco, R., & Leon , H. (2017). *Ladrillos con adición de PET, una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro*. Bogotá.: Simposio internacional de Investigación en ciencias Económicas, Administrativas y Contables.
- Etchebarne, G., & Pineiro, J. (2005). *Proyecto terra Uruguay*. Uruguay: Unidad regional de estudios y gestión del Habitat.
- Ghettala, A., Abibsi, A., & Houari, H. (2006). *Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure*. Construction and building materials.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (1997). *NTC 4026*. Bogotá.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2004). *NTC 5324*. Bogotá.
- Isika, B. (2008). *Sustainable housing in island conditions using Alker-gypsum-stabilized earth: A case study from northern Cyprus*. Building and Environment.
- Jimenez, M., & Canas , I. (2007). *The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review*. Construction and Building Materials.
- Johnston, C. (2014). *Fiber-reinforced cements and concretes*. Alberta: The University of Calgary.

- Millogo, Y. H. (2008). *Microstructure and physical properties of lime clayey abode bricks*. Japon: Construction and building materials. Elsevier.
- Minke, G. (2008). *Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Fin de siglo.
- Morel, J., Pkla, A., & Walker, P. (2007). *Compressive strength testing*. Construction and Building Materials.
- Osorio, J. V., & Herrera, J. (2017). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero, C., & Mahecha, J. (2016). *Propiedades mecánicas de un concreto reforzado con fibras de PET reciclado*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Ramirez, K. (2016). *Optimización de la resistencia a la compresión de los bloques de mampostería fabricados por la empresa Green Works Company utilizando la metodología de superficie de respuesta*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Roux, R. (2002). *Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento Portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico*. Tampico: Centro Universitario Tampico.
- Sanchez, C., Pena, J., & Rico, L. (2018). *Identificación de los usos actuales del tereftalato de polietileno (PET) Reciclado en la Ingeniería Civil*. Villavicencio: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Setyo, A. (2011). *Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick*. Construction and Building Materials.
- Shon, C., Saylak, D., & Zollinger, D. (2009). *Potential use of stockpiled circulating fluidized bed combustion ashes manufacturing compressed earth bricks*. Construction and building materials.
- Sierra, O., Ramirez, C., & Porras, E. (2013). *Evaluación del concreto reforzado con polietileno tereftalato (PET) para el mejoramiento de su resistencia*. Bucaramanga: Universidad de Santander UDES.
- Use of polyethylene terephthalate in concrete-a brief review*. (s.f.).
- Vishnu, A. M. (2017). *Use of polyethylene terephthalate in concrete-a brief review*. India: International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).
- Yamin, L., Phillips, C., & Reyes, J. (2007). *Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Yetgin, S. (2008). *The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes*. . Construction and Building materials.

