

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Comparación de los resultados de ensayos
físico-mecánicos realizados a bloques de tierra
comprimida con adición de residuos de construcción
y demolición en Sudamérica**

Cesar Vladimir Vilcas Painado

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental

Trabajo de Investigación



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermano por la dedicación en educarme en valores y conocimientos, sin ellos nada sería posible en mi vida personal y profesional.

A mis profesores, con énfasis especial al Ing. Roberto Vadillo Salazar, Ing. Nancy Margot Montañez Huamán y al Ing. Marko Antonio Lengua Fernandez, que con sus sabias enseñanzas orientaron mi camino profesional y me formaron como hombre de bien, a todos y cada uno de ellos les agradezco por la educación que me brindaron.

A mí estimado amigo, el Ing. Meza López Jesús Manuel, por compartir conmigo la semilla de la duda acerca de los ladrillos ecológicos, él ha contribuido a alcanzar algunas de mis metas académicas y personales, le estaré de por vida agradecido.

DEDICATORIA

A mis padres Manuel y Leonor, por su amor, enseñanzas y apoyo incondicional.

A mí querido hermano Jesús, que sigue mis pasos y sepa que nunca dejaré de progresar porque espero lo mismo de él.

A mis amigos de la universidad con los que compartimos todos estos años juntos con énfasis especial a Eduardo, Summer, Mishell y Albert por compartir su alegría y amor conmigo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCION.....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.3.1. Justificación técnica.....	3
1.3.2. Justificación social.....	3
1.3.3. Justificación ambiental.....	5
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	7
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	15
2.2.1. BLOQUES DE TIERRA.....	15
2.2.1.1. Bloques de tierra moldeados a mano.....	15
2.2.1.1.1. Adobe.....	15

2.2.1.1.1.1. Adobe sin estabilizar	15
2.2.1.1.1.2. Adobe estabilizado	16
2.2.1.1.2. Tapial.....	17
2.2.1.1.3. Bahareque	18
2.2.1.2. Bloques de tierra comprimida mecánicamente	19
2.2.1.2.1.1. Bloques de tierra comprimida según su forma.....	19
2.2.1.2.2. Bloques de tierra comprimida según su composición.....	20
2.2.1.2.2.1. BTC con adición de fibras y conglomerantes vegetales.....	20
2.2.1.2.2.2. BTC de alta resistencia.....	21
2.2.2. Ensayos físico-mecánicos.....	21
2.2.2.1. Ensayo de absorción	24
2.2.2.2. Ensayo de resistencia compresión	24
2.2.3. Residuos Sólidos de Construcción y Demolición.....	26
2.2.3.1. Residuos Peligrosos.....	29
2.2.3.2. Residuos No Peligrosos	29
2.2.4. Procesamiento y tratamiento de los RCD.....	30
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	32
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	32
3.2. DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	34
4.1.1. Comparación de los ensayos de absorción.....	34
4.1.1.1. Capilaridad	34
4.1.1.2. Absorción por inmersión total	36
4.1.2. Comparación de los ensayos de Resistencia a la compresión	40
4.2. Discusión de resultados	48

CONCLUSIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ladrillera artesanal e informal en el Anexo de Palián – Huancayo.....	1
Figura 2: RCD en San Miguel de Ibarra – Ecuador	2
Figura 3: Déficit de hogares en 18 países de Latinoamérica y El Caribe	4
Figura 4: Fabricación de adobes.....	16
Figura 5: Elaboración de adobe estabilizado con cemento	17
Figura 6: Encofrados para tapial	18
Figura 7: Edificio comunitario de muros de bahareque y celosía de carrizo	19
Figura 8: BTC con adición de fibra de coco.	21
Figura 9: Composición de RCD en Colombia.....	27
Figura 10: Composición media de los RCD en Brasil.....	28
Figura 11: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”	35
Figura 12: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”	36
Figura 13: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”	37
Figura 14: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”	38
Figura 15: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento”	39
Figura 16: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento”	40
Figura 17: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”	41

Figura 18: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”	42
Figura 19: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales”	43
Figura 20: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Tijolos prensados de solo-cemento confeccionados com resíduos de concreto”	44
Figura 21: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”	45
Figura 22: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de Iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento”	46
Figura 23: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento”	47
Figura 24: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento”	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equivalentes de los ladrillos tipo de la Norma E.070 en ladrillos de tierra comprimida.....	3
Tabla 2: Generación de RSC por regiones para el año 2007	5
Tabla 3: Normas Técnicas para ensayos de BTC alrededor del mundo	23
Tabla 4: Normas para evaluar la absorción en BTC	24
Tabla 5: Clasificación de las unidades de albañilería, Perú	24
Tabla 6: Clasificación BTC por factor R, Colombia	25
Tabla 7: Límites especificados de absorción para BTC, Brasil	25
Tabla 8: Requisitos y criterios de las normativas técnicas de BTC en Perú, Brasil y Colombia.	25
Tabla 9: Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición	26
Tabla 10: Composición de residuos sólidos en Perú	28

RESUMEN

El presente trabajo de investigación realizó la comparación de las dos propiedades principales físicas y mecánicas, absorción y resistencia a la compresión, de los Bloques de Tierra Comprimida en cuatro países de Sudamérica: Ecuador, Colombia, Brasil y Perú. Los ensayos de absorción en las investigaciones de Brasil y Perú se desarrollaron mediante sumersión y las que se basaron en la normativa colombiana mediante capilaridad asimismo los ensayos de Resistencia a la Compresión fueron aplicados a unidades después de 28 días de elaboradas. Los resultados indicaron que a pesar de la heterogeneidad de las condiciones en las investigaciones a cierta dosificación las unidades de albañilería redujeron el índice de absorción y aumentaron la resistencia a la compresión por lo que es concluyente que la incorporación de Residuos de Construcción y Demolición mejora significativamente las propiedades absorción y resistencia a la compresión de los Bloques de Tierra Comprimida.

Palabras clave: bloque de tierra comprimida, residuos de construcción y demolición, absorción, capilaridad, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

The present work of investigation made the comparison of the two main physical and mechanical properties, absorption and compressive strength, of the compressed earth blocks in four countries of South America: Ecuador, Colombia, Brazil and Peru. Absorption tests in the Brazilian and Peruvian investigations were developed by submersion and those that were based on Colombian technical standard through capillarity, and the compressive strength tests were applied to units after 28 days of elaboration. The results indicated that in spite of the heterogeneity of the conditions in the investigations at a certain dosage, the masonry units reduced the absorption index and increased the compressive strength, so it is conclusive that the incorporation of construction and demolition wastes significantly improves the absorption and compressive strength properties of the compressed earth blocks.

Keywords: compressed earth blocks, construction and demolition wastes, absorption, capillarity, compressive strength.

INTRODUCCION

La tierra es el material de construcción natural más importante y abundante en la mayoría de las regiones del mundo. Utilizada desde la antigüedad para la edificación de casas y ciudades hasta la actualidad que encontramos a un tercio de la humanidad habitando en viviendas de tierra y en los países en vías de desarrollo esto representa más de la mitad de su población(GATTI, 2012 pág. 6). Es la tierra un material imprescindible para la construcción por su disponibilidad, bajo costo y trabajabilidad.

Las técnicas de construcción con tierra evolucionaron a lo largo de la historia de la humanidad buscando mejorar la durabilidad, impermeabilidad y resistencia de las edificaciones que la componen, es en ese sentido que encontramos en la actualidad los Bloques de Tierra Comprimida (BTC). Ellos son unidades de albañilería estabilizadas con cal, cemento u otros materiales que gracias a su fabricación mediante compresión logra reducir la eficiencia energética comparada con los bloques cerámicos y de concreto.

Los aditivos incorporados a los BTC con el fin de mejorar aún más sus propiedades son múltiples y variados. Aquí mencionaré a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), que mediante su adición se busca contribuir a la conservación del medio ambiente, reducir el impacto negativo que supone su disposición inadecuada mediante el reciclaje y reutilización y de reducir el costo de fabricación de los bloques.

La finalidad que persigue el autor es la de corroborar si la incorporación del mencionado aditivo mejora las propiedades de absorción y resistencia a la compresión de los BTC mediante la comparación de resultados de investigaciones realizadas a nivel Sudamericano.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Planteamiento del problema

En nuestro país y Sudamérica, en gran mayoría los muros de albañilería confinada son construidos con ladrillos artesanales, fabricados sin los estándares establecidos que especifican su clasificación, selección de muestras, ensayos en laboratorio además de no tener en cuenta las consideraciones mínimas para el diseño, análisis e inspección de las construcciones de albañilería confinada y albañilería armada. Al no tomar en cuenta los controles básicos de calidad, las construcciones que se realizan con esas unidades tendrán un comportamiento impredecible y susceptible a daños leves y/o graves frente a acontecimientos sísmicos.

“La actividad ladrillera artesanal se desenvuelve en un escenario especial caracterizado por la alta generación de contaminantes, informalidad, economía precaria, inseguridad en el trabajo y reducida capacidad de gestión” (CONDORI APAZA, 2013).

Figura 1: Ladrillera artesanal e informal en Junín - Perú



Fuente: Archivo del autor

Las investigaciones respecto a la incorporación de aditivos al ladrillo de tierra comprimida con el fin de mejorar sus propiedades así como reducir su costo son múltiples y variadas. Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son los residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2016). Según

la investigación de (BAZÁN GARAY, 2018), se determinó que por lo menos el 88% de los RCD pueden ser reciclados o reusados, a pesar de existir las disposiciones legales para su reaprovechamiento y eliminación no se realiza. En nuestro país el tratamiento de residuos únicamente es aplicado a los residuos sólidos urbanos, razón por la cual los RCD generalmente son llevados a las riveras de las fuentes de agua lo que finalmente contribuye a la continua contaminación de nuestro medio.

Figura 2: RCD en San Miguel de Ibarra – Ecuador



Fuente: Diario La Hora - Ecuador

Lo que la presente investigación plantea es la comparación de resultados a nivel sudamericano de las propiedades de absorción y resistencia de los BTC con la inclusión de Residuos de Concreto y Demolición.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la adición de Residuos de Construcción y Demolición mejoran las propiedades físico-mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar en qué medida la adición de Residuos de Construcción y Demolición varían la absorción de los bloques de tierra comprimida.
- Determinar en qué medida la adición de Residuos de Construcción y Demolición mejoran la resistencia a la compresión de los bloques de tierra comprimida.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. Justificación técnica

Son pocos los países a nivel sudamericano que cuentan con una normativa exclusiva para Bloques de Tierra Comprimida. El Perú y Ecuador no son parte de dichos países, es así que en Perú los resultados de los ensayos de laboratorio aplicados a los BTC son adaptados a las Normativas E.070 y E.080 para ladrillos cerámicos cocidos y tierra reforzada, respectivamente, y en el Ecuador utilizan las normativas la Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria INEN 297, requisitos de ladrillos cerámicos, siendo esta una evaluación errónea y alejada de la realidad.

Tabla 1: Equivalentes de los ladrillos tipo de la Norma E.070 en ladrillos de tierra comprimida

Ladrillo Tipo de la Norma E.070	Resistencia a la compresión	Equivalente en Ladrillo de Tierra Comprimida	Resistencia a la compresión
Ladrillo Tipo I	50 kg/cm ²	LTC 15%	52.29 kg /cm ²
Ladrillo Tipo II	70 kg/cm ²	LTC 20%	69.09 kg/cm ²
Bloque NP	20 kg/cm ²	LTC 7%	23.12 kg/cm ²

Fuente: Tesis "Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos en Huancayo" (MEZA LÓPEZ, 2018)

Por todo lo mencionado queda justificada esta investigación para que a futuro las autoridades pertinentes de los países en mención incorporen, a su ya extensa normativa de construcción, la evaluación técnica de los BTC.

1.3.2. Justificación social

El déficit habitacional considera un déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda, términos que hacen referencia a hogares que cuentan con viviendas precarias o no cuentan con ellas. En un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo, en el 2012 el déficit de viviendas en Latinoamérica ascendía a 58 millones.

En el Perú un informe (MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, 2016) estimó que el déficit habitacional ascendía a 1 800 000 viviendas, según el INEI

representó el 11.7% de los hogares a nivel nacional, para el 2017 el porcentaje disminuyó a 11.2%, sin embargo esta reducción no es significativa porque el déficit continúa siendo considerable.

Figura 3: Déficit de hogares en 18 países de Latinoamérica y El Caribe



Fuente: BID 2012 (Elaboración: RPP noticias – Perú)

De lo mencionado se justifica el estudio de los BTC como un elemento de fácil fabricación in situ con materiales que se encuentran en la localidad, además de ofrecer ventajas respecto a la construcción de viviendas, albañilería armada, y por presentar un acabado estético del tipo cara vista.

1.3.3. Justificación ambiental

La fabricación de unidades de albañilería realizadas por el sector artesanal e informal genera un gran impacto ambiental y social puesto que emplean como combustibles recursos arbóreos, los cuales son obtenidos de la tala ilegal, así mismo usan neumáticos usados, residuos de aceites vehiculares entre otros, los cuáles son altamente contaminantes, afectando la salud de quienes laboran en el lugar así como de quienes viven en zonas aledañas a los hornos. Otros recursos usados son los suelos y aguas subterráneas, que son obtenidos del lugar donde se encuentran asentados, causando la degradación de suelos fértiles y la indisponibilidad del elemento líquido en los acuíferos en la zona (CONDORI APAZA, 2013)

En el año 2008 el Sector Vivienda y Construcción presentó un diagnóstico sobre los Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición en el Perú, muestra que en el año 2007 la cantidad generada de este tipo de residuo a nivel nacional significó 5 663 062 TM (ver Tabla 2). El control ineficiente de las autoridades respecto a la disposición de estos residuos conlleva a que éstos terminen en gran cantidad en los ríos, contaminándolos y afectando su cauce normal, convirtiéndose en un problema álgido con el pasar de los años.

Tabla 2: Generación de Residuos Sólidos de Construcción por regiones para el año 2007

Nº	DEPARTAMENTO	POBLACIÓN 2007	PRODUCCIÓN DE RSC (TM/AÑO)
1	Amazonas	421,064	52,757
2	Ancash	1 123,070	339,826
3	Apurímac	452,595	76,426
4	Arequipa	1 232,625	427,042
5	Ayacucho	669,184	93,281
6	Cajamarca	1 468,401	182,809
7	Cusco	1 265,790	209,909
8	Huancavelica	483,034	101,376
9	Huánuco	789,694	62,314
10	Ica	719,161	53,233
11	Junín	1 241,400	147,564
12	La Libertad	1 663,699	178,912
13	Lambayeque	1 179,385	222,102
14	Lima	9 324,567	2 098,562
15	Loreto	955,303	220,461
16	Madre de Dios	95,742	11,996
17	Moquegua	172,127	40,367
18	Pasco	288,233	99,147
19	Piura	1 762,021	127,664
20	Puno	1 345,750	316,812
21	San Martín	723,895	367,377
22	Tacna	296,588	137,040
23	Tumbes	207,143	33,880
24	Ucayali	434,836	62,203
	TOTAL		5 663,062

Fuente: Ministerio del Ambiente

Para la fabricación de los ladrillos de tierra comprimida se emplea un equipo de compresión mecánico o hidráulico, cuya función reemplaza la etapa de cocción, proceso en el cual

ganan sus propiedades físicas y mecánicas, gracias a ello se reduce un importante gasto energético y la cantidad de contaminantes enviados al medio ambiente. Por otro lado también se aprovecha el reciclaje de los residuos de construcción y demolición.

Justificación económica

Mediante las investigaciones queda demostrado que existe una relación inversa entre los materiales: RCD y cemento, evidenciando que a mayor cantidad de RCD se tiene que disminuir la cantidad de cemento para mejorar las propiedades del ladrillo suelo cemento; razón por la cual el costo de producción disminuye considerablemente, haciendo más asequible para la construcción de viviendas sociales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. Antecedentes Nacionales

- a. (QUISPE AMUDIO, 2016) En su tesis titulada “*DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LADRILLERAS ARTESANALES, ARENA DE LA CANTERA CUNYAC Y CEMENTO PORTLAND TIPO IP*”, investigación presentada para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina del Cusco.

El objetivo de la investigación fue determinar si las unidades de albañilería fabricadas con los materiales mencionados poseen propiedades físico mecánicas adecuadas para ser utilizadas como material de construcción alternativo en la Ciudad de Cusco.

En cuanto a la metodología, sometió a ensayos los materiales de acuerdo a la normativa peruana y posteriormente describió el proceso de fabricación de las unidades de albañilería.

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

- Según las características de las unidades de albañilería estas tienen una clasificación tipo III, de resistencia y durabilidad media, apto para construcciones de uso general.
- Las proporciones de los componentes son las determinantes de las propiedades físico mecánicas adecuadas para el uso de las unidades de albañilería.
- Las unidades de albañilería cumplen con los parámetros de la norma E.070.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

- a. (MEJÍA PACHECO, 2018) Mediante la tesis titulada *“BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS TRADICIONALES EN LA CIUDAD DE SARAGURO, LOJA, ECUADOR”* el investigador obtuvo el grado de Magister en Construcciones, en la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, Ecuador.

El objetivo de su trabajo se centró en la elaboración de un prototipo de BTC con suelos de la ciudad de Saraguro, provincia de Loja, con agregados de RCD, en sustitución de agregados vírgenes, que cumplan los requerimientos y estándares mecánicos para su utilización como mampuestos.

La metodología tuvo tres partes, las que se describen a continuación: La primera consistió en una valoración y análisis de la bibliografía y literatura acerca de la construcción con tierra y RCD. La segunda, se analizó el objetivo de la investigación, a través de planteamiento de respuestas al problema, señalando el procedimiento experimental. La última parte consistió en la elaboración del BTC con agregados de RCD realización de los ensayos, tabulación de los datos obtenidos y análisis.

Las principales conclusiones se mencionan a continuación:

- Los resultados obtenidos en los ensayos indican que los BTC con RCD ante las exigencias físicas y mecánicas de la NTC 5324 supera al mostrado por los BTC con arena tradicional.
- El resultado del ensayo de resistencia a la compresión de BTC con el 70% de agregado de RCD supera la exigencia de la norma ASTM c34 hasta en el 250%.
- Los resultados ubican al BTC con RCD como mampuestos para muros y divisiones (BSC 60) con una clasificación S, (para un medio seco) dentro de la NTC 5324.
- Los BTC con RCD constituyen una alternativa sostenible y sustentable para la construcción, pues son unidades que superan las exigencias de la normativa ecuatoriana. Además los RCD se pueden obtener a muy bajo costo o sin costo alguno, lo que implica una disminución del volumen de residuos a ser dispuestos en los vertederos y escombreras.

- b. (MOLINA VINASCO, 2016) En su proyecto de grado titulado *“BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO Y CEMENTO COMO SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS NO ESTRUCTURALES”* presentado para optar el grado de ingeniero civil en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad libre de Pereira sede Belmonte, Colombia.

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar la dosificación óptima para la elaboración de BTC como alternativa de construcción sostenible de muros no estructurales, los cuales tienen una composición de suelos derivados de cenizas volcánicas, escombros de concreto y cemento.

La metodología estuvo compuesta de seis fases: Caracterización del suelo a utilizar, Establecimiento de la resistencia mecánica del suelo mediante diferentes dosificaciones de cemento, Establecimiento de las dosificaciones de los BTC y su elaboración, Determinación de la resistencia mecánica a la compresión de los BTC, Elaboración de muretes con las dosificaciones y determinación de su resistencia y Realización del trabajo de escritorio.

Las conclusiones más notables del trabajo fueron las siguientes:

- La dosificación con mejores resultados fue 80% de suelo derivado de cenizas volcánicas, 15% de residuo de concreto y 5% de cemento.
- La dosificación de cemento al 5% fue la que aportó mayor resistencia y rigidez al suelo.
- La resistencia de los BTC no llegaron al mínimo exigido por la norma. Con la mejora en los diferentes procedimientos y adiciones extra puede llegar al dicho objetivo.
- La resistencia a la compresión de los BTC individualmente fue en todos los casos superior a la resistencia de los muretes, lo cual indica que hubo algún error en la pega de los bloques.

- c. (RICARTE MARTINS y otros, 2016) Su trabajo de investigación titulado *“UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO DO SOLO DE IRANDUBA PARA CONFECÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO”* presentado en el “Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016”, desarrollado en la UEA/EST en Brasil.

Tuvo como objetivo verificar la eficiencia de ladrillos de suelo-cemento estabilizados con diferentes proporciones de RCD en proporciones del 40% y 60% en masa para la confección de ladrillos de suelo-cemento.

Las conclusiones de la investigación fueron:

- El suelo natural no presentaba las condiciones necesarias para su uso como suelo-cemento, pero la adición de RCD en el suelo mejoró las características de granulometría y de índices de consistencia necesarias para el uso en la producción del ladrillo.
- En los ensayos de compactación, la adición del RCD colaboró con el aumento de la humedad óptima, lo que ocasionó una mejor acomodación de los granos y afectó positivamente en los resultados de los ensayos de absorción y de resistencia a la compresión.
- El resultado de resistencia a la compresión cumplió los criterios exigidos por la normativa brasileña NBR 10833/84, mostrando que, en ambas dosificaciones, los valores medios de resistencia se mantuvieron muy próximos, lo que sugiere que es posible reciclar mayor cantidad de RCD sin interferir en la calidad técnica de los productos ladrillos.
- El RCD es un material eficaz en la estabilización del suelo-cemento, consolidando la idea de desarrollo sostenible y contribuyendo positivamente en la calidad del ladrillo de suelo-cemento.

d. (VÁSQUEZ HERNANDEZ y otros, 2016) En su artículo de investigación titulado *“FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO REEMPLAZO DE AGREGADO PÉTREO CONVENCIONAL”* publicado mediante la Universidad EAFIT de Medellín, Colombia, nos dan a conocer lo siguiente.

El objetivo de este trabajo de investigación fue la fabricación de bloques de tierra comprimida, mediante la utilización de tierra resultante de la excavación y adición de Residuos de Construcción y demolición (RCD) que reemplace a la arena, y que cumplan con la normativa técnica del país de Colombia para ser empleado como material de construcción.

En cuanto a la metodología, comenzaron con la recolección de los residuos, el suelo producto de la excavación para la nivelación y cimentación del conjunto residencial Claro Verde y los RCD del laboratorio de Suelos, Concretos y Pavimentos de la mencionada universidad para luego ser triturados hasta reducirlos a la granulometría óptima. Mediante la máquina manual CINVA-RAM se fabricaron los

BTC para finalmente ser sometidos a los ensayos de resistencia a la compresión, capilaridad y abrasión.

Las conclusiones más resaltantes fueron las siguientes:

- Los bloques de tierra comprimida con adición de RCD presentaron mejores propiedades mecánicas comparadas con los bloques fabricados con arena.
- Los bloques de tierra comprimida con adición de RCD cumplen con las especificaciones físicas y mecánicas solicitadas por la Norma Técnica Colombiana para ser usadas en la construcción, las que utilizan BTC correspondientes a las categorías BSC 20 y BSC 40.
- Los bloques de tierra comprimida con adición del 60% y 70% de RCD pueden emplearse para la construcción de muros portantes, puesto que sobrepasan la resistencia mínima de 3,4 MPa establecido en la norma ASTM c34.

- e. (DA SILVA SEGANTINI Y HANNA WADA, 2011) Su artículo de investigación titulado *“ESTUDO DE DOSAGEM DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO”* presentado en la Universidade Estadual Paulista, São Paulo, Brasil.

Tuvo como objetivo estudiar una dosificación óptima para el suelo-cemento, compuesto con residuos de construcción y demolición, con vistas a la confección de ladrillos prensados.

Las conclusiones a las que arribaron, fueron las siguientes:

- El suelo-cemento es una excelente matriz para el aprovechamiento de los RCD, posibilitando la adición de hasta un 100% de RCD en relación con la masa de suelo, sin pérdidas para la calidad del producto final.
- La adición de los RCD promovió una reducción acentuada en la retracción del material.
- Las unidades con adición de RCD respondieron positivamente a los ensayos de resistencia a la compresión, incluso con reducción consumo de cemento.
- Los mejores resultados se obtuvieron para las mezclas con adición de 4% de cemento, adición mínima de 20% de RCD, obteniéndose mejores resultados en la medida en que se aumenta la cantidad de RCD en la mezcla, hasta el 100% en relación a la masa del suelo.

- f. (BOMFIM DE SOUZA Y OTROS, 2008) Realizaron el artículo de investigación *“TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS DE CONCRETO”* presentado en la “Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental” en Campina Grande, Brasil.

El objetivo de su investigación fue la de evaluar la posibilidad de aprovechamiento de los residuos de concreto en la confección de ladrillos prensados de suelo-cemento.

La metodología de trabajo consistió en la caracterización de los materiales en estudio y determinación de los parámetros de resistencia y la absorción de los productos resultantes. Fueron realizados ensayos de laboratorio para la caracterización del suelo, de los residuos de concreto, de las composiciones suelo-residuo, composiciones de suelo-cemento y de los ladrillos producidos.

Las conclusiones son las siguientes:

- El suelo-cemento es una excelente matriz para el aprovechamiento de los residuos de hormigón, posibilitando la adición de 60% de residuos en relación con la masa de suelo, sin perjuicio para las características del suelo-cemento.
- La adición de los residuos de concreto promovió condiciones favorables para la utilización del suelo en estudio reduciendo, de forma sustancial, su retracción en el secado, haciéndolo plenamente indicado para la confección de los ladrillos.
- Los BTC con adición de RCD cumplieron plenamente las especificaciones de las normas brasileñas, mostrando la posibilidad de utilizar dosificaciones con menos del 6% de cemento en la confección de los ladrillos.
- Para el suelo en estudio, la resistencia del suelo-cemento sigue aumentando de forma considerable, después de la edad de siete días, con tendencia de aumento incluso después de la edad de 240 días.
- Todas las propiedades estudiadas del suelo y del suelo-cemento presentaron mejoras sensibles con la adición de los residuos de concreto constituyéndose, por lo tanto, en excelente alternativa para mejorar las características de los suelos, buscando su aplicación en la producción del suelo-cemento.

- g. (BOMFIM DE SOUZA, 2006) (Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cemento, 2004) En su tesis titulada *“análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cemento”* presentada para la obtención del grado de Maestra en Ingeniería Civil en la Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, facultad de Ingeniería de Ilha Solteira, Brasil.

El objetivo principal de trabajo fue el de estudiar el aprovechamiento de los residuos de concreto en BTC. Se pretendió, con ello, evaluar la posibilidad técnica de esta aplicación y la influencia de la utilización del residuo de concreto en la calidad y en el coste BTC resultante.

La metodología empezó con la caracterización de los materiales, luego se estudiaron dosificaciones compuestas por suelo natural, suelo más un 20% de residuos, suelo más un 40% de residuos y suelo más un 60% de residuos. Para cada una de estas composiciones se utilizaron tres niveles de cemento (6%, 8% y 10%) en relación con la masa de la mezcla solos. Se realizaron probetas cilíndricas y en forma de paralelepípedos. Se curaron las muestras en la cámara húmeda del laboratorio de Ingeniería Civil de la Unesp de Isla Solteira-SP, posteriormente se roturaron las probetas cilíndricas a los 07, 28, 56, 120 y 240 días, y los ladrillos a los 07 y 28 días.

Sobre las conclusiones de la investigación:

- La adición de los residuos de concreto permitió condiciones técnicas favorables para producir BTCs con calidad y con reducción en el consumo de cemento cumpliendo las especificaciones de las normas técnicas brasileñas.
- Los ladrillos producidos con el residuo de concreto en estudio, presentaron propiedades mecánicas mejoradas y todos cumplieron los requisitos mínimos establecidos en las normas brasileñas.
- El aprovechamiento de los residuos de concreto en la fabricación de BTCs puede configurarse en una práctica ecológicamente correcta, pues puede reducir el volumen de este material descartado en la naturaleza, además puede reducir la explotación de los recursos naturales y así preservar el medio ambiente.
- Los residuos de concreto son una excelente alternativa para mejorar las características de los suelos, con vistas a su aplicación en la producción BTCs.

- h. (NONATO FERRAZ Y DA SILVA SEGANTINI, 2004) En su artículo de investigación titulado *“ENGENHARIA SUSTENTÁVEL: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NA COMPOSIÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO”* presentado en el “5th Encontro de Energia no Meio Rural -2004” en la ciudad de Campinas, São Paulo, Brasil.

El objetivo de la investigación fue la de estudiar el comportamiento mecánico de los BTC producidos con adición de residuos de construcción.

La metodología fue la siguiente: Se realizaron ensayos de caracterización de suelo, residuos de construcción y mezclas. Continuamente se fabricaron ladrillos de dimensiones 23cmx11cmx5cm, utilizando en una prensa manual, también se fabricaron probetas cilíndricas. Las mezclas tuvieron dosificaciones de suelo + 20% de residuo y suelo + 40% de residuo y tres porcentajes de cemento, al 6%, 8% y 10%. Se realizó el curado de las muestras y se dejó que sequen, en el caso de los ladrillos fueron curados de acuerdo con las prescripciones de la NBR-8491. Las probetas cilíndricas fueron roturadas a los 07, 28, 56 y 120 días y los ladrillos fueron roturados a los 07 días, los ensayos de resistencia a la compresión simple y de absorción se realizaron en el séptimo día de curado, siguiendo las prescripciones de la NBR-8492.

Las conclusiones más importantes de la investigación fueron las siguientes:

- Los residuos de concreto son una excelente alternativa para mejorar las características de los ladrillos de suelo-cemento.
- La adición de los residuos posibilitó mejores condiciones para producir ladrillos con calidad y puede significar reducción en el consumo de cemento.
- Los ladrillos producidos con la adición del residuo de concreto tuvieron sus propiedades mecánicas mejoradas y cumplieron con los requisitos mínimos establecidos por las normas brasileñas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. BLOQUES DE TIERRA

Los bloques de tierra comprimida son unidades de albañilería a base de una mezcla de suelo homogéneo estabilizado con cemento, que dotados de cierta humedad son comprimidos dentro de un molde por una prensa mecánica o hidráulica, siendo estas manuales o motorizadas. El BTC puede ser usado en cualquier tipo de construcción tanto como albañilería para cercos perimétricos como para muros portantes, su fabricación es de bajo costo y su impacto al medio ambiente durante su fabricación es nula, estas propiedades la presentan como un sustituto perfecto frente a los ladrillos cerámicos convencionales.

2.2.1.1. Bloques de tierra moldeados a mano

Los materiales de tierra moldeadas a mano aún se encuentren presentes y aún se fabrican en la actualidad, preservando en su elaboración las técnicas de civilizaciones antiguas propias en cada parte del mundo.

Las técnicas de construcción con tierra a mano, son las siguientes: Adobe (sin estabilizar, estabilizado), Tapial (muros y bloque) y Bahareque (Quincha, denominación que recibe en el Perú). Algunos de estos sistemas constructivos fueron mejorados y otros quedaron en desuso debido a la vulnerabilidad del material (ARTEAGA MEDINA y otros, 2011)

2.2.1.1.1. Adobe

2.2.1.1.1.1. Adobe sin estabilizar

(LÓPEZ DÁVALOS, 2018) “El adobe se basa en una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada con forma prismática, de tamaño variable y secado al aire para formar muros de fábrica”.

(ARTEAGA MEDINA y otros, 2011) Las dimensiones del adobe en promedio son 35x25x10 cm y pesa, en promedio, 14 kg. El material debe tener mayor porcentaje de arena que de arcilla puesto que puede rajarse al secar. Estos ladrillos, en su comienzo, eran confeccionados a mano, y luego se utilizaban moldes, con las dimensiones mencionadas, para lograr una mayor producción.

a. El proceso de fabricación es el siguiente:

- a. La tierra debe humedecerse durante dos días, con el objetivo de fermentar la tierra y lograr que los aglomerantes actúen.
- b. El barro se coloca dentro del molde que previamente fue humedecido, para luego comprimirlo con la mano o los pies de manera uniforme; posteriormente se enrasa la superficie.
- c. Se desmolda cuidadosamente para que el material mantenga su buen estado.
- d. El adobe es expuesto, con protección especial, para que seque en promedio durante dos a cuatro días.

Figura 4: Fabricación de adobes



Fuente: ECyT-ar, 2014

2.2.1.1.1.2. Adobe estabilizado

(CALDERÓN PEÑAFIEL, 2013) El adobe estabilizado contiene materiales que han sido incorporados con el fin de mejorar las características resistentes del bloque. El material básico para la fabricación del adobe es el barro (que a su vez contiene arcilla, limo, arena, grava y agua), cualquier material que se adicione con el fin de mejorar las propiedades finales del adobe responden al nombre de estabilizantes.

Los estabilizantes más utilizados son la cal, el cemento y el asfalto, además de ellos existen una gran variedad de estabilizantes minerales, orgánicos y sintéticos. El estabilizante a utilizar dependerá de la propiedad que queramos mejorar.

Algunas recomendaciones, en el caso de adicionar fibras naturales, se debe hacer antes de humedecer la tierra; y la aplicación de grasas o emulsión asfáltica, la tierra, previamente,

debe tener la humedad requerida (ARTEAGA MEDINA y otros, 2011).

Figura 5: Elaboración de adobe estabilizado con cemento



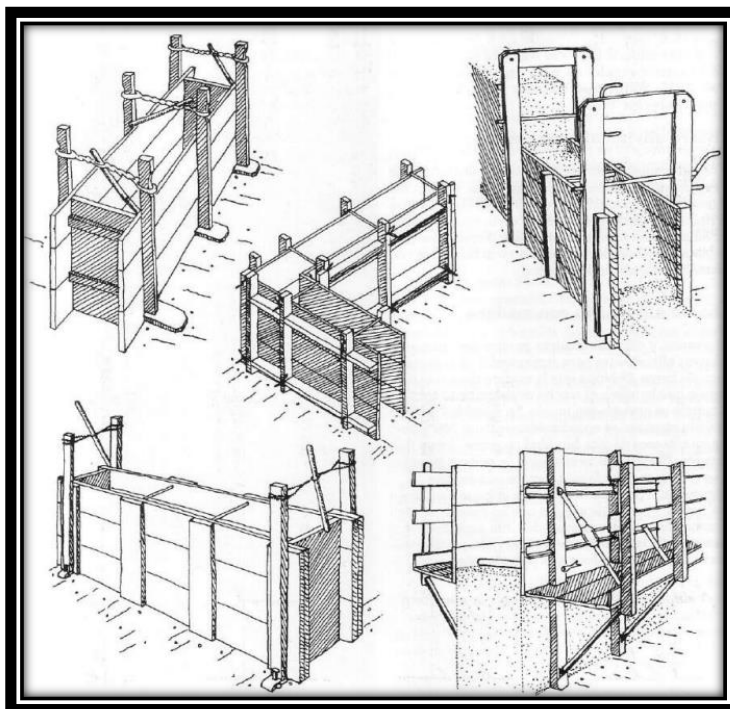
Fuente: Valentín Morales y otros, 2007

2.2.1.1.2. Tapial

(CARRANZA, 2010) Recibe la denominación de tapia en Iberoamérica o tapial en España y la cuenca Mediterránea. Este sistema utiliza tierra arcillosa para construir muros, empleando un encofrado deslizante y golpes reiterativos mediante un "pisón. El encofrado suele ser de madera, aunque también puede ser metálico. En el proceso, se van colocando dos maderas paralelas unidas por un travesaño, entre las que se vierte capas de tierra de 10 a 15 cm, que son compactadas, posteriormente se corre el encofrado a otra posición para seguir con el muro.

Los materiales estabilizantes para el tapial comúnmente son la paja o crin de caballo, o pequeñas piedras para conseguir un tapial de mayor resistencia.

Figura 6: Encofrados para tapial



Fuente: Manual de construcción en tierra (Minke Gernot, 2005)

2.2.1.1.3. Bahareque

(ARTEAGA MEDINA y otros, 2011) El bahareque se compone de un esqueleto en material vegetal relleno con barro. Consiste en una estructura de pies derechos de madera que se empotran a la cimentación o al suelo natural, a la cual se le fijan travesaños de caña, pero de menor sección, con separaciones de entre cañas de 80 y 120 mm.

Posteriormente se incorpora el tejido de varas, cañas, carrizos u otro tipo de bambúseas que, según su diámetro, se pueden entramar enteras o seccionadas en toda su longitud. Esta estructura es revestida por ambas caras con barro adicionado con fibras vegetales en dos o tres capas sucesivas de espesor decreciente, generalmente como forma de sellado se utiliza cal.

La principal diferencia del bahareque con la quincha radica en el relleno de los muros ya que es con fibra natural seca en sustitución del barro, lo que permite un ahorro en material y mano de obra.

Figura 7: Edificio comunitario de muros de bahareque y celosía de carrizo



Fuente: <https://www.archdaily.pe/pe/762081/guadalajara-mexico-un-edificio-comunitario-de-muros-de-bahareque-y-celosia-de-carrizo>

2.2.1.2. Bloques de tierra comprimida mecánicamente

(NEVES y otros, 2011) El bloque de tierra comprimida, denominado BTC, es la unidad de albañilería compuesto por tierra compactada en un molde mediante prensado y desmoldado inmediatamente. Para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del elemento, tales como la resistencia a la compresión, impermeabilidad, durabilidad, entre otras, puede utilizarse la graduación granulométrica, la que consiste en mezclas proporcionales de tierras con granulometrías diferentes y la estabilización química, que generalmente incluyen la adición de un aglomerante como la cal o el cemento.

2.2.1.2.1.1. Bloques de tierra comprimida según su forma

La modulación de los bloques tiene múltiples funciones y aportan a la versatilidad de las edificaciones, desde el sistema constructivo hasta su acoplamiento una a otra para reducir los costos de construcción. Los tipos que encontramos son los siguientes:

- BTC tipo macizo

- BTC tipo canaleta
- BTC tipo alveolar o modular
- BTC articulados



Fuente: Los BTC material por excelencia para la bioconstrucción (Miguel Rocha 2015)

(CALDERÓN PEÑAFIEL, 2013) Los bloques de tierra articulados, son bloques fabricados como elementos básicos de un sistema constructivo de encajes, esto permite obtener una fijación estructural sin mortero.

2.2.1.2.2. Bloques de tierra comprimida según su composición

2.2.1.2.2.1. BTC con adición de fibras y conglomerantes vegetales.

La inclusión de aditivos naturales al BTC tiene que ver con la mejora de la resistencia a flexión además de evitar la aparición de grietas al momento del secado. La adición de pajas o fibras vegetales se realizan en proporción del 1.5% en peso con relación al material seco. (ESPUNA MÚJICA, y otros, 2012)

Figura 8: BTC con adición de fibra de coco.



Fuente: Bloques de tierra comprimida en zonas húmedas (Roux Rubén, 2012)

2.2.1.2.2.2. BTC de alta resistencia

(CALDERÓN PEÑAFIEL, 2013) En los últimos años se han llevado a cabo investigaciones relacionadas con la estabilización y mejoramiento de las propiedades resistentes de los bloques de tierra. Los BTC sin aditivos tiene una resistencia a la compresión en promedio de 13 kg/cm², estudios recientes han demostrado que es posible obtener bloques de tierra cruda de resistencias que doblen, y tripliquen los 50 kg/cm². La composición y fabricación de estos bloques es meticulosamente diseñada, pues los resultados no solo dependen del estabilizante sino de las dosificaciones, la granulometría, la fuerza de compactación, los procesos de mezclado, los procesos de secado, entre otros factores.

2.2.2. Ensayos físico-mecánicos

Los ensayos son pruebas aplicadas a los materiales a fin de determinar sus propiedades. Según (FIDALGO SÁNCHEZ, y otros, 2009) los tipos de ensayos se clasifican de la siguiente manera:

- A. La rigurosidad de los ensayos
 - a. Ensayos científicos

Se obtienen resultados referentes a los valores numéricos de ciertas magnitudes físicas. Permiten obtener valores exactos y reproducibles de las propiedades ensayadas, puesto que las condiciones a las que se somete el material se encuentran normalizadas.

b. Ensayos tecnológicos

Se utilizan para comprobar si las propiedades de un material son adecuadas para cierta necesidad o si dichas propiedades son las que se presuponen.

B. La naturaleza del ensayo

a. Ensayos químicos

Permiten conocer la composición cualitativa y cuantitativa del material, la naturaleza del enlace químico y la estabilidad del material en presencia de líquidos o gases corrosivos.

b. Ensayos físicos

Los ensayos físicos tienen como finalidad estudiar un determinado material y su comportamiento, sin alterar su composición química.

c. Ensayos mecánicos

Son ensayos destructivos en las que los materiales de estudio son sometidos a esfuerzos mediante la aplicación de una fuerza externa hasta su deformación y/o ruptura, para determinar sus propiedades de elasticidad, fragilidad, dureza y resistencia a la penetración.

d. Ensayos metalográficos

Consisten en analizar la estructura interna del material haciendo uso de un microscopio.

C. La utilidad de la pieza después de ser sometido al ensayo

a. Ensayos no destructivos

Son ensayos que permiten la inspección sin perjudicar el posterior empleo del material.

b. Ensayos destructivos

Se produce la rotura o daño sustancial en la estructura del material.

D. La velocidad de aplicación de las fuerzas

a. Ensayos estáticos

La velocidad de aplicación de las fuerzas al material no influye en el resultado del ensayo.

b. Ensayos dinámicos

La velocidad de aplicación de las fuerzas juega un papel decisivo.

Tabla 3: Normas Técnicas para ensayos de BTC alrededor del mundo

País/Grupo	Norma/Reglamento	REF.	EST.	Técnica	Campo de aplicación	Requisitos productos					
						Selección suelos	Ensayos	Fabricación	Construcción	Diseño	
Brasil 1	NBR 8491, 1986.	7	x	Bloque comprimido macizo	Condiciones exigibles para recibir los bloques	x	x				
	NBR 8492, 1986.	8			Ensayos de resistencia a compresión y absorción de agua para bloques			x			
	NBR 10832, 1989	9					x		x		
	NBR 10833, 1989	10		Bloque comprimido macizo y perforado	Procedimiento de fabricación con prensa manual/hidráulica	x			x		
	NBR 10834, 1994.	11		Bloque comprimido perforado sin función estructural.	Condiciones de recepción	x	x				
	NBR 10835, 1994	12			Forma y dimensiones de los bloques		x				
	NBR 10836, 1994	13		Ensayos de resistencia a compresión y absorción de agua			x				
	NBR 12023, 1992	14		Bloques suelo-cemento	Procedimientos de ensayos				x		
	NBR 12024, 1992	15							x		
	NBR 12025, 1990	16							x		
NBR 13554, 1996	17						x				
NBR 13555, 1996	18						x				
NBR 13553, 1996	19	Pared monolítica sin función estructural	Condiciones exigibles para los materiales para paredes monolíticas sin función estructural.	x	x						
Colombia 2	NTC 5324,2004	20	x	Bloques macizos de suelo-cemento para muros y divisiones.	Caracterización y métodos de ensayo de los bloques macizos suelo-cemento.	x	x	x			
EEUU 3	NMAC, 14.7.4, 2004	21		Adobe, Bloques de tierra comprimida y tapial	Reglamento de construcción	x	x	x		x	
4	ASTM E2392 M-10	22		Adobe, tapial	Guía para construcción de sistemas con tierra	x		x	x	x	
España 5	UNE 41410:2008	23		Bloques de tierra comprimida	Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo	x	x	x			
Francia 6	XP P13-901,2001	24		Bloques de tierra comprimida	Terminología, dimensiones y métodos de ensayo	x	x	x			
India 7	IS 2110 : 1980	25	x	Pared in-situ de suelo-cemento	Especificaciones técnicas para paredes no mayores de 3,2 m de altura y anchura >300mm muros de carga o >200mm particiones.	x	x			x	
	IS 1725 : 1982.	26	x	Bloques de tierra comprimidos estabilizados.	Requisitos y pruebas para bloques de tierra de uso en construcción en general. Procedimientos de ensayos.	x	x	x			
	IS 13827 : 1993	27		Adobe y tapial	Directrices para la mejora de la resistencia sísmica de edificios de tierra		x			x	
Kenya 8	KS 02-1070:1,1999.	30	x	Bloques de suelo estabilizados con cemento o cal	Requisitos para la construcción con este bloque	x	x	x			
Nueva Zelanda 9	NZS 4297, 1998.	32		Adobe, bloque comprimido, tierra vertida, tapial	Diseño estructural y de durabilidad de los edificaciones de tierra					x	x
	NZS 4298, 1998.	33			Caracterización de materiales y especificaciones de construcción para el uso de tierra cruda. Procedimientos de ensayos	x	x	x	x	x	
	NZS 4299, 1999.	34		Adobe, bloque comprimido, tapial	Requisitos de diseño y construcción para adobe, bloques comprimido o tapial que no necesitan diseño específico.					x	x
Perú 10	NTE E 0.80, 2000	35		Adobe	Requisitos para la construcción de adobe simple y adobe estabilizado	x	x	x	x	x	x

Fuente: Jaime Cid y otros, 2011

2.2.2.1. Ensayo de absorción

Prueba que tiene como objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación ante 24 horas de inmersión en agua. En el Perú no existe normativa para bloques de tierra comprimida sin embargo podemos mencionar la NTP 399.613 para ladrillos de arcilla cocida, en Colombia si tienen normativa sin embargo no menciona el ensayo de absorción sin embargo podemos mencionar la NTC 4205-1 norma para ladrillos macizos cerámicos y en Brasil la NBR 8492 ambos para bloques macizos de suelo cemento.

Tabla 4: Normas para evaluar la absorción en BTC

NORMA	CRITERIO DE EVALUACIÓN
NTP 399.613	% absorción \leq 22%
NTC 4205-1	Cb \leq 20 (débilmente capilares) Cb \leq 40 (poco capilares)
NBR 8492	% absorción \leq 20%

Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2. Ensayo de resistencia compresión

La resistencia a la compresión es la medida de desempeño más común, representada numéricamente mediante el cociente de la división de la carga de ruptura aplicada a la unidad de albañilería entre el área de sección que resiste la carga. El procedimiento en el Perú se define en la NTP 399.613 para ladrillos de arcilla cocida, en Colombia mediante la NTC 5324 y en Brasil la NBR 8491 ambos para bloques macizos de suelo cemento.

Tabla 5: Clasificación de las unidades de albañilería, Perú

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

- (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: NTP E.070 - 2006

Tabla 6: Clasificación BTC por factor R, Colombia

	UNIDAD	BSC20	BSC40	BSC60
Resistencia mínima (R) a la compresión seca	MPa	2	4	6

Fuente: NTC 5324. 2017

Tabla 7: Límites especificados de absorción para BTC, Brasil

CARACTERÍSTICA	EXIGÊNCIA NBR 8491
Resistência à compressão	Valor médio \geq 2.0 Mpa
	Valor individual \geq 1.7 Mpa

Fuente: ABNT

A nivel internacional no todos los países cuentan con una normativa específica para Bloques de Tierra Comprimida y a pesar de contar con una, existen diferencias cualitativas y cuantitativas entre ellas.

Tabla 8: Requisitos y criterios de las normativas técnicas de BTC en Perú, Brasil y Colombia.

NORMA	PERUANA		COLOMBIANA				BRASILEÑA	
PARÁMETRO	VALOR	CONDICIÓN	VALOR	CONDICIÓN		VALOR	CONDICIÓN	
Dimensiones (LxExh) (cm)	40x40x8-12	No informa sobre prensado	29.5x14x9.5	No informa sobre prensado		20x9.5x5	Un solo sentido de prensado	
	40x20x8-12		22x22x9.5 (bloque macizo)			23x11x5 (bloque macizo)		
						39x9x14 39x14x14 39x19x14 (bloque con huecos)	Doble sentido de prensado	
Tierra	Suelo - Arena gruesa 1:0, 1:1/2, 1:1, 1:1 1/2, 1:2, 1:2 1/2 y 1:3		Presenta diagrama de granulometría y límites (LL e IP)			100% \leq 5mm 10% a 50% \leq 0.075mm LL \leq 45% IP \leq 18%		
Estabilizante	No existe		Cemento			Cemento		
Resistencia a la compresión mínima (Mpa)	1,0	Seca	BSC 20	BSC 40	BSC 60	2.0	Húmeda	
	Cubo 10x10x10cm		2.0	4.0	6.0	seca	h \leq 7cm - Bloque partido y unido	
			1.0	2.0	3.0	húmeda	h > 7cm - Bloque entero	

Absorción máxima de agua (%)	no cita	no cita	20%	obligatorio
-------------------------------------	---------	---------	-----	-------------

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Residuos Sólidos de Construcción y Demolición

Son aquellos que son generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelamiento y demolición de edificaciones e infraestructura (D.S. N°003-2013-Vivienda. Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición)

La generación de residuos en los procesos constructivos se puede dar de múltiples maneras y en diferentes procesos que conforman la totalidad de la obra.

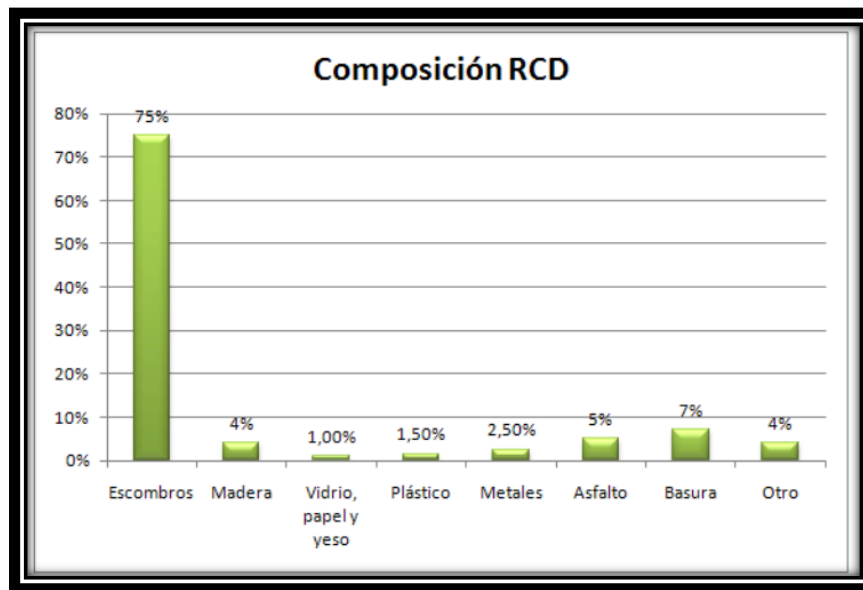
Tabla 9: Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición

Clase	Descripción	Fotografía(s) típica(s)
Residuos de la Construcción y Demolición (RCD)	Residuos minerales Mezcla de: - concreto - ladrillos - yeso - cerámicos - mampostería - tierras y rocas - y materiales similares provenientes de obras de construcción y demolición.	
	Otros no peligrosos Mezcla de: - vidrio (ventanas) - cartón y papel - plásticos (embalaje, tubos) - metales - madera no tratada - y materiales similares provenientes de obras de construcción y demolición.	
	Madera tratada^p Maderas tratadas (pintadas, preservadas, plastificadas, etc.) provenientes de obras de construcción y demolición, por ejemplo, marcos de ventanas y vigas.	
	Otros peligrosos^p Conjunto de residuos peligrosos provenientes de obras de construcción y demolición (sin madera tratada), por ejemplo, envases de pintura, removedores de pinturas o solventes, tubos fluorescentes, latas de aerosoles y planchas de fibrocemento con asbesto.	

Fuente: MVCS 2013

- (BAZÁN GARAY, 2018) Colombia es un país que se encuentra en vías de desarrollo y sus actividades están enfocadas al tratamiento de los residuos sólidos urbanos. En la figura 6 se muestran la composición de los RCD, en la cual se observa que en la industria de la construcción se generó una proporción elevada de escombros: ladrillos, arena, piedras, concreto, cerámicos, entre otros, de aproximadamente un 75%, seguido por los residuos comunes (7%) y en menor proporción los RCD conformados por vidrio, yeso y papel (1%).

Figura 9: Composición de RCD en Colombia



Fuente: Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia (GUARÍN CORTÉS y otros, 2015)

- (BAZÁN GARAY, 2018) En el Perú no se cuenta con datos confiables respecto a la composición de los RCD; sin embargo, de acuerdo al cuarto y al sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal de los años 2011 y 2013, se puede inferir sobre la composición de residuos sólidos generados en el país para el periodo 2011-2013.

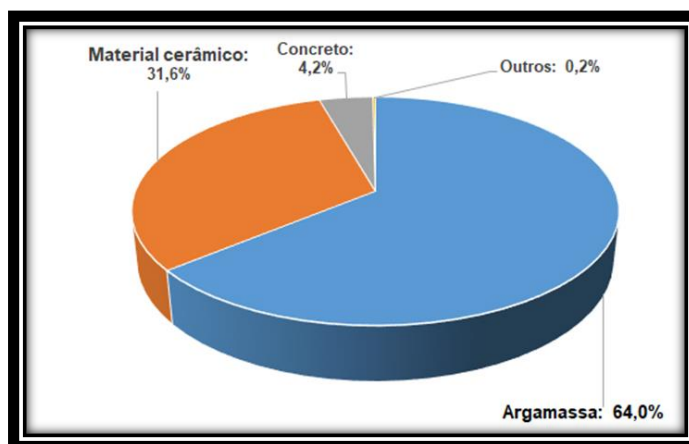
Tabla 10: Composición de residuos sólidos en Perú

Tipo de Residuo	2010	2011	2012	2013
	%			
Materia Orgánica	50.19	48.90	50.90	50.43
Plástico	8.07	9.90	10.10	6.11
Residuos Peligrosos	7.88	6.60	8.50	7.44
Escombros e Inertes	5.74	4.70	7.10	8.07
Otros	3.30	1.10	4.90	4.41
Papel	3.95	5.20	4.80	3.96
Madera y restos de jardín	2.08	2.90	3.40	2.97
Cartón	3.77	3.80	3.30	3.48
Vidrio	3.10	3.90	3.20	3.05
Metales	2.59	3.20	2.80	2.64
Telas y Textiles	1.32	1.50	1.80	1.61
Cuero, caucho y jebe	1.12	0.90	1.60	1.25
Huesos	1.78	1.80	0.80	S/D
Tetrapack	0.73	0.50	0.60	0.78
Residuos de aparatos electrónicos	1.64	S/D	0.40	0.47

Fuente: MINAM 2014

- Se estima que la generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Brasil varía de 0,3 a 0,7 tonelada de escombros por habitante cada año, lo que representa el doble de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios, y 2/3 de la masa de residuos sólidos urbanos generada en los municipios brasileños.

Figura 10: Composición media de los RCD en Brasil



Fuente: <https://domtotal.com/noticia/1262733/2018/06/reaproveitamento-de-residuos-solidos-da-construcao-civil-no-brasil/>

Según el Artículo 07° del D.S. N°003-2013-Vivienda, los Residuos de Construcción y Saneamiento (RCD) se clasifican en Residuos Peligrosos y Residuos No Peligrosos.

2.2.3.1. Residuos Peligrosos

Se consideran residuos peligrosos de la construcción y demolición, los generados en estas actividades y que presentan al menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad, o que por el tratamiento o acabado al que son o van a ser sometidos, presentan un riesgo significativo para la salud o al ambiente (D.S. N°003-2013-Vivienda)

En esta categoría se encuentran los siguientes:

- Restos de madera tratada
- Envases de removedores de pinturas, aerosoles.
- Envases de removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pintura.
- Envases de pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas.
- Restos de tubos de fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.
- Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40 °C)
- Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbestos.
- Envases de solventes.
- Envases de preservantes de madera.
- Restos de cerámicos, baterías.
- Filtros de aceite, envases de lubricantes.

2.2.3.2. Residuos No Peligrosos

Los residuos no peligrosos son aquellos calificados como reutilizables, reciclables, aprovechables, y demás.

Los RCD son aprovechables si cumplen con las siguientes características:

- Tierras y materiales pétreos no contaminados producidos por la excavación, nivelación, y sobrantes de la adecuación de terrenos.
- Materiales empleados para cimentaciones.
- Hormigón, arenas, gravas, gravillas, trozos de ladrillos y bloques, cerámicas, sobrantes de mezclas de cementos y concretos.
- Vidrios, aceros, hierros, maderas, plásticos, metales, cartones, yesos, dry Wall.

Los residuos generados en derribos, demoliciones y obras que contienen una considerable cantidad de materiales inertes, de origen mineral, pueden

reciclarse como áridos para distintos usos. Lo ideal es efectuar una selección previa de los materiales, separando los que no son perjudiciales tales como el papel, cartón, madera, hierro, aluminio y demás, para su valorización, y los peligrosos como los barnices, pinturas, disolventes y otros, para su tratamiento en instalaciones adecuadas y para evitar la contaminación de los RCD no peligrosos (JOFRA SORA, 2016)

2.2.4. Procesamiento y tratamiento de los RCD

La gestión de residuos es el conjunto de acciones encaminadas a destinar los residuos, que han sido producidos en un determinado lugar, un mejor destino, ello, desde una perspectiva económica y social (ANDRÉ GARCÍA y otros, 2005). Según la Comisión Europea (2016) las consideraciones a tomar en cuenta para el procesamiento y tratamiento de los RCD son las siguientes:

- Existe una amplia gama de opciones de procesamiento y tratamiento, comúnmente conocidas, por orden de prioridad, como preparación para la reutilización, reciclaje y recuperación de material y energía. La elección efectiva de la opción de gestión de los residuos difiere de unos casos a otros, en función de los requisitos normativos, así como de las condiciones económicas, medioambientales, técnicas, de salud pública y otros aspectos.
- Los materiales y productos no inertes deben clasificarse en función de su valor económico.
- Existen materiales que deben procesarse o tratarse en función de criterios fundamentalmente medioambientales.
- Los residuos peligrosos no deben mezclarse con los residuos no peligrosos.
- Debe promoverse la preparación para la reutilización.
- Con el fin de garantizar altos índices de reutilización, es necesario crear un mercado para estos materiales.
- Una buena planificación de las actividades de construcción y otras actividades de gestión de residuos conexas en las obras de construcción son condición indispensable para unos índices elevados de reciclaje y productos reciclados de alta calidad.
- Los materiales pueden reciclarse in situ y transformarse en nuevos recursos de construcción o en otra ubicación en un centro de reciclaje.

- Debe promoverse el reciclaje de los residuos de la construcción y demolición, especialmente en las áreas con gran densidad de población.
- El relleno es una forma de reutilizar los residuos de construcción y demolición no peligrosos.
- El relleno debe utilizarse como opción de último recurso.
- Considerar todas las posibilidades de recuperación.
- Utilizar las tecnologías disponibles.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación se utilizó el método científico para desarrollar la investigación, que consiste en la observación sistemática, la formulación y análisis de los resultados obtenidos de la misma investigación en otros contextos nacionales e internacionales. (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014)

Tiene un enfoque cuantitativo puesto que he recopilado un conjunto de datos y resultados de investigaciones realizadas a nivel sudamericano: Colombia, Brasil y Perú, los que fueron sometidos a un análisis numérico y llegué a conclusiones en el proceso de investigación. Ello alineado en lo expuesto por (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014) un proceso secuencial y probatorio, mediante mediciones numéricas analizadas estadísticamente para finalmente formular y demostrar las teorías.

El alcance de la investigación es descriptivo, pues busca especificar las propiedades, las características y rasgos importantes del fenómeno a analizarse (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014). Se buscó analizar en qué medida las propiedades físico-mecánicas de los Bloques de Tierra Comprimida incrementaron cuando se utilizó los Residuos de Construcción y Demolición, mediante los resultados obtenidos en trabajos de investigación realizados a nivel nacional e internacional.

3.2. DISEÑO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es del tipo no experimental - transaccional descriptivo puesto que se basó en la recolección de datos sobre cada una de las variables, contextos y se reportó los datos que obtenidos (DZUL ESCAMILLA, 2013)

De forma más específica la investigación fue del tipo descriptivo comparativo entre diversos trabajos nacionales e internacionales respecto a la incorporación de RCD en la fabricación de los Bloques de Tierra Comprimida, lo que implica la no manipulación de ninguna variable (HERNÁNDEZ SAMPIERI, y otros, 2014)

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

- Población: Determinado por todos los trabajos de investigación que abarcaron del tema de incorporación de Residuos de Construcción y Demolición para la fabricación de Bloques de Tierra Comprimida realizad a nivel mundial.
- Muestra: La muestra tomada es de la clase no probabilística, obedece al criterio de decisión del investigador. La elección de los nueve trabajos de investigación se realizaron en el ámbito geográfico de Sudamérica por el contexto social y tecnológico similar que comparten sus países, entre los que desarrollaron investigaciones del tema tratado en este trabajo se encuentran Colombia, Brasil y Perú.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En el desarrollo del presente trabajo, se planifico el desarrollo de la misma lo cual se basó principalmente en la recolección de datos de investigaciones respecto a la incorporación de Residuos de Construcción y Demolición en la fabricación de Bloques de Tierra Comprimida y su influencia en sus propiedades físicas y mecánicas. En el presente abordo las variaciones cuantitativas de los Bloques de Tierra comprimida respecto a las propiedades Absorción y Resistencia a la Compresión.

Para la descripción de los datos recolectados he formulado fichas descriptivas como instrumento de consolidación de datos, tanto para los datos de Absorción y Resistencia a la Compresión:

- Ficha de consolidación de datos de Absorción
- Ficha de consolidación de datos de Resistencia a la Compresión.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se explicará, analizará, comparará e interpretará los resultados de los ensayos de absorción y resistencia a la compresión en los trabajos de investigación mediante inmersión total y en otros por capilaridad, y resistencia a la compresión.

4.1.1. Comparación de los ensayos de absorción

Respecto a los indicadores de absorción están expresados por capilaridad y por inmersión total. Por otro lado las investigaciones tituladas “Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales” y “Tijolos prensados de solo-cemento confeccionados con residuos de concreto” no presentan resultados sobre ensayos de absorción de ninguna índole y el trabajo “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cemento com adição de resíduos de construção e demolição” no presenta los resultados completos, existe omisión para algunas dosificaciones.

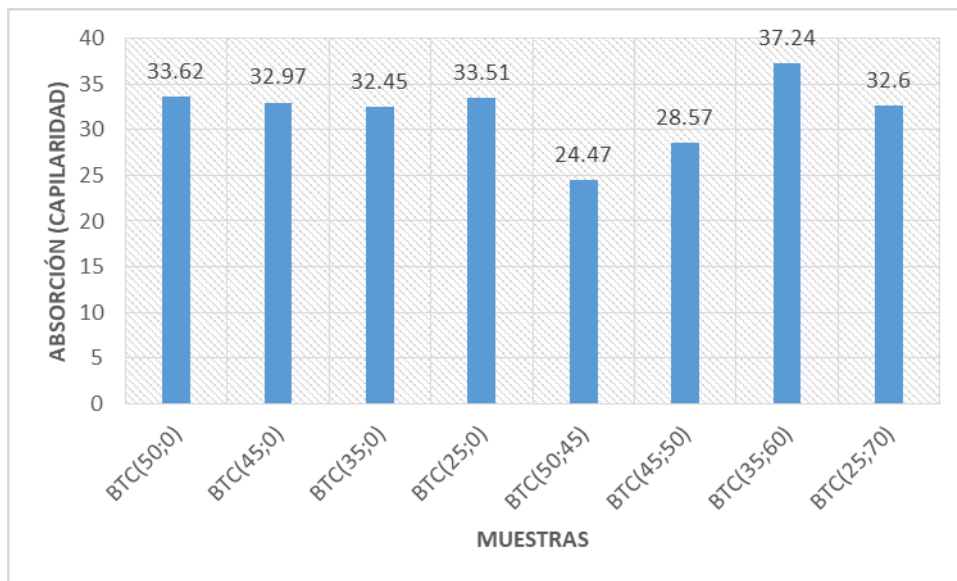
4.1.1.1. Capilaridad

La normativa Colombiana NTC 5324 no considera el ensayo de absorción por sumersión para BTC sin embargo considera el ensayo de absorción de agua por capilaridad para bloques a ser utilizados en muros exteriores, categorizándolas según el coeficiente C_b :

- Bloques débilmente capilares: $C_b \leq 20$
- Bloques poco capilares: $C_b \leq 40$

- a. La tesis *“Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”* fue realizada en Ecuador y éste no tiene Normativa para los BTC por lo que el autor utilizó la Normativa Colombiana para la realización de los ensayos, a continuación se presentan los resultados.

Figura 11: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación *“Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”*



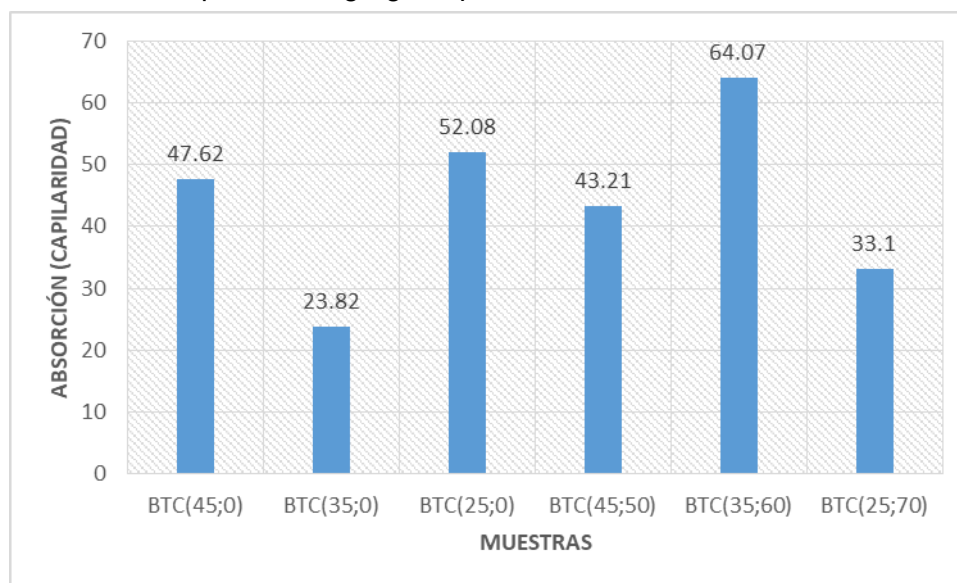
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

El estabilizante, cemento, constituyó el 5% de la mezcla, con esta dosificación observamos que sin la incorporación de RCD las unidades se clasifican como poco capilares, con la incorporación se mantienen en la misma clasificación sin embargo podemos observar mejoras en las muestras que contienen 45% y 50% de RCD, lo que nos indica que a esos niveles las unidades tienen menor absorción.

- b. El trabajo de investigación *“Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”* presenta los siguientes resultados.

Figura 12: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”



BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

El estabilizante, cemento, constituyó el 5% de la mezcla, con esta dosificación observamos que sin la incorporación de RCD las unidades no tienen clasificación puesto que supera a 40 con excepción de la muestra que contiene 35% de suelo y 60% de arena que tiene un valor de 23.82, con la incorporación de RCD reducen el índice de capilaridad con excepción de la muestra que contiene 60% que está por encima de todas.

4.1.1.2. Absorción por inmersión total

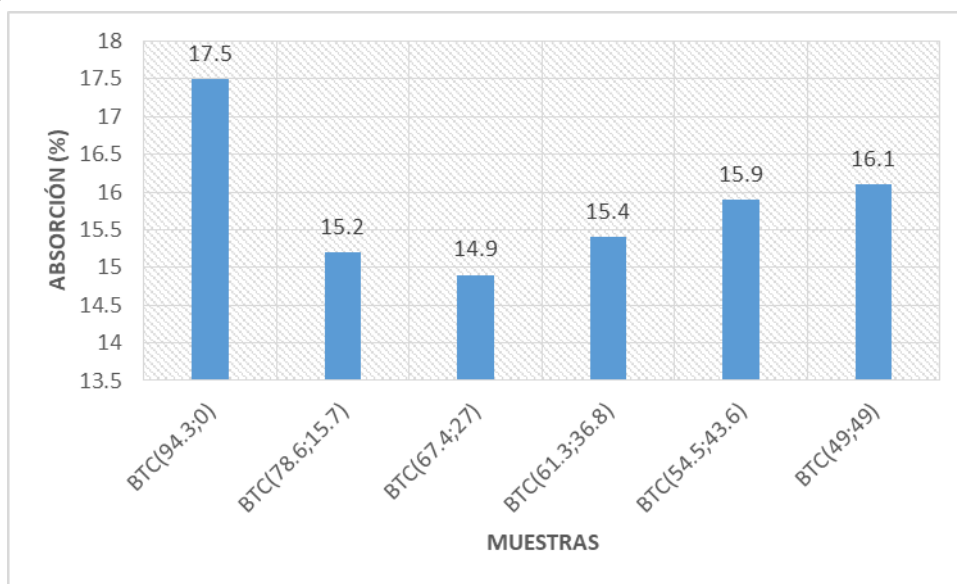
La absorción por sumersión expresado en porcentaje mide el aumento en peso de la muestra saturada de agua. Este ensayo está presente en la normativa brasileña y en la normativa peruana de tierra reforzada expresa la dosificación mediante ensayos empíricos insitu.

- a. La tesis “*Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera Cunyac y cemento portland tipo IP*” aunque no presenta resultados sin incorporación de RCD para realizar la comparación nos muestra que con una dosificación de 30% de RCD

y 9% de cemento las unidades de albañilería presentan 10.54% de absorción, lo que según la NTP 399.613 es apto para la construcción de muros exteriores estructurales.

- b. La investigación “*Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição*”, presenta los siguientes resultados.

Figura 13: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “*Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição*”



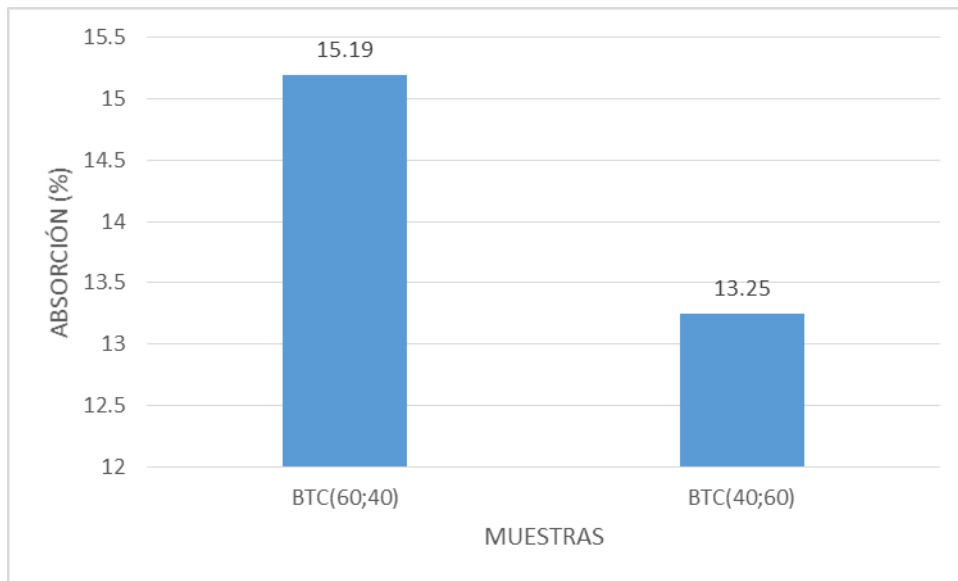
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados mostrados tienen cemento incorporado al 5.7%, se observa que la inclusión de RCD disminuye notoriamente la absorción de material siendo la mejor dosificación la que lleva 27% de RCD.

- c. La investigación “*Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de Iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento*” muestra los siguientes resultados.

Figura 14: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”



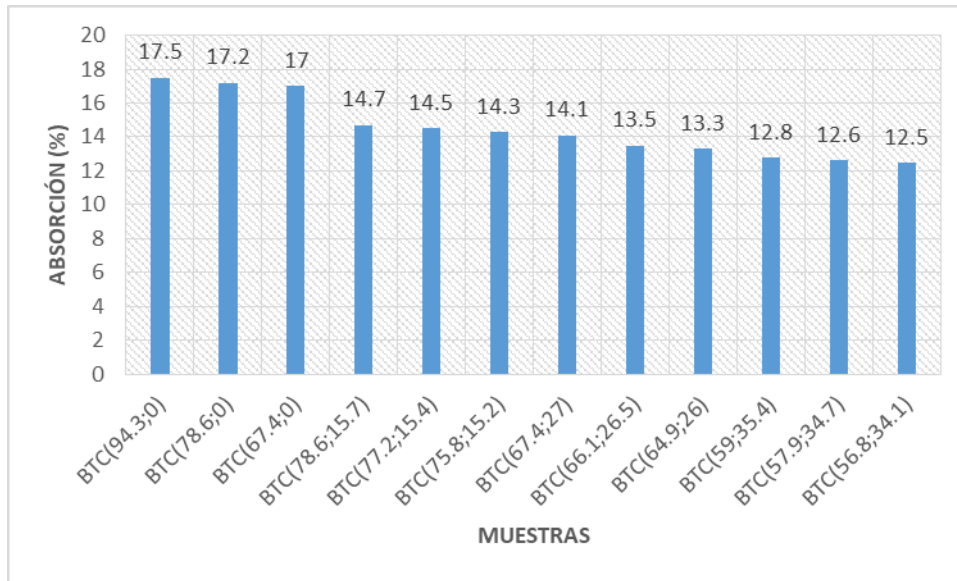
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

La adición de cemento en la mezcla fue de 10% y aunque sólo presentan dos dosificaciones y no existen muestras sin incorporación de RCD para realizar las comparaciones podemos observar que ambos se cumplen con la normativa brasileña que especifica que la absorción debe ser menor al 20%.

- d. El tesis “*Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento*” presenta los resultados siguientes:

Figura 15: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento”



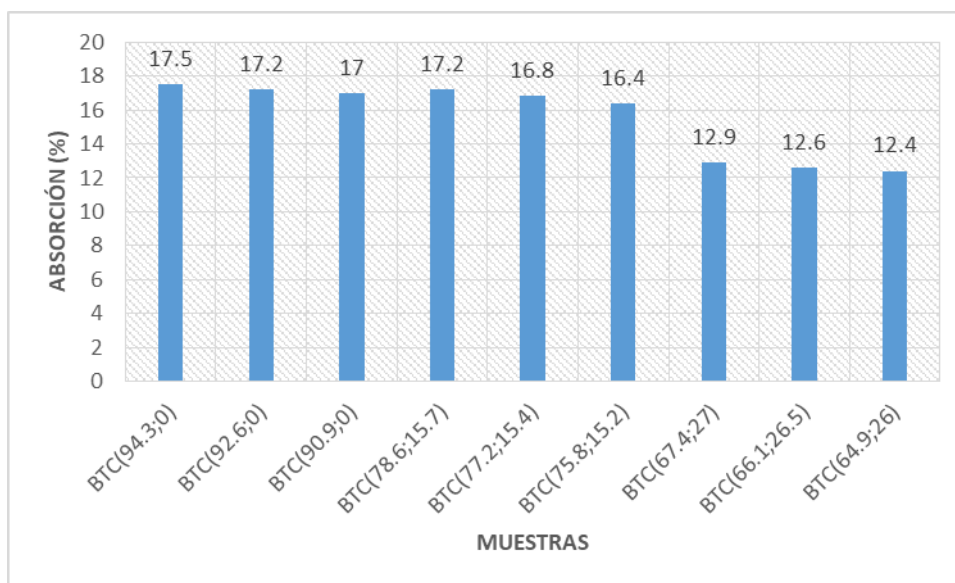
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

El presencia del cemento se da en tres dosificaciones 5.7, 7.4 y 9.1%. Todas las muestras presentan absorción menor al 20%, sin embargo se observa su disminución a medida que aumenta la cantidad de RCD.

- e. El artículo de investigación “*Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento*” presenta lo siguiente:

Figura 16: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento”



BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

El cemento está presente a dosificaciones 5.7, 7.4 y 9.1%, estando todas las muestras dentro del rango permitido por la norma técnica brasileña y como valores más bajos las que presentan RCD a un 26.5%, en promedio, del peso total de la mezcla.

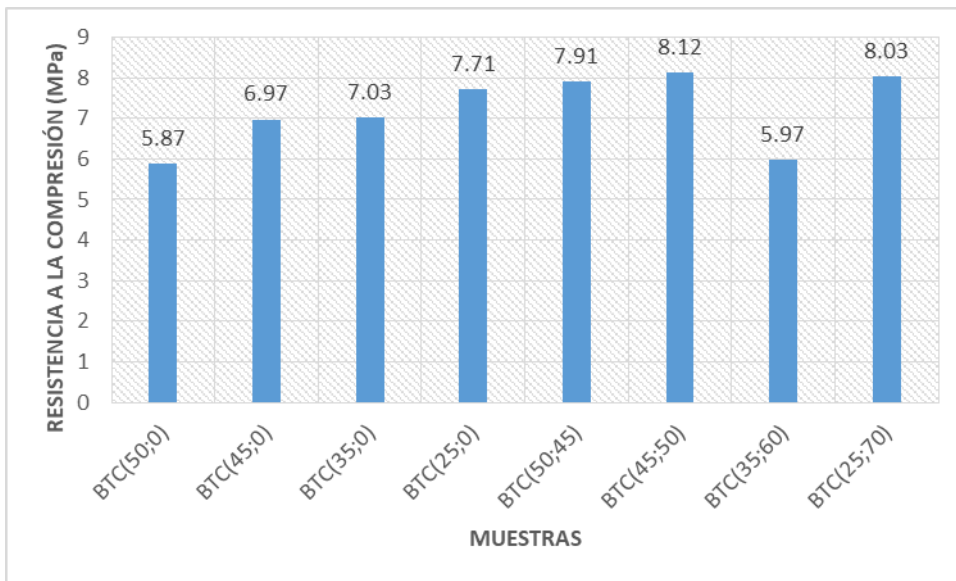
4.1.2. Comparación de los ensayos de Resistencia a la compresión

Se presentan los resultados de los ensayos de Resistencia a la compresión seca aplicados a ladrillos a los 28 días de fabricación.

La normativa técnica para bloques de tierra comprimida en Colombia y Brasil establece como resistencia mínima 2 MPa y en Perú la normativa de tierra reforzada establece como valor mínimo 1 MPa.

- a. La tesis “*Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador*” presenta los siguientes resultados.

Figura 17: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador”



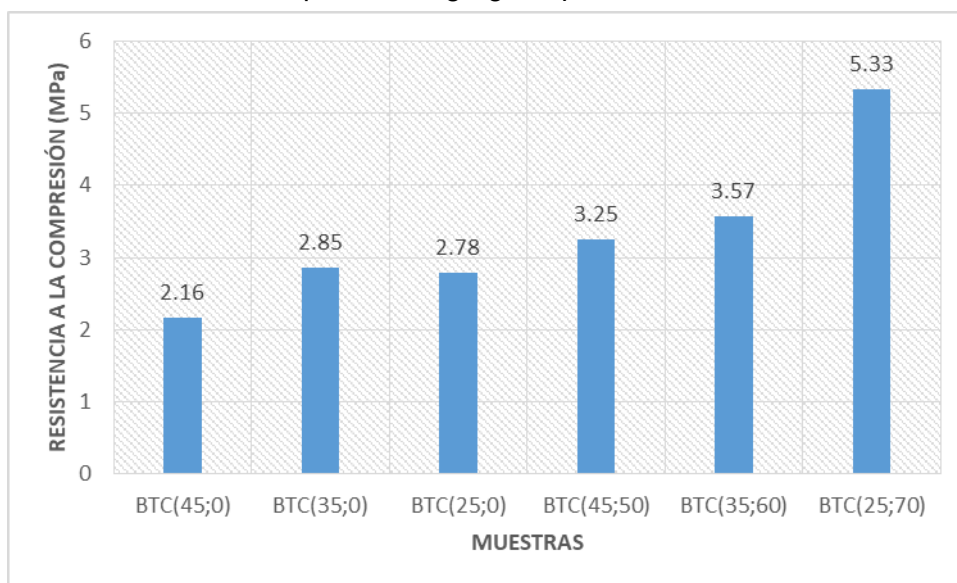
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras están por encima del mínimo presentando los valores más altos los que contienen RCD con excepción de la muestra que contiene 60%.

- b. El artículo de investigación “*Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional*” presenta los siguientes resultados.

Figura 18: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional”



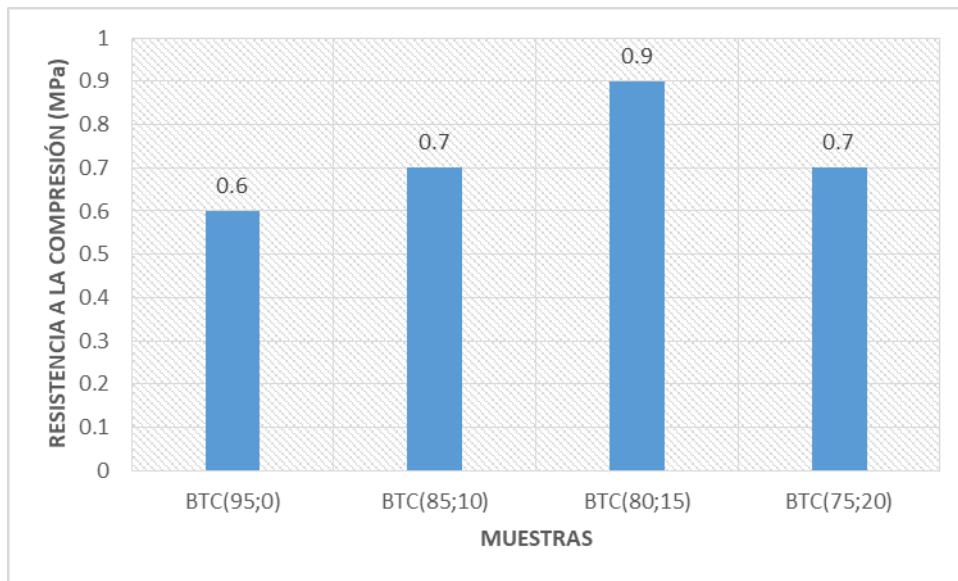
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras están por encima del valor mínimo de resistencia a la compresión, guardando una relación directa respecto al contenido de RCD.

- c. La tesis “*Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera Cunyac y cemento portland tipo IP*” con una dosificación del 30% de RCD respecto al total de la muestra presenta una resistencia a la compresión en promedio de 10.62 MPa, superando ampliamente el mínimo estipulado en la norma peruana.
- d. La investigación “*Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales*” presenta los siguientes resultados.

Figura 19: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales”



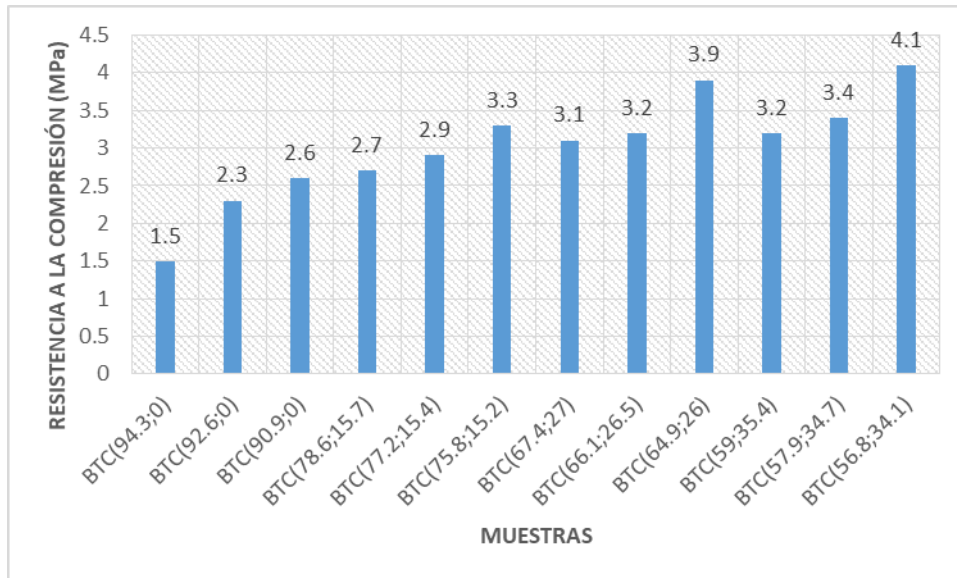
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Con una dosificación de 5% de cemento en las muestras, ninguna de las muestras cumplen con la resistencia mínima exigida por la norma colombiana. No se realizaron ensayos a muestras sin incorporación de RCD por lo que no se puede establecer comparaciones, sin embargo se observa que la incorporación del 15% de RCD es la que obtuvo la mayor resistencia 0.9 Mpa.

- e. La investigación “*Tijolos prensados de solo-cemento confeccionados con residuos de concreto*” presenta los siguientes resultados.

Figura 20: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Tijolos prensados de solo-cemento confeccionados con residuos de concreto”



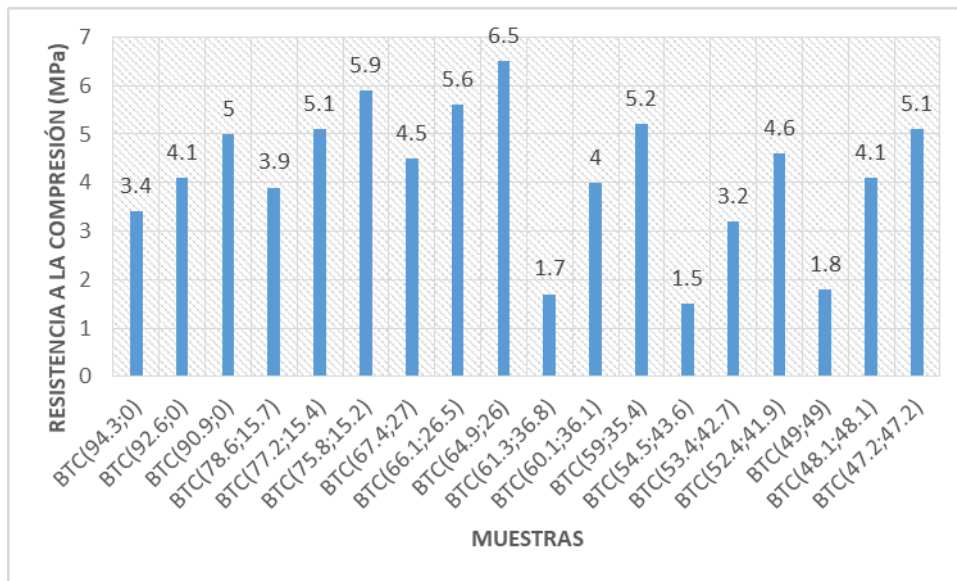
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

El cemento se encuentra en dosificaciones de 5.7, 7.4 y 9.1% en las muestras. Las muestras con incorporación de RCD en todas sus dosificaciones son mayores a las que no lo contienen, además todas las unidades tiene resistencias mayores al mínimo exigido por la norma brasileña.

- f. El artículo de investigación “*Estudo de dosagem de tijolos de solo-cemento com adição de resíduos de construção e demolição*” presenta los siguientes resultados.

Figura 21: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”



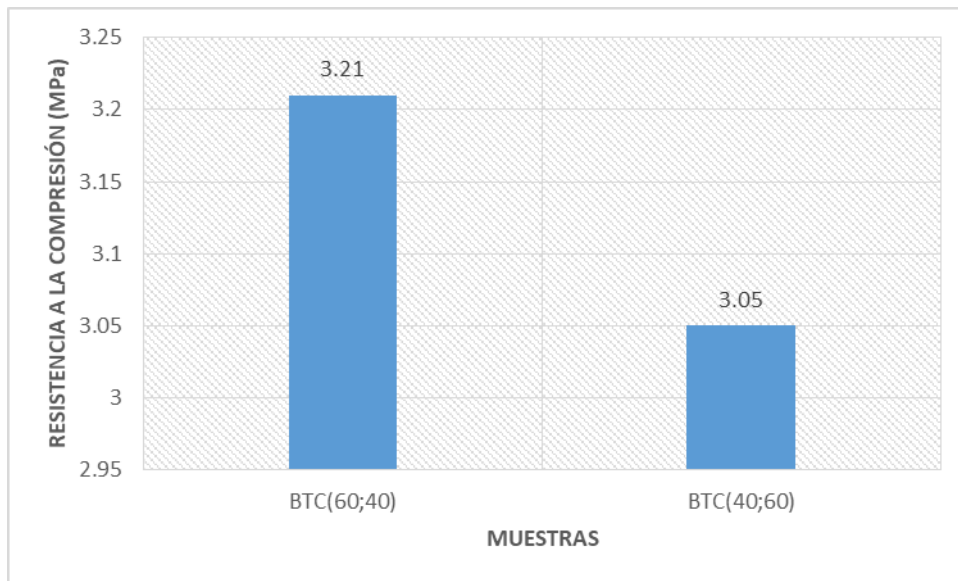
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Los valores no presentan una tendencia de crecimiento relativo al aumento de RCD por lo que no se puede establecer una relación general si existe una mejora respecto a la resistencia. Sin embargo si existe un mejora parcial como sucede en las muestras que incorporaron 15.2% y 26% de RCD que nos dan los valores más altos 5.9 y 6.5 MPa respectivamente.

- g. El trabajo de investigación “*Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de Iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento*” presenta los siguientes resultados.

Figura 22: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de Iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento”



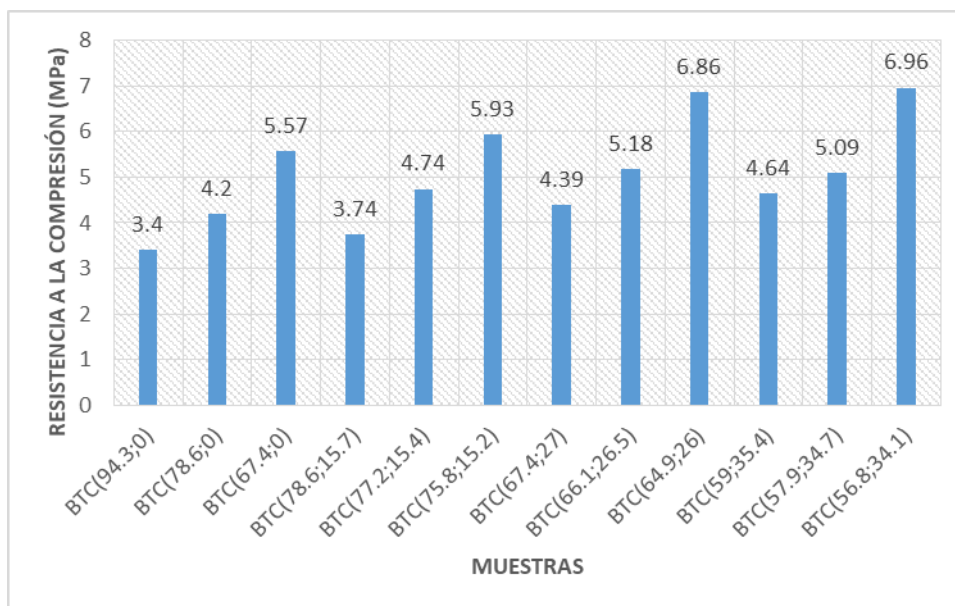
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

No existen muestras sin incorporación de RCD para realizar las comparaciones sin embargo en lo mostrado observamos que ambas muestras al 40% y 60% de RCD la resistencia a la compresión es mayor a la exigida por la norma.

- h. El trabajo de investigación “*Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento*” presenta los siguientes resultados.

Figura 23: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento”



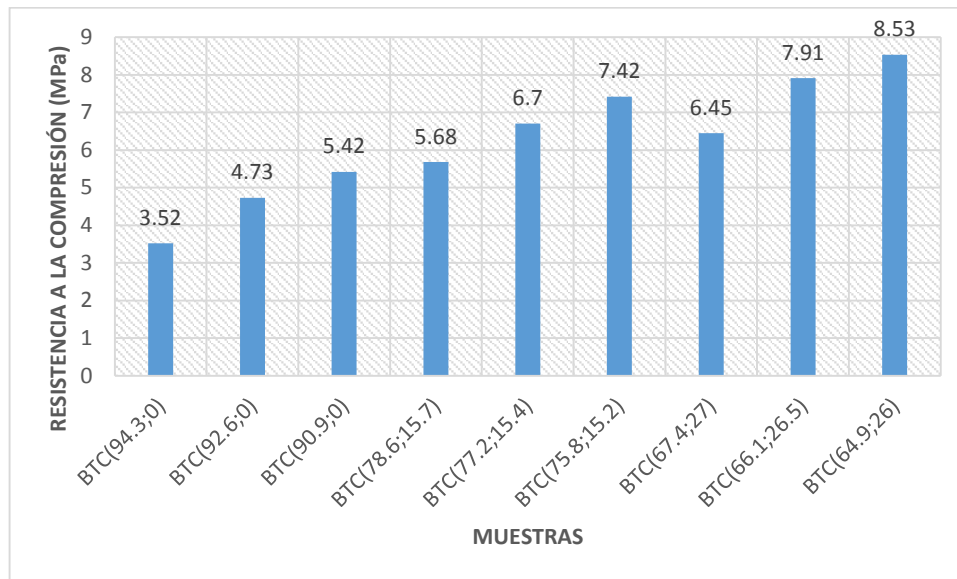
BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras tienen valores de resistencia por encima del mínimo y las que incorporaron RCD, en general, mejoraron la resistencia en comparación con las que no. Las resistencias máximas se obtuvieron con 26% y 34.1% de RCD con valores de 6.86 MPa y 6.96 MPa, respectivamente.

- i. El trabajo de investigación “*Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento*” presenta los siguientes resultados.

Figura 24: Gráfico de resultados de valores de absorción del trabajo de investigación “Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento”



BTC(s;r): Bloque de tierra comprimida, “s” porcentaje de suelo, “r” porcentaje de residuos de construcción y demolición.

Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras presentan valores por encima de mínimo exigido en la norma. Las muestras con incorporación de RCD están en relación directa con la resistencia, en general incrementaron respecto a las que no contienen RCD.

4.2. Discusión de resultados

Las investigaciones que formaron parte del análisis de este trabajo son heterogéneas en todo sentido, por lo que fueron esas condiciones las que fueron determinantes en el procedimiento y conclusiones del mismo, a continuación explicaré circunstancias.

Primero, las investigaciones fueron realizadas en países diferentes. Los trabajos de investigación tienen como origen a Brasil, Colombia, Perú y Ecuador, por lo tanto las normativas técnicas son diferentes. En el Perú no existe normativa exclusiva para Bloques de Tierra Comprimida en cambio tiene la Norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada”, la cual sólo contempla ensayos básicos y empíricos para las dosificaciones de tapia y adobe reforzado. En dicha norma no establece el ensayo de absorción por lo que no es posible establecer si los resultados

están en el rango correcto, por lo que elegí como normativa la NTP 399.613 “Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y respecto al valor mínimo de Resistencia a la Compresión establece como 1 MPa para tapia y adobe. La investigación de Ecuador basó su procedimiento y resultado en normas colombianas puesto que dicho país tampoco cuenta con normativa exclusiva para BTC. Y respecto a Colombia, si existe normativa propia de BTC sin embargo no contempla ensayos de absorción por sumersión sino por inmersión parcial, coeficiente de capilaridad, lo que dificulta comparar los resultados con el resto de tesis.

Segundo, materiales diferentes. Los suelos utilizados son todos diferentes, con diferentes características granulométricas y de composición, de la misma manera el cemento, estabilizante utilizado en todos los trabajos, también son diferentes en cada investigación, finalmente los RCD también difieren, puesto que algunas tesis usan concreto reciclado, ladrillos, o sus combinaciones en diferentes proporciones.

Tercero, dosificación. La dosificación de las mezclas varían en todas las tesis, vemos por ejemplo que el cemento participa en 5%, 9%, 10%, entre otros valores, sólo en las tesis “Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição”, “Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto” y “Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento” presentan las mismas dosificaciones. Lo mismo sucede en los suelos, unas consideran o mencionan la adición de arena y/o agua sin embargo otras no, por lo que es difícil determinar la cantidad de cada una de ellas en la mezcla.

Cuarto, ausencia de resultados en algunas tesis. La tesis “Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera Cunyac y cemento portland tipo IP” y “Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de Iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento” no consideran muestras de control, sin adición de RCD, por lo que no se puede determinar si sus propiedades mejoraron. La tesis “Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no

estructurales” no presenta los resultados del ensayo de absorción, mientras que otras obvian dichos resultados de algunas de sus dosificaciones.

CONCLUSIONES

- Se puede establecer en general que la Absorción y la Resistencia a la Compresión de Bloques de tierra comprimida mejoraron con la incorporación de Residuos de Construcción y Demolición.
- No existen normativas exclusivas para BTC en Perú y Ecuador. Aunque Colombia tenga una normativa propia, en ella no especifica el ensayo de absorción por sumersión, sólo por capilaridad.
- El rango de valores y valores máximos varían entre las normativas de cada país. En Perú basados en la NTP 399.613 para ladrillos de arcilla cocida el porcentaje de absorción no debe ser mayor del 22%, en Brasil, con normativa exclusiva para BTC la absorción no debe ser mayor a 20% mientras que en Colombia consideran la absorción por capilaridad, si el coeficiente de capilaridad (Cb) es menor a 20 se considera “débilmente capilar” y si el Cb es menor a 40 se considera “poco capilar”.
- Los valores mínimos para los resultados resistencia a la compresión varían entre cada país. Para Colombia y Brasil 2 MPa es la resistencia mínima de una de un BTC para ser empleado en la construcción mientras que en Perú, tomando en cuenta la normativa de E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada, el valor mínimo de 1MPa.
- Los materiales usados para la fabricación de BTC como las dosificaciones son diferentes entre cada investigación. Adicionalmente a ello, la granulometría del suelo usado difieren también entre cada investigación.
- Siendo la relación agua:cemento importante para controlar la resistencia de los ladrillos, los trabajos en general no especifican la cantidad usada de agua, lo mismo sucede con el porcentaje de arena en la mezcla que no es especificada.
- La heterogeneidad de las investigaciones dificulta la comparación entre todas ellas respecto a las propiedades física-mecánicas de los BTC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZÁN GARAY, Irwin Oscar. 2018.** *Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (Estudio de caso)*. Lima : s.n., 2018.
- Bloque de tierra comprimida - BTC.* **NEVES, Célia y MILANI, Ana Paula. 2011.** Bauru : s.n., 2011. 978-85-64472-01-3.
- Bloque de tierra comprimida como material construct.* **ARTEAGA MEDINA, Karen Tatiana, HUMERTO MEDINA, Óscar y GUTIÉRREZ JUNCO, Óscar Javier. 2011.** 31, Tunja : Revista Facultad de Ingeniería, 2011, Vol. 20. 0121-1129.
- BOMFIM DE SOUZA, Marcia Ikarugi. 2006.** *Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento*. Ilha Solteira : s.n., 2006.
- CALDERÓN PEÑAFIEL, Juan Carlos. 2013.** *Tecnologías para la fabricación de bloques de tierra de gran resistencia*. Catalunya : s.n., 2013.
- CARRANZA, Marcela. 2010.** *¿Existen técnicas adecuadas de construcción con tierra para países sísmicos?* Barcelona : s.n., 2010.
- COMISIÓN EUROPEA. 2016.** *Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE*. 2016.
- DZUL ESCAMILLA, Marisela. 2013.** Repositorio de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [En línea] 16 de Diciembre de 2013. [Citado el: 15 de mayo de 2019.] <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/14902/PRES38.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento.* **NONATO FERRAZ, André Luiz y DA SILVA SEGANTINI, Antonio Anderson. 2004.** Campinas : s.n., 2004.
- ESPUNA MÚJICA, José Adán y ROUX GUTIÉRREZ, Rubén Salvador. 2012.** *Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales*. Tamaulipas : Plaza y Valdes, 2012. 978-607-402-542-2.
- Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en brasil y colombia.* **GUARÍN CORTÉS, Nataly Lorena, y otros. 2009.** Nueva Granada : s.n., 2009.
- Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição.* **DA SILVA SEGANTINI, Antonio Anderson y HANNA WADA, Patrycia. 2011.** 2, Ilha Solteira : Acta Scientiarum. Technology, 2011, Vol. 33. 1807-8664.
- Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo de agregado pétreo convencional.* **VÁSQUEZ HERNANDEZ, Alejandro, BOTERO BOTERO, Luis Fernando y CARVAJAL ARANGO, David. 2014.** 21, Medellín : Ingeniería y Ciencia, 2014, Vol. 11. 1794-9165.

FIDALGO SÁNCHEZ, José Antonio, FERNÁNDEZ PÉREZ, Manuel Ramón y FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, Noemí. 2009. *Tecnología Industrial 2º Bachillerato*. España : Editorial Everest, 2009. 9788424190538.

GATTI, Fabio. 2012. *Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. Barcelona : s.n., 2012.

Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. **ANDRÉ GARCÍA, Francisco y CERDÁ TENA, Emilio. 2005.** Madrid : s.n., 2005. 0210-2633.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. 2014. *Metodología de la investigación*. México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.

Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo. **CONDORI APAZA, Marisol. 2013.** 2, Huancayo : Apuntes de Ciencia & Sociedad, 2013, Vol. 3. 2225-5141.

INEI. 2018. *Déficit habitacional*. Lima : s.n., 2018.

JOFRA SORA, Marta. 2016. *Metodología para la gestión ambiental de RCD en ciudades de América Latina*. Barcelona : Fundación ENT, 2016.

La función de la Enciclopedia de Ciencias y Tecnologías en Argentina. 2014. ECyT-ar. [En línea] 2014. [Citado el: 8 de Abril de 2019.] https://cyt-ar.com.ar/cyt-ar/index.php/P%C3%A1gina_principal. ISSN 1853—0613.

LÓPEZ DÁVALOS, Amiel. 2018. *Desarrollo de un nuevo bloque de tierra mejorada con la incorporación de aditivos de compuestos orgánicos*. Catalunya : s.n., 2018.

Los BTC material por excelencia para la bioconstrucción. **ROCHA, Miguel. 2015.** Cáceres : s.n., 2015.

MEJÍA PACHECO, Pablo Javier. 2018. *Bloques de tierra comprimida con agregados de residuos de construcción y demolición como sustitución de los agregados tradicionales en la ciudad de Saraguro, Loja, Ecuador*. Saraguro : s.n., 2018.

MEZA LÓPEZ, Jesús Manuel. 2018. *Evaluación en ensayos de erosión acelerada aplicados a ladrillos de tierra comprimida, para la construcción de muros perimétricos*. Huancayo : s.n., 2018.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. 2016. MVCS. [En línea] Agosto de 2016. [Citado el: 17 de Mayo de 2019.] http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/vivienda_y_urbanismo.html.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2016. MINAM. [En línea] Mayo de 2016. [Citado el: 12 de Junio de 2019.] <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/MANEJO-DE-RESIDUOS-DE-CONSTRUCCI%C3%93N-21-x-15-ok-2.pdf>.

MINKE, Gernot. 2005. *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA.* s.l. : Fin del siglo, 2005. 9974-49-347-1.

MOLINA VINASCO, Gloria Milena. 2016. *Bloques de tierra comprimida con adición de residuos de concreto y cemento como solución sostenible para la construcción de muros no estructurales.* Belmonte : s.n., 2016.

QUISPE AMUDIO, Merly. 2016. *Determinación de las propiedades físico mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas con residuos sólidos de ladrilleras artesanales, arena de la cantera de Cunyac y cemento Portland tipo IP.* Cusco : s.n., 2016.

Tijolos prensados de solo-cemento confeccionados com resíduos de concreto. **BOMFIM DE SOUZA, Marcia Ikarugi, DA SILVA SEGANTINI, Antonio Anderson y PEREIRA DOS SANTOS, Joelma. 2008.** 2, Ilha Solteira : Agrícola e Ambiental, 2008, Vol. 12. 1807-1929.

Utilização de resíduo de construção e demolição na estabilização do solo de iranduba para confecção de tijolo de solo-cimento. **RICARTE MARTINS, Luane, DE FARIAS FERNANDES, Fernando y DA SILVA CAMPOS, Arlene. 2016.** Foz do Iguaçu : s.n., 2016.

ANEXOS

ANEXO 01. FICHA DE CONSOLIDACIÓN DE DATOS DE ABSORCIÓN

INVESTIGACIÓN	CANT. DE MUESTRAS	DOSIFICACIÓN					ABSORCIÓN
		%SUELO	%ARENA	%RCD	%CEMENTO	AGUA	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LADRILLERAS ARTESANALES, ARENA DE LA CANTERA CUNYAC Y CEMENTO PORTLAND TIPO IP	8	NE	70	30	9	12%	10.54%
BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS TRADICIONALES EN LA CIUDAD DE SARAGURO, LOJA, ECUADOR	3	50	45	0	5	NE*	33.62
	3	45	50	0	5	NE	32.97
	3	35	60	0	5	NE	32.45
	3	25	70	0	5	NE	33.51
	3	50	0	45	5	1600 ml	24.47
	3	45	0	50	5	2180 ml	28.57
	3	35	0	60	5	3610 ml	37.24
	3	25	0	70	5	4100 ml	32.6

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO Y CEMENTO COMO SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS NO ESTRUCTURALES	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO DO SOLO DE IRANDUBA PARA CONFECÇÃO DE TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	NE	60	NE	40	10	391 ml	15.19%
	NE	40	NE	60	10	347 ml	13.25%
FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO PÉTREO CONVENCIONAL	2	45	50	0	5	NE	47.62
	2	35	60	0	5	NE	23.82
	2	25	70	0	5	NE	52.08
	2	45	0	50	5	NE	43.21
	2	35	0	60	5	NE	64.07
	2	25	0	70	5	NE	33.1

ESTUDO DE DOSAGEM DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	NE	94.3	NE	0	5.7	NE	17.50%
	NE	92.6	NE	0	7.4	NE	NE
	NE	90.9	NE	0	9.1	NE	NE
	NE	78.6	NE	15.7	5.7	NE	15.20%
	NE	77.2	NE	15.4	7.4	NE	NE
	NE	75.8	NE	15.2	9.1	NE	NE
	NE	67.4	NE	27	5.7	NE	14.90%
	NE	66.1	NE	26.5	7.4	NE	NE
	NE	64.9	NE	26	9.1	NE	NE
	NE	61.3	NE	36.8	2	NE	15.40%
	NE	60.1	NE	36.1	3.8	NE	NE
	NE	59	NE	35.4	5.7	NE	NE
	NE	54.5	NE	43.6	2	NE	15.90%
	NE	53.4	NE	42.7	3.8	NE	NE
	NE	52.4	NE	41.9	5.7	NE	NE
	NE	49	NE	49	2	NE	16.10%
	NE	48.1	NE	48.1	3.8	NE	NE
NE	47.2	NE	47.2	5.7	NE	NE	
TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS DE CONCRETO	3	94.3	NE	0	5.7	NE	NE
	3	92.6	NE	0	7.4	NE	NE
	3	90.9	NE	0	9.1	NE	NE
	3	78.6	NE	15.7	5.7	NE	NE
	3	77.2	NE	15.4	7.4	NE	NE
	3	75.8	NE	15.2	9.1	NE	NE
	3	67.4	NE	27	5.7	NE	NE
	3	66.1	NE	26.5	7.4	NE	NE
	3	64.9	NE	26	9.1	NE	NE

	3	59	NE	35.4	5.7	NE	NE
	3	57.9	NE	34.7	7.4	NE	NE
	3	56.8	NE	34.1	9.1	NE	NE
ANÁLISE DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO EM TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO	3	94.3	NE	0	5.7	NE	17.50%
	3	92.6	NE	0	7.4	NE	17.20%
	3	90.9	NE	0	9.1	NE	17.00%
	3	78.6	NE	15.7	5.7	NE	14.70%
	3	77.2	NE	15.4	7.4	NE	14.50%
	3	75.8	NE	15.2	9.1	NE	14.30%
	3	67.4	NE	27	5.7	NE	14.10%
	3	66.1	NE	26.5	7.4	NE	13.50%
	3	64.9	NE	26	9.1	NE	13.30%
	3	59	NE	35.4	5.7	NE	12.80%
	3	57.9	NE	34.7	7.4	NE	12.60%
	3	56.8	NE	34.1	9.1	NE	12.50%
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NA COMPOSIÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO- CIMENTO	NE	94.3	NE	0	5.7	NE	17.50%
	NE	92.6	NE	0	7.4	NE	17.20%
	NE	90.9	NE	0	9.1	NE	17.00%
	NE	78.6	NE	15.7	5.7	NE	17.20%
	NE	77.2	NE	15.4	7.4	NE	16.80%
	NE	75.8	NE	15.2	9.1	NE	16.40%
	NE	67.4	NE	27	5.7	NE	12.90%
	NE	66.1	NE	26.5	7.4	NE	12.60%
	NE	64.9	NE	26	9.1	NE	12.40%

NE*: El estudio no especifica el valor.

ANEXO 02. FICHA DE CONSOLIDACIÓN DE DATOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

INVESTIGACIÓN	CANT. DE MUESTRAS	DOSIFICACIÓN					RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)
		%SUELO	%ARENA	%RCD	%CEMENTO	%AGUA	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON RESIDUOS SÓLIDOS DE LADRILLERAS ARTESANALES, ARENA DE LA CANTERA CUNYAC Y CEMENTO PORTLAND TIPO IP	14	-	70	30	9	12%	10.62
BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON AGREGADOS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS TRADICIONALES EN LA	10	50	45	0	5	-	5.87
	10	45	50	0	5	-	6.97
	10	35	60	0	5	-	7.03
	9	25	70	0	5	-	7.71
	13	50	0	45	5	1600 ml	7.91

CIUDAD DE SARAGURO, LOJA, ECUADOR	13	45	0	50	5	2180 ml	8.12
	15	35	0	60	5	3610 ml	5.97
	12	25	0	70	5	4100 ml	8.03
BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONCRETO Y CEMENTO COMO SOLUCIÓN SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS NO ESTRUCTURALES	3	95	0	0	5	-	0.6
	3	85	0	10	5	-	0.7
	3	80	0	15	5	-	0.9
	3	75	0	20	5	-	0.7
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA ESTABILIZAÇÃO DO SOLO DE IRANDUBA PARA CONFECCÃO DE TIJOLO DE SOLO- CIMENTO	1	60	0	40	10	391 ml	3.21
	2	40	0	60	10	347 ml	3.05
	4	45	50	0	5	-	2.16

FABRICACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO PÉTREO CONVENCIONAL	4	35	60	0	5	-	2.85
	4	25	70	0	5	-	2.78
	4	45	0	50	5	-	3.25
	4	35	0	60	5	-	3.57
	4	25	0	70	5	-	5.33
ESTUDO DE DOSAGEM DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO		94.3	-	0	5.7	-	3.4
		92.6	-	0	7.4	-	4.1
		90.9	-	0	9.1	-	5
		78.6	-	15.7	5.7	-	3.9
		77.2	-	15.4	7.4	-	5.1
		75.8	-	15.2	9.1	-	5.9
		67.4	-	27	5.7	-	4.5
		66.1	-	26.5	7.4	-	5.6
		64.9	-	26	9.1	-	6.5
		61.3	-	36.8	2	-	1.7
		60.1	-	36.1	3.8	-	4
		59	-	35.4	5.7	-	5.2
		54.5	-	43.6	2	-	1.5
		53.4	-	42.7	3.8	-	3.2
		52.4	-	41.9	5.7	-	4.6
		49	-	49	2	-	1.8
		48.1	-	48.1	3.8	-	4.1
	47.2	-	47.2	5.7	-	5.1	
	10	94.3	-	0	5.7	-	1.5

TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS DE CONCRETO	10	92.6	-	0	7.4	-	2.3
	10	90.9	-	0	9.1	-	2.6
	10	78.6	-	15.7	5.7	-	2.7
	10	77.2	-	15.4	7.4	-	2.9
	10	75.8	-	15.2	9.1	-	3.3
	10	67.4	-	27	5.7	-	3.1
	10	66.1	-	26.5	7.4	-	3.2
	10	64.9	-	26	9.1	-	3.9
	10	59	-	35.4	5.7	-	3.2
	10	57.9	-	34.7	7.4	-	3.4
	10	56.8	-	34.1	9.1	-	4.1
ANÁLISE DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO EM TIJOLOS PRENSADOS DE SOLO-CIMENTO	10	94.3	-	0	5.7	-	3.4
	10	92.6	-	0	7.4	-	4.2
	10	90.9	-	0	9.1	-	5.57
	10	78.6	-	15.7	5.7	-	3.74
	10	77.2	-	15.4	7.4	-	4.74
	10	75.8	-	15.2	9.1	-	5.93
	10	67.4	-	27	5.7	-	4.39
	10	66.1	-	26.5	7.4	-	5.18
	10	64.9	-	26	9.1	-	6.86
	10	59	-	35.4	5.7	-	4.64
	10	57.9	-	34.7	7.4	-	5.09
	10	56.8	-	34.1	9.1	-	6.96
ENGENHARIA SUSTENTÁVEL: APROVEITAMENTO	-	94.3	-	0	5.7	-	3.52
	-	92.6	-	0	7.4	-	4.73

DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO NA COMPOSIÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO- CIMENTO	-	90.9	-	0	9.1	-	5.42
	-	78.6	-	15.7	5.7	-	5.68
	-	77.2	-	15.4	7.4	-	6.7
	-	75.8	-	15.2	9.1	-	7.42
	-	67.4	-	27	5.7	-	6.45
	-	66.1	-	26.5	7.4	-	7.91
	-	64.9	-	26	9.1	-	8.53