

## FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EFECTO DEL CONTENIDO DE TOTORA (SCIRPUS CALIFORNICUS) EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA OBTENIDAS A PARTIR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

Autora:

Flor de Belén Flores Silvestre

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Azañedo Medina

<https://orcid.org/0000-0003-1737-3500>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Nixon Brayan Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Sonia Rubio Herrera</b>	<b>42984416</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Cintha Alvarado Ruiz</b>	<b>71412783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## ÍNDICE GENERAL

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. Realidad problemática: .....	7
1.3. Formulación del problema: .....	26
1.4. Objetivos .....	27
1.4.1. Objetivo general: .....	27
1.4.2. Objetivos específicos:.....	27
1.5. Hipótesis .....	28
1.5.1. Hipótesis general: .....	28
1.5.2. Hipótesis específicas: .....	28
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>35</b>
2.1. Tipo de investigación .....	35
2.7. Materiales, equipos y métodos .....	37
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO N° 1 DECLARACIÓN JURADA.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO N° 2 ACTA DE AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO N° 3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO N° 4 MATRIZ DE CONSISTENCIA Y CRONOGRAMA .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO N° 5 FICHAS DE RESULTADOS .....</b>	<b>80</b>
<b>DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	30
Tabla 2: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	30
Tabla 3: Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de la investigación .	31
Tabla 4: Resistencias características de la albañilería MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) .....	32
Tabla 5: Diseño de investigación .....	36
Tabla 6: Número de muestras por ensayo .....	37
Tabla 7: Número de muestras totales .....	37
Tabla 8: Ensayo de variación dimensional .....	42
Tabla 9: Variación de la dimensión en mm.....	42
Tabla 10: Ensayo de Alabeo.....	44
Tabla 11: Ensayo de resistencia a la flexión módulo de rotura.....	46
Tabla 12: Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería.....	47
Tabla 13: Ensayo de resistencia a la compresión de muretes de adobe .....	49
Tabla 14: Resistencia de mortero a la tracción.....	50
Tabla 15: Resumen de propiedades ensayadas.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Variación dimensional .....	43
Figura 2: Alabeo .....	45
Figura 3: Resistencia a la flexión módulo de rotura.....	46
Figura 4: Resistencia a la compresión de unidades de albañilería .....	48
Figura 5: Resistencia a la compresión de muretes de adobe .....	50
Figura 6: Resistencia de mortero a la tracción .....	51

## RESUMEN

El problema de la contaminación por Residuos de Construcción y Demolición afecta gravemente a los países de China, Estados Unidos, Viena, Lombardía y Brasil, a pesar de sus esfuerzos para gestionarlos y reusarlos. En Perú, la situación no difiere, esto se evidencia en las grandes cantidades de RCD acumulados en la periferia de las ciudades, como ocurre en Trujillo, región La Libertad. Por ello, se realizó esta investigación aprovechando los RCD y una fibra vegetal local con el propósito de determinar el efecto del contenido de totora en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería obtenidas a partir de estos residuos. Para elaborar estas unidades se recolectaron los RCD, seleccionaron y trituraron, se diseñó las dosificaciones y se elaboró la mezcla de acuerdo al procedimiento experimental detallado en la investigación. Los datos se recolectaron a través de la técnica de Observación directa a ensayos de laboratorio. Se analizaron una muestra patrón, otra muestra con adición de 1% de totora, otra muestra con adición de 2% de totora, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Se concluyó que, en el ensayo de variación dimensional y alabeo los resultados están dentro de los parámetros establecidos, en el ensayo de Resistencia a la flexión módulo de rotura se alcanzan altos niveles de resistencia, en el ensayo de Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería y en el ensayo de Resistencia a la compresión de los muretes de adobe no cumplen los parámetros establecidos, sin embargo, en el ensayo de Resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería sí cumplen los parámetros permitidos. Se recomienda usar cemento como mortero en lugar de tierra y arena para mejorar las propiedades de resistencia, y evaluar nuevas fibras vegetales locales.

*Palabras claves: RCD, CDW, totora, fibras vegetales, ladrillo, unidad de albañilería*

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática:

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) provienen de actividades como demolición, obra nueva y rehabilitación, ya sea de carácter público o privado. Además, son en su mayoría ladrillo y hormigón (Sánchez, 2018; Pacheco et al., 2017).

La actividad de la construcción tiene como principal característica la insostenibilidad (Silva, 2019), genera directamente residuos sólidos de construcción y demolición, y las empresas de este rubro no cuentan con planes de manejo efectivos de estos residuos, por ello su gestión es ineficiente o nula (Suárez et al., 2018).

En otros lugares del mundo, como China, Estados Unidos, Viena, Lombardía y Brasil, los RCD presentan un grave problema, que se ha venido atenuando con la aplicación de políticas y normativas ambientales, y con reformas en la gestión de estos residuos, pero el desarrollo en cada país es desigual.

En Perú esta situación se agrava con el aumento de viviendas particulares en situación de construcción o reparación, trayendo consigo la acumulación de RCD, el último registro a nivel nacional fue de 111 751 viviendas en esa situación (INEI, 2017). Asimismo, en nuestro país la fluctuación promedio del precio de este material predominante, el ladrillo, aumentó 0,4% para techo y en 0,32% para king kong en el mes de enero (INEI, 2022).

Esto impacta gravemente en el entorno en que vivimos, como muestra de ello, el promedio de polvo atmosférico sedimentable en el aire de Lima Metropolitana sobrepasa los 5 t/km<sup>2</sup>/mes lo cual es dañino para la salud, siendo originado

principalmente por la industria de la construcción y la mala disposición de residuos sólidos (INEI, 2019).

Los residuos sólidos son manejados por las empresas operadoras de residuos sólidos autorizadas por el Ministerio del Ambiente. Dichas empresas ascienden al número de 589 registradas en todo el país, sin embargo, solo 32 de ellas se encuentran en el departamento de La Libertad, de las cuales 25 están en la provincia de Trujillo, y solo 7 de estas se dedican a la recolección y transporte de RCD (MINAM, 2020). La poca cantidad de operadores formales a lo largo del país evidencia que, la colocación de estos residuos se da en lugares no autorizados como a las afueras de zonas urbanas, riveras de canales, ríos e incluso arrojados al mar y de manera inadecuada contaminando el ambiente, esto está plasmado en la sanción impuesta en primera instancia por el Organismo de Fiscalización y Evaluación Ambiental al subsector de Residuos Sólidos con 303, 74 UIT (OEFA, 2021).

La mala gestión y acopio de los RCD se ve evidenciado en las denuncias ambientales, en el año 2019 se registraron 1,075.00 denuncias en el país, de las cuales 34.00 pertenecían a Lima Metropolitana, 173.00 de estas se debían a la inadecuada disposición de residuos sólidos (domiciliarios, parques y jardines, construcción y demolición) y a la acumulación de estos en puntos críticos (SINIA, 2019). También se corrobora ello en las multas impuestas en el subsector de residuos sólidos, las cuales ascienden a 567.8 UIT, en el año 2021, y la mayor cantidad por tipo de infracción es por la inadecuada gestión de RR.SS. con 220.76 UIT (OEFA, 2021). Además, el último análisis de generación total de residuos sólidos domiciliarios urbanos indicó que estos ascienden a 4,959,950.93 toneladas a nivel nacional, generándose 427,510.05 mil

toneladas en el departamento de La Libertad, y Trujillo como la provincia más generadora de RR.SS. con 281,380.81 mil toneladas/año (SINIA, 2019).

Una clara muestra de este problema es la acumulación de grandes cantidades de RCD y basura en el área del patrimonio cultural de la humanidad, la ciudadela de barro más grande del mundo, Chan Chan, también, en los humedales y en los principales anillos viales de la ciudad de Trujillo. Este problema pondría en riesgo la categoría que tiene Chan Chan (Defensoría del pueblo, 2021). Esto es una consecuencia, entre otros factores, de la falta de una escombrera para la disposición final de los residuos que se arrojan en diversas zonas de la ciudad, solo existe un botadero municipal controlado abierto, en el centro poblado El Milagro del distrito de Huanchaco, que debió dejar de ser utilizado en 2016 (El Comercio, 2022).

La dificultad que genera el tema de residuos sólidos se puede mitigar aprovechando el valor de reutilización de los residuos de construcción y demolición (Bernuy, 2019; Huang et al., 2018; Silva, 2019; Sevilla, 2019; Vargas, 2020). Asimismo, estos RCD se pueden clasificar de manera general, luego separar rigurosamente los más pequeños o finos, aplastarlos o triturarlos para volverlos a usar como material de relleno, agregado reciclado o como insumo sustentable en la elaboración de materiales de construcción (Contreras et al., 2016; Cheng, 2016; Lai et al., 2016; Bazán, 2018; Medina, 2018; Mejía et al., 2021).

Todo esto debe ir acompañado por políticas que promuevan la construcción circular, o como mínimo normas o leyes que presionen a las personas y empresas a invertir, gestionar, y reciclar los residuos de construcción y demolición en busca de la eficiencia energética o, en el peor de los casos, para librarse de sanciones legales

(Flores, 2019; Ghaffar et al., 2020). En el aspecto de normas que promuevan directa o indirectamente esta iniciativa se ha tenido un avance, el Poder ejecutivo peruano emitió un decreto de urgencia donde señala que los RCD son considerados pasivos ambientales, esto significa que, cualquier persona o empresa que realice una disposición inadecuada de estos, tendrá una obligación financiera por daños al ambiente (Gestión, 2020). También, contribuyendo con ello el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental creó el aplicativo "Reporta Residuos" para alertar la acumulación de residuos sólidos en las calles (OEFA, 2021). Además, en el presente año se aceptó el Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición (El Peruano, 2022).

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Evidencia de estudios previos:**

Aslam et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cualitativa, no experimental, a través de una revisión sistemática concluyeron que, Estados Unidos tiene un sistema de gestión de residuos de CDWM más desarrollado; en cambio, China es una economía en crecimiento y tiene algunas deficiencias de gestión en la industria de la construcción. Las recomendaciones para mejorar dicha gestión incluyen supervisión del gobierno con un enfoque de incentivos económicos, interacción entre las partes interesadas, comunicación y coordinación mutua entre departamentos operacionales, configuración de auditoría e inspección, y desarrollo continuo con tecnologías emergentes.

Bazán (2018) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cualitativa, no experimental para caracterizar RCD concluye que, al menos un 88% de los RCD pueden ser recuperados, y que el material predominante de estos fue el escombros, en el edificio Clement un 88.90% y en el TMN del Callao un 99.38%. Se concluye que, los resultados de la caracterización de los RCD dependen del tipo de obra, su tamaño y ubicación. Además, se recomienda implementar nuevos espacios para una correcta disposición de RCD en obra.

Bernuy (2019) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cualitativa, no experimental concluye que, el mejoramiento de las normas y la concientización en el tema cambia la percepción de los beneficios de residuos de construcción y demolición en las empresas constructoras de obras públicas de la provincia.

Bocanegra & Espejo (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental realizaron ensayos de compresión, absorción y capilaridad evaluando a 1, 3, 7 y 28 días a una muestra patrón con 0% de ladrillo reciclado frente a otras muestras pasadas por la malla N° 30, N° 50 y N° 100 con 3%, 6%, 9%, 12%, 15% y 18% de ladrillo reciclado. Concluyeron que, se pierde trabajabilidad a medida que se incorpora mayores cantidades de ladrillo reciclado en sustitución por la arena fina, reduciendo la fluidez hasta en un 41%, en los ensayos de análisis físicos químicos los valores de la arena fina fueron menores en un 98% y 30% respectivamente en comparación a los valores obtenidos del ladrillo reciclado, en los ensayos de resistencia a la compresión para el tamaño granulométrico de la malla N° 30. Además, las resistencias más altas se obtuvieron con un 12% de reemplazo de ladrillo, logrando tener una resistencia a 28 días de  $276 \text{ kg/cm}^2$  para las probetas expuestas al ambiente

y  $308 \text{ kg/cm}^2$  para las que estuvieron curadas; para la malla N° 50 las resistencias más altas fueron al 15% de reemplazo, con una resistencia de  $309 \text{ kg/cm}^2$  para las probetas curadas, además se obtuvo la mayor resistencia a la compresión a 28 días en condiciones ambientales con un valor de  $286 \text{ kg/cm}^2$  (28% más sobre la resistencia patrón); mientras que para la malla N° 100 siempre se obtuvo un valor máximo al 18% de reemplazo, donde las probetas expuestas al ambiente obtuvieron una resistencia de  $264 \text{ kg/cm}^2$ , además, aquí se registró la mayor resistencia a la compresión a 28 días de curado con un valor de  $310 \text{ kg/cm}^2$  (27% más sobre la resistencia patrón), se observó que, a mayor porcentaje de absorción y capilaridad menor tamaño granulométrico de los ladrillo reciclados. Se concluye que, el diseño óptimo con ladrillo reciclado debe contener un 18% de reemplazo con un tamaño de granulometría pasante la malla N° 100. Se recomienda usar bolsas herméticas para almacenar los agregados, evaluar resistencias mayores a 28 días para ver qué sucede, y emplear el ladrillo reciclado en otros campos de la construcción.

Borghetti et. al. (2018) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, no experimental usando la metodología LCA (Life Cycle Assessment) concluyeron que, en el escenario actual, los impactos ambientales son mayores que los beneficios derivados del reciclaje de CDW, uno de los mayores problemas está en el transporte. La gestión de 6.999.986 toneladas de CDW ahorra 4,3 Mt de recurso virgen, pero causa la emisión de 23.000 ton de  $\text{CO}_2$ . Además, el gobierno regional debería aumentar la demanda de agregados reciclados, apoyando su uso en el sector de la construcción, creando políticas de uso de este agregado en todas las obras públicas, establecer impuestos altos a la extracción de recurso virgen, mejorar la calidad de estos

agregados, estandarizar la demolición selectiva, impulsar plantas de reciclaje alimentadas por electricidad y no por diésel, ubicar estas plantas en puntos estratégicos del territorio.

Calatan et al. (2017) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, la arcilla recuperada de los desechos de los elementos de mampostería de ladrillos de adobe viejos, puede reciclarse y reutilizarse para obtener otros elementos del mismo tipo. Una recomendación es reforzar con fibras vegetales (fibras de paja o cáñamo) para mejores propiedades físicas. Además, algo inesperado de este reforzamiento fue el aumento de la resistencia a la compresión en aproximadamente un 50% en comparación con las muestras de control (hechas de pasta fresca a base de arcilla extraída).

Campos & Amendoeira (2020) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, no experimental concluyeron que, hubo disposición inadecuada en áreas de interés ecológico, paisajístico o científico (8.4% del total), sobre drenajes (2.8% del total), en la vía pública o aceras (51.4% del total) y en terrenos baldíos (44.1% del total). Y contribuyeron con el desarrollo de una aplicación para teléfonos inteligentes para facilitar el registro de datos y ayudar en la toma de decisiones al municipio, lo cual recomiendan replicar en distintas municipalidades del mundo.

Ceballos et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, los agregados obtenidos por medio de la trituración de escombros productos de las prácticas, laboratorios e investigaciones relacionadas con los materiales cementicios y de construcción, poseen un buen desempeño en adoquines, los cuales al llevarse a cabo el ensayo de flexotracción,

arrojaron valores superiores a los establecidos por la norma técnica colombiana. Recomiendan, realizar mayores estudios teniendo en cuenta los parámetros tamaño y naturaleza del escombros.

Contreras et al. (2016) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, la porosidad disminuye con la adición de 20% de cemento y aumenta con la mayor adición de cemento de 30%, además, la adición de cal hasta un 25% disminuye la porosidad aparente y aumenta con un mayor contenido de cal 30 y 35%. Por ello, evidencian que, es posible elaborar ladrillos económicos con excelentes propiedades físicas usando RCD con tamaño de partícula menor a 4.8 mm como agregado y cal o cemento como aditivo.

Cruzado (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, la compresión promedio del Diseño 3 (Diseño con la mayor relación Agregado Fino – Cemento) con tamaño máximo de partícula 2.36 mm fue de 99.8 Kg/cm<sup>2</sup>; con la cual no se alcanzó a cumplir los requisitos mínimos exigidos para un ladrillo tipo IV, y la absorción máxima promedio de los ladrillos de RCD (12.8 %) se encuentra ligeramente por encima de la de los ladrillos de concreto (12 %), pero por debajo de los ladrillos de arcilla (22 %). Una recomendación es mejorar y uniformizar el proceso de fabricación para llegar a cumplir con los requisitos de resistencia. También, se recomienda realizar pruebas de pilas, muretes y de erosión. Además, aumentar la dosificación de cemento para aumentar la resistencia o incluso reducir ligeramente el diámetro de los huecos del ladrillo.

Ezzat & Osama (2021) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, no experimental concluyeron que, los materiales que más se desperdician

en los proyectos son la madera, la arena y los ladrillos/bloques. También se encontró que las prácticas y la legislación son los factores menos aplicados. Recomendó mejorar la aplicación de estos para una mejor gestión y reciclaje de los residuos de construcción y demolición.

Flores (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluye que, la metodología adecuada es la siguiente: el productor de los RCD hace entrega al lugar de la escombrera, se recibe, se acepta y se realiza la separación selectiva; con la finalidad de preparar del material como agregado. En el caso que no se acepte tiene que ser eliminado a un botadero autorizado.

Gastañaga & Pascacio (2016) en su investigación aplicada, del tipo exploratoria, cualitativa, no experimental, según las encuestas realizadas concluyeron que, el 40% de empresas usaría productos reciclados de arcilla (ladrillos de muro y/o de techo), y que el 20% usaría productos reciclados de concreto y/o mortero.

Glaydson et al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, las partículas de estos residuos deben estar bajo los 2 mm, y cumple con los estándares del ladrillo a nivel internacional. Además, a través de rayos x se evidencia que a más contenido de residuos de construcción y demolición más microestructura cohesiva. También que, respecto a la conductividad térmica en ladrillos con estos residuos tienen mejor aislamiento que los ladrillos solo con tierra. Una recomendación es adicionar mayores cantidades al 70% de residuos de construcción y demolición para elaborar ladrillos quemados, mejorando así sus propiedades físicas y mecánicas.

Han et. al. (2021) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, el gobierno vietnamita debe identificar intervenciones vitales para acelerar la introducción de la industria de reciclaje de RCD, desarrollar de impuestos al carbono, sistemas de eliminación de materiales específicos y la contratación pública para que sea viable esta industria.

Hasan et. al. (2022) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, los residuos principales que se generan en las obras de demolición son el hormigón y los ladrillos, y en las obras de construcción el porcentaje de hormigón, madera, ladrillo, metal, arena, etc. también es elevado. Además, las barreras más significativas que dificultan la gestión óptima de los RCD son: Negligencia y actitud despreocupada de los trabajadores, supervisión deficiente, habilidad inadecuada de los trabajadores, y espacio faltante para el almacenamiento en el sitio. Recomienda tener en cuenta esta información para desarrollar estrategias para mejorar la gestión de RCD.

Hidalgo (2007) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, experimental concluye que, la totora es un material aún por explotar y en nuestro país existe un gran potencial para su producción. Además, se recomienda investigar más sobre las posibilidades de procesarla industrialmente para darle usos distintos a los tradicionales.

Hidalgo & García (2018) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, la totora tiene capacidad de rápido crecimiento, altos valores de rendimiento, propiedades anatómicas, físicas, térmicas y

posibles beneficios ambientales. También de que los datos de investigaciones disponibles son escasos, por ello se recomienda investigar más.

Iodice et. al. (2021) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cualitativa, no experimental concluyeron que, los beneficios ambientales y sociales potenciales de la demolición selectiva y las mejores prácticas son significativos, pero los costes económicos pueden dificultar su aplicación y la falta de sistemas circulares desarrollados. Recomiendan la creación de nuevos objetivos legislativos para ayudar a orientar el mercado y fomentar prácticas de gestión más circulares en el sector de construcción.

Jin et. al. (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, los RCD se han convertido en una cuestión social cada vez más urgente, un problema ambiental y económico en todo el mundo. Por medio de la gestión de residuos de construcción y demolición se propone evaluar el rendimiento de los RCD, construir conocimientos de economía circular para su correcta aplicación e integrar nuevas tecnologías en la gestión de estos como BIM, GIS, Big Data y construcción prefabricada.

Lederer et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, el consumo anual de minerales de construcción de 4.5 millones de toneladas puede reducirse en un 32% a 3 millones de toneladas implementando la jerarquía de residuos a CDW con el fin de reducir y gestionarlos.

Li et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, la industria de reciclaje de CDW todavía está en su fase

inicial y se desarrolla de manera desigual en varias áreas de China. Los instrumentos usados para la promoción y desarrollo de estas políticas fueron la etiqueta de productos verdes, creación de normas técnicas que los regulen, cargos e impuestos por no reciclarlos.

Limay & Vásquez (2019) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, utilizar la proporción del 15% de Ichu en su volumen logra mejores resultados llegando a un valor de 51.73 Kg/cm<sup>2</sup> (ladrillo de tipo I), y que la resistencia a la compresión se incrementa en más del 10%.

López et. Al. (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental propusieron un marco teórico integrador para guiar y apoyar la implementación de la economía circular en los ciclos de vida de las principales etapas del sector: pre construcción, construcción y renovación, fin de vida útil, recolección y distribución, recuperación y producción de material. Además, los diseños de estas estrategias en el marco teórico proporcionan un enfoque de minimización de residuos y facilitan la recuperación de materiales al final de la vida útil de los edificios.

Medina (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, del porcentaje de volumen de residuo generado en dicha obra 51% son escombros, 25% son residuos sólidos, 17% son madera y 7% son chatarra. Además, de dicho volumen un 93% es reciclable y un 7% no lo es. Los ingresos generados por los residuos reaprovechados durante la obra tienen un costo general de S/. 127.66 por día. Por ello, se recomienda establecer normatividad para clasificar y separar los RCD para un mejor aprovechamiento.

Menegaki & Damigos (2018) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, alrededor del 35% de CDW producidos van a los vertederos, sin ningún tratamiento adicional. Además, a través de la investigación se concluyó que, a mayor aplicación de las normas de CDW, las iniciativas no legislativas que promueven el reciclaje de estos y las buenas prácticas de algunas empresas constructoras, menor generación de CDW. Sin embargo, a mayores obras públicas y/o privadas, desastres naturales, mala comunicación entre las partes involucradas, y falta de conciencia de reusar de las constructoras, mayor producción de CDW.

Murtagh et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, la industria de la construcción a nivel mundial es uno de los sectores más perjudiciales para el medio ambiente. Para bajar los niveles de carbono se recomienda usar energía sostenible, implantar políticas y ordenanzas a nivel individual y por región para una construcción sostenible.

Orsini & Marrone (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, es posible usar materiales alternativos (reduce hasta 40% de emisión de gases de efecto invernadero), usar materiales naturales (reduce hasta un 90%), aumentar el uso de energía de fuentes renovables (reduce hasta 60%). Además, el uso de métodos de construcción son algunas estrategias que cumplen con los principios de la economía circular.

Quispe (2016) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, las unidades de albañilería huecas de residuos sólidos que cuentan con un 9% de cemento en peso califican como unidades de albañilería de

Tipo III. Unas recomendaciones son que dichas unidades tengan un proceso de curado mínimo de 7 días y recién se usen a partir de los 21 días de elaboración, y que al realizar el proceso de curado se humedezcan previamente los moldes.

Seco et al. (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, los residuos de concreto podrían usarse para sustituir hasta el 50% de la arcilla, mientras que los de cerámica solo podrían sustituir un máximo del 30% de la arcilla. Además, a mayor periodo de curado, mayor resistencia, en este caso se curó a 21 días. Una recomendación es usar 10% de cemento Portland para ambas combinaciones.

Sernaqué (2020) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, el bloque que obtuvo mejor comportamiento ante los esfuerzos de compresión el que estuvo compuesto por 20% de suelo, 65% de arena y 15% de cemento (BTC1). Asimismo, aquel bloque que empleó residuos como reemplazo del agregado tradicional fue el que llegó a una resistencia de 52 kg-f/cm<sup>2</sup>, superando a la mínima requerida para su uso con fines estructurales según la norma E.070 de Albañilería, además en su análisis de costo, el BTC que utilizó RCD es más económico en comparación de aquel bloque que emplea agregados tradicionales. Para elaborar los bloques se necesitó de una máquina compresora de tipo CINVA RAM. En resumen, la elaboración de BTC suelo-cemento significa un ahorro con respecto al ladrillo tradicional, ya que se anula por completo el proceso de cocción, generando un ahorro energético, pues sus propiedades mecánicas las adquiere mediante el prensado y la estabilización.

Sevilla (2019) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cualitativa, no experimental concluye que, la mayoría de los empresarios conocen el tema de recuperación de RCD, sin embargo, desconocen el proceso de recuperación de estos residuos y los lugares autorizado para su disposición final. Se recomienda que, los gobiernos regionales y locales fiscalicen las empresas constructoras en temas de gestión de RCD, premien a las que cumplan con dicha gestión y promuevan esta cultura de reciclar.

Sharkawi et. al. (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, la técnica de la mandíbula es más eficiente, que la técnica de martillo para la trituración de CDW. También, gracias a la investigación se logró clasificar los materiales CDW: el hormigón triturado se puede usar como agregado fino de ladrillos de cemento, como agregado grueso, como puzolánico de partículas muy finas o relleno de asfalto después de un tratamiento; las paredes de ladrillo de arcilla triturada se pueden usar como puzolánico de partículas muy finas, como agregado fino para elaborar ladrillos o como agregado grueso de concretos; los mosaicos de cemento triturado se pueden usar como relleno de asfalto con partículas muy finas, como agregado fino para elaborar ladrillos o como agregado grueso para el hormigón.

Silva, G. et. al. (2020) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, los geopolímeros pueden mejorar sus propiedades mecánicas cuando se refuerzan con fibras. Se recomienda realizar más investigación para ayudar a optimizar las formulaciones para la producción de Geopolímeros reforzados con fibra con propiedades mejoradas.

Silva, R. et. al. (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cualitativa, no experimental concluyeron que, los RCD se pueden usar mayormente en la construcción de edificaciones y de carreteras.

Silva (2018) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, hay una mayor resistencia a la tensión del sisal con 5 098.58 kg/cm<sup>2</sup> frente a 2 855.21 kg/cm<sup>2</sup> de la fibra de yute, también se analizó la resistencia a la compresión con una muestra control sin adición de yute o sisal contra porcentajes de adición de fibra de yute y sisal de 0.50%, 1.00%, 1.50%, 2.00%, 2.50%, 3.00% sobre el peso total respectivamente, obteniendo mayores resistencias de yute con 1.50% de adición de fibra (203.94 kg/cm<sup>2</sup>), y mayores resistencias de sisal con adición de 2.50% de dicha fibra (234.53 kg/cm<sup>2</sup>). En conclusión, las fibras cortas de yute natural y sisal fueron capaces de reforzar geopolímeros a base de polvo de ladrillo de arcilla cocida. Además, esta adición de fibras promovió un comportamiento más dúctil y una ruptura menos frágil de las muestras.

Sormunen & Kärki (2019) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cualitativa, no experimental concluyeron que, los materiales reciclados deben monitorearse para evitar posibles contaminantes u errores de calidad que podrían ingresar a los lotes, se deben realizar más estudios de CDW para estimar su verdadero potencial, y con los pocos estudios analizados de estos residuos se determinó que es posible usarlos para fabricar compuestos en la construcción.

The construction index (2020) muestra su patente más reciente, "K-Briq", una investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental, publicada por los científicos de la universidad Heriot-Watt de Edimburgo, los doctores Gabriela

Medero y Sam Chapman. Su proyecto consiste en un ladrillo elaborado con residuos de construcción con una baja huella de carbono. Los detalles están protegidos por los derechos de comercialización. Según lo indicado este contiene 90% de material reciclado de residuos de demolición, 0% de cemento y no usa horno para su fabricación. Además, presenta altas propiedades térmicas.

Teque (2021) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, los aspectos físicos, bióticos y sociales del área de influencia se encuentran afectados por la inadecuada disposición de RCD, las consecuencias negativas más relevantes y visibles son la calidad del paisaje y las emisiones de polvo. Además, se lograron identificar las fases para la producción de RCD, como generación de RCD, almacenamiento de RCD, transporte de RCD y finalmente disposición final de RCD. Al aplicarse en Plan de Manejo Ambiental propuesto en la investigación se podrá controlar, minimizar, y/o corregir impactos negativos en el medio físico, biológico y cultural del distrito.

Vargas (2020) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cuantitativa, no experimental concluye que, los generadores de RCD no tienen cultura de reciclaje, se deberían hacer capacitaciones a los involucrados, y crear más normativa que regule estos procesos e incentivos de compensación si se involucran favorablemente.

Vasquez (2021) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, el uso de la fibra de ichu al 2.5 % en la elaboración de adobes, muestra que estos tienen mayor resistencia a la compresión y flexión, logrando 42.75 kg/cm<sup>2</sup> por compresión y 33.02 kg/cm<sup>2</sup> por flexión, comparadas con el uso de

fibra de a los niveles de 2.5%, 5% y 7%, pero logra una menor absorción respecto a la fibra de pino.

Véliz et. al. (2022) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluyeron que, la máxima disposición a pagar por la gestión de RCD es inferior al precio actual que pagan las empresas, y los stakeholders no están dispuestos a realizar mejoras en la gestión de RCD, si implican aumento de costos. Además, hay un escaso conocimiento sobre economía circular.

Vilcas (2019) en su investigación aplicada, del tipo correlacional, cuantitativa, experimental concluye que, la incorporación de RCD mejora grandemente las propiedades absorción y resistencia a la compresión de los bloques analizados 28 días después de elaborados. Una recomendación es añadir pajas o fibras vegetales en proporción del 1.5% en peso con relación al material seco.

Yap et. al. (2019) en su investigación aplicada, del tipo descriptiva, cualitativa, no experimental concluyeron que, con un diseño adecuado y métodos de tratamiento el CDW se puede utilizar en la industria de la construcción, para producir productos ecológicos y sostenibles.

Zhang et. al. (2019) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, experimental concluyeron que, el reciclaje de CDW es económicamente factible y ambientalmente amigable, se debería aplicar una gestión pragmática de estos residuos de ciclo cerrado, las creencias de que estos agregados son de mala calidad y falta de confianza en su uso se pueden superar con capacitación y difusión sobre las buenas prácticas de los mismos, además, se debe implementar políticas efectivas para generar valor y gestionar los CDW de manera sostenible.

Zhang et. al. (2021) en su investigación aplicada, del tipo explicativa, cuantitativa, experimental concluyeron que, el esquema de trituración in situ combinado con producción de ladrillos y agregados reciclados se selecciona como la mejor opción.

### **1.2.2. Justificación:**

#### **1.2.2.1. Justificación social:**

A causa de lo mencionado anteriormente y por las investigaciones publicadas que avalan la posibilidad de reusar los Residuos de Construcción y Demolición, sería un aporte importante analizar su comportamiento al añadirle una fibra vegetal que mejore sus propiedades, reduciendo así todos los problemas que acarrear no reciclarlos.

Según el Censo Nacional 2017 elaborado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática el 55.80% de viviendas tiene como material predominante el ladrillo en sus exteriores, siendo este un material preponderante en la composición de los residuos de construcción y demolición (INEI, 2018). Esto indica que, los ladrillos son el material más usado en las edificaciones, por lo que la creación de estos a partir de RCD adicionados con alguna fibra vegetal tendría excelente acogida en el mercado. Además, se estaría usando un material amigable con el medio ambiente y promoviendo la construcción circular.

#### **1.2.2.2. Justificación metodológica:**

Los residuos de construcción y demolición tienen una adecuada influencia como componente en la elaboración de ladrillos, según investigaciones previas. Además, si se concluye que la adición de fibras vegetales a estas unidades de albañilería mejora sus propiedades físico-mecánicas, serían ampliamente utilizados en las construcciones,

logrando reducir la contaminación producida por no reusar los RCD, dejarían de acumularlos en lugares no permitidos, convirtiéndose en insumos indispensables para la fabricación de ladrillos estructurales en viviendas de construcción.

Analizar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos elaborados con RCD y fibras vegetales es indispensable para caracterizarlos, puesto que, al estudiar las propiedades físicas se pueden medir y observar sin que cambien la composición de la sustancia, sin embargo, las propiedades mecánicas solo pueden ser manifestadas cuando se aplica una fuerza sobre dicha sustancia o materia. Asimismo, de determinar la mejora de estas propiedades con la adición de fibras vegetales, usando una fibra local como la totora por las propiedades térmicas y mecánicas con las que cuenta, como resistencia a la compresión y a la flexión (Hidalgo et al., 2018; Hidalgo, J., 2007), lograría reducir la contaminación producida por no reusar los RCD, dejarían de acumularlos en lugares no permitidos, convirtiéndose en insumos indispensables para la fabricación de ladrillos estructurales en viviendas de construcción. Además, al mejorar las propiedades del ladrillo con RCD con la adición de fibra vegetal local se aportaría con nuevo conocimiento respecto al comportamiento estructural de los ladrillos de RCD adicionados con fibras vegetales, y a futuro se podría producir a nivel industrial, creando algo innovador.

### **1.3. Formulación del problema:**

¿Cuál es el efecto del contenido de totora (*Scirpus californicus*) en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería obtenidas a partir de residuos de construcción y demolición, Trujillo 2022?

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general:

Determinar el efecto del contenido de totora (*Scirpus californicus*) en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería obtenidas a partir de residuos de construcción y demolición.

### 1.4.2. Objetivos específicos:

Evaluar los resultados de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora.

Determinar la variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora.

Evaluar el comportamiento respecto a la resistencia a la flexión módulo de rotura de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora.

Evaluar el comportamiento respecto a la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora, y clasificarlos estructuralmente según el tipo de ladrillo.

Evidenciar el comportamiento respecto a la resistencia a la compresión de muretes de adobe elaboradas a base de RCD y totora.

Evaluar el comportamiento respecto a la resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis general:

La adición de fibras vegetales de totora a las unidades de albañilería de residuos de construcción y demolición mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, alcanzando las características de un ladrillo estructural.

### 1.5.2. Hipótesis específicas:

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora cumplen los parámetros establecidos en las normativas del sector.

Las propiedades como variación dimensional, alabeo, resistencia a la flexión módulo de rotura, resistencia a la compresión, resistencia a la compresión de muretes de adobe y resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora tienen un mejor comportamiento respecto a las unidades de albañilería elaboradas solo en base a RCD sin adición de totora.

Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora tienen una diferencia significativa respecto a los ladrillos estructurales.

La investigación promueve la construcción circular, el ahorro de insumos y genera mayor conocimiento.

## **1.6. Marco teórico**

### **1.6.1. Unidad de albañilería o ladrillo:**

La norma E.070 define unidad de albañilería o ladrillo como todo aquello que:

- a) Cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano.
- b) En su elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
- c) Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular y es fabricada de manera artesanal o industrial.
- d) Al ser curada con agua, el plazo mínimo para utilizarse es de 28 días.

### **1.6.2. Clasificación de las unidades de albañilería por forma de ladrillo:**

Según Construyendo Seguro (2019) las unidades de albañilería se clasifican en cuatro tipos:

- a) Ladrillo macizo: Su sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Además, contiene máximo un 10 % de perforaciones.
- b) Ladrillo perforado: Tiene perforaciones que ocupen como mínimo el 10 % de la superficie. Se utilizan para muros portantes.
- c) Unidad de albañilería hueca: Su sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Además, es utilizada para tabiquería, no soporta grandes cargas.
- d) Unidad de albañilería tubular: Tiene huecos paralelos a la superficie de asiento. Se utiliza para techos de losas aligeradas.

### 1.6.3. Clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales:

Según la norma de edificaciones las unidades de albañilería se clasifican en cinco clases, de acuerdo a su variación de dimensión, alabeo y resistencia característica a la compresión (SENCICO, 2019).

**Tabla 1**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
	Ladrillo I	± 8	± 6		
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)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Fuente: SENCICO: *Discusión pública de la propuesta de Norma E070 (2020)*

### 1.6.4. Limitaciones en su aplicación estructural:

Las limitaciones de las unidades de albañilería se determinan de acuerdo al número de pisos de la edificación y de la zona sísmica en que se encuentre (SENCICO, 2019).

**Tabla 2**

*Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales*

TIPO	ZONA SÍSMICA 3 Y 4		ZONA SÍSMICA 1 Y 2
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido industrial	Sí	Sí	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta dos pisos

\* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: SENCICO. Norma E070 (2020)

### 1.6.5. Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería:

Las propiedades físico-mecánicas que se evaluaron en esta investigación son a través de los ensayos que se muestran a continuación, y de las normas según correspondan.

**Tabla 3**

*Propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería de la investigación*

ENSAYO	NORMA
Variación dimensional	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.613, E070
Alabeo	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.613, E070
Módulo de rotura	NTP 331.018, NTP 339.613
Resistencia a la compresión	NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.613, E070
Resistencia a la compresión de muretes de adobe	E080
Resistencia de mortero a la tracción	E080

### 1.6.6. Variación dimensional:

Son las diferencias de largo, de ancho y alto entre la dimensión especificada y la medida (NTP 331.017, 2003; NTP 331.018, 1978 & E070, 2020).

### 1.6.7. Alabeo:

Son las deformaciones de la superficie asimiladas como concavidades o convexidades (NTP 331.017, 2003; NTP 331.018, 1978 & E070, 2020).

### 1.6.8. Módulo de rotura:

Es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo (331.018, 1978 & NTP 339.613, 2005).

### 1.6.9. Resistencia a la compresión:

Es la propiedad más importante del ladrillo, define su calidad estructural y resistencia a la intemperie. Consiste en cuanta carga puede soportar este (NTP 331.017, 2003; NTP 331.018, 1978; E070, 2020 & Cruzado, 2018). Se pueden observar las resistencias a la compresión características de la albañilería en MPa ( $\text{kg/cm}^2$ ) en la columna que dice Unidad  $f'b$  en la Tabla 5.

**Tabla 4**

*Resistencias características de la albañilería MPa ( $\text{kg/cm}^2$ )*

Materia Prima	Clase	Unidad $f'b$	Pilas $f'm$	Muretes $V'm$
Arcilla	Clase I - Artesanal	4.9 (50)	3.4 (35)	0.50 (5.1)
	Clase II - Artesanal	6.9 (70)	3.9 (40)	0.55 (5.6)
	Clase III - Artesanal	9.3 (95)	4.6 (47)	0.64 (6.5)
	Clase IV - Industrial	12.7 (130)	6.4 (65)	0.79 (8.1)
	Clase V - Industrial	17.6 (180)	8.3 (85)	0.90 (9.2)
Concreto	Industrial portante	17.5 (178)	7.0 (71)	0.44 (4.5)
Sílice-cal	Industrial portante	12.6 (129)	10.1 (103)	0.93 (9.5)

*Fuente: SENCICO: Discusión pública de la propuesta de Norma E070 (2020)*

### 1.6.10. Resistencia a la compresión de muretes:

El procedimiento se realizó según la Norma E080, del 2020, de diseño y construcción con tierra reforzada.

### 1.6.11. Resistencia de mortero a la tracción:

El procedimiento se realizó según la Norma E080, del 2020, de diseño y construcción con tierra reforzada.

### **1.6.12. Residuos de construcción y demolición (RCD):**

Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura (El Peruano, 2019). Es decir, son un desperdicio heterogéneo compuesto de varios materiales (Borghi, Pantini & Rigamonti, 2018). Además, se producen todos los años en grandes cantidades (Soon, Yingxin, Kim & Hussein, 2019).

### **1.6.13. Fibras vegetales:**

Según la morfología de las plantas vasculares, las fibras vegetales son células individuales. Se clasifican en duras (cada fibra es un cordón fibroso con un curso largo y recto) y blandas (los cordones de fibras forman una red de distintos grupos) (Mercedes, M, 2019). Además, la aplicación de estas fibras como refuerzo a los materiales de construcción puede modificar sus propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y a la flexión, y tienen varias ventajas como bajo costo, poco peso, ampliamente disponible, biodegradable, fuentes renovables y no peligrosas (Silva, Kim, Aguilar & Nakamatsu, 2019).

### **1.6.14. Totorá (Scirpus californicus):**

Es una planta que crece, tanto de manera silvestre como cultivada, en lagunas, zonas pantanosas, huachiques y balsares de la costa y sierra del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud, en varios lugares de América y en algunas islas del Pacífico. Además, es un junco con propiedades de baja densidad, aislante térmico, materia prima para sustituir a la madera en la construcción, alta tasa de crecimiento,

capacidad de fitodepuración y excelentes capacidades mecánicas. Al ser una planta que se puede desarrollar en varias partes del mundo, habría reservas disponibles para su uso en la construcción, teniendo así la materia prima al alcance de las zonas que deseen implementarla. Asimismo, hay poca investigación de la totora como material de construcción, por lo que esto significa una oportunidad para sentar las bases, ventajas o limitaciones de este material (Hidalgo J. & García J., 2018 & Hidalgo, J., 2007).

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Por el propósito:**

La presente investigación según el propósito es de tipo aplicada, porque busca la utilización de los conocimientos de la investigación básica para su aplicabilidad de dichos conocimientos.

#### **2.1.2. Por la profundidad:**

La presente investigación según la profundidad es de tipo explicativa, porque busca estudiar las relaciones de influencia entre las variables, para conocer su estructura y los factores que intervienen en los fenómenos y su dinámica.

#### **2.1.3. Por la naturaleza de datos:**

La presente investigación según la naturaleza de datos es de tipo cuantitativa, porque se centra en el análisis de la realidad a través de diversos procedimientos basados en la medición.

#### **2.1.4. Por la manipulación de variable:**

La presente investigación según la manipulación de variable es de tipo experimental, porque no posee un control total sobre todas las variables.

### **2.2. Diseño de investigación**

La investigación es de tipo experimental los sujetos o grupos de sujetos de estudio, no están asignados aleatoriamente, además, cumplen con los supuestos lógicos de repeticiones y control local.

Se cuenta con el diseño de Pos prueba única y Grupo control.

**Tabla 5**

*Diseño de investigación*

Grupo	Tratamiento	Pos prueba única
GE: Unidades de albañilería de residuos de construcción y demolición (RCD)	X: Adición de fibra vegetal de totora	O1: Propiedades físico- mecánicas
GC: Unidades de albañilería de residuos de construcción y demolición (RCD)	Sin fibra vegetal de totora	O2: Propiedades físico - mecánicas

Nota:

GE: Grupo experimental, recibe modificaciones x

GC: Grupo control, no recibe modificaciones

X: Modificación, tratamiento, estímulo, reactivo experimental

O: medición que se realiza a través de pruebas, cuestionario, observaciones, etc.

**2.4. Población:** Las unidades de albañilería elaboradas con residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Trujillo,2022.

**2.5. Muestra:** La muestra son 128 unidades de albañilería, la cual está determinada por la técnica de muestreo probabilístico, del tipo aleatorio simple, ya que la población es infinita, para el cálculo se requiere el promedio de la resistencia de la propiedad que va a determinar, basándose en investigaciones previas, y su desviación estándar.

**Tabla 6**

*Número de muestras por ensayo*

ENSAYO	MUESTRAS POR DOSIFICACIÓN
Variación dimensional y alabeo	4
Resistencia a la flexión	4
Resistencia a la compresión de unidades de albañilería	4
Resistencia a la compresión de muretes de adobe	4 (usando 3 por muestra)
Resistencia de mortero a la tracción	4 (usando 2 por muestra)
<b>TOTAL DE MUESTRAS</b>	<b>32 para cada dosificación</b>

**Tabla 7**

*Número de muestras totales*

		DOSIFICACIÓN		
MUESTRAS PARA ENSAYOS	Patrón: solo RCD	1% masa del ladrillo	2% masa del ladrillo	3% masa del ladrillo
	32 muestras	32 muestras	32 muestras	32 muestras
<b>TOTAL</b>	<b>128 muestras</b>			

**2.6. Unidad de análisis:** Una unidad de albañilería elaborada con residuos de construcción y demolición (RCD).

## 2.7. Materiales, equipos y métodos

### 2.7.1. Materiales:

Residuos de construcción y demolición (RCD) de las diversas obras de edificación de la ciudad de Trujillo, específicamente restos de ladrillos de arcilla.

Fibra vegetal de totora (*Scirpus californicus*).

Ladrillo elaborado con residuos de construcción y demolición (RCD) como patrón.

### **2.7.2. Equipos:**

Trituradora o chancadora de quijada

Comba

Tamiz N° 8 según la NTP 400.011

Tamiz N° 20 según la NTP 400.011

Tamiz N° 40 según la NTP 400.011

Tamiz N° 60 según la NTP 400.011

Tamiz N° 100 según la NTP 400.011

Fondo de tamiz o cazoleta

Máquina para los moldes de los ladrillos

### **2.7.3. Métodos o procedimiento experimental:**

Selección y clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD) según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.050).

Preparación de escombros, reduciendo su tamaño con una comba, para la trituración.

Trituración de escombros.

Tamizaje de las partículas obtenidas, usando las partículas que pasan el tamiz número 8 (2.36 mm) y quedan retenidas en el tamiz número 100 (0.15mm).

Diseño de la mezcla para la obtención de las unidades de albañilería.

Definición de la consistencia de la mezcla.

Determinación de dosificaciones finales.

Diseño del molde final para la elaboración de las unidades de albañilería.

Elaboración de la mezcla.

Colocación de la mezcla patrón, de la mezcla con adición de totora al 1%, al 2% y al 3% de la masa de la unidad de albañilería.

Desmolde.

Curado de los ladrillos a 28 días en el laboratorio de Ingeniería Civil de la universidad.

Realización de ensayos mencionados en la Tabla 3.

#### **2.7.4. Procedimiento de recolección de datos:**

Todos los datos recolectados serán a través de la técnica de Observación directa a ensayos de laboratorio indicados en la Tabla 3, usando el instrumento fichas de recolección de datos experimentales y fichas comparativas.

Clasificar en tablas los datos recolectados de los resultados de los ensayos mencionados anteriormente según cada tipo de ensayo.

Elaborar tablas comparativas de los resultados obtenidos de cada ensayo versus los que muestra la NTP E.070 respecto a las clases de ladrillos.

Determinar el porcentaje de similitud de los resultados de cada ensayo a los ladrillos elaborados conteniendo residuos de construcción y demolición (RCD) versus los parámetros que muestra la NTP E.070, la NTP 080, la NTP 331.017, la NTP 331.018 y la NTP 399.613.

#### **2.7.5. Procedimiento de tratamiento y análisis de datos:**

Analizar en tablas los resultados de las 128 muestras ensayadas.

Cuantificar los resultados de cada ensayo.

Comparar las respuestas de los ensayos con las hipótesis y con lo que indicaban los antecedentes.

Identificar las tendencias de los resultados experimentales, discutirlos y llegar a conclusiones en la investigación.

#### **2.7.4. Aspectos éticos:**

Código de ética del investigador científico UPN (2016).

Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (1987).

Los ingenieros están al servicio de la sociedad, como futuros profesionales con esta investigación se cumple el objetivo de contribuir al bienestar humano, aportando con conocimientos relevantes para a la sociedad (CIP, 1987).

El contexto en el cual se conducen las investigaciones debe ser respetado, ver Anexo N° 1.

El presente trabajo de investigación respeta el derecho a la autoría de la producción y obras evitando usar los estudios de otros en beneficio propio (CIP, 1987).

El investigador UPN ejerce un juicio razonable en la investigación e informa todo a detalle de lo hallado (UPN, 2016).

Los resultados deben reportarse con honestidad.

El investigador UPN difunde los resultados a través de una publicación o como recomiende la Universidad para dar a conocer a la comunidad científica lo descubierto (UPN, 2016).

## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

### **4. Análisis de los ensayos realizados:**

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos realizados en laboratorio de Suelos y Concreto de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, para los cuales se tuvieron en cuenta los parámetros de las siguientes normas: Variación dimensional y Alabeo NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.613 & E070; Resistencia a la flexión: módulo de rotura NTP 331.018 & NTP 339.613; Resistencia a la compresión NTP 331.017, NTP 331.018, NTP 399.613 & E070; Resistencia a la compresión de muretes de adobe E080; y Resistencia de mortero a la tracción E080. Se organizaron sus resultados de cada ensayo en tablas, para apreciar de manera objetiva lo que descubrieron y poder sacar conclusiones de estas.

#### **4.1. Variación dimensional y Alabeo:**

##### **4.1.1. Variación dimensional:**

En la Tabla 8 se puede apreciar los resultados del ensayo de variación dimensional en cm del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 8**

*Ensayo de variación dimensional*

MUESTRAS		(cm)				Promedio	Desv. Est.	Coef. Variac.
		1 UND	2 UND	3 UND	4 UND			
PATRÓN: SOLO RCD	Largo:	20.90	20.90	21.00	21.00	20.95	0.06	0.28%
	Ancho:	12.00	12.00	12.00	12.10	12.03	0.05	0.42%
	Altura:	8.00	7.80	8.00	8.30	8.03	0.21	2.57%
1% MASA LADRILLO	Largo:	20.80	21.00	20.90	20.80	20.88	0.10	0.46%
	Ancho:	12.00	12.00	11.80	12.00	11.95	0.10	0.84%
	Altura:	8.20	7.90	8.30	7.90	8.08	0.21	2.55%
2% MASA LADRILLO	Largo:	20.80	20.80	20.90	21.00	20.88	0.10	0.46%
	Ancho:	12.00	12.20	12.00	11.90	12.03	0.13	1.05%
	Altura:	8.50	8.30	8.00	8.10	8.23	0.22	2.70%
3% MASA LADRILLO	Largo:	20.90	20.80	20.80	20.90	20.85	0.06	0.28%
	Ancho:	12.00	11.80	11.80	12.00	11.90	0.12	0.97%
	Altura:	7.80	8.00	8.00	7.90	7.93	0.10	1.21%

En la Tabla 9 se puede apreciar los resultados del ensayo de variación dimensional en mm del año 2022 en la ciudad de Trujillo.

**Tabla 9**

*Variación de la dimensión en mm*

MUESTRAS		(mm)			
		1 UND	2 UND	3 UND	4 UND
PATRÓN: SOLO RCD	Largo:	1	1	0	0
	Ancho:	0	0	0	1
	Altura:	0	2	0	3
1% MASA LADRILLO	Largo:	2	0	1	2
	Ancho:	0	0	2	0
	Altura:	2	1	3	1
2% MASA LADRILLO	Largo:	2	2	1	0
	Ancho:	0	2	0	1
	Altura:	5	3	0	1
3% MASA LADRILLO	Largo:	1	2	2	1
	Ancho:	0	2	2	0
	Altura:	2	0	0	1



respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 10**

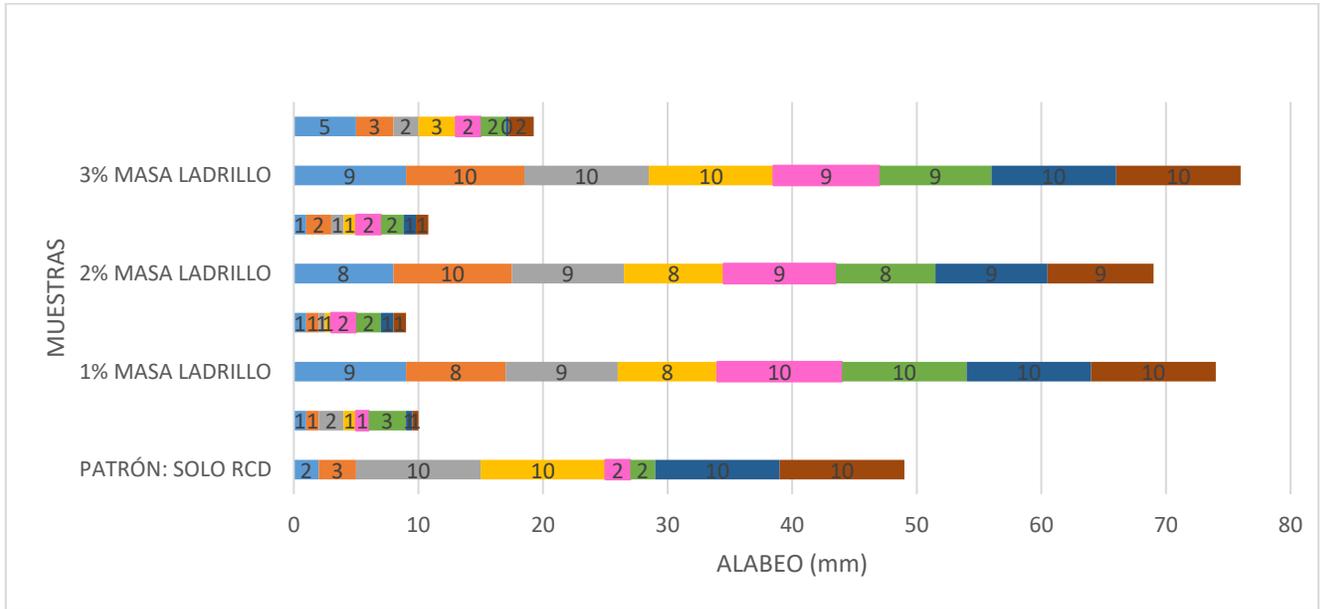
*Ensayo de Alabeo*

MUESTRAS	ALABEO (mm)								Promedio	Desv. Est.	Coef. Variac.	
	1 UND		2 UND		3 UND		4 UND					
PATRÓN: SOLO RCD	L1	2	3	10	10	2	2	10	10	6.13	4.16	67.84%
	L2	1	1	2	1	1	3	1	1	1.25	0.85	67.61%
1% MASA LADRILLO	L1	9	8	9	8	10	10	10	10	9.25	0.89	9.58%
	L2	1	1	1	1	2	2	1	1	1.13	0.58	51.78%
2% MASA LADRILLO	L1	8	10	9	8	9	8	9	9	8.63	0.58	6.75%
	L2	1	2	1	1	2	2	1	1	1.35	0.49	36.07%
3% MASA LADRILLO	L1	9	10	10	10	9	9	10	10	9.50	0.60	6.29%
	L2	5	3	2	3	2	2	0	2	2.41	1.35	56.07%

En la Figura 2 se muestra cómo varía el alabeo según las muestras ensayadas. En el eje x tenemos el alabeo en mm, datos extraídos de la Tabla 10 (el color celeste y naranja representan a ambas diagonales por cara ensayada de la unidad 1, el color plomo y amarillo representan a ambas diagonales por cara ensayada de la unidad 2, el color rosado y verde representan a ambas diagonales por cara ensayada de la unidad 3, y el color azul y marrón representan a ambas diagonales por cara ensayada de la unidad 4). En el eje y tenemos los tipos de muestras ensayadas, datos extraídos de la Tabla 10 (desde la parte inferior hacia arriba tenemos que cada fila representa las diagonales, la primera, L1, y la segunda, L2, así para cada tipo de muestra).

**Figura 2**

*Alabeo*



**4.3. Resistencia a la Flexión módulo de rotura:**

En la Tabla 11 se puede apreciar los resultados del ensayo de Resistencia a la flexión módulo de rotura en Kg/cm<sup>2</sup> del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 11**

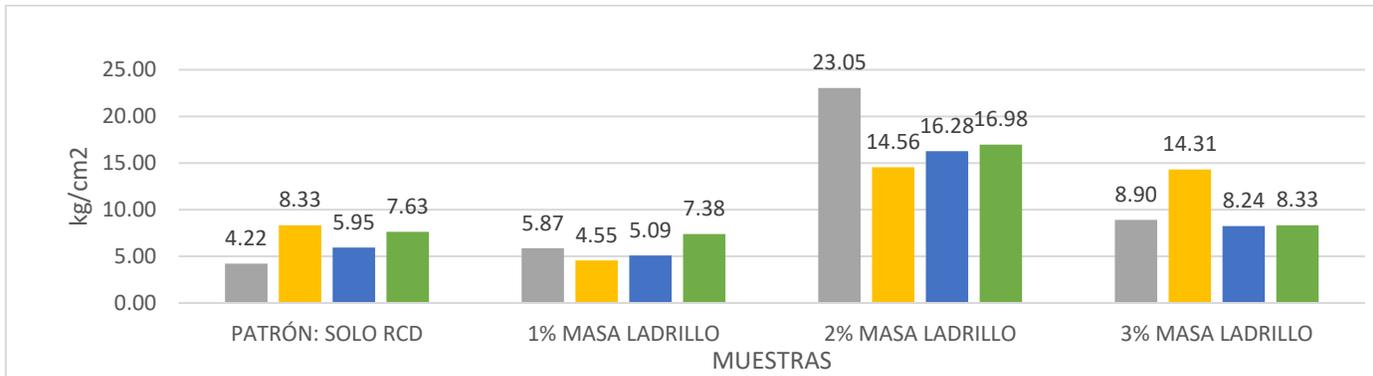
*Ensayo de resistencia a la flexión módulo de rotura*

ÍTEM	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	0.41 (4.22)	0.58 (5.87)	2.26 (23.05)	0.87 (8.90)
2	0.82 (8.33)	0.45 (4.55)	1.43 (14.56)	1.40 (14.31)
3	0.58 (5.95)	0.50 (5.09)	1.60 (16.28)	0.81 (8.24)
4	0.75 (7.63)	0.72 (7.38)	1.67 (16.98)	0.82 (8.33)
Promedio	6.53	5.72	17.72	9.95
Desv. Est.	1.83	1.23	3.70	2.93
Coef. Variac.	28.07%	21.53%	20.87%	29.43%

En la Figura 3 se muestra cómo varía la resistencia a la flexión de las unidades de albañilería según las muestras ensayadas. En el eje x tenemos los tipos de muestras ensayadas, datos extraídos de la Tabla 11 (el color plomo representa a la unidad 1 ensayada, el color amarillo representa a la unidad 2 ensayada, el color azul representa a la unidad 3 ensayada, y el color verde representa a la unidad 4 ensayada). En el eje y tenemos la resistencia a la flexión, datos extraídos de la Tabla 11 (agrupados en barras para cada tipo de muestra).

**Figura 3**

*Resistencia a la flexión módulo de rotura*



### 4.3. Resistencia a la Compresión:

En la Tabla 12 se puede apreciar los resultados del ensayo de Resistencia a la compresión de unidades de albañilería en Kg/cm<sup>2</sup> del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 12**

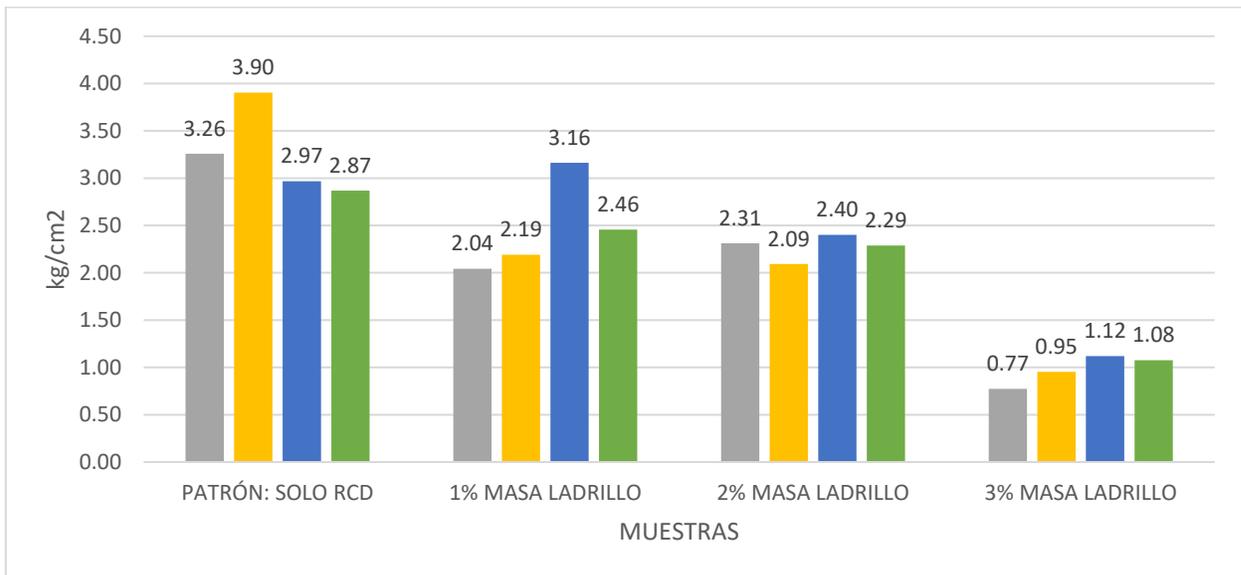
*Ensayo de resistencia a la compresión de unidades de albañilería*

ÍTEM	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	0.32 (3.26)	0.20 (2.04)	0.23 (2.31)	0.08 (0.77)
2	0.38 (3.90)	0.22 (2.19)	0.21 (2.09)	0.09 (0.95)
3	0.29 (2.97)	0.31 (3.16)	0.24 (2.40)	0.11 (1.12)
4	0.28 (2.87)	0.24 (2.46)	0.23 (2.29)	0.11 (1.08)
Promedio	3.25	2.46	2.27	0.98
Desv. Est.	0.47	0.50	0.13	0.16
Coef. Variac.	14.34%	20.17%	5.71%	15.83%

En la Figura 4 se muestra cómo varía la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería según las muestras ensayadas. En el eje x tenemos los tipos de muestras ensayadas, datos extraídos de la Tabla 12 (el color plomo representa a la unidad 1 ensayada, el color amarillo representa a la unidad 2 ensayada, el color azul representa a la unidad 3 ensayada, y el color verde representa a la unidad 4 ensayada). En el eje y tenemos la resistencia a la compresión, datos extraídos de la Tabla 12 (agrupados en barras para cada tipo de muestra).

**Figura 4**

*Resistencia a la compresión de unidades de albañilería*



#### 4.4. Resistencia a la Compresión de muretes de adobe:

En la Tabla 13 se puede apreciar los resultados del ensayo de Resistencia a la compresión de muretes de adobe en Kg/cm<sup>2</sup> del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora

respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 13**

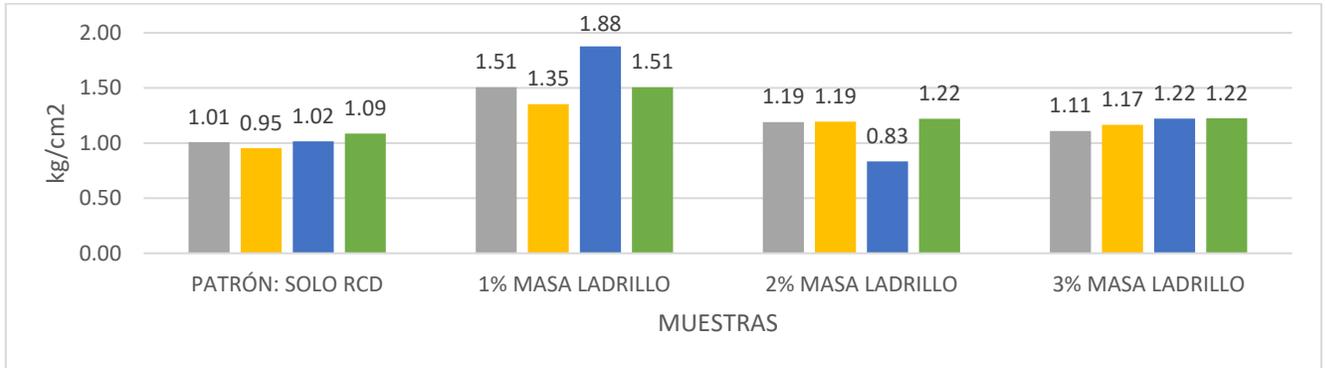
*Ensayo de resistencia a la compresión de muretes de adobe*

MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )				
ÍTEM	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	0.10 (1.01)	0.15 (1.51)	0.12 (1.19)	0.11 (1.11)
2	0.09 (0.95)	0.13 (1.35)	0.12 (1.19)	0.12 (1.17)
3	0.10 (1.02)	0.18 (1.88)	0.08 (0.83)	0.12 (1.22)
4	0.11 (1.09)	0.15 (1.51)	0.12 (1.22)	0.12 (1.22)
Promedio	1.02	1.56	1.11	1.18
Desv. Est.	0.05	0.22	0.18	0.05
Coef. Variac.	5.38%	14.29%	16.64%	4.66%

En la Figura 5 se muestra cómo varía la resistencia a la compresión de muretes de adobe según las muestras ensayadas. En el eje x tenemos los tipos de muestras ensayadas, datos extraídos de la Tabla 13 (el color plomo representa a la unidad 1 ensayada, el color amarillo representa a la unidad 2 ensayada, el color azul representa a la unidad 3 ensayada, y el color verde representa a la unidad 4 ensayada). En el eje y tenemos la resistencia a la compresión de muretes de adobe, datos extraídos de la Tabla 13 (agrupados en barras para cada tipo de muestra).

**Figura 5**

*Resistencia a la compresión de muretes de adobe*



**4.5. Resistencia de mortero a la tracción:**

En la Tabla 14 se puede apreciar los resultados del ensayo de Resistencia de mortero a la tracción en Kg/cm<sup>2</sup> del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo. Además, se detalla el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación en cada resultado, para que se pueda usar en futuras investigaciones.

**Tabla 14**

*Resistencia de mortero a la tracción*

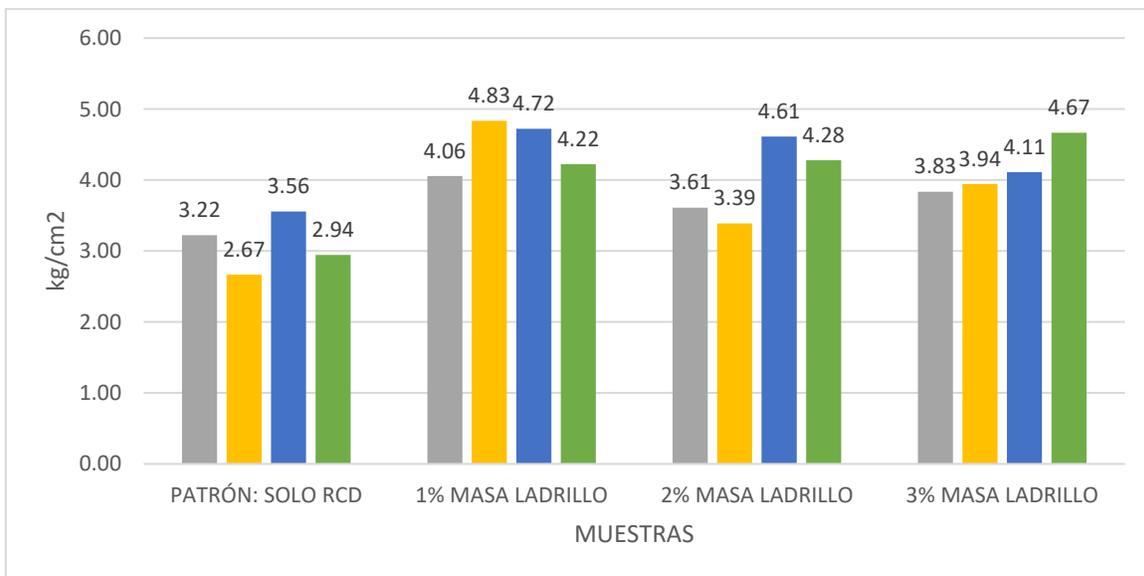
ÍTEM	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )			
	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	0.32 (3.22)	0.40 (4.06)	0.35 (3.61)	0.38 (3.83)
2	0.26 (2.67)	0.47 (4.83)	0.33 (3.39)	0.39 (3.94)
3	0.35 (3.56)	0.46 (4.72)	0.45 (4.61)	0.40 (4.11)

4	0.29 (2.94)	0.41 (4.22)	0.42 (4.28)	0.46 (4.67)
Promedio	3.10	4.46	3.97	4.14
Desv. Est.	0.38	0.38	0.57	0.37
Coef.				
Variac.	12.29%	8.47%	14.33%	8.94%

En la Figura 6 se muestra cómo varía la resistencia del mortero a la tracción según las muestras ensayadas. En el eje x tenemos los tipos de muestras ensayadas, datos extraídos de la Tabla 14 (el color plomo representa a la unidad 1 ensayada, el color amarillo representa a la unidad 2 ensayada, el color azul representa a la unidad 3 ensayada, y el color verde representa a la unidad 4 ensayada). En el eje y tenemos la resistencia del mortero a la tracción, datos extraídos de la Tabla 14 (agrupados en barras para cada tipo de muestra).

**Figura 6**

*Resistencia de mortero a la tracción*



En la Tabla 15 se puede apreciar el resumen de los resultados de cada ensayo ejecutado, como el ensayo de variación dimensional y alabeo, resistencia a la flexión módulo de rotura, resistencia a la compresión, resistencia a la compresión de muretes de adobe y de

resistencia de mortero a la tracción, en las unidades de albañilería del año 2022 en la ciudad de Trujillo a una muestra patrón (formado por solo RCD y tierra), otra muestra con adición de 1% de totora respecto la masa del ladrillo, otra muestra con adición de 2% de totora respecto la masa del ladrillo, y otra muestra con adición de 3% de totora respecto la masa del ladrillo.

**Tabla 15**

*Resumen de propiedades ensayadas*

ÍTEM	VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN: MÓDULO DE ROTURA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MURETES DE ADOBE	RESISTENCIA DE MORTERO A LA TRACCIÓN
	VARIACIÓN DIMENSIONAL (mm)	ALABEO (mm)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )
PATRÓN: SOLO RCD	3.00	10.00	0.64 (6.53)	0.32 (3.25)	0.10 (1.02)	0.30 (3.10)
1% MASA LADRILLO	3.00	10.00	0.56 (5.72)	0.24 (2.46)	0.15 (1.56)	0.44 (4.46)
2% MASA LADRILLO	5.00	10.00	1.74 (17.72)	0.22 (2.27)	0.11 (1.11)	0.39 (3.97)
3% MASA LADRILLO	2.00	10.00	0.98 (9.95)	0.10 (0.98)	0.12 (1.18)	0.41 (4.14)

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

La Figura 1 muestra la Variación dimensional de las muestras ensayadas. Según los resultados, se puede observar que, en la muestra patrón y en la muestra 1% masa del ladrillo, la máxima variación dimensional es de 3 mm, lo cual está dentro de los parámetros permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 3 Art. 3.1 Inc. 3.1.2., en la muestra 2% masa del ladrillo, la máxima variación dimensional es de 5 mm, lo cual está dentro de los parámetros permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 3 Art. 3.1 Inc. 3.1.2., y en la muestra 3% masa del ladrillo, la máxima variación dimensional es de 2 mm, lo cual está dentro de los parámetros permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 3 Art. 3.1 Inc. 3.1.2. Además, se analiza los parámetros de la NTP 331.017, donde indica que en la dimensión especificada entre 60 y 100 mm (alto) la variación máxima permisible es 3 mm, para dimensiones de 100 a 140 mm (ancho) la variación máxima es 5 mm, y para dimensiones de 140 a 240 mm (largo) la variación máxima es 6 mm. En las muestras ensayadas la variación dimensional máxima en largo es 2 mm cumpliendo el parámetro, en ancho es 2 mm cumpliendo el parámetro, y en altura es 5 mm no cumpliendo el parámetro para muestras de 2% la masa del ladrillo. Este segundo análisis tuviera mayor relevancia si las unidades ensayadas fueran de arcilla cocida, pero como no lo son, lo relevante es la evidencia del cumplimiento de la norma E070 para unidades de albañilería.

La Figura 2 muestra el Alabeo de las muestras ensayadas. Según los resultados, se puede observar que, en cada tipo de muestra, el máximo alabeo es de 10 mm, lo cual está dentro de los parámetros permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 3 Art. 3.1 Inc. 3.1.2.

La Figura 3 muestra la Resistencia a la flexión módulo de rotura de las muestras ensayadas. Según los resultados, se puede observar que, en la muestra patrón, la máxima resistencia a la flexión módulo de rotura es de  $8.33 \text{ kg/cm}^2$ , y en la muestra 1% masa ladrillo, es de  $7.38 \text{ kg/cm}^2$ , las cuales cumplen los parámetros permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 9 Art. 9.1. Inc. 9.1.8 y se clasifican para albañilería armada rellena de concreto líquido, para esfuerzos iguales o mayores a  $3 \text{ kg/cm}^2$ . También, en la muestra 2% masa ladrillo, la máxima resistencia a la flexión módulo de rotura es de  $23.05 \text{ kg/cm}^2$ , y en la muestra 3% masa ladrillo, es de  $14.31 \text{ kg/cm}^2$ , las cuales cumplen y sobrepasan los parámetros en la Tabla 1, E 070 Art. 9.1. Inc. 9.1.8 y se clasifican para albañilería armada rellena de concreto líquido. Los altos niveles en la resistencia a la flexión se deben a la adición de totora, el más alto resultado se alcanza con la adición de totora al 2% de la masa del ladrillo. Esto coincide con la investigación de Vasquez (2021) donde elaboran adobes con la fibra ichu y alcanzan su mayor resistencia a la flexión y compresión el 2.5% de esta fibra. Además, estos resultados pasan los parámetros establecidos de la resistencia a la flexión módulo de rotura como los hallados en la investigación Ceballos et. al. (2020) donde usaron RCD para elaborar adoquines.

La Figura 4 muestra la Resistencia a la compresión de las unidades de albañilería ensayadas. Según los resultados, se puede observar que, en la muestra patrón, la máxima resistencia a la compresión de las unidades de albañilería es de  $3.90 \text{ kg/cm}^2$ , en la muestra 1% masa del ladrillo, es de  $3.16 \text{ kg/cm}^2$ , en la muestra 2% masa del ladrillo, es de  $2.40 \text{ kg/cm}^2$ , y en la muestra 3% masa del ladrillo, la máxima resistencia a la compresión de las unidades de albañilería es de  $1.12 \text{ kg/cm}^2$ , las cuales no están dentro de los parámetros

permitidos en la Tabla 1, E 070 Cap. 3 Art. 3.1 Inc. 3.1.2. Lo cual es una limitación, ya que, no alcanzan a clasificarse como unidades de albañilería para fines estructurales, para ello se necesita como mínimo una resistencia de  $20.00 \text{ kg/cm}^2$ . Además, al compararlo con la norma NTP 331.017 ninguno alcanza los valores de resistencia a la compresión de las unidades de arcilla cocida. También, estos resultados evidencian un comportamiento distinto al añadir las fibras de paja o cáñamo como en la investigación de Calatan et al. (2017), donde la resistencia a la compresión aumentó en un 50% versus las muestras de control. Mostrando que, el tipo de fibra vegetal usada como reforzamiento también implica en la resistencia a la compresión de las unidades.

La Figura 5 muestra la Resistencia a la compresión de los muretes de adobe ensayados. Según los resultados, se puede observar que, en la muestra patrón, la máxima resistencia a la compresión de muretes de adobe es de  $1.09 \text{ kg/cm}^2$ , en la muestra 1% masa ladrillo, es de  $1.88 \text{ kg/cm}^2$ , en la muestra 2% masa ladrillo, es de  $1.19 \text{ kg/cm}^2$ , y en la muestra 3% masa ladrillo, la máxima resistencia a la compresión de muretes de adobe es de  $1.22 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales no están dentro de los parámetros permitidos en la E 080 Cap. 2 Art. 8 Inc. 8.4 letra C, porque no es igual o mayor a  $6.12 \text{ kg/cm}^2$ . Esto evidencia una limitación de las unidades de albañilería en resistencia a la compresión de muretes.

La Figura 6 muestra la Resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería. Según los resultados, se puede observar que, en la muestra patrón, la máxima resistencia del mortero a la tracción es de  $3.56 \text{ kg/cm}^2$ , en la 1% masa ladrillo, es de  $4.83 \text{ kg/cm}^2$ , en la 2% masa ladrillo, es de  $4.61 \text{ kg/cm}^2$ , y en la 3% masa ladrillo, la máxima resistencia del mortero a la tracción es de  $4.67 \text{ kg/cm}^2$ , las cuales están dentro de los

parámetros permitidos en la E 080 Cap. 2 Art. 8 Inc. 8.3 letra C, porque cumplen con una resistencia última mayor o igual a  $0.12 \text{ kg/cm}^2$ .

La Tabla 15 muestra el resumen de las propiedades ensayadas en las unidades de albañilería. Según los resultados, las muestras 1% y 2% masa del ladrillo tienen los mejores números dentro de los límites permisibles por normativa, excepto por la resistencia a compresión.

## 4.2 Conclusiones

En la presente tesis se determinó el efecto del contenido de totora (*Scirpus californicus*) en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería obtenidas a partir de residuos de construcción y demolición.

Se evaluó los resultados de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora.

Se determinó la variación dimensional y alabeo de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora. Analizando las muestras ensayadas, todas cumplen los parámetros de variación dimensional y alabeo de acuerdo a la norma E070, clasificándose por estas dos características como ladrillo tipo I.

Se evaluó el comportamiento respecto a la resistencia a la flexión módulo de rotura de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora, evidenciándose como la propiedad en que mejor se desenvuelven, alcanzando una flexión de  $23.05 \text{ kg/cm}^2$ , siendo lo establecido por norma E070  $3.00 \text{ kg/cm}^2$ , todo esto gracias a la adición de totora.

Se evaluó el comportamiento respecto a la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora, mostrando que ninguna muestra ensayada alcanza la resistencia mínima  $20.00 \text{ kg/cm}^2$  para clasificarse como unidad de albañilería para uso estructural.

Se evidenció el comportamiento respecto a la resistencia a la compresión de muretes de adobe elaboradas a base de RCD y totora, indicando que ninguna muestra ensayada es igual o mayor a la resistencia  $6.12 \text{ kg/cm}^2$ , establecida en la norma E080.

Se evaluó el comportamiento respecto a la resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD y totora, que todas cumplen y sobrepasan el parámetro  $0.12 \text{ kg/cm}^2$  indicado en la norma E080.

La investigación evidenció que, las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora cumplen en 3 de 5 los parámetros establecidos en las normativas del sector.

La investigación confirmó que, las propiedades como variación dimensional, alabeo, resistencia a la flexión módulo de rotura, resistencia a la compresión, resistencia a la compresión de muretes de adobe y resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora tienen un mejor comportamiento respecto a las unidades de albañilería elaboradas solo en base a RCD sin adición de totora.

Se determinó que, las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora no tienen una diferencia significativa respecto a los ladrillos estructurales en compresión; sin embargo, existe una diferencia amplia en resistencia a la flexión.

La investigación promueve la construcción circular, el ahorro de insumos y genera mayor conocimiento para la elaboración de unidades de albañilería en base de RCD y fibras vegetales como la totora.

Se recomienda realizar nuevas investigaciones usando cemento para unir las unidades de albañilería, ya que en las evaluadas se usó mortero de tierra y arena, para mejorar las propiedades de resistencia a la compresión de muretes.

Se recomienda realizar nuevas investigaciones evaluando mayor cantidad de unidades de albañilería.

Se recomienda evaluar nuevas fibras vegetales locales para comparar su desempeño frente a la totora.

## REFERENCIAS

Actualidad ambiental. (2021). Podrían quitar categoría de Patrimonio de la Humanidad a Chan Chan por desmonte y basura. <https://www.actualidadambiental.pe/podrian-quitar-categoria-de-patrimonio-de-la-humanidad-a-chan-chan-por-desmonte-y-basura/>

Agarwal, M., & Krishan, A. (2017). Reusability of Construction & Demolition waste in bricks. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 04(12), 5. <https://www.irjet.net/archives/V4/i12/IRJET-V4I1228.pdf>

Andina. (2021, 23 de abril). Chan Chan: autoridades suman esfuerzos para solucionar problema de arrojado de basura [Publicación electrónica]. <https://andina.pe/agencia/noticia-chan-chan-autoridades-suman-esfuerzos-para-solucionar-problema-arrojado-basura-842473.aspx>

Aslam, M., Huang, B., & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, 264, 110445. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110445>

ASTM International. (1997). *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus*. (C177). [www.astm.org](http://www.astm.org)

Bazán, I. (2018). Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (Tesis de titulación como Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN\\_GARA\\_Y\\_CARACTERIZACION\\_RESIDUOS\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/10189/BAZAN_GARA_Y_CARACTERIZACION_RESIDUOS_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Bernuy, E. (2019). Percepción del beneficio de residuos de construcción y demolición en las empresas constructoras de obras públicas en la provincia de Huaura – 2017 (Tesis de titulación en Ingeniería Civil). Universidad Nacional “José Faustino Sánchez Carrión”. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3047/BERNUY%20TIBURCIO,%20EDEN%20WILMER.pdf?sequence=1>

Bocanegra, J., & Espejo, Y. (2018). Influencia de la granulometría y el porcentaje de reemplazo de ladrillo reciclado sobre la resistencia a la compresión, absorción y capilaridad en la fabricación de morteros para enlucidos de albañilería (Tesis de titulación como Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10482>

Borghi, G., Pantini, S., & Rigamonti, L. (2018). Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). *Journal of Cleaner Production*, 184, 815-825. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.287>

Calatan G., Hegyi A., Dico, C. y Mircea C. (2017). Experimental Research on the Recyclability of the Clay Material used in the Fabrication of Adobe Bricks Type Masonry Units. *Procedia Engineering*, 181, 363-369. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.402>

Campos, F., Amendoeira, A. (2020). Characteristics and patterns of inappropriate disposal of construction and demolition waste in the municipality of Cabo Frio, Brazil. *Urbe*. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20200091>

Ceballos, S., González, D., Sánchez, J. (2020). Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición (RC&D) generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la Fabricación de Adoquines. *Ion*. <https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>

Cheng, H. (2016). Progreso de la investigación de reutilizar residuos de ladrillos de arcilla. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 218-226.  
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.029>

Código de ética del CIP (1987).  
[http://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo\\_de\\_etica\\_del\\_cip.pdf](http://www.cip.org.pe/publicaciones/reglamentosCNCD2018/codigo_de_etica_del_cip.pdf)

Código ética investigador científico UPN (2016).  
<https://www.upn.edu.pe/sites/default/files/documentos/codigo-etica-investigador-cientifico-upn.pdf>

Congreso de la República de Perú. (2022). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición DS. (N° 002). El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-gestion-y-manej-decreto-supremo-n-002-2022-vivienda-2055631-1/>

Construyendo Seguro (2019). ¿Cuáles son las unidades de albañilería que debes conocer? <http://www.construyendoseguro.com/cuales-son-las-unidades-de-albanileria-que-debes-conocer/>

Contreras M., Teixeira S., Lucas M., Lima L., Cardoso D., Da Silva G., Dos Santos, A. (2016). Reciclaje de residuos de construcción y demolición para producir nuevo material de construcción (estudio de caso de Brasil). *Construcción y materiales de construcción*, 123, 594-600. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>

Cruzado, J. (2018). Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento (Tesis para optar el título de ingeniero agrícola). Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3544/cruzado-ruiz-jose-luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ASTM International. (2018). *Resistencia a La Compresión de Prismas de Mampostería*. (C1314). <https://www.scribd.com/doc/298716855/C1314-Resistencia-a-La-Compresion-de-Prismas-de-Mamposteria>

Defensoría del Pueblo (2021). Se requieren acciones urgentes para preservar Chan Chan. <https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-se-requieren-acciones-urgentes-para-preservar-chan-chan/>

El Comercio (2022). El botadero “El Milagro” no es “uno de los 50 lugares más contaminados del mundo”. <https://elcomercio.pe/elecciones/el-botadero-el-milagro-no-es-uno-de-los-50-lugares-mas-contaminados-del-mundo-roger-taboada-trujillo-peru-check-noticia/?ref=ecr>

El Peruano. (2022). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-gestion-y-manej-decreto-supremo-n-002-2022-vivienda-2055631-1/>

Ezzat, A. & Osama, A. (2021). Cuantificación del desperdicio de materiales en la industria de la construcción egipcia: un análisis crítico de tasas y factores. *Architectural Engineering*. 17. [https://buescholar.bue.edu.eg/arch\\_eng/17](https://buescholar.bue.edu.eg/arch_eng/17)

Flores, J. (2019). Propuesta de una metodología para la disposición final sostenible de los residuos sólidos de construcción y demolición generados en el distrito de Huaraz, 2016 (Tesis para optar al doctorado en Ingeniería Ambiental). Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".  
[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3279/T033\\_40034758\\_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3279/T033_40034758_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Gastañaga W., Pascacio J. (2018). Gestión de residuos de concreto y ladrillos en la construcción de edificios (Tesis para optar a la maestría en la Gestión de la construcción). Universidad Tecnológica del Perú.  
[https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2184/Waldo%20Gasta%c3%blaga\\_Juan%20Pascacio\\_Trabajo%20de%20Investigacion\\_Maestria\\_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/2184/Waldo%20Gasta%c3%blaga_Juan%20Pascacio_Trabajo%20de%20Investigacion_Maestria_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Gestión (2020). Residuos sólidos de construcción y demolición ahora se considerarán pasivos ambientales. <https://gestion.pe/economia/residuos-solidos-de-construccion-y-demolicion-ahora-se-consideraran-pasivos-ambientales-noticia/#:~:text=Residuos%20s%C3%B3lidos%20de%20construcci%C3%B3n%20y,considerar%C3%A1n%20pasivos%20ambientales%20%7C%20ECONOMIA%20%7C%20GESTI%C3%93N>

Glaydson et al. (2020). Fabrication, microstructure, and properties of fired clay bricks using construction and demolition waste sludge as the main additive. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120733.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620307800?via%3Dihub>

Ghaffar, S., Burman, M., & Braimah, N. (2020). Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118710>

Han, N., Ishigaki, T., Kubota, R., Kien, T., Thang, T., Giang, H., Yamada, M., Kawamoto, K. (2021). Evaluación financiera y económica del reciclaje de residuos de construcción y demolición en Hanoi, Vietnam. *Waste Management*. Volume 131, 294-304. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.06.014>

Hasan, R., Islam, S., Chandro, B (2022). Obstáculos para mejorar la gestión de residuos de construcción y demolición en Bangladesh. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2022.2056804>

Heriot-Watt team launches recycled bricks. (2020). <https://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/heriot-watt-team-launches-recycled-bricks>

Hidalgo, J. (2007). Aprovechamiento de la Totora como material de construcción (Tesis para optar el título de arquitecto). Universidad de Cuenca, Ecuador. <https://blogs.upm.es/ricsat/wp-content/uploads/sites/388/2017/04/Tesis-Totora-Material-de-Construccion-JFHC-opt.pdf>

Hidalgo, J., & García, J. (2018). Totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A. Mey. Soják) and its potential as a construction material. *Industrial Crops and Products*, 112, 467-480. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.029>

Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 36-44.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Anuario de estadísticas ambientales: Capítulo 3: Residuos*.  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1416/cap03.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1416/cap03.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Anuario de estadísticas ambientales: Capítulo 6: Protección, gestión y conciencia ambiental*. (06).  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1469/cap06.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1469/cap06.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Sistema de información regional para la toma de decisiones*.  
<http://webinei.inei.gov.pe:8080/SIRTOD/inicio.html#app=8d5c&d4a2-selectedIndex=1&d9ef-selectedIndex=1>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Características de las viviendas particulares y los hogares: Resultados del censo nacional 2017*.  
[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/index.html](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/index.html)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Perú anuario de estadísticas ambientales*.

[https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1704/libro.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Informe técnico de Producción nacional*. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico\\_produccion\\_abril.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico_produccion_abril.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Características de las viviendas particulares censadas: Capítulo 1: Censos Nacionales (2017)*. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/parte01.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Variación de los indicadores de precios de la economía*. Pág. 16. [https://www.inei.gov.pe/media/principales\\_indicadores/04-informe-tecnico-variacion-de-precios-mar-2022.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/principales_indicadores/04-informe-tecnico-variacion-de-precios-mar-2022.pdf)

Instituto Nacional de Calidad. (2015). *Elementos de arcilla cocida, ladrillos de arcilla usados en Albañilería, requisitos*. (NTP 331.017)

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2013). *Unidades de albañilería, método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de prismas de albañilería*. (NTP399.605)

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2005). *Unidades de albañilería, Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. (NTP-399.613)

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2004). *Unidades de albañilería, método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería*. (NTP-399.621)

Iodice, S., Garbarino, E., Cerreta, M., Tonini, D. (2021). Evaluación de la sostenibilidad de la gestión de residuos de construcción y demolición aplicada a un caso italiano. *Waste Management*. Volume 128, 83-98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.031>

Jin, R., Yuan, H., & Chen, Q. (2019). Science mapping approach to assisting the review of construction and demolition waste management research published between 2009 and 2018. *Resources, Conservation and Recycling*, 140, 175-188. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.029>

Lai, Y., Yeh, L., Chen, P., Sung, P. & Lee, Y. (2016). Management and Recycling of Construction Waste in Taiwan. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 723-730. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.077>

La materia y sus propiedades. *8448146263.pdf*. (s. f.). <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146263.pdf>

Lederer, J., Gassner, A., Kleemann, F., & Fellner, J. (2020). Potentials for a circular economy of mineral construction materials and demolition waste in urban areas: A case study from Vienna. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104942. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>

Limay, E., Vásquez H. (2019). Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (*Stipa ichu*) (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Privada del Norte.  
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21089#:~:text=Obteniendo%20los%20resultados%20en%20la,de%20Ichu%2035.89%20kg%20Fcm%20B2>.

Li, J., Yao, Y., Zuo, J., & Li, J. (2020). Key policies to the development of construction and demolition waste recycling industry in China. *Waste Management*, 108, 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.016>

López, L., Roca, X., & Gassó, S. (2019). The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119238>

Medina, J. (2018). Caracterización de los residuos sólidos generados en la obra de creación e implementación de laboratorios de simulación contable en la etapa de construcción (Trabajo de investigación como practicante de Ingeniería Ambiental). Universidad Nacional Agraria de la Selva.  
<https://portal.unas.edu.pe/sites/default/files/epirnr/CARACTERIZACION%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20GENERADOS%20EN%20LA%20OBRA%20DE%20CREACION%20E%20IMPLEMENTACION%20DE%20LABORATORIOS%20DE%20SIMULACION%20CONTABLE%20EN%20LA%20ETAPA%20DE%20CONSTRUCCION.pdf>

Mejía, C., Sierra, L., Arboleda, S., Zuluaga, U. (2021). Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición. *TecnoLógicas*, vol. 24, nro. 52, e2038. <https://doi.org/10.22430/22565337.2038>

Menegaki, M., & Damigos, D. (2018). A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.010>

Mercedes, M. (2019). Uso de las Fibras. <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema12/12-5uso.htm>

Ministerio del ambiente. (2020). Listado de empresas operadoras de residuos sólidos. <https://sites.google.com/minam.gob.pe/dgrs-eo/p%C3%A1gina-principal>

Murtagh, N., Scott, L., & Fan, J. (2020). Sustainable and resilient construction: Current status and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122264. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122264>

Norma E.070. Diario oficial El Peruano, martes 23 de mayo de 2006. Última actualización 2019.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2021). Fiscalidad ambiental subsector de residuos sólidos OEFA. <https://publico.oefa.gob.pe/Portalpifa/OEFAenCifras.do>

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2021). OEFA lanza aplicativo "Reporta Residuos" para alertar la acumulación de residuos sólidos en las calles. <https://www.oefa.gob.pe/oefa-lanza-aplicativo-reporta-residuos-para-alertar-la-acumulacion-de-residuos-solidos-en-las-calles/ocac06/>

Ordenanza que regula la gestión integral de residuos sólidos ordenanza N° 004 2019 (2019). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ordenanza-que-regula-la-gestion-integral-de-residuos-solidos-ordenanza-no-004-2019-mdb-1743859-1>

Orsini, F., & Marrone, P. (2019). Approaches for a low-carbon production of building materials: A review. *Journal of Cleaner Production*, 241, 118380. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118380>

Pacheco, C., Fuentes, L., Sánchez, E., Rondón, H. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, núm. 2, 533-555. <https://www.redalyc.org/journal/852/85252030015/html/>

Presidencia de la República. (2022). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión y Manejo de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición*. (002). El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-gestion-y-manej-decreto-supremo-n-002-2022-vivienda-2055631-1/>

Quispe, M. (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 (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Andina del Cusco. [http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/707/3/Merly\\_Tesis\\_bachiller\\_2016\\_P\\_1.pdf](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/707/3/Merly_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf)

Sánchez, J., Ospina, M., Moreno, L. & Chaves, S. (2018). Mechanical Behavior of Masonry Concrete Units Made with Rubbish Proceeded From the Demolition of Buildings Constructed with Common Bricks. *International Journal of Applied Engineering*, Volume 13, Number 23, 16447-16459.

Seco, A., Omer, J., Marcelino, S., Espuelas, S., & Prieto, E. (2018). Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. *Construction and Building Materials*, 167, 154-165.

Sernaqué, P. (2020). Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) con adición de residuos de construcción y demolición (RCD) como material de construcción sostenible en la ciudad de Piura. ALICIA. [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_45778dfd9b202d947fa7fb0fd99cefd6](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_45778dfd9b202d947fa7fb0fd99cefd6)

Sevilla Chinchilla, I. (2019). Gestión de residuos sólidos de la actividad de demolición; estudio de casos en profesionales y especialistas en la zona financiera del distrito de San Isidro en el 2018 (Tesis para optar la maestría en Arquitectura y Sostenibilidad). Universidad Ricardo Palma. <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Paideia/article/view/2754>

Sharkawi, A., El Mofty, S., Showaib, E., & Abbass, S. (2018). Feasible Construction Applications for Different Sizes of Recycled Construction Demolition Wastes. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3351-3366. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.014>

Suárez, S., Andrés, J., Mahecha, L., & Calderón, L. (2018). Diagnóstico y propuestas para la gestión de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Ibagué (Colombia) *Gestión y Ambiente*, Vol. 21, N°. 1, 9-21. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687508>

Silva, R., Brito, J., & Dhir, R. (2019). Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117629. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619324795?via%3Dihub>

Silva, G. (2019). Development of an eco-friendly composite based on geopolymers matrix produced with fired clay brick powder and reinforced with natural fibers (Tesis de maestría en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13564>

Silva, G., Kim, S., Aguilar, R., & Nakamatsu, J. (2020). Natural fibers as reinforcement additives for geopolymers – A review of potential eco-friendly applications to the construction industry. *Sustainable Materials and Technologies*, 23, e00132. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00132>

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2019). Reporte de Denuncias: Denuncias ambientales presentadas ante la Municipalidad Metropolitana de Lima durante el año 2019. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/denuncias-ambientales-presentadas-ante-municipalidad-metropolitana>

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2019). Análisis de indicadores ambientales: Generación total de residuos sólidos domiciliarios urbanos. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/libertad-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2018). Denuncias ambientales registradas por el OEFA. <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=09>

Sormunen, P., & Kärki, T. (2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24, 100742. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100742>

Teque, R. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos de construcción y demolición (RCD) generados en el distrito de San José - provincia de Lambayeque - departamento de Lambayeque-2020. ALICIA.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT\\_e8074f3cdeee13a760d0d1b20fc46ed2](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_e8074f3cdeee13a760d0d1b20fc46ed2)

Totora (Scirpus californicus). (s. f.).

[https://www.peruecologico.com.pe/flo\\_totora\\_2.htm](https://www.peruecologico.com.pe/flo_totora_2.htm)

Taylor, D. (2020). Not just another brick in the wall. *The construction index*.

<https://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/not-just-another-brick-in-the-wall>

Vargas, E. (2020). El reciclaje de residuos por demolición de edificaciones menores en el desarrollo sostenible caso distrito Jesús María – Lima (Tesis para optar el doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible). Universidad Nacional Federico Villarreal.

<https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4154>

Vásquez, L. (2019). Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con fibra de pino; Cajamarca 2019” (Tesis para optar el título en Ingeniería Civil). Universidad Privada del Norte.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28243#:~:text=Los%20resultados%20muestran%20que%20los,de%20fibra%20de%20pino%20respectivamente>

Véliz, K., Ramírez, G, Ossio, F. (2022). Disposición a pagar por residuos de construcción y demolición de edificaciones en Chile. *Waste Management*. Vol. 137, 222-230. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.11.008>

Vilcas, C. (2019). Comparación de los resultados de ensayos físico-mecánicos realizados a bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición en Sudamérica (Tesis para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Civil). Universidad Continental.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/6098>

Yap, S., Goh, Y., Mo, K., & Ibrahim, H. (2020). Recycling of Construction and Demolition Wastes Into Renewable Construction Materials. En S. Hashmi & I. A. Choudhury (Eds.), *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials* (pp. 520-526). El sevier.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11448-1>

Zhang, F., Ju, Y., Santibanez, E, Wang, A., Donga, P., Giannakis, M. (2021). Evaluación de esquemas de utilización de residuos de construcción y demolición en un entorno incierto: un enfoque difuso, heterogéneo y multicriterio para la toma de decisiones. *Waste Management*. Vol. 313, 127907. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127907>

Zhang, L., Sojobi, A., Kodur, V., & Liew, K. M. (2019). Effective utilization and recycling of mixed recycled aggregates for a greener environment. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117600. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.075>

## ANEXO N° 1 DECLARACIÓN JURADA

### DECLARACIÓN JURADA PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – PARA OBTENCIÓN DE BACHILLER

Yo, ..... Flore de Belón Flores Silvestre ....., estudiante (u6)  
 del ciclo X o egresado ( ) de la carrera de ..... Ingeniería Civil ....., de  
 la Facultad de ..... Ingeniería ....., del campus ubicado en  
 ..... sede Trujillo - San Isidro .....; con DNI ..... 72216720 ..... y con código de estudiante ..... N00082420 ....., y el  
 coautor <sup>[1]</sup> o los coautores:

APellidos y Nombres	Estudiante o Egresado	Ciclo	Carrera	Facultad	DNI	Código

Declaramos que hemos sido informados sobre las condiciones para el desarrollo del trabajo de investigación en grupo que conducen al grado de bachiller, las cuales comprenden lo siguiente:

1. El trabajo de investigación se desarrollará de forma equitativa, participando por igual en cada una de las fases de la investigación.
2. El proceso de la solicitud del grado de bachiller debe ser en conjunto. Si uno de los autores está ausente, no se podrá iniciar el proceso.
3. Se podrá generar algunas excepciones, en las cuales el coautor o coautores que está(n) imposibilitado(s) en desarrollar el proceso de bachiller podrá ceder los derechos de autor patrimoniales de forma permanente al otro(s) coautor(es). Estos casos se darán como se expresa en la siguiente tabla:

Caso	Activación de Cesión de Derechos de Autor Patrimonial
Muerte del coautor	Cesión de derechos de autor patrimonial permanente de forma automática.
Mudanza de un coautor a otra ciudad o país	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no retornará a la ciudad y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.
Desistió de usar la tesis para la obtención de su título profesional	Presentar el formato de cesión de derecho patrimonial explícito en el que el autor/coautor manifieste que no utilizará la tesis y que cede sus derechos de autor patrimonial a su coautor de forma permanente.

..... Trujillo ....., 10 de ..... 12 ..... de 2019/2019  
(Lugar) (día) (mes) (año)

  
 Firma de autor 1

.....  
 Firma de autor 2

.....  
 Firma de autor 3

.....  
 Firma de autor 4

.....  
 Firma de autor 5

[1] Coautor: Persona que participa en la creación de una obra o en el logro de un trabajo conjuntamente con otra persona.

**ANEXO N° 2 ACTA DE AUTORIZACIÓN**  
**ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL PROYECTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**

El asesor Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación de la estudiante:

- Flor de Belén Flores Silvestre

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: "EFECTO DEL CONTENIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LADRILLOS TIPO III, TRUJILLO 2019" para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

  
  
Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Asesor

### ANEXO N° 3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<b>V. I. TOTORA (Scirpus californicus)</b>	Es una fibra vegetal con excelentes propiedades físicas que crece, tanto de manera silvestre como cultivada en la costa y sierra del Perú, desde el nivel del mar hasta los 4,000 m de altitud. Es aprovechada por sus propiedades desde tiempos ancestrales por varias culturas (Hidalgo, P., Hidalgo, J., García, J., 2019 & Perú Ecológico, 2007).	Será medida a través de ensayos de laboratorio sus propiedades físicas. *Por la situación del país respecto al covid-19, no están abiertos los laboratorios.	Propiedades Físicas	-Dureza del tallo  -Baja densidad  -Aislante térmico
<b>V. D. PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS ELABORADOS CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b>	Son aquellos residuos generados en las actividades y procesos de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de edificaciones e infraestructura, y tienen propiedades físico-mecánicas al reusarlos como insumos de unidades de albañilería (Sánchez, A., 2016).	Será medida a través de ensayos de laboratorio de propiedades físico-mecánicas de ladrillos de RCD. *Por la situación del país respecto al covid-19, no están abiertos los laboratorios.	Propiedades físico-mecánicas	-Variación dimensional -Alabeo -Absorción -Densidad -Succión -Resistencia a la compresión -Resistencia a la compresión de pilas -Resistencia a la compresión de muretes -Módulo de rotura -Conductividad térmica

Fuente: Propia

## ANEXO N° 4 MATRIZ DE CONSISTENCIA Y CRONOGRAMA

Tabla 12  
*Matriz de consistencia*

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES
<p>¿Cuál es el efecto del contenido de totora (Scirpus californicus) en las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería obtenidas a partir de residuos de construcción y demolición, Trujillo 2022?</p>	<p>Con la adición de las fibras vegetales de totora las unidades de albañilería elaboradas con RCD tendrán un mejor desempeño en sus propiedades, alcanzando las características de un ladrillo estructural.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Con la adición de fibras vegetales de totora a las unidades de albañilería de residuos de construcción y demolición mejorarán sus propiedades físico-mecánicas, alcanzando las características de un ladrillo estructural.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora cumplen los parámetros establecidos en las normativas del sector.</li> <li>✓ Las propiedades como variación dimensional, alabeo, resistencia a la flexión módulo de rotura, resistencia a la compresión, resistencia a la compresión de muretes de adobe y resistencia de mortero a la tracción de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora tienen un mejor comportamiento respecto a las unidades de albañilería elaboradas solo en base a RCD sin adición de totora.</li> <li>✓ Las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería elaboradas a base de RCD adicionados con fibras de totora tienen una diferencia significativa respecto a los ladrillos estructurales.</li> <li>✓ La investigación promueve la construcción circular, el ahorro de insumos y genera mayor conocimiento.</li> </ul>	<p>V. I. ADICIÓN DE TOTORA (Scirpus californicus)</p> <p>V. D. PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ELABORADAS CON RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)</p>

*Fuente: Propia*

Tabla 13  
*Cronograma*

<b>MESES</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
ABRIL	Semana 3: Hacer la introducción de la Tesis. Semana 4: Terminar la elaboración de la introducción de la Tesis.
MAYO	Semana 5: Hacer la metodología de la Tesis. Semana 6: Continuar con la metodología de la Tesis. Semana 7: Terminar la metodología de la Tesis.
AGOSTO	Semana 12: Hacer el análisis de resultados.
SEPTIEMBRE	Semana 13: Hacer la discusión de la Tesis. Semana 14: Hacer la conclusión de la Tesis.

*Fuente: Propia*

## ANEXO N° 5 FICHAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



FECHA: 19/08/2022  
 TESISITA: Ench. Belón Flores Silvestre  
 ENSAYO: Variación dimensional y Alabeo

CANTIDAD		16 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			
1. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL N.T.P. 399.613 Y N.T.P. 399-604					
MUESTRAS		cm			
		1 UND	2 UND	3 UND	4 UND
PATRÓN: SOLO RCD	Largo:	20.90	20.90	21.00	21.00
	Ancho:	12.00	12.00	12.00	12.10
	Altura:	8.00	7.80	8.00	8.30
1% MASA LADRILLO	Largo:	20.80	21.00	20.90	20.80
	Ancho:	12.00	12.00	11.80	12.00
	Altura:	8.20	7.90	8.30	7.90
2% MASA LADRILLO	Largo:	20.80	20.80	20.90	21.00
	Ancho:	12.00	12.20	12.00	11.90
	Altura:	8.50	8.30	8.00	8.40
3% MASA LADRILLO	Largo:	20.90	20.80	20.80	20.90
	Ancho:	12.00	11.80	11.80	12.00
	Altura:	7.80	8.00	8.00	7.90
CANTIDAD		16 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			

1. ENSAYO DE ALABEO N.T.P. 399.613 Y N.T.P. 399-604									
MUESTRAS		cm							
		1 UND		2 UND		3 UND		4 UND	
PATRÓN: SOLO RCD	L1	0.20	0.30	1.00	1.00	0.20	0.20	1.00	1.00
	L2	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.30	0.05	0.05
1% MASA LADRILLO	L1	0.90	0.80	0.90	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00
	L2	0.10	0.10	0.05	0.05	0.20	0.20	0.10	0.10
2% MASA LADRILLO	L1	0.80	0.95	0.90	0.80	0.90	0.80	0.90	0.85
	L2	0.10	0.20	0.10	0.10	0.20	0.12	0.10	0.10
3% MASA LADRILLO	L1	0.90	0.95	1.00	1.00	0.85	0.90	1.00	1.00
	L2	0.50	0.30	0.20	0.30	0.20	0.20	0.25	0.20

AUTORIZA:



ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO  
ENCARGADO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL UPN



FECHA: 19/08/2022

TESISTA: Bach. Belón Flores Silvestre

ENSAYO: Resistencia a la flexión módulo de rotura

2. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN MÓDULO DE ROTURA				
Kgf				
ÍTEM	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	103.00	143.00	562.00	217.00
2	203.00	111.00	355.00	349.00
3	145.00	124.00	397.00	201.00
4	186.00	180.00	414.00	203.00

AUTORIZA:



ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO  
ENCARGADO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
UPN TRUJILLO



FECHA: 19/08/2022 - 20/08/2022  
 TESISTA: Bach. Belén Flores Silvestre  
 ENSAYO: Resistencia a la compresión de unidades de albañilería

CANTIDAD		16 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA				
Kgf				
ÍTEM	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	817.00	510.00	577.00	194.00
2	979.00	552.00	531.00	234.00
3	748.00	780.00	602.00	275.00
4	729.00	613.00	572.00	270.00

AUTORIZA:



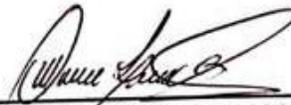
**ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO**  
 ENCARGADO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
 UPN TRUJILLO



FECHA: 24/08/2022  
 TESISISTA: Bach. Belón Flores Silvestre  
 ENSAYO: Resistencia a la compresión de muretes de adobe

CANTIDAD		48 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MURETES DE ADOBE				
Kgf				
ÍTEM	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	253.00	376.00	297.00	278.00
2	239.00	341.00	303.00	286.00
3	256.00	463.00	209.00	300.00
4	276.00	376.00	305.00	307.00

AUTORIZA:



ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO  
 ENCARGADO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
 UPN TRUJILLO



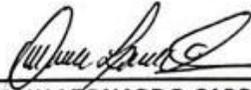
FECHA: 31/08/2022

TESISTA: Bach. Belón Flores Silvestre

ENSAYO: Resistencia del mortero a la tracción

CANTIDAD		32 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA		
5. ENSAYO DE RESISTENCIA DEL MORTERO A LA TRACCIÓN				
Kgf				
ÍTEM	PATRÓN: SOLO RCD	1% MASA LADRILLO	2% MASA LADRILLO	3% MASA LADRILLO
1	58.00	73.00	65.00	69.00
2	48.00	87.00	61.00	71.00
3	64.00	85.00	83.00	74.00
4	53.00	76.00	77.00	84.00

AUTORIZA:



ING. WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO  
ENCARGADO DE LABORATORIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
UPN TRUJILLO