



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales  
de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Bazán Escalante Luis Gerardo (orcid.org/0000-0001-7613-1347)

**ASESOR:**

Mg. Cubas Armas Marlon Robert (orcid.org/0000-0001-9750-1247)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos y abuela por su amor, comprensión y apoyo incondicional para poder conseguir mis metas propuestas, para finalizar con éxito mis estudios de Licenciatura.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme fortaleza cuando estoy débil y en dificultades. A la Universidad César Vallejo por permitirme culminar mis estudios de licenciatura, también mi gratitud a los Docentes y en especial al Mg. Marlon Robert Cubas Armas por su asesoramiento.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN .....	vii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	8
III. RESULTADOS (DISCUSIÓN) .....	14
IV. CONCLUSIONES .....	24
REFERENCIAS .....	26
ANEXOS.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación geográfica de la PTAR de la provincia de Celendín.....	29
<b>Figura 2:</b> Visita a la PTAR de la provincia de Celendín .....	32
<b>Figura 3:</b> Entrevista al encargado de la PTAR.....	32
<b>Figura 4:</b> Lecho de secado de los lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín .....	33
<b>Figura 5:</b> Lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín .....	34
<b>Figura 6:</b> Recolección de los lodos residuales.....	34
<b>Figura 7:</b> Proceso de secado de la arcilla.....	35
<b>Figura 8:</b> Recolección de arcilla.....	35
<b>Figura 9:</b> Recolección de arcilla.....	36
<b>Figura 10:</b> Molde de madera de pino .....	36
<b>Figura 11:</b> Molde de metal .....	37
<b>Figura 12:</b> Amasado de la arcilla .....	38
<b>Figura 13:</b> Consistencia pastosa de la arcilla .....	38
<b>Figura 14:</b> Triturado del lodo residual .....	39
<b>Figura 15:</b> Tamizado del lodo residual.....	39
<b>Figura 16:</b> Lodo residual tamizado .....	40

<b>Figura 17:</b> Ladrillo de muestra patrón .....	40
<b>Figura 18:</b> Mezcla para elaborar 50 ladrillos con el 5 % de inclusión de lodo residual .	41
<b>Figura 19:</b> Moldeado de ladrillos con el 5 % de inclusión de lodo residual .....	41
<b>Figura 20:</b> Ladrillos con el 5% de inclusión de lodo residual .....	42
<b>Figura 21:</b> Ladrillos con el 10% de inclusión de lodo residual .....	42
<b>Figura 22:</b> Ladrillos con el 15% de inclusión de lodo residual .....	43
<b>Figura 23:</b> Se voltearon los ladrillos para que puedan secar por las otras caras.....	43
<b>Figura 24:</b> Se voltearon los ladrillos para que puedan secar por las otras caras.....	44
<b>Figura 25:</b> Cocción de ladrillos artesanales .....	44
<b>Figura 26:</b> Prueba de resistencia a la compresión.....	45
<b>Figura 27:</b> Prueba de absorción .....	45
<b>Figura 28:</b> Prueba de alabeo .....	46
<b>Figura 29:</b> Resultados de análisis de laboratorio .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Definición de variable independiente .....	9
<b>Tabla 2:</b> Cuadro de Operacionalización de la variable independiente .....	10
<b>Tabla 3:</b> Definición de variable dependiente .....	10
<b>Tabla 4:</b> Cuadro de Operacionalización de la variable dependiente .....	10
<b>Tabla 5:</b> Técnicas e Instrumentos por indicador y dimensión de la investigación .....	11
<b>Tabla 6:</b> Principios éticos .....	13
<b>Tabla 7:</b> Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual .....	15
<b>Tabla 8:</b> Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual .....	16
<b>Tabla 9:</b> Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual .....	16
<b>Tabla 10:</b> Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual .....	18

<b>Tabla 11:</b> Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual .....	18
<b>Tabla 12:</b> Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual .....	19
<b>Tabla 13:</b> Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual .....	20
<b>Tabla 14:</b> Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual .....	21
<b>Tabla 15:</b> Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 15% de lodo residual .....	21
<b>Tabla 16:</b> Matriz de consistencia.....	28

## RESUMEN

La presente investigación titulada elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca, se fijó como objetivo elaborar ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca, como metodología de aplicó el método científico de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. Por lo cual se fabricó ladrillos con inclusión de lodo residual del 5, 10 y 15%, para determinar sus propiedades físico-mecánicas, y poder compararlas con la NORMA E.070. En la investigación se llegó a las siguientes conclusiones, según las pruebas realizadas para determinar la resistencia mecánica de los ladrillos, se determinó que los ladrillos artesanales con inclusión de lodos residuales de 5,10 y 15% son ladrillos tipo I, es decir que sirven para construcciones de albañilería en escenarios de exigencias mínimas, este tipo de construcciones tiene una aguante y tiempo de vida muy bajos. Lo más recomendable es utilizar los ladrillos con inclusión del 5% de lodo residual, ya que presentan mejores resultados a las pruebas de resistencia a la compresión y absorción, en la prueba de alabeo que se realizó para determinar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos artesanales, se obtuvo como resultados los ladrillos con el 15% de inclusión de lodos residuales presentan menor porcentaje de alabeo, siendo los más óptimos en temas de resistencia y aspecto de la albañilería, debido al espesor del mortero que se utilizará al momento de realizar una construcción con este tipo de ladrillos, sin embargo el alabeo se puede modificar al momento de elaborar los ladrillos artesanales, teniendo un poco más de cuidado en la manufactura

**Palabras clave:** Ladrillos artesanales, lodos residuales, PTAR.

## ABSTRACT

The present investigation entitled elaboration of clay bricks with the inclusion of residual sludge from the WWTP of the province of Celendín, Cajamarca, set itself the objective of elaborating clay bricks with the inclusion of residual sludge from the WWTP of the province of Celendín, Cajamarca, as methodology applied the scientific method of quantitative approach and applied type. Therefore, bricks were manufactured with the inclusion of residual sludge of 5, 10 and 15%, to determine their physical-mechanical properties, and to be able to compare them with the STANDARD E.070. In the investigation, the following conclusions were reached, according to the tests carried out to determine the mechanical resistance of the bricks, it was determined that the artisanal bricks with the inclusion of residual sludge of 5.10 and 15% are type I bricks, that is, they serve For masonry constructions in scenarios of minimum requirements, this type of construction has a very low resistance and life time. The most recommendable is to use the bricks with inclusion of 5% of residual sludge, since they present better results to the tests of resistance to compression and absorption, in the warping test that was carried out to determine the physical-mechanical properties of artisanal bricks. , the results obtained were bricks with 15% inclusion of residual sludge presenting a lower percentage of warping, being the most optimal in terms of resistance and masonry appearance, due to the thickness of the mortar that will be used at the time of construction. with this type of bricks, however, the warpage can be modified at the time of making the artisanal bricks, taking a little more care in the manufacture.

**Keywords:** Artisanal bricks, residual sludge, PTAR.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **Realidad problemática**

El área de la construcción tiene actualmente un avance rápido, lo que se tradujo en un aumento de la producción de aguas residuales por lo que producto su tratamiento se desarrollan lodos a los que se les puede dar un mejor uso alterno con el objetivo de evitar los impactos ambientales que desarrollan. La colocación correcta de estos lodos se está consiguiendo cada vez mucha más importancia, ya que se generan en las PTAR y tienen propiedades distintas, y también específicas; es por ello que durante los años anteriores se han desarrollado nuevas propuestas para aprovechar estos lodos en el campo de la construcción. (Ubaque, Vaca, & Bohórquez, 2013)

Los residuos reciclables tienen la posibilidad de tener un uso aceptable y exitoso para el área de la construcción, un claro ejemplo de esto es la utilización del ladrillo obtenidos de eliminaciones que se puede llegar a aprovechar como agregado reciclado en la preparación de concretos, disminuyendo el uso de materias primas contribuyendo con el cuidado del medio ambiente. En varias ciudades del mundo, se generan cerca de 1.3 millones de toneladas de basura al año, por lo cual la utilización de esta materia prima de desechos de la construcción como material de construcción para desarrollar un nuevo producto es técnicamente sostenible, en varias situaciones, puede ser bueno puesto que al reciclar y reemplazar se puede asegurar el medio ambiente. (Mimbela, Muñoz, & Rodríguez, 2021)

Otra opción de residuo que se puede reciclar para ser utilizado en la construcción es el relave minero, de esta manera se establece dar solución al problema medio ambiental de la minería existente a nivel nacional de las relaveras de gran volumen, es en ese sentido que se plantea dar un mejor uso al relave mediante su reutilización como factor para la preparación de agregados para elaboración de ladrillos y baldosas. (Romero & Flores, 2010). A partir de esto surge la idea de utilizar los lodos de las PTAR para la construcción y de esta manera darle un valor agregado y un uso adecuado para disminuir el impacto ambiental que generan.

Hoy en día se viene llevando a cabo estudios de nuevos materiales para la construcción que permitan sustituir la arcilla en la elaboración de ladrillos por un material

poco denso. Uno de estos materiales es el lodo que llega de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que se transforma en un resultado sostenible para el medio ambiente para esta clase de residuos. En la mayor parte del mundo tercermundista, no se tiene instrumentos conforme a las pretensiones medio ambientales que sean beneficiosamente ejecutables. Esta novedosa opción facilita bajar la proporción de arcilla que se necesita para la producción de ladrillos. En China, entre otras cosas, hay un impedimento para la utilización de bloquitos de arcilla gracias a la porción considerable que se utiliza y la escasa obtención de dicho material. Se ha analizado la utilización de distintos desperdicios como componente de reemplazo en ladrillos y construcciones de concreto y cemento sin resultados definitivos, dadas las adversidades en el desarrollo del secado y el desperfecto de la calidad del resultado definitivo. (Ubaque, Vaca, & Bohórquez, 2013)

La adversidad que atraviesan en actualidad las diferentes PTAR del Perú es que no se cuenta con una adecuada distribución final de los lodos generados, siendo esta la problemática de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca ubicada a de 2.5 km con dirección norte considerando como referencia el centro de la ciudad, cuyas coordenadas son latitud 6° 50' 58", longitud 78° 08' 46" y una altitud de 2605 msnm al margen izquierdo del río Grande. (Ver ANEXO II)

### **Problema de investigación**

¿Se podrá elaborar ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca?

### **Objetivos de investigación**

#### **Objetivo general**

Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca

#### **Objetivos específicos**

**OE1:** Describir las características y tratamiento del lodo residual de la PTAR de la provincia de Celendín para la fabricación de ladrillos de arcilla

**OE2:** Analizar los resultados de las propiedades mecánicas con el uso de 5, 10 y 15% de concentración de lodo residual en la elaboración de ladrillos en la provincia de Celendín, Cajamarca

**OE3:** Evaluar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcillas y lodo residual de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca

### **Hipótesis de investigación**

Es posible la elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca

### **Justificación**

El actual trabajo de investigación emerge a partir de la necesidad de disminuir el alto contenido de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la provincia de Celendín, ya que no se cuenta con una adecuada disposición final de dichos lodos debido a que no existe un relleno sanitario en la provincia, sino un botadero, en el cual estos lodos son desechados, generando de esta manera un incremento excesivo en los residuos vertidos en el botadero, aumento de Lixiviados los cuales tampoco cuentan con un adecuado tratamiento, ocasionando efectos negativos en la salud de la población aledaña a dicho botadero. Por lo anterior es de gran interés contribuir en la solución de dicho problema, se plantea elaborar ladrillos artesanales a partir de lodos generados por la PTAR de la provincia de Celendín para así poder disminuir el impacto ambiental que estos lodos están generando, disminuyendo la sobrecarga al botadero y la generación de lixiviados, lo que nos va a permitir poder darles un valor agregado a estos lodos.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Antecedentes**

#### **Antecedentes internacionales**

Según UBAQUE, VACA, & BOHÓRQUEZ (2013) en su artículo científico realizado en Colombia cuyo objetivo fue investigar la capacidad de compresión y absorción de humedad de los ladrillos fabricados con una mezcla de arcilla y lodos resultantes de la PTAR, obtuvieron como resultado que se genera un leve aumento a la resistencia a

medida que se incrementa la concentración de los lodos, lo cual da signos de ser apto. Cabe resaltar que, la capacidad de absorción de agua también incrementa a medida que aumenta la concentración de los lodos en los bloques, lo que es realmente negativo.

Según León (2015) en su tesis de grado, realizada en Ecuador, cuyo objetivo fue evaluar si era posible utilizar lodos de PTAR para elaborar ladrillos cerámicos, se elaboraron 5 tipos de ladrillos con adiciones diferentes de porcentaje de lodo residual, se obtuvo como conclusiones que los ladrillos de arcillas residuales con adiciones de un máximo de 20% de lodos, no muestran diferencias relevantes en su resistencia a la compresión en comparación a los ladrillos que contienen únicamente arcilla.

Según Molina, León, & Mendoza (2019) en su artículo científico tuvieron como prioridad caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos cerámicos con añadidura de lodos residuales de una PTAR, se obtuvo como resultados que las propiedades de los ladrillos que contienen lodo, obtienen mayor resistencia y menor absorción cuando es cocido a 1000°, terminada la investigación se concluyó que el aprovechamiento de los lodos generados en las PTAR como remplazo de arcilla para la preparación de cerámicas es una asombrosa opción, debido a que se ven buenos resultados de los ensayos físico-mecánicas llevadas a cabo a los distintos ladrillos, por lo que representa relevantes beneficios ambientales debido a que los productos contaminantes de procedencia orgánica resultan inherentes al instante de la cocción de los ladrillos cerámicos, parecida composición de metales pesados presente en los lodos residuales quedan atrapados, eludiendo de esta forma, su mala utilización e inapropiada colocación final; proponiendo con esto, un beneficio más seguro.

Según Barreto & Heredia (2014) en su tesis de grado su objetivo fue determinar la utilidad de los lodos para ser empleados como agregados para materiales de construcción, se obtuvo como resultado que los lodos procedentes de potabilización no son aptos para ser utilizados en la construcción, ya que contienen sulfatos lo que provoca efecto corrosivo, al contrario de los lodos nativos del tratamiento de aguas residuales, los cuales mostraron ser aptos para la elaboración de morteros.

Según Molina, León, & Mendoza (2017) en su artículo científico su objetivo fue probar su conducta físico mecánica de los ladrillos de arcilla adicionándole lodo, se fija como conclusiones que los porcentajes óptimos para adición de biosólidos al 5%, 10% y 15%, los cuales mostraron resistencias mayores a los ladrillos patrón de todos los ensayos ejecutados, aclarando que, al incluir los lodos a la mezcla de arcilla para la elaboración de ladrillos es una excelente alternativa

### **Antecedentes nacionales**

Según OLAYA (2021) en su tesis de grado, tuvieron como finalidad elaborar ladrillos de cerámica artesanales con lodos obtenidos en lagunas de estabilización. La metodología consistió en elaborar una mezcla óptima para la muestra patrón. Luego, se procedió a elaborar los ladrillos artesanales con el lodo seco agregado a la mezcla patrón en porcentajes diferentes teniendo como finalidad determinar cuál sería la que tendría una mejor respuesta ante las pruebas físicas y mecánicas, se fija como conclusiones que la cantidad máxima que se puede incorporar de lodo es el 5%, si se excede esa cantidad no cumplirá con los estipulado en la norma peruana

Según Chura (2021) en su tesis de grado analizaron si mejoraban las características físicas y mecánicas de los ladrillos artesanales cuando se le agregaba lodo de agua residuales, como metodología se fabricó ladrillos con diferentes porcentajes de adición de lodos 0%, 5%, 10%, 20% y 40% respecto a su volumen. se fija como conclusión que es posible agregar lodo residual a los ladrillos artesanales en porcentajes menores a 10%, si se pasa de esa cantidad no se cumplirá lo que indica la Norma E.070.

Según Quispe (2019) en su tesis de grado fijaron como objetivo elaborar ladrillos que sean utilizados en la construcción a partir de lodos generados en una PTAP, la metodología que se empleó consistió en elaborar 13 ladrillos utilizando arena, arcilla y lodo en diferentes porcentajes respecto al volumen. La investigación muestra como conclusión que la temperatura y la constitución del lodo son factores significativos para elaborar ladrillos, según las pruebas se obtuvo que retribuye un valor más eficaz para la

asimilación de agua de 9.16% a una temperatura de 941.42°C y una formación del lodo al 45%, con relación a la compresión se alcanzó un valor excelente de 54.16 kg/cm<sup>2</sup> para una temperatura de 941.42°C y una porción del 45% de lodo.

Según Villanueva & Gonzales (2018) en su tesis de grado, fijaron como objetivo utilizar lodos de una planta de tratamiento de aguas acidas para elaborar ladrillos artesanales, se obtuvo como resultados que los ladrillos sí cumplían con lo establecido en la Norma Técnica Peruana E.070 y con estos procesos se puede obtener ladrillos tipo I.

Según Parra (2019) en su tesis de grado fijaron como objetivo analizar si era viable utilizar tierras diatomeas agotadas resultantes del proceso de filtración de la cerveza, para fabricar ladrillos, luego de varias pruebas se concluyó que es factible utilizar las dichas tierras como insumo para la elaboración de ladrillos, ya que concuerda con lo establecido en la Norma Técnica Peruana.

## **Teorías conceptuales que enmarcan la investigación**

### **Lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales urbanas**

Los lodos que vienen de las PTAR muestran diferentes creaciones en relación con la procedencia de las aguas. Estos tienen la posibilidad de ser generados a lo largo de el régimen de las aguas residuales domésticas o de las aguas industriales. Además, las propiedades de los lodos están íntimamente enlazadas al desarrollo empleado en las PTAR, que influirá en las propiedades y características de los biosólidos y la viabilidad de la opción a usar en la administración. (Amador, Veliz, & Bataller, 2015)

### **Caracterización de los lodos**

Para una adecuada disposición final de los lodos se debe estudiar su composición química, así como el contenido de patógenos y parásitos que posea. (Amador, Veliz, & Bataller, 2015)

Otro indicador que debe estudiarse para la caracterización de los lodos son los metales pesados, los que están representados por ciertos elementos químicos que presentan un alto riesgo para los seres vivos, aun cuando se encuentran en aglomeraciones permisibles en los lodos para su manejo de forma segura. (Amador, Veliz, & Bataller, 2015)

## **Ladrillos**

Un ladrillo es una unidad en la que su peso y dimensiones nos permite manipularlo con una sola mano. Para su elaboración podemos utilizar como materia prima arcilla, sílice – cal o concreto, pueden ser de varios tipos, macizo, perforado o tubular. Se pueden fabricar de manera industrial (con máquinas) o de manera artesanal (manualmente). (NORMA E.070, 2006)

### **Manufactura**

#### **Artesanal**

Es el ladrillo elaborado con métodos principalmente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo elaborado artesanalmente se destaca por variar de unidad a unidad (NORMA E.070, 2006)

#### **Industrial**

Es el ladrillo que se fabrica con máquinas, el ladrillo fabricado en fábricas se destaca por su homogeneidad (NORMA E.070, 2006)

## II. METODOLOGÍA

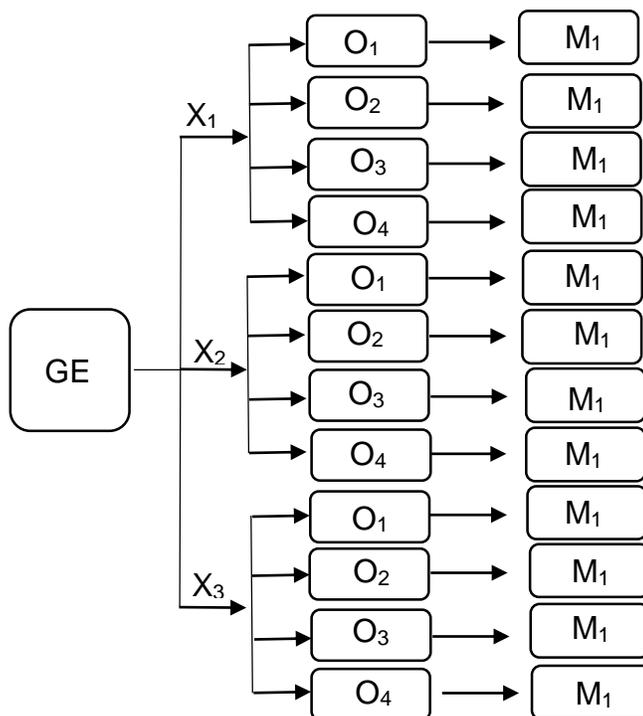
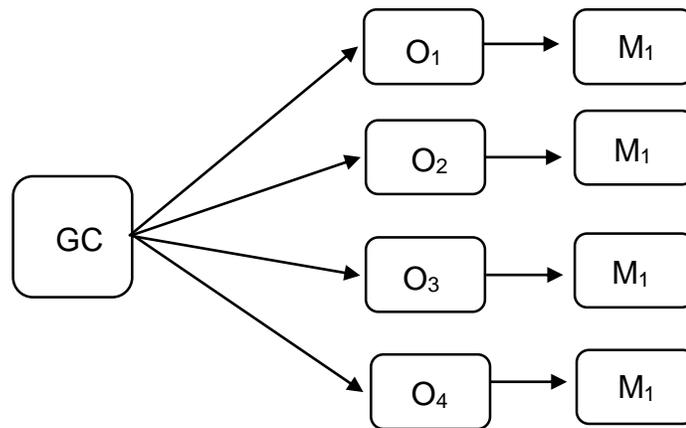
### Tipo y diseño de la investigación

#### Tipo de investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada.

#### Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es experimental. De tipo cuasiexperimental con grupo de control.



GC: Grupo de control con arcilla

GE: Grupo de experimentación con adición de lodo de PTAR

O<sub>1</sub>: Alabeo a los 15 días de secado (M<sub>1</sub>)

O<sub>2</sub>: Resistencia a la compresión a los 15 días de secado (M<sub>1</sub>)

O<sub>3</sub>: Densidad a los 15 días de secado (M<sub>1</sub>)

O<sub>4</sub>: Absorción a los 15 días de secado (M<sub>1</sub>)

X<sub>1</sub>: Adición de lodo de PTAR en 5% del peso de la arcilla

X<sub>2</sub>: Adición de lodo de PTAR en 10% del peso de la arcilla

X<sub>3</sub>: Adición de lodo de PTAR en 15% del peso de la arcilla

## **Variables y operacionalización**

### **Variable independiente**

Inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca

**Tabla 1:** Definición de variable independiente

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>
Inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca	Es un subproducto del tratamiento de las aguas residuales, su composición depende del tratamiento que reciban estas aguas. (León, 2015)	Los lodos residuales poseen propiedades muy similares a las de la arcilla, presentan una muy buena resistencia a la compresión y tracción

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2:** Cuadro de Operacionalización de la variable independiente

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
Inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca	Características del lodo residual	Contenido de humedad (%)	Razón
		pH	Razón
		Metales pesados (mg/kg)	Razón

Fuente: Elaboración propia

### Variable dependiente

Elaboración de ladrillos de arcilla

**Tabla 3:** Definición de variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Elaboración de ladrillos de arcilla	Unidad cuya dimensión y peso permita que sea manipulada con una sola mano, se puede emplear arcilla principal. (NORMA E.070, 2006)	La arcilla tiene propiedades plásticas, lo que da como resultado que al humedecer puede ser moldeada fácilmente. Al secarse se pone firme y cuando se aplica altas temperaturas obtiene reacciones químicas que, causan que la arcilla se convierta en un material constantemente rígido

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4:** Cuadro de Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala
Elaboración de ladrillos de arcilla	Propiedades con el 5 y 10 y 15% de concentración de lodo residual	Dosificación (%)	Razón
		Temperatura de incineración (°C)	Razón
		Contenido de agua (%)	Razón
		Dimensiones del ladrillo (cm)	Razón
	Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla y lodo residual	Relación arcilla-lodo (%)	Razón
		Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Razón
		Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Razón
		Alabeo (mm)	Razón
		Absorción (g)	Razón

Fuente: Elaboración propia

## **Población y muestra**

### **Población:**

Ladrillos de dimensiones estándar de fabricación artesanal con arcilla de la zona Pilco, Celendín y combinado con lodos residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín

### **Criterios de selección:**

- El uso de los lodos residuales tiene una justificación ambiental, debido a que dichos lodos se decantan en el botadero de la provincia
- La arcilla de la zona de Pilco es de frecuente uso en la fabricación de ladrillos

### **Muestra:**

La muestra estuvo constituida por 150 ladrillos de arcilla con adición de lodo al 5%, 10% y 15%. Distribuidos de la siguiente forma: 50 ladrillos con adición del 5% de lodo, 50 ladrillos con adición del 10% de lodo y 50 ladrillos con adición del 15% de lodo.

### **Muestreo:**

El muestreo es no probabilístico por conveniencia

### **Unidad de análisis:**

El ladrillo es de fabricación artesanal tipo macizo, cocinados en hornos artesanales a temperaturas de 1000°C, de dimensiones de 23 x 13.5 x 9 cm.

## **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Tabla 5:** Técnicas e Instrumentos por indicador y dimensión de la investigación

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Encuesta	Cuestionario N° 01

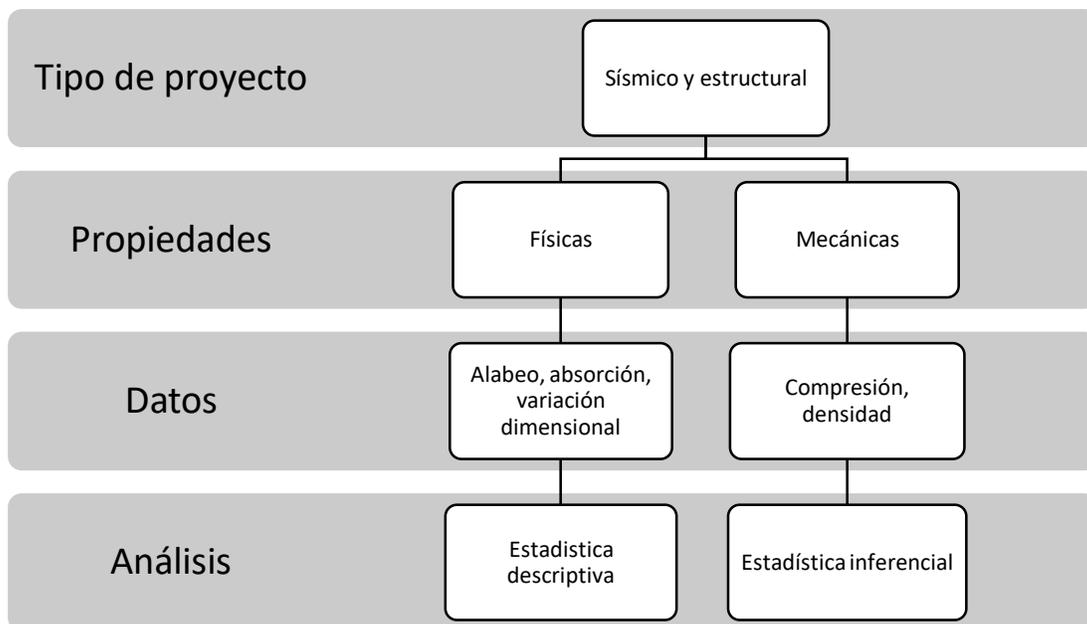
Fuente: Elaboración propia

## Procedimientos:

Para la elaboración de ladrillos artesanales con inclusión de lodos residuales, lo primero que se hizo fue una búsqueda de información vinculada al tema, posteriormente se averiguó el tratamiento que reciben los lodos residuales en la PTAR de la provincia de Celendín para poder ser recolectados, como segundo paso se fabricaron los ladrillos con concentraciones diferentes de lodo, 5, 10 y 15%, y fueron quemados en un horno artesanal durante 12 horas a 1000 °C aproximadamente, finalmente fueron sometidos a 4 pruebas diferentes, resistencia a la compresión, alabeo, densidad y absorción.

## Métodos de análisis de datos

Antes de definir la metodología para analizar los datos en este tipo de investigaciones de tipo experimental, habría que resumir y exponer los datos que se obtienen a partir de los estudios básicos:



## Aspectos éticos

La calidad de la investigación se garantiza aplicando los siguientes principios éticos

**Tabla 6:** Principios éticos

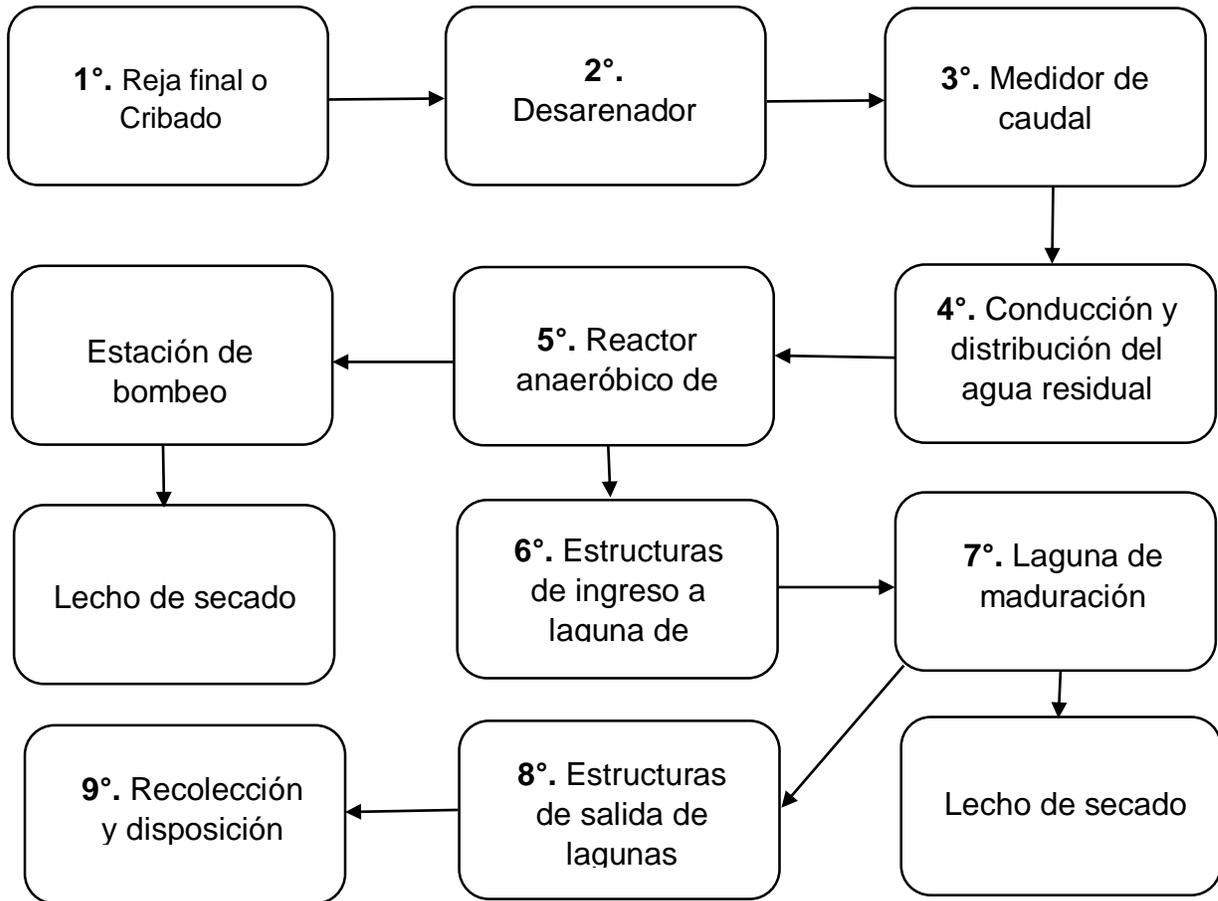
<b>Beneficiencia</b>	<b>No maleficiencia</b>	<b>Autonomía</b>	<b>Justicia</b>
<p>En los resultados de esta investigación, si se cumple la hipótesis descrita, va a traer beneficios a nivel económico y ambiental a la provincia de Celendín</p>	<p>Mientras se ha realizado esta investigación no se ha afectado a ningún interviniente</p>	<p>La investigación es propia del investigador, y financiada por el mismo, sin intervención de terceros, es de interés particular para disminuir el impacto ambiental que generan los lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín</p>	<p>La selección de la muestra se ha realizado considerando criterios que no atentan contra la justicia. Se ha respetado el principio de justicia reconociendo la contribución a la investigación de expertos en este tipo de estudios</p>

Fuente: Elaboración propia

### III. RESULTADOS (DISCUSIÓN)

**Resultados para el OE1: Describir las características y tratamiento del lodo residual de la PTAR de la provincia de Celendín para la fabricación de ladrillos de arcilla.**

Procesos de tratamiento de la PTAR:



De acuerdo a la calidad de agua del cuerpo receptor de las aguas residuales tratadas en Celendín, que es el río grande la PTAR debe evacuar un agua tipo III, por lo tanto, la calidad del agua residual tratada debiera cumplir con los siguientes requisitos:

Demanda bioquímica de oxígeno                      menor a 140 mg/l

Coliformes termo tolerantes                              menor a 1.0 E+05 NMP/100 ml

Oxígeno disuelto    mayor a 3.0 mg/l

La cantidad de lodos residuales producidos en la PTAR es de 3540 m<sup>3</sup>/año, de los cuales 3000 m<sup>3</sup>/año se producen en el reactor anaeróbico de flujo ascendente y los otros 540

m<sup>3</sup>/año se producen en la laguna de maduración, estos lodos tienen una humedad de 90%, finalmente estos lodos son trasladados al lecho de secado, para luego ser desechados en el botadero de la provincia.

**Resultados para el OE2: Analizar los resultados de las propiedades mecánicas con el uso de 5, 10 y 15% de concentración de lodo residual en la fabricación de ladrillos en la provincia de Celendín, Cajamarca**

En las pruebas que se realizaron para analizar las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales con incorporación de lodo residual fueron resistencia a la compresión y absorción, los resultados fueron:

**- Resistencia a la compresión:**

**Tabla 7:** Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual

UNIDAD (5%)	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga	Carga	Resistencia	Resistencia
	N°	L	b		h	Rotura KN	Rotura Kg	Máxima f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	22.12	12.95	8.92	286.43	174.50	17794	62.12	<b>62.64</b>
2	22.12	12.95	8.92	286.43	175.40	17877	62.41	
3	22.12	12.95	8.92	286.43	176.20	17958	62.70	
4	22.12	12.95	8.92	286.43	178.40	18183	63.48	
5	22.12	12.95	8.92	286.43	175.60	17897	62.48	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8:** Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual

UNIDAD (10%)	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga	Carga	Resistencia	Resistencia
	N°	L	b		h	Rotura KN	Rotura Kg	Máxima f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	21,95	12,90	8,77	282,96	161,20	16438	58,09	<b>59,66</b>
2	21,95	12,90	8,77	282,96	162,30	16542	58,45	
3	21,95	12,90	8,77	282,96	164,52	16768	59,25	
4	21,95	12,90	8,77	282,96	168,70	17194	60,76	
5	21,95	12,90	8,77	282,96	171,45	17474	61,75	

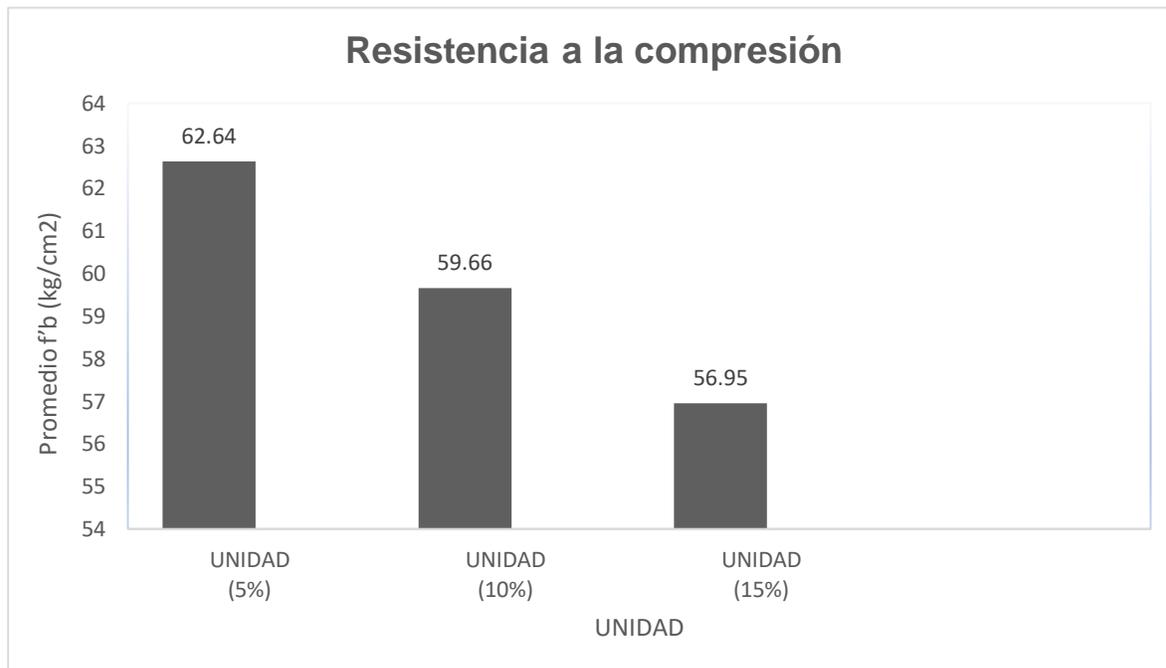
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9:** Resultados de la prueba de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual

UNIDAD (15%)	Dimensiones (cm)			Área Bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga	Carga	Resistencia	Resistencia
	N°	L	b		h	Rotura KN	Rotura Kg	Máxima f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	21,83	12,77	8,79	278,76	155,42	15848	56,85	<b>56,95</b>
2	21,83	12,77	8,79	278,76	154,66	15763	56,55	
3	21,83	12,77	8,79	278,76	163,22	16635	59,68	
4	21,83	12,77	8,79	278,76	161,17	16426	58,93	
5	21,83	12,77	8,79	278,76	144,23	14700	52,73	

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 1:** Análisis de resultados de las pruebas de resistencia a la compresión para ladrillos artesanales, con el 5, 10 y 15% de adición de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

La NORMA E.070 nos indica que la resistencia a la compresión en los ladrillos es la propiedad más importante, ya que define su calidad estructural y a la vez su resistencia a la intemperie o cualquier otro factor que pueda deteriorar al ladrillo.

Comparando los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión con la clasificación de la NORMA E.070, concluimos que los ladrillos con el 5, 10 y 15% de concentración de lodo residual se encuentran dentro de los ladrillos tipo I, que sirven para construcciones de albañilería en escenarios de exigencias mínimas, este tipo de construcciones tiene una aguantancia y tiempo de vida muy bajos, sin embargo conforme disminuye la cantidad de lodo aumenta la resistencia a la compresión, comprobándose de esta manera que es mucho menor utilizar los ladrillos que contengan el 5% de lodo residual.

Según los resultados obtenidos podemos concluir que utilizar el lodo residual como un sustituto de la arcilla es una excelente alternativa a nivel estructural, a nivel económico como ambiental, siempre teniendo la cuenta el uso que se le puede dar a este tipo de ladrillos.

- **Absorción:**

**Tabla 10:** Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual

<b>Espécimen (5%)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Peso Saturado (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Absorción Promedio (%)</b>	<b>Desviación estándar (s)</b>	<b>Coficiente de variación (c.v)</b>
A-01	4077	4395	8,7			
A-02	4055	4249	5,0			
A-03	4075	4277	3,8	6,52	1,56	23,88%
A-04	4088	4374	8,2			
A-05	4056	4383	9,0			

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11:** Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual

<b>Espécimen (10%)</b>	<b>Peso Seco (g)</b>	<b>Peso Saturado (g)</b>	<b>Absorción (%)</b>	<b>Absorción Promedio (%)</b>	<b>Desviación estándar (s)</b>	<b>Coficiente de variación (c.v)</b>
A-01	4005	4355	8,7			
A-02	4022	4225	5,0			
A-03	4111	4266	3,8	6,95	2,38	34,21%
A-04	3989	4316	8,2			
A-05	4011	4371	9,0			

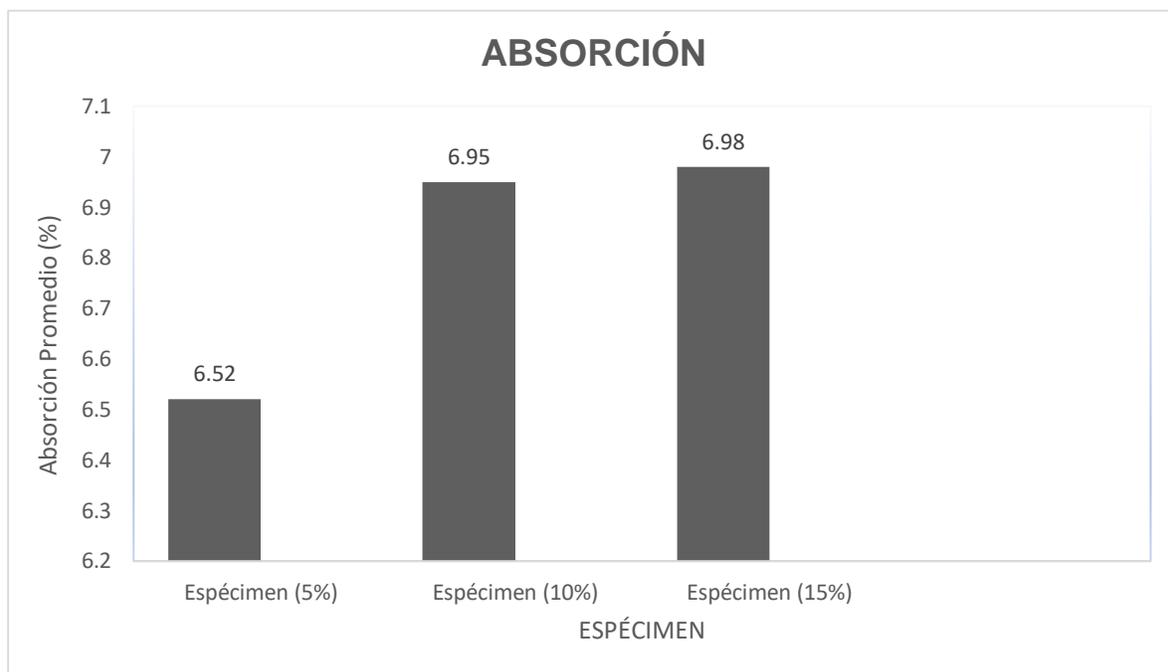
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12:** Resultados de la prueba de absorción para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual

Espécimen (15%)	Peso Seco (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)	Absorción Promedio (%)	Desviación estándar (s)	Coficiente de variación (c.v)
A-01	4122	4368	6,0	6,98	0,89	12,71%
A-02	3985	4228	6,1			
A-03	3966	4262	7,5			
A-04	4015	4313	7,4			
A-05	4045	4366	7,9			

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 2:** Análisis de resultados las pruebas de absorción para ladrillos artesanales, con el 5, 10 y 15% de adición de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

Según la NORMA 0.70 la absorción mide cuan impermeable es un ladrillo, es necesario considerar esta clasificación para poder darle un uso adecuado a los ladrillos.

En esta investigación los resultados de las pruebas de absorción indicaron que los ladrillos con el 5, 10 y 15% de concentración de lodo residual según la clasificación de la

NORMA E.070 se encuentran en un rango aceptable para su uso en construcciones de ladrillos tipo I.

### Resultados para el OE3: Evaluar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcillas y lodo residual de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca

Para determinar las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos artesanales con incorporación de lodo residual se realizó la prueba alabeo, los resultados fueron:

**Tabla 13:** Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 5% de lodo residual

Especimen (5%)	Cara superior		Cara inferior	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
E-01	0,00	0,80	0,00	0,75
E-02	0,00	0,50	0,00	0,84
E-03	0,00	0,40	0,00	0,84
E-04	0,00	0,70	0,00	0,75
E-05	0,00	0,90	0,00	0,75
Promedio	Cóncavo (mm)		0,00	
	Convexo (mm)		0,72	
<b>ALABEO</b>			<b>0.72</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14:** Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 10% de lodo residual

Especimen (10%)	Cara superior		Cara inferior	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
E-01	0,00	1,00	0,00	0,30
E-02	0,00	1,10	0,00	0,40
E-03	0,00	1,20	0,00	0,80
E-04	0,00	0,90	0,00	0,70
E-05	0,00	0,80	0,00	0,60
Promedio	Cóncavo (mm)		0,00	
	Convexo (mm)		0,78	
<b>ALABEO</b>			<b>0.78</b>	

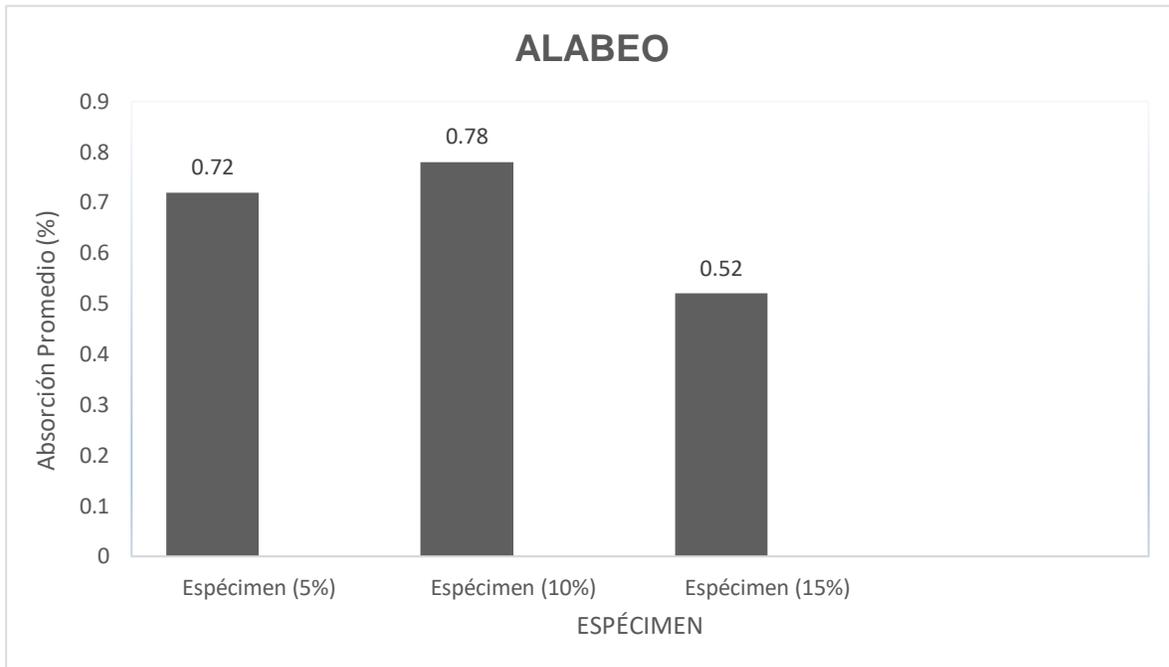
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15:** Resultados de la prueba de alabeo para ladrillos artesanales con inclusión del 15% de lodo residual

Especimen (15%)	Cara superior		Cara inferior	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
E-01	0,00	0,60	0,00	0,50
E-02	0,00	0,70	0,00	0,70
E-03	0,00	0,50	0,00	0,40
E-04	0,00	0,40	0,00	0,30
E-05	0,00	0,60	0,00	0,50
Promedio	Cóncavo (mm)		0,00	
	Convexo (mm)		0,52	
<b>ALABEO</b>			<b>0.52</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 3:** Análisis de resultados las pruebas de alabeo para ladrillos artesanales, con el 5, 10 y 15% de adición de lodo residual



Según la NORMA E.0.70 el alabeo nos indica cuan cóncavo o convexo es un ladrillo, es necesario que los ladrillos presenten el menos alabeo posible ya que a mayor alabeo se necesitara hacer juntas de mortero mayores a las convenientes. Para conseguir una albañilería de calidad es necesario que el mortero tenga un espesor de 10 mm a 12 mm, si se excede ese espesor la resistencia de la albañilería disminuiría considerablemente, generando peligro para las personas que decidan construir con este tipo de ladrillos, ya que la resistencia de la albañilería disminuye por cada incremento de 3 mm al espesor del mortero. Es evidente también que a un alabeo mayor el aspecto de la albañilería se deteriora debido a las imperfecciones que esta presentaría.

En esta investigación se obtuvo como resultados de las pruebas de alabeo que los ladrillos con adición de 5% de lodo residual presentaron 0.72% de alabeo, los ladrillos con 10% de adición de lodo residual presentaron 0.78% de alabeo y los ladrillos con el 15% de adición de lodo residual presentaron 0.52% de alabeo, estas variaciones en los porcentajes se deben a un descuido en la manufactura de los ladrillos. Sin embargo, están en un rango aceptable de alabeo para ladrillos tipo I.

Para trabajos posteriores se recomienda el uso de molde de madera, ya que en el molde de metal la arcilla se pega en las paredes haciendo imposible el desmoldado. Cuando se trabaja con molde de madera es necesario humedecer las paredes del molde o colocarle arena cernida, de esta manera se obtendrá un ladrillo más prolijo y con menos imperfecciones

Una vez que hemos llenado el molde con la arcilla es necesario compactarlo bien y que con la ayuda de una plancha de madera nivelemos la cara superior del ladrillo, de esta manera estarás evitando tener un porcentaje alto de alabeo.

#### IV. CONCLUSIONES

- El agua residual que es tratada en la PTAR de la provincia de Celendín vierte sus aguas al río Grande, la calidad de agua de este río es tipo III, (Demanda bioquímica de oxígeno menor a 140 mg/l, Coliformes termo tolerantes menor a  $1.0 \times 10^5$  NMP/100 ml, Oxígeno disuelto mayor a 3.0 mg/l) lo que significa que los lodos poseen estas mismas características. Según los datos obtenidos en los análisis microbiológicos, se concluye que manipular estos lodos no genera ningún riesgo para la salud de las personas, sin embargo, si el personal que utilice estos lodos considera necesario podría utilizar equipos de protección, como guantes.
- Según las pruebas realizadas para determinar la resistencia mecánica de los ladrillos, se determinó que los ladrillos artesanales con inclusión de lodos residuales de 5,10 y 15% son ladrillos tipo I, es decir que sirven para construcciones de albañilería en escenarios de exigencias mínimas, este tipo de construcciones tiene una aguante y tiempo de vida muy bajos. Lo más recomendable es utilizar los ladrillos con inclusión del 5% de lodo residual, ya que presentan mejores resultados a las pruebas de resistencia a la compresión y absorción
- En la prueba de alabeo que se realizó para determinar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos artesanales, se obtuvo como resultados los ladrillos con el 15% de inclusión de lodos residuales presentan menor porcentaje de alabeo, siendo los más óptimos en temas de resistencia y aspecto de la albañilería, debido al espesor del mortero que se utilizará al momento de realizar una construcción con este tipo de ladrillos, sin embargo el alabeo se puede modificar al momento de elaborar los ladrillos artesanales, teniendo un poco más de cuidado en la manufactura

## **V. RECOMENDACIONES**

- Para la elaboración de ladrillos se recomienda el uso de molde de madera, ya que en el molde de metal la arcilla se pega en las paredes haciendo imposible el desmoldado. Cuando se trabaja con molde de madera es necesario humedecer las paredes del molde o colocarle arena cernida, de esta manera se obtendrá un ladrillo más prolijo y con menos imperfecciones
- Ante de utilizar los lodos verificar el tratamiento al que son sometidos en la PTAR, eso determinará el grado de contaminación de los mismos, sin embargo, es recomendable realizar una prueba de laboratorio para confirmar esa información
- Al momento de utilizar directamente los lodos residuales para fabricar ladrillos artesanales, de acuerdo a los datos de laboratorio que se obtengan se recomienda utilizar equipos de protección personal
- Al momento de la cocción de los ladrillos artesanales a base de lodos residual, es recomendable no excederse de 1000°C y de 12 horas, ya que esto podría afectar las propiedades de los ladrillos

## REFERENCIAS

- Amador, D. A., Veliz, L. E., & Bataller, V. M. (2015). Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *CENIC. Ciencias Químicas*, 11. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>
- Barreto, A. B., & Heredia, E. I. (2014). *Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregado para materiales de construcción*. Tesis, Cuenca-Ecuador.
- Chura, C. H. (2021). *Incorporación de Lodo de Aguas Residuales en la Elaboración del Ladrillo Artesanal Mejorando sus Propiedades Físico Mecánicas – Puno, 2021*. Tesis, Lima.
- Genially. (29 de Marzo de 2021). *Genially*. Obtenido de Genially: <https://view.genial.ly/60625b766ce0f90d4e236201/interactive-image-partes-del-ladrillo>
- Google earth. (2022). Obtenido de Google earth: <https://earth.google.com/web/@-9.55522851,-75.73159035,2107.54119566a,317879.5247414d,35y,-178.3761696h,0.59217768t,-0r>
- León, X. O. (2015). *Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos*. Tesis, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL , Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4344/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-128.pdf>
- LESCANO, J. B. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura, Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI\\_199.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mimbela, F., Muñoz, S., & Rodríguez, E. (2021). *USO DE LADRILLOS TRITURADOS EN CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA*. Chiclayo.
- Molina, N. F., León, S. A., & Mendoza, J. G. (2017). Biosólidos de tratamiento de aguas residuales domésticas, como adiciones en la elaboración de ladrillos cerámicos. *Producción + Limpia Vol.12, No.2*, 92-102.
- Molina, N. F., León, S. A., & Mendoza, J. G. (Diciembre de 2019). Adición de lodos residuales en la elaboración de matrices de cerámicas. *Revista EIA, ISSN 1794-1237 / Año XVI / Volumen 16 / Edición N.32*, 13-25. doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v16i32.1061>

- (2006). *NORMA E.070*. Lima: El Peruano. Obtenido de NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA:  
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5blTu7uyv/view>
- NORMA TECNICA NACIONAL. (1978). *NORMAS TÉCNICAS ITINTEC 331.017*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/13236728/norma-itintec-331017-ladrillos-ital>
- OLAYA, A. J. (2021). *ELABORACIÓN DE LADRILLOS CERÁMICOS ARTESANALES UTILIZANDO LODOS SEDIMENTADOS GENERADOS EN LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN DE EPSEL DE SAN JOSÉ – LAMBAYEQUE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE TABIQUERÍA - 2019*. Tesis, Chiclayo.
- PARRA, L. C. (2019). *MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A BASE DE LODOS RESIDUALES PROVENIENTES DEL PROCESO DE FILTRACIÓN EN INDUSTRIAS CERVECERAS*”. Tesis, Lima.
- Quispe, E. E. (2019). *ELABORACIÓN DE LADRILLOS A PARTIR DE LODOS GENERADOS POR PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y EL USO EN LA CONSTRUCCIÓN*. Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, Puno.
- RNE. (2006). *Norma técnica E.070 Albañilería*. Lima.
- Romero, A. A., & Flores, S. L. (2010). *Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas*. Lima: Industrial Data.
- UBAQUE, C. A., VACA, M. C., & BOHÓRQUEZ, M. L. (s.f.). Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales. *Tecnura ISSN: 0123-921X*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257028384006>
- Ubaque, C. G., Vaca, C. G., & Bohórquez, L. V. (2013). *Resistencia mecánica de ladrillos preparados con mezclas de arcilla y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales*. Bogotá: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
- Villanueva, M. D., & Gonzales, W. A. (2018). *REUTILIZACIÓN DE LODOS GENERADOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS ÁCIDAS PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN UNA EMPRESA MINERA DE CAJAMARCA*. Tesis, Cajamarca.

# ANEXOS

## ANEXO I

Tabla 16: Matriz de consistencia

TITULO <b>ELABORACIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA CON INCLUSIÓN DE LODOS RESIDUALES DE LA PTAR DE LA PROVINCIA DE CELENDÍN, CAJAMARCA</b>								
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	REFERENCIAS	
¿Se podrá elaborar ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca?	Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca	Es posible la elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca	<b>Independiente</b>	Inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca	<b>D1:</b> Caracterizar las propiedades del lodo residual	Contenido de humedad (%)	Razón	Barreto, A. B., & Heredia, E. I. (2014). <i>Aprovechamiento de lodos deshidratados generados en plantas de tratamiento de agua potable y residual como agregado para materiales de construcción</i> . Tesis, Cuenca-Ecuador.
						pH	Intervalo	
						Metales pesados (mg/kg)	Razón	
	<b>D2:</b> Analisis de las propiedades mecanicas al 5%, 10% y 15% de concentracion de lodo		Dosificación (%)	Razón				
			Temperatura de incineración (°C)	Razón				
			Contenido de agua (%)	Razón				
	<b>Dependiente</b>		Elaboración de ladrillos de arcilla	<b>D3:</b> Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos con inclusión de lodo	Dimensiones del ladrillo (cm)	Razón	Chura, C. H. (2021). <i>Incorporación de Lodo de Aguas Residuales en la Elaboración del Ladrillo Artesanal Mejorando sus Propiedades Físico Mecánicas - Puno, 2021</i> . Tesis, Lima.	
					Relación arcilla-lodo (%)	Razón		
					Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Razón		
	<b>Dependiente</b>		Elaboración de ladrillos de arcilla	<b>D3:</b> Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos con inclusión de lodo	Alabeo (mm)	Razón		Mimbela, F., Muñoz, S., & Rodríguez, E. (2021). <i>USO DE LADRILLOS TRITURADOS EN CONCRETO: UNA REVISIÓN LITERARIA</i> . Chiclayo.
					Absorción (g)	Razón		

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO II

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La PTAR está ubicado en el caserío de Pallac, distrito y provincia de Celendín de la región Cajamarca. La distancia aproximada es de 1.9 km en línea recta desde el centro de la ciudad. Las coordenadas de ubicación son: 815435.95 N y 9241962.48 E con una altitud de 2610 m.s.n.m.

**Figura 1:** Ubicación geográfica de la PTAR de la provincia de Celendín



Fuente: (Google earth, 2022)

## ANEXO III

Entrevista al encargado de la PTAR de la provincia de Celendín

### CUESTIONARIO

DATOS DEL ENCARGADO DE LA PTAR - CELENDÍN:

NOMBRE WALTER PEREZ VASQUEZ

DNI 46902066

NUMERO DE CELULAR 952639610

FECHA 17/03/2020

#### 1. DATOS DE LA EMPRESA:

NOMBRE DE LA EMPRESA:

PRO-REGION

AÑOS DE FUNCIONAMIENTO:

05 AÑOS

#### 2. PROCESO DE LA PTAR

PROCESOS QUE SE REALIZAN:

- 1) Peja Fina o Cribado
- 2) Desarenador
- 3) Medidor de Caudal
- 4) Conducción y distribución del agua residual
- 5) Recinto anexo de Estación de bombeo
- 6) Estructura de ingreso a laguna
- 7) Laguna de maduración (Lago de Secado)
- 8) Estructura de salida de lagunas

9) Producción y disposición final  
Leche de Secado

3. CARACTERÍSTICAS DEL LODO  
CANTIDAD DE LODO RECOLECTADO

3540 m<sup>3</sup>/año

CADA CUANTO TIEMPO SE RECOLECTA EL LODO

Una vez al año.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS LODOS

Demanda biológica de oxígeno	140 mg/L
Coliformes termotolerantes	1.0 E + 05 uvp/100 ml
Oxígeno disuelto	3.0 mg/L

5. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS LODOS

Botadero de la ciudad de Colombia.

Pérez-Uz

## ANEXO IV

### PROCEDIMIENTO

#### Visita a la PTAR de la provincia de Celendín

Para realizar este trabajo de investigación se realizó una visita a la PTAR de la provincia de Celendín, para encuestar al encargado y conocer los procesos que se realizan.

**Figura 2:** Visita a la PTAR de la provincia de Celendín



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3:** Entrevista al encargado de la PTAR



Fuente: Elaboración propia

### **Obtención del lodo residual**

La PTAR de la provincia de Celendín produce tres tipos de desechos sólidos: a) material de cribas, b) material flotante de las lagunas y c) lodos digeridos. Para esta investigación se utilizarán los lodos digeridos, que se obtienen de dos maneras: por el reactor anaeróbico de flujo ascendente y por la laguna de maduración, los lodos obtenidos en estas etapas son bombeados al lecho de secado, transcurridos 15 días el lodo estará listo para ser recolectado. En este caso el lodo ha sido recolectado 3 meses después de ser extraído, se recolectó un aproximado de 100 kg de lodo seco

**Figura 4:** Lecho de secado de los lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5:** Lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín



Fuente: Elaboración propia

**Figura 6:** Recolección de los lodos residuales



Fuente: Elaboración propia

## Obtención de arcilla

La arcilla se la obtuvo de un caserío llamado pilco, ubicado a unos minutos de la provincia de Celendín, esta arcilla al momento de ser recolectada por el tesista ya había pasado previamente por un proceso de secado, ya que dicha arcilla estaba destinada para la elaboración de ladrillos artesanales.

**Figura 7:** Proceso de secado de la arcilla



Fuente: Elaboración propia

**Figura 8:** Recolección de arcilla



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9:** Recolección de arcilla



Fuente: Elaboración propia

### **Elaboración de molde**

Se elaboraron 2 moldes para armar los ladrillos, de metal y de madera, después de varias pruebas se decidió utilizar el molde de madera de pino. Las dimensiones de los moldes fueron: 23 cm de largo, 13.5 cm de ancho, 9 cm de altura

**Figura 10:** Molde de madera de pino



Fuente: Elaboración propia

**Figura 11:** Molde de metal



Fuente: Elaboración propia

### **Elaboración de ladrillos artesanales**

Para la elaboración de ladrillos artesanales se realizaron una serie de pasos que se detallan a continuación:

#### **Preparación de la arcilla:**

A la arcilla totalmente seca, se le agrega agua y se la debe amasar con los pies hasta obtener una consistencia pastosa. Esta mezcla sería nuestra muestra patrón con la que posteriormente trabajaríamos agregando porcentajes diferentes de lodo residual (5, 10 y 15%).

**Figura 12:** Amasado de la arcilla



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13:** Consistencia pastosa de la arcilla



Fuente: Elaboración propia

### **Preparación de lodo residual:**

El lodo residual tuvo que pasar por un proceso de triturado y tamizado (tamiz 200) antes de ser incorporado en porcentajes del peso a la muestra patrón.

**Figura 14:** Triturado del lodo residual



Fuente: Elaboración propia

**Figura 15:** Tamizado del lodo residual



Fuente: Elaboración propia

**Figura 16:** Lodo residual tamizado



Fuente: Elaboración propia

**Elaboración de ladrillos con el 5% de inclusión de lodo residual**

Se elaboró un ladrillo utilizando la muestra patrón, para pesarlo y así calcular las proporciones entre lodo y arcilla que se utilizaría para elaborar 50 ladrillos

**Figura 17:** Ladrillo de muestra patrón



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18:** Mezcla para elaborar 50 ladrillos con el 5 % de inclusión de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

**Figura 19:** Moldeado de ladrillos con el 5 % de inclusión de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

**Figura 20:** Ladrillos con el 5% de inclusión de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

### **Elaboración de ladrillos con el 10 y 15% de inclusión de lodo residual**

Se preparó las mezclas que según el porcentaje de lodo residual que se utilizaría y se procedió al moldeado de los ladrillos.

**Figura 21:** Ladrillos con el 10% de inclusión de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

**Figura 22:** Ladrillos con el 15% de inclusión de lodo residual



Fuente: Elaboración propia

### **Proceso de secado de los ladrillos**

Transcurridos 3 días de la elaboración de los ladrillos se procedió a voltearlos para que continúen con el proceso de secado hasta completar una semana

**Figura 23:** Se voltearon los ladrillos para que puedan secar por las otras caras



Fuente: Elaboración propia

**Figura 24:** Se voltearon los ladrillos para que puedan secar por las otras caras



Fuente: Elaboración propia

### **Cocción de ladrillos**

Cuando ha transcurrido una semana del proceso de secado, nos aseguramos que los ladrillos estén totalmente secos y procedemos a la cocción de los mismos, en este caso los ladrillos serán calcinados a 1000°C aproximadamente durante 12 horas en un horno artesanal.

**Figura 25:** Cocción de ladrillos artesanales



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO V

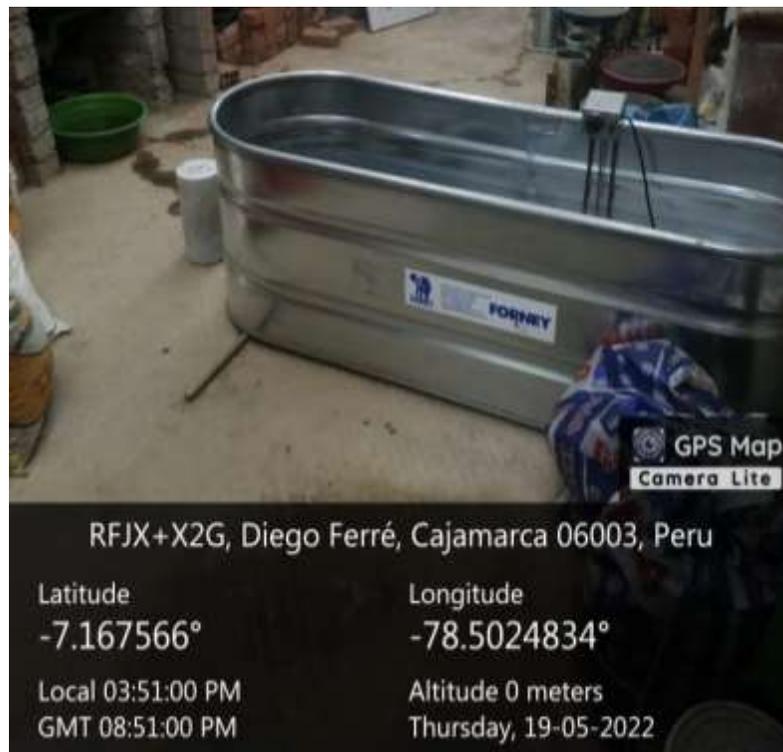
### Pruebas de laboratorio

**Figura 26:** Prueba de resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia

**Figura 27:** Prueba de absorción



Fuente: Elaboración propia

**Figura 28:** Prueba de alabeo



Fuente: Elaboración propia

## ANEXO VI

### Análisis microbiológico de los lodos residuales

Figura 29: Resultados de análisis de laboratorio



LABORATORIOS BIOMIC SRL

RUC: 20407573531  
BMC - INF - MO - 2022  
Versión: 1.0

#### Informe de Ensayo N° 01-01-LD- 2022

##### Análisis De Lodos De Planta De Tratamiento

#### I. Información Preliminar:

Solicitante:	Luis Gerardo Bazán Escalante
DNI:	70190955
Producto:	Lodo de PTAR
Servicio solicitado:	Análisis Microbiológico y DBO
Procedencia:	PTAR CELENDÍN
Código registro de laboratorio:	ML-1
Condiciones de la muestra:	Muestra recibida en laboratorio
Fecha de muestreo:	17/06/2022
Presentación:	Frasco de plástico con aprox. 500 gramos de muestra
Fecha de recepción:	17/06/2022
Fecha de análisis:	17/06/2022
Fecha entrega de resultados:	22/06/2022

#### II. Resultado del análisis microbiológico de lodos de planta de tratamiento:

Parámetro	Unidad	LD	LC	Resultado	LMP*
Numeración de Coliformes Totales <sup>a</sup>	NMP/100 mL	0	0	2×10 <sup>2</sup>	-
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes <sup>b</sup>	NMP/100 mL	0	0	50	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>c</sup>	mg/L	< 1	< 1	22	100

LMP\*: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. - Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.

LD: Límite de detección (En las unidades del parámetro analizado)

LC: Límite de cuantificación (En las unidades del parámetro analizado)

#### Metodología:

(<sup>a</sup>): SM 9221 B. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.

(<sup>b</sup>): SM 9221 E. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

(<sup>c</sup>): SM 5210 B. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

#### Observaciones:

La muestra cumple con los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. La muestra es apta para su manipulación directa haciendo uso de EPP de seguridad.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME  
VALIDO SOLO PARA LA MUESTRA ANALIZADA

Dirección: Av. Hoyos Rubio 1640 Contacto: 929804342 Email: biomic1640@gmail.com  
Cajamarca - Perú

  
BLGO. OMAR DANIEL  
PARAZAMAN QUIROZ  
CBP 10754

Fuente: Elaborado por LABORATORIOS BIOMIC SRL



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, BAZAN ESCALANTE LUIS GERARDO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Elaboración de ladrillos de arcilla con inclusión de lodos residuales de la PTAR de la provincia de Celendín, Cajamarca", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
LUIS GERARDO BAZAN ESCALANTE <b>DNI:</b> 70190955 <b>ORCID</b> 0000-0001-7613-1347	Firmado digitalmente por: LBAZANES el 18-06-2022 10:30:04

Código documento Trilce: TRI - 0308330