

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE  
LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES  
Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE  
INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autora:

Sheyla Gianina Martos Leon

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2022



## DEDICATORIA

A Dios principalmente por haberme permitido llegar a este momento tan importante de mi vida. A mis padres por ayudarme a levantarme siempre y no dejar que me rinda jamás, por motivarme a seguir con mis sueños, metas y objetivos. Por su gran esfuerzo y dedicación en darme siempre lo mejor.

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haberme dado salud y fortaleza para superar todos los obstáculos y poder llegar hasta aquí.

Agradezco a mi madre por el apoyo, confianza y sobre todo el amor que me ha brindado y por estar siempre a mi lado.

A mi padre porque gracias a él soy la persona que soy, por todos los valores que me inculcó desde pequeña.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO .....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales .....	17
Tabla 2: Investigaciones del ladrillo de arcilla .....	25
Tabla 3: Investigaciones del ladrillo de concreto .....	26
Tabla 4: Factor de estudio (Material).....	38
Tabla 5: Factor de estudio (Proceso de fabricación).....	40
Tabla 6: Factor más influyente en los ladrillos de arcilla .....	42
Tabla 7:Factor de estudio (MATERIAL) .....	43
Tabla 8: Factor de estudio (Proceso de fabricación).....	45
Tabla 9: Factor más influyente en los ladrillos de concreto .....	47
Tabla 10: Arcilla vs Concreto .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Formato 01 Ficha Resumen.....	29
Figura 2: Formato 02 Ladrillos de Arcilla .....	31
Figura 3: Formato 03 Ladrillos de Concreto.....	31
Figura 4: Formato 04 Factor materiales.....	32
Figura 5: Formato 04 Factor proceso de fabricación.....	33
Figura 6: Formato 05 Factor Materiales .....	33
Figura 7: Formato 05 Proceso de fabricación.....	34
Figura 8: Formato 06 Factor más influyente.....	35
Figura 9: Formato 07 Factor más influyente.....	36
Figura 10: Diagrama de flujo.....	37
Figura 11: Mayor y menor variación de la resistencia compresión.....	39
Figura 12: Mayor incremento vs mayor decremento.....	39
Figura 13: Mayor y menor variación de la resistencia a la compresión .....	41
Figura 14: Mayor incremento vs menor incremento.....	41
Figura 15: Factor más influyente en los ladrillos de arcilla.....	42
Figura 16: Máxima variación positiva y negativa de la resistencia a la compresión.....	44
Figura 17: Mayor incremento vs mayor decremento.....	45
Figura 18: Mayor y menor variación de la resistencia a la compresión. ....	46
Figura 19: Mayor incremento vs mayor decremento.....	46
Figura 20: Factor más influyente Concreto .....	47

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Resistencia a compresión.....	20
-------------------------------------------	----

-

## RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo, determinar la variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de elaboración, a partir de investigaciones realizadas en el Perú. Se realizó un muestreo no probabilístico que consta de 32 investigaciones de resistencia a compresión de ladrillos. Esta cantidad de investigaciones se halló por conveniencia del investigador. Teniendo en cuenta criterios de inclusión, que son: Idioma español, año de la investigación, a partir del 2011 hacía adelante, encontrarse publicadas en repositorios de universidades o en páginas web confiables. Para el desarrollo de esta tesis, se han separado los 16 estudios de ladrillos de arcilla y los 16 estudios de ladrillos de concreto en distintas tablas, anotando, en cada proyecto el factor en estudio; el porcentaje de incremento de la resistencia a compresión de cada unidad, para así obtener cual es el factor más influyente en la resistencia a la compresión. Analizando los resultados presentados, llegué a la conclusión que el factor proceso de fabricación en los ladrillos de concreto es el de mayor incremento, siendo este 334%, respecto a la resistencia a la compresión patrón y el factor material cambia en 140.05% la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla. Lo cual acepta la hipótesis presentada, ya que el incremento promedio de los dos factores es mayor al 15% tal cual nos indica la hipótesis.

**Palabras clave:** Ladrillos de arcilla, ladrillos de concreto, resistencia a la compresión

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Tanto a nivel internacional como nacional, la población ha crecido considerablemente a través de los años. En el año del bicentenario de la independencia del Perú, la población del país alcanzó 33 35 304 habitantes habiendo aumento en 17.7 veces respecto a los resultados del primer censo de población de la época Republicana realizada en 1836, que totalizó 1 873 736 personas. (EL PERUANO, 2021)

En la Ciudad de Cajamarca se ha incrementado la población, así como el crecimiento económico, notándose una gran expansión en la zona urbana. Según los resultados del XI Censo Nacional de Población, al 21 de octubre del año 2007, la población censada del departamento de Cajamarca es 1 millón 387 mil 809 habitantes y la población total, es decir, la población censada más la omitida, 1 millón 455 mil 201 habitantes. De acuerdo con el censo 2007, la población urbana del departamento se incrementó en 45,9%, respecto al año 1993, es decir, un promedio de 10 mil 203 personas por año, equivalente a una tasa promedio anual de 2,7%. (INEI, 2009).

Debido a esto, el crecimiento urbano es notorio y origina el aumento de las construcciones de edificaciones con el uso masivo de materiales de construcción como el ladrillo, concreto, acero y otros elementos fundamentales; siendo de esta manera la mayoría de edificaciones de albañilería. En los últimos años, el sector construcción ha crecido considerablemente debido a la demanda interna y el poder adquisitivo de la población peruana. Esto ha originado una mayor inversión en infraestructura principalmente en la parte de vivienda. (Altamirano, 2016). En el Perú, las edificaciones que más predominan son las construcciones de albañilería confinada. En este tipo, las fuerzas sísmicas son resistidas en su mayoría por los muros estructurales que generalmente se construyen con ladrillos. (Altamirano, 2016).

La albañilería-ladrillos constituye el material más usado en Latinoamérica en la construcción de edificios de viviendas para la población de bajos ingresos debido a su bajo costo de construcción. Las construcciones de albañilería se caracterizan por ser viviendas unifamiliares de 1 o 2 pisos, o bien edificios de 5 pisos como máximo. A pesar de su extensivo uso, la construcción en albañilería presenta una serie de deficiencias en la construcción de estos edificios. La mayor parte de ellas relacionadas con el proceso de elaboración de los ladrillos y el mismo proceso constructivo, la variedad de materiales empleados y la mano de obra muchas veces no calificada. (Maldonado, 2013).

Hasta antes de 1970, los edificios de albañilería se construían sin las precauciones necesarias, por lo que generalmente sufrían serios daños estructurales cuando ocurrían los sismos, llegando incluso a colapsar ante los terremotos. En otros casos, se proporcionaba paredes con espesores exagerados y muros en abundancia, dando por resultado edificios seguros, pero antieconómicos. Es decir, estas edificaciones no seguían los lineamientos de un diseño racional, debido a que el ingeniero estructural no contaba con la información suficiente que le permitiese efectuar un diseño adecuado. (San Bartolomé, 1994)

En nuestro País, los muros de albañilería son contruidos mayormente con unidades fabricadas en la propia región que son elaboradas por medios tradicionales y de forma artesanal. A pesar de este uso masivo, no se tiene hasta la fecha ninguna información básica sobre las características estructurales de estas unidades de albañilería y el comportamiento estructural de este sistema constructivo, lo que conduce en la mayoría de los casos a un diseño aproximado, o la incertidumbre de las soluciones adoptadas. (Aguirre, 2004)

En la ciudad de Cajamarca predominan tres sistemas constructivos: albañilería de adobe, tapial y ladrillo confinado. Además existen edificaciones aporticadas de concreto armado, correspondientes a colegios, centros comerciales, institutos, etc., sin embargo existen viviendas y otras edificaciones construidas con combinaciones de diversos sistemas

estructurales y diferentes materiales, tales como adobe - tapial, adobe-ladrillo, tapial ladrillo, adobe-elementos de concreto armado, tapial-elementos de concreto armado, adobe-tapial-ladrillo, ladrillos-bloques de concreto, albañilería de ladrillo sin confinamiento, entre otros. (Tafur & Narro, 2006).

La Ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad Z3 (NT E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE, 2018) por lo cual es muy latente el peligro de ocurrencia de sismos, pudiendo verse afectada la estructura de viviendas y otras edificaciones originándose pérdidas humanas y materiales. Por lo que es de vital importancia construir con materiales con buena resistencia.

El material principal en un sistema de albañilería es el ladrillo, ya sea de arcilla o concreto. Los documentos que controlan la calidad del ladrillo son: La norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), la cual da los parámetros mínimos que debe cumplir un ladrillo para su utilización, las propiedades mecánicas, físicas y químicas para el cumplimiento y aceptación del ladrillo como pieza apta dentro de la albañilería. ( Sanchez & Vasquez, 2019)

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. (San Bartolomé, 1994)

Una de las propiedades estructurales de mayor importancia de la albañilería es la resistencia a compresión. Esta resistencia dependerá directamente de las características de los materiales que conforman la albañilería. (Bonilla, 2006). La resistencia a la compresión es la propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión. (Barranzuela, 2014)

Para obtener un ladrillo de arcilla con buena resistencia a la compresión, depende de la materia prima y el proceso de fabricación. Las mejores arcillas contienen un 33% de arena y limo; es necesario que exista arena para reducir los efectos de contracción por secado de la arcilla. (San Bartolomé, 1994)

Con respecto a la fabricación, para conseguir los resultados finales del bloque de tierra, es importante tener en cuenta el proceso de cocción ya sea en horno industrial o artesanal, porque es durante esta fase donde gana sus características básicas que lo convierten en un ladrillo que cumpla los protocolos que dictan las normas, siendo su propiedad mecánica dentro de la albañilería, uno de los puntos a evaluar de forma más precisa y por ende donde se centrara en parte de la investigación, evaluándose en forma individual como es su ensayo a la compresión por unidad y de forma grupal dentro de una estructura como es el ensayo de compresión por pila, generando antecedentes para futuras investigaciones. (Sanchez & Vasquez, 2019)

Flores, Guiraúm & Barrios (1999) en su trabajo de investigación titulado “Caracterización de ladrillera tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla” establecieron las características físicas, químicas y mineralógicas de un grupo de piezas procedentes de las ladrilleras situadas en la vega del río Guadalquivir, en la zona situada entre Sevilla, Coria, San Juan de Aznalfarache, Tomares y Castilleja de la Cuesta, se llegó a la conclusión de que todos los ladrillos fabricados en esta zona presentan un porcentaje de absorción de agua por encima del límite admitido (18%) por la normativa UNE vigente en España. La resistencia a la compresión no resulta similar para los dos grupos siendo 12 sensiblemente mayor para las piezas tipo rojo, estos ladrillos rojos tienen un contenido en cuarzo algo más elevado que los ladrillos amarillos, todos los resultados se encuentran muy por encima de los 100kp/cm<sup>2</sup> aceptables como valor mínimo.

Carvajalino & Hernández (2014) En su investigación titulada “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques H-10 utilizados en el Municipio de Ocaña”, cuyo objetivo principal fue determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques H-10 producidos y comercializados en el municipio de Ocaña. Se hizo la toma de datos de las muestras, caracterización de las muestras, diseño y dosificación del mortero de pega a utilizar,

fabricación de los muros y pilas de mampostería con las especificaciones indicadas, elaboración de los distintos ensayos cumpliendo con las Normas Técnicas Colombianas, la norma Sismorresistente del 2010 y teniendo como referencia otras investigaciones concernientes al tema estudiado, generación de archivos, revisión y depuración de la información, análisis estadístico y comparación de resultados. Después de analizar los resultados obtenidos en todos los ensayos realizados para determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques H-10 producidos y comercializados en la ciudad de Ocaña mediante conceptos estadísticos, se pudo concluir que los datos son confiables, pues no presentan dispersiones importantes entre ellos, lo que genera homogeneidad en los resultados, pues los coeficientes de variación hallados en los ensayos son pequeños.

Cabezas (2011) En su trabajo de graduación, considera que los edificios de albañilería por su configuración y estructuración, en condiciones normales de carga, están sometidos principalmente a fuerzas axiales provenientes de la acción de las cargas muertas y de la sobrecarga de uso. La aparición de otras sollicitaciones, fuerza de corte y momento de flexión, se producen por la acción sísmica y resultan determinantes en el diseño de los edificios de albañilería ubicados en zonas de alta sismicidad. El bajo desarrollo de la investigación experimental en el tema y por lo mismo de un diseño racional, han sido uno de los factores que han contribuido a que se produzcan daños severos durante los terremotos ocurridos en los últimos 60 años.

En una tesis presentada por Ángeles (2008) llamada “Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla” se construyó a escala natural un muro confinado por cada tipo de ladrillo, con las mismas dimensiones y refuerzo de acero en los elementos de confinamiento. El ensayo consistió en aplicar a los muros una carga lateral cíclica con desplazamiento controlado. Adicionalmente, se realizaron pruebas tales como: resistencia a compresión, variación

dimensional, alabeo, succión y absorción en ladrillos y resistencia a compresión axial y diagonal en prismas de albañilería. De los ensayos realizados se pudo determinar que ambos tipos de ladrillo no cumplieron con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero calificaron como unidades sólidas aptas para ser empleadas en la constitución de muros portantes de acuerdo a la Norma E.070.

Un estudio sobre “Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura” realizado por Seminario (2013), se analizó 10 unidades enteras por muestra llegando a obtener como resultado que, las 10 unidades ensayadas a compresión de la marca Tallán suponen un número muy bajo de datos para realizar un análisis estadístico confiable. Se puede mencionar, sin embargo, que el promedio de resistencia a la compresión es de 82.22 kg/cm<sup>2</sup>. Además, sólo 2 de las 10 unidades cumplen lo establecido en la norma E-070 del RNE, y sólo 1 unidad con lo establecido por la NTP 331.017, para el uso de los ladrillos tipo III según la norma E-070 del RNE. Y, en todos los casos, las unidades tienen un porcentaje de vacíos por encima del 30%, para el uso de los ladrillos tipo III según la norma E-070 del RNE. Este hecho podría ser una alerta significativa, pues las unidades con un porcentaje de vacíos excesivo, aunque conserven su resistencia, podrían tener una falla explosiva que comprometería la estabilidad de la estructura en general.

Vásquez (2016) en su tesis “Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016” cuyo objetivo general fue proponer un nuevo diseño de ladrillos artesanales de arcilla cocida que cumplan con las exigencias de la norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, en cuanto a resistencia a compresión. Para esto, de las 75 ladrilleras artesanales existentes en la zona, se tomó como muestreo por juicio o conveniencia a la ladrillera Lucano, observando el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la cocción de las unidades. Aplicando la NTP 399.613 y la Norma E.070 se eligieron 50

unidades, de las cuales serán sometidas a varios ensayos; 25 de variación dimensional, 25 de alabeo, 25 de absorción y 25 de resistencia a la compresión. Concluyendo que los ladrillos fabricados en forma artesanal en Ladrillera Lucano de la comunidad del Frutillo-Bambamarca clasifican en tipo II para fines estructurales destinados a construcciones de servicio moderado y tipo III para construcciones de servicio de uso general.

Gonzales (2016) en su investigación titulada “Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con incorporación de PET en diferentes porcentajes”, el objetivo principal es Comparar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de PET al 0%, 5%, 10% y 15%. La realización de esta investigación se detalla: Se realizó el muestreo a la cantera seleccionada, que es de donde se obtuvo los agregados para la elaboración de los ladrillos de concreto con y sin incorporación de PET, se realizaron los ensayos en laboratorio de concreto para obtener las propiedades físicas y mecánicas de los agregados que se usaron para la elaboración de los ladrillos. Se realizó el molido de las botellas de PET en un molino, para poder triturarlo y tenerlo listo para su respectiva incorporación en la elaboración de los ladrillos, luego se elaboraron los ladrillos de concreto con la incorporación de PET reciclado al 0%, 5%, 10% y 15% de proporciones en volumen, también se realizaron los ensayos correspondientes en laboratorio para determinar la variación en las propiedades físicas y mecánicas para cada tipo de ladrillo y finalmente realizar una clasificación de los ladrillos según norma E.070 de albañilería y por último los ensayos correspondientes a la resistencia de los ladrillos a compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días de haber sido elaborados. La conclusión nos indica que se cumplió parcialmente la hipótesis, debido a que solo se incrementó las propiedades de succión y absorción de los ladrillos con incorporación de PET.

Lazo (2018) En su tesis realizada en la ciudad de Cajamarca, determina la resistencia a compresión de pilas fabricados de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal. Se trabaja con mortero de 1:4, 1:4:1/2, 1:5 y 1:5:1/2, como

referencia de la Norma Técnica E.070 (Albañilería) para uso en muros portantes. Para ello inicialmente, se clasifica a los 3 diferentes tipos de ladrillo de acuerdo a la Norma Técnica E.070, en base a los ensayos de variación dimensional, alabeo, compresión simple y ensayos no clasificatorios: succión y absorción. Se construyeron seis pilas por cada espécimen y mezcla indica anteriormente, realizando un total de 72 pilas. Los resultados de las unidades de albañilería, clasifican al ladrillo de arcilla industrial en un tipo IV, arcilla artesanal en un tipo I y de concreto artesanal en un tipo II.

Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo. (Moreno, 1981) Un ladrillo considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: estar bien moldeado, lo que da lugar a caras planas, lados paralelos y los bordes y ángulos agudos. Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero, no contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia, poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo está bien cocido y no tiene defectos como fisuras. (Del Río, 1975)

San Bartolomé (1994) expone que, a nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que éstos tengan; de la siguiente manera:

a) Unidades Sólidas o Macizas. Son las que no tienen huecos o, en todo caso, presentan alveolos o perforaciones perpendiculares a la superficie de asiento que cubren un área no mayor al 25% del área de la sección bruta. Sin embargo, los experimentos indican que es posible emplear unidades hasta con 33% de vacíos, más allá del cual su comportamiento se torna muy frágil. Estas unidades se emplean para la construcción de muros portantes.

b) Unidades Huecas. Son aquellas donde el área neta (en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones.

c) Unidades Tubulares. Son las que tienen sus alveolos o forma paralela a la superficie de asiento; en este tipo clasifican los ladrillos panderetas, utilizados en los tabiques

Según la (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006) para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería se clasifican en:

Tabla 1

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

CLASE	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN
	$f'_b$ mínimo en MPa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) sobre área bruta
LADRILLO I	4.9(50)
LADRILLO II	6.9(70)
LADRILLO III	9.3(95)
LADRILLO IV	12.7(130)
LADRILLO V	17.6(180)
BLOQUE P	4.9(50)
BLOQUE NP	2.0(50)

*Nota: Recolectado del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006)*

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones, clasifica al ladrillo en cinco tipos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

**Tipo I:** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

**Tipo II:** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

**Tipo III:** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

**Tipo IV:** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

**Tipo V:** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

**Bloque P:** Bloque usado en la construcción de muros portantes.

**Bloque NP:** Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

- **Resistencia a Compresión**

La resistencia a compresión es la relación directa que existe entre la carga que aplicada a una determinada área de sección (Parro, 2015). Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Según la INTINTEC (2006) la resistencia a la compresión de la albañilería ( $f'_m$ ) es la propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ( $f'_b$ ), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006) establece que: Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

### **Ensayo de resistencia a compresión axial.** (NTP 399.613, 2005)

#### **Materiales y equipos:**

- Máquina para realizar la resistencia a la compresión axial, marca Forney, serie 10165, tiene una capacidad de: 250000 lb (Debe satisfacer los requerimientos de la norma (ASTM E4, 2016)
- Unidades de ladrillos.

#### **Preparación de la muestra:**

- Se debe realizar un refrentado con yeso calcinado, después se cubre ligeramente con una capa de aceite.
- Se repite el procedimiento en la otra cara del ladrillo. Tener cuidado que las superficies de contacto sean paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical del espécimen y que los espesores sean aproximadamente los mismos sin exceder de 3 mm.
- Se deja reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

#### **Procedimiento:**

- Se ensayan los ladrillos con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo, la carga se debe aplicar en la dirección de su menor dimensión.

- Se une la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad proveniente, después se ajusta los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil.

### **Cálculos para hallar la resistencia a compresión:**

La resistencia a la compresión de cada espécimen se calculará con la siguiente ecuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0.001 MPa:

*Ecuación 1: Resistencia a compresión*

$$C = W/A$$

Donde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen, MPa.

W = Máxima carga en N, indicada por la máquina de ensayo.

A = Área bruta de la sección.

Según Barranzuela (2014) los ladrillos de arcilla, según el método de fabricación, en:

**Ladrillo de arcilla artesanal:** Ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad

**Ladrillo de arcilla semi-industrial:** Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El ladrillo semi-industrial se caracteriza por presentar una superficie lisa.

**Ladrillo de arcilla industrial:** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad. Las formas de producción artesanal y semi-industrial,

tienen los mismos pasos o secuencias, únicamente variando en los instrumentos, métodos y herramientas utilizadas para la producción. La principal variación se da en el proceso de moldeado, como ya se explicó en la definición, para el ladrillo semi-industrial se utiliza maquinaria que extruye la pasta de arcilla, por lo que se obtienen unidades de superficie lisa. El proceso industrial se diferencia de los dos primeros procesos de fabricación no solo en la utilización de maquinaria para el proceso de moldeado sino en el empleo de hornos más sofisticados para la fase de cocción. En estos hornos se lleva un control de temperatura, logrando una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con una mejor calidad final.

San Bartolomé (1994) nos expone sobre las unidades de concreto que, La ventaja de las unidades de concreto sobre las anteriores es que dependiendo de la dosificación que se emplee (cemento-arena-confitillo-agua), pueden lograrse unidades con una resistencia que dependa del uso a que se destine. Estas unidades pueden ser artesanales (ladrillos) o industriales (ladrillos y bloques), con un tono gris verdoso, aunque puede agregarse pigmentos que varíen su color. Su textura usual es gruesa, con poros abiertos, y su peso puede aligerarse empleando piedra pómez como agregado.

En los procesos artesanales la dosificación de los materiales se hace por volumen (usualmente 1:2:4, cemento-arena-confitillo de Ye"); mientras que en los procesos industriales se dosifica por peso. En ambos casos, se utiliza una baja cantidad de agua (slump 1"), a fin de permitir el desmolde de la unidad sin que se desmorone. El mezclado de los materiales se hace a mano (artesanal) o a máquina (industrial). El moldeado se realiza por vibro-compresión (industrial), utilizando máquinas estacionarias o "ponedoras" (en obra), o chuceando la mezcla en moldes artesanales El proceso de curado industrial se hace en cámaras de vapor (50°C, a baja presión), en cámaras autoclave (150°C, a presión de 6 a 10 atmósferas), o con riego por aspersión. Artesanalmente el curado se realiza echándoles agua durante una semana en un

tendal. Estas unidades pueden utilizarse después de 28 días de su fabricación. (San Bartolomé, 1994)

Cabe resaltar que esta investigación se justifica a partir que dará un aporte importante a la ingeniería, ya que, al encontrar la variación de la resistencia a compresión del ladrillo, podemos crear un modelo ideal para un ladrillo que contenta la mejor resistencia posible. Y así mejorar significativamente la resistencia estructural de las edificaciones.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

Para la ejecución de este tema de tesis, nace la siguiente pregunta de investigación ¿En cuánto varía la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú?

Para responder dicha pregunta nos planteamos un objetivo general el cual es determinar la variación de la resistencia a la compresión de los ladrillos, debido a los factores: materiales y proceso de elaboración, a partir de investigaciones realizadas en el Perú. Por consiguiente, los objetivos específicos son; determinar la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de arcilla, debido al reemplazo de materiales. Determinar la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de arcilla, debido al proceso de fabricación. Determinar la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto, debido al reemplazo de materiales. Determinar la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto, debido al proceso de fabricación. Y, determinar que factor varía con mayor porcentaje en la resistencia a la compresión. Respondiendo a la pregunta de investigación, como hipótesis tenemos que la resistencia a la compresión de los ladrillos varía en más del 15% debido a los factores: materiales y proceso de fabricación, a partir de investigaciones realizadas en el Perú.

El tipo de investigación de este estudio es no experimental, descriptiva. Ya que, en base a las investigaciones realizadas en el Perú, se determinan las características de los ladrillos que tienen mayor resistencia a compresión. Morales (2012) en su artículo, define que la investigación descriptiva consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores.

Este estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que vamos a analizar datos de los factores que varían la resistencia a compresión. Estos factores serán materiales y proceso de fabricación. El factor material se refiere a la materia prima empleada para elaborar los ladrillos, ya sea cambiando o adicionando algún material. El factor proceso de fabricación consiste en todo lo

referido al procedimiento que se necesita para llegar al resultado final que es la obtención del ladrillo, ya sea proceso de cocción o modificación de molde.

La investigación cuantitativa es un método estructurado de recopilación y análisis de información que se obtiene a través de diversas fuentes. Este proceso se lleva a cabo con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación. (QuestionPro, 2021)

El diseño de investigación es transversal. “El estudio transversal se define como un tipo de investigación observacional que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo sobre una población muestra o subconjunto predefinido (QuestionPro, 2021)”

Se realizó un muestreo no probabilístico que consta de 32 investigaciones de resistencia a compresión de ladrillos. Esta cantidad de investigaciones se halló por conveniencia del investigador. Teniendo en cuenta criterios de inclusión, que son:

- Idioma español
- Año de la investigación, a partir del 2011 hacía adelante.
- Encontrarse publicadas en repositorios de universidades o en páginas web confiables.
- Estudios donde se elaboren nuevos ladrillos ya sea de arcilla o concreto, con adición o reemplazo de materiales a la dosificación común.
- Estudios donde se elaboren nuevos ladrillos ya sea de arcilla o concreto, con cambio de cocción o de molde para la fabricación.

Y los criterios de exclusión son:

- Las investigaciones no analizan la resistencia a la compresión de la unidad
- Las investigaciones pertenecen a universidades fuera del Perú.
- El año de publicación era mayor del rango de antigüedad seleccionado.

Quedando la muestra con los siguientes elementos:

Tabla 2

*Investigaciones del ladrillo de arcilla*

<b>TITULO DEL ESTUDIO</b>	<b>AUTOR</b>
Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno artesanal e industrial, Trujillo 2019	José Eduardo Sánchez Castillo, Jim Kevin Vásquez Abanto
Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015	Ruíz Fernández Deisy Maricela
Influencia de la arcilla de caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, Huamachuco 2018	Junior Mijael Cerna Fernández
Elaboración de un ladrillo alternativo sin cocción en Cajamarca	Antonio Martín Tejada Arias
Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales	Gustavo Guerrero Gómez, Edwin Espinel Blanco, Heller Guillermo Sánchez Acevedo
Evaluación de ladrillo ecológico machihembrado en resistencia, costo y rendimiento para su aplicación en viviendas económicas Huacrachuco 2017	Leonides Mendoza Salinas
Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco	Wilson Néstor Arquíñigo Trujillo
Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – distrito de Santa – Ancash – 2017	Nayaret Patricia Rojas Poémape
Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de Ichu (Stipa Ichu)	Elmer Orlando Limay Campos, Hever Ubaldo Vásquez Caruajulca
Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos	Urbina Tirado, Christopher Jhon
Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente	Olave Cortez Juan Carlos

Evaluación de la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla con adición de cascarilla de arroz, Calzada, 2019	Córdova Tineo Oliver, Román Silva Nahum
Estudio de las propiedades físico -mecánicas del ladrillo de arcilla elaborado en el Centro poblado menor de Otuzco y ladrillo Industriales REX	Stalin Jesús Ruiz Rivera
Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo King Kong del centro poblado el Cerrillo Baños del Inca y Lark de Lambayeque	Kliver Bernal Cabrera
Propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la ciudad de Trujillo, 2018	Rebaza Vásquez, Primo Feliciano
Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo	Abanto Flores, Peter Jheryes; Akarley Poma, Luis Martin

Nota: En esta tabla encontramos dieciséis investigaciones que estudian a los ladrillos de arcilla.

Tabla 3

*Investigaciones del ladrillo de concreto*

TITULO DEL ESTUDIO	AUTOR
Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto con reemplazo de vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso en diferentes porcentajes, Cajamarca 2017	Carlos Giovanni Camacho Armas
Comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015	Astopilco Valiente, Alexander Jhoel
Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto con la incorporación de pet en diferentes porcentajes”	Gonzales Armas, Roberto Kevin
Estudio de un nuevo ladrillo de concreto y de la influencia de la cal en el mortero en el comportamiento sísmico de muros confinados	Ana Victoria Agüero Orcón, Melissa Adriana Fernández Concha
Resistencia a compresión axial del ladrillo de concreto clase III al reemplazo de porcentajes en 0.5%, 1% y 1.5% de papel reciclado	Alcántara Chávez, Pierre
Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado.	Evelyn Rosario Echeverría Garro

Resistencia a la compresión de ladrillos de concreto $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , reemplazando el agregado grueso por ladrillo y concreto reciclado, en diferentes porcentajes	Cayotopa Cabanillas, Kevin Johann
Resistencia característica a compresión axial de ladrillo de concreto al incorporar ceniza de cáscara de arroz	Mayra Consuelo Muñoz Gutiérrez de Aguilar
Resistencia a la Compresión de Ladrillo de Concreto, sustituyendo un 15% al cemento, por arcilla en un 10% y cenizas de hoja de Schinus (MOLLE) en un 5%	Obregón Cruz, Anthony Richard
Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto sustituyendo parcialmente el confitillo por caucho reciclado en un 5% y 10%.	Ambrosio León Abel Quenan
Influencia de la viruta de acero y concreto reciclado en la resistencia a la compresión por unidad y pila de ladrillos de concreto convencional. Lima 2020	Benjamín Aroñe Vásquez
Propiedades físico mecánicas de ladrillos con dos tipos de acoples para albañilería de junta seca	Luis Antonio Mestanza Heras
Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento	José Luis Cruzado Ruiz
Propiedades del ladrillo de concreto reemplazando a los agregados por residuos de concreto reciclado en el Distrito de Nuevo Chimbote	Castillo Cabell, César; López Benites, Ludwing
Determinación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de concreto, fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo.	Cesar Cubas Luna
Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal de concreto en el distrito de Bagua Grande – Amazonas	Alan David García Ticliahuanca

---

Nota: En esta tabla encontramos dieciséis investigaciones que estudian a los ladrillos de concreto.

Para realizar la presente investigación, se recolectaron todos los estudios realizados sobre la resistencia a compresión de ladrillos. Como técnica de recolección de datos, utilizamos a la revisión documental para poder revisar y evaluar los estudios que cumplan con los criterios establecidos; para después seleccionar los estudios requeridos en una FICHA RESUMEN DE DATOS, elaborada en el software de hojas de cálculo EXCEL. (Ver Formato 1). En dicho instrumento de recolección de datos, tendremos en cuenta los criterios de inclusión establecidos.

La revisión documental comprendió la evaluación y estudio de investigaciones como tesis, artículos, libros, normas y documentos de internet publicados en las plataformas y repositorios de Universidades como la Universidad Privada del Norte, Universidad Nacional de Cajamarca y Pontificia Universidad Católica del Perú, con las palabras claves: resistencia a compresión, ladrillos de concreto y ladrillos de arcilla. Se incluyeron solo los estudios desde el año 2011 hasta la actualidad ya que los resultados son más actualizados y más cercanos a la realidad.

Después de revisar los estudios que sirvieron para esta tesis, los datos se colocaron una ficha de recolección de datos (Ver formato 1);

A continuación, se muestra cada parte de la ficha resumen:

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>	
	<b>FORMATO N° 01</b>	
	<b>FICHA</b>	<b>RESUMEN DE INVESTIGACIÓN</b>
<b>TESIS</b>	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LA DRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”	
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León	
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	
<b>FICHA RESUMEN 1</b>		
<b>DATOS GENERALES</b>		
TÍTULO DEL ESTUDIO		<b>A</b>
AUTOR		
AÑO		
DIRECCIÓN URL		
CÓDIGO		
<b>RESUMEN</b>		
<b>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</b>		
OBJETIVO GENERAL		<b>C</b>
OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
<b>HIPÓTESIS</b>		
<b>UNIDAD DE ESTUDIO</b>		
<b>MUESTRA</b>		
<b>RESULTADOS</b>		
<b>RESPONSABLE</b>		<b>ASESOR</b>
NOMBRE: Sheyla Martos Leon		NOMBRE: Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
FECHA		FECHA:

Figura 1. Formato 01 Ficha Resumen

PARTE A: Se anotó el título del estudio; autor; año de elaboración; código URL; el código generado dependiendo al tipo de ladrillo de estudio. Para los ladrillos de arcilla se creó un código cuyo formato fue el siguiente: Inicial A, seguida del número de orden. Para los ladrillos de concreto se hizo exactamente lo mismo pero la inicial de dicho código es la C, seguida del número de orden del estudio

PARTE B: En esta sección se anota el resumen del estudio, abordando lo más importante.

PARTE C: Se describe el objetivo general y los objetivos específicos.

PARTE D: Encontramos la hipótesis del estudio.

PARTE E: Colocamos la unidad de estudio.

PARTE F: Encontramos la muestra obtenida por el autor de la investigación

PARTE G: Hallamos lo más importante de esta ficha, los resultados de la resistencia a la compresión.

Por otro lado, para analizar la información recolectada, se procedió a utilizar la estadística mediante la técnica de datos agrupados. Se clasificaron los estudios mediante fichas en el software Excel. El análisis de la información fue comparativo, cuantitativo y cualitativo.

La información se presentó en la forma de cuadros comparativos y gráficos para su mejor ilustración, usando el software Excel como instrumento de análisis.

Teniendo en cuenta esto, para el análisis de datos, se organizaron los estudios dependiendo el tipo de ladrillo. Se agruparon los ladrillos de arcilla en una hoja de cálculo y los estudios de ladrillos de concreto en otra hoja. Los estudios se agruparon en tablas, anotando el título de estudio, el factor que influye en la compresión de los ladrillos y el código generado en la primera etapa de recolección de datos. Esto se hizo con los ladrillos de arcilla y con los de concreto. (Ver formato 2 y 3)

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
FORMATO N° 02		
FICHA	LADRILLOS DE ARCILLA	
TESIS	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”	
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León	
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	
<b>LADRILLOS DE ARCILLA</b>		
CODIGO	TITULO DEL ESTUDIO	FACTOR
H	I	J

Figura 2. Formato 02 Ladrillos de Arcilla

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
FORMATO N° 03		
FICHA	LADRILLOS DE CONCRETO	
TESIS	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”	
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León	
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno	
<b>LADRILLOS DE CONCRETO</b>		
CODIGO	TITULO DEL ESTUDIO	FACTOR
H	I	J

Figura 3. Formato 03 Ladrillos de Concreto

PARTE H: Se coloca el código generado ya sea para ladrillos de arcilla o de concreto.

PARTE I: Encontramos el título de la investigación

PARTE L: Hallamos el factor, que puede ser material o proceso de fabricación

De cada factor, se hizo un cuadro donde se aprecia las variables utilizadas en cada estudio, la resistencia a la compresión del ladrillo modelo, la nueva resistencia obtenida y el porcentaje de incremento de la resistencia. (Ver formatos 4 y 5).

El formato 04 será usado para los ladrillos de arcilla y, el formato 05 será utilizado para los ladrillos de concreto.

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
	<b>FORMATO N° 04</b>			
	<b>FICHA</b>	<b>LADRILLOS DE ARCILLA</b>		
<b>TESIS</b>	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”			
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León			
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno			
<b>FACTORES</b>				
<b>MATERIALES</b>				
CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODELO) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NUEVA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO

Figura 4. Formato 04 Factor materiales

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
FORMATO N° 04				
FICHA		LADRILLOS DE ARCILLA		
TESIS		“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”		
RESPONSABLE:		Sheyla Gianina Martos León		
ASESOR:		Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno		
FACTORES				
PROCESO DE FABRICACIÓN				
CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODELO) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NUEVA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO

Figura 5. Formato 04 Factor proceso de fabricación

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
FORMATO N° 05				
FICHA		LADRILLOS DE CONCRETO		
TESIS		“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”		
RESPONSABLE:		Sheyla Gianina Martos León		
ASESOR:		Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno		
FACTORES				
MATERIALES				
CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODELO) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NUEVA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO

Figura 6. Formato 05 Factor Materiales

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
FORMATO N° 05				
FICHA		LADRILLOS DE CONCRETO		
TESIS		“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”		
RESPONSABLE:		Sheyla Gianina Martos León		
ASESOR:		Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno		
FACTORES				
PROCESO DE FABRICACIÓN				
CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODELO) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NUEVA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO

Figura 7. Formato 05 Proceso de fabricación

Se hizo un cuadro comparativo entre factores y se visualizó cual es factor que influye más en la resistencia a la compresión. (Ver formato 6 y 7)

El formato 06 tratará de los estudios realizados al ladrillo de arcilla y el formato 07 será usado para los ladrillos de concreto.

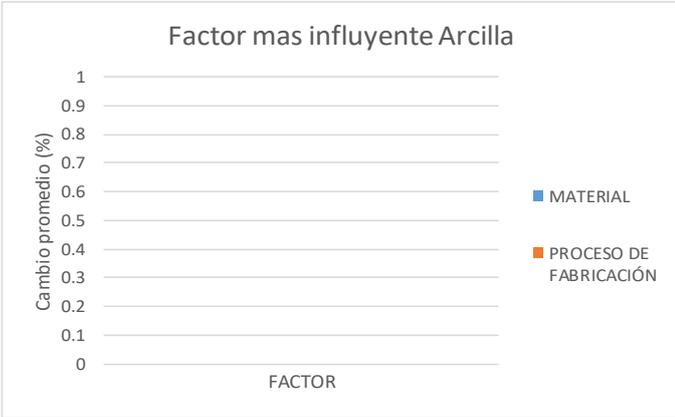
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>							
	<b>FORMATO N° 06</b>							
	<b>FICHA</b>	<b>FACTOR MÁS INFLUYENTE ARCILLA</b>						
<b>TESIS</b>	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”							
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León							
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno							
<h2>FACTOR MÁS INFLUYENTE ARCILLA</h2> <table border="1" style="margin: 20px auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>MATERIAL</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center;">  <p>Factor mas influyente Arcilla</p> </div>				<b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b>	<b>MATERIAL</b>		<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	
	<b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b>							
<b>MATERIAL</b>								
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>								

Figura 8. Formato 06 Factor más influyente

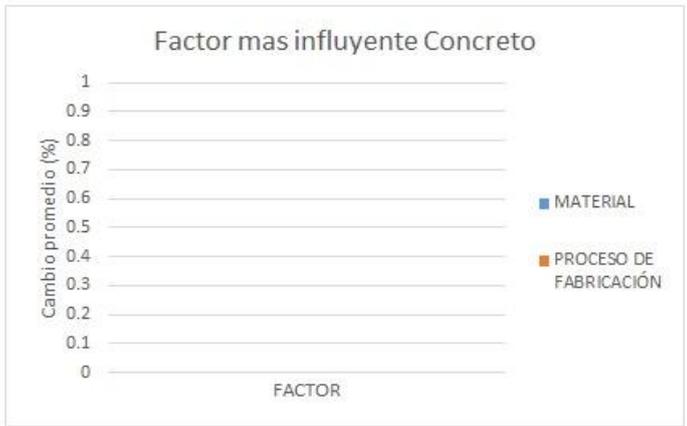
	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>							
	<b>FORMATO N° 07</b>							
	<b>FICHA</b>	<b>FACTOR MÁS INFLUYENTE CONCRETO</b>						
<b>TESIS</b>	“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS, DEBIDO A LOS FACTORES: MATERIALES Y PROCESO DE FABRICACIÓN, A PARTIR DE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL PERÚ”							
RESPONSABLE:	Sheyla Gianina Martos León							
ASESOR:	Ing. Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno							
<b>FACTOR MÁS INFLUYENTE CONCRETO</b>								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;"><b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>MATERIAL</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		<b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b>	<b>MATERIAL</b>		<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	
	<b>CAMBIO PROMEDIO (%)</b>							
<b>MATERIAL</b>								
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>								
								

Figura 9. Formato 07 Factor más influyente

Se realizaron gráficos estadísticos con los datos obtenido para su mejor visualización.

El valor más alto, fue el más influyente en la resistencia a compresión de los ladrillos según su tipo.

Para complementar el método de elaboración de esta tesis, se presentará un diagrama de flujo.

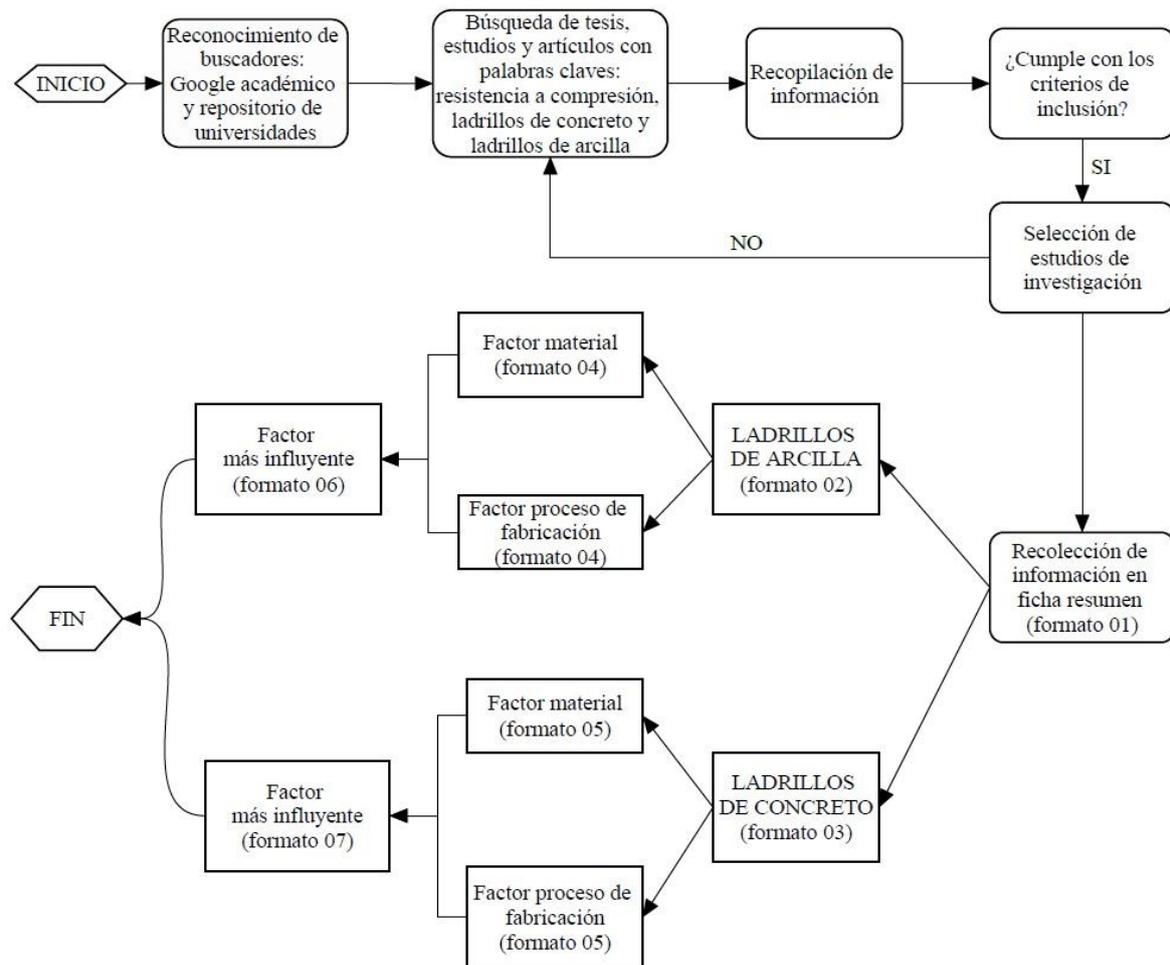


Figura 10. Diagrama de flujo

Asimismo, las consideraciones éticas que siguió esta investigación fueron que en este estudio se han recolectado investigaciones de repositorios y páginas de libre descarga. Todos los estudios han sido citados respetando derecho de autor, respetando sus metodologías y procesos que usaron. Los resultados son 100% reales, y, sin ningún tipo de manipulación para tergiversar la realidad o beneficiar a terceros. Estas consideraciones son tomadas por ética y moral que establece la ley peruana para trabajos de investigación en este caso tesis.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de cada investigación estudiada.

- **Resultados del análisis de las investigaciones del ladrillo de arcilla:**

Tabla 4

*Factor de estudio (Material)*

CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (PATRÓN) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODIFICADA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO
A2	Adición de vidrio triturado (10%)	91.64	97.64	6.55
A3	Sustitución de arcilla común por arcilla de caolín (10%)	49.96	68.89	37.89
A8	Adición de escoria de horno eléctrico (15%)	87.93	135.7	54.33
A9	Adición de Ichu (15%)	21.55	51.73	140.05
A11	Adición de aserrín (3%)	62.77	62.64	-0.21
A12	Adición de Cascarilla de arroz	73.79	85.13	15.96
A16	Adición de 6% más de arena fina 20% más de cemento	55	74.78	35.96

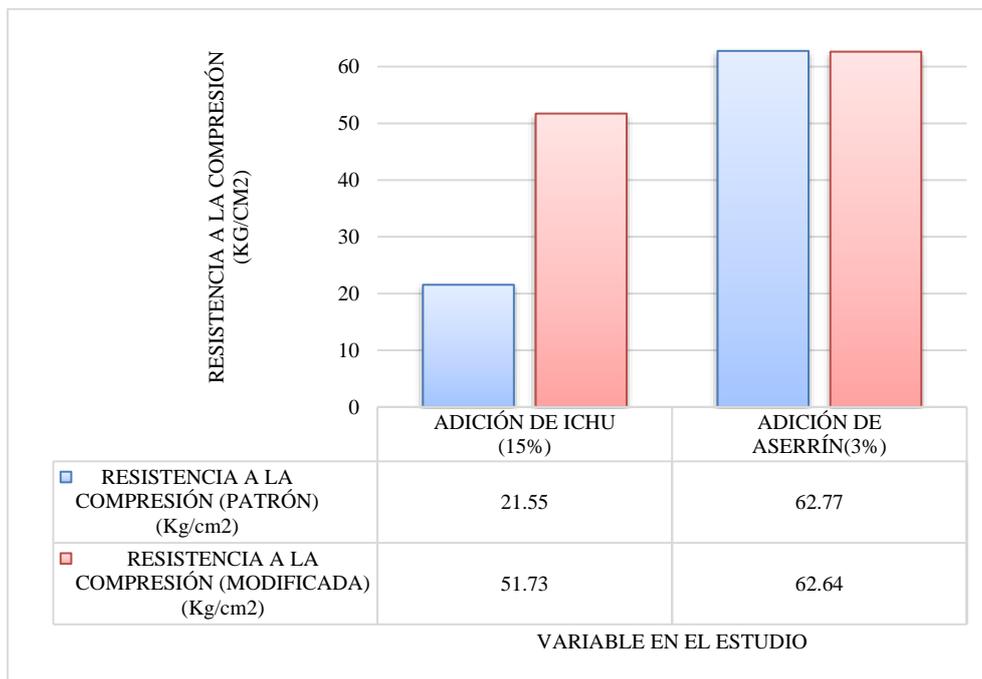


Figura 11. Mayor y menor variación de la resistencia compresión

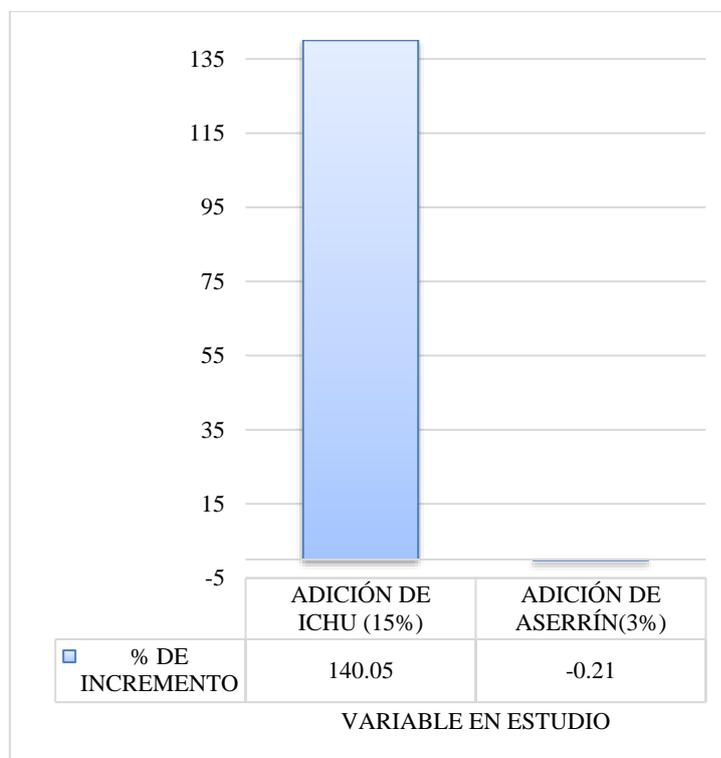


Figura 12. Mayor incremento vs mayor decremento

Tabla 5

*Factor de estudio (Proceso de fabricación)*

<b>CODIGO</b>	<b>VARIABLE EN ESTUDIO</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (PATRÓN) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODIFICADA) (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% DE INCREMENTO</b>
A1	Horno artesanal e industrial	85.9	135.2	57.39
A4	Sin cocción	72.17	89.42	23.9
A5	Temperatura de cocción según nivel de horno	41.3	74.23	79.73
A6	Con dos orificios	50	61.24	22.48
A7	Nivel de horno y orificios	42	140	233.33
A10	Temperatura de cocción (850°C)	201.175	244.775	21.67
A13	Cocción Industrial (REX)	43.09	146.68	240.4
A14	Cocción Industrial (LARK)	69	85	23.19
A15	Cocción Industrial (TRUJILLO)	50.56	56.57	11.89

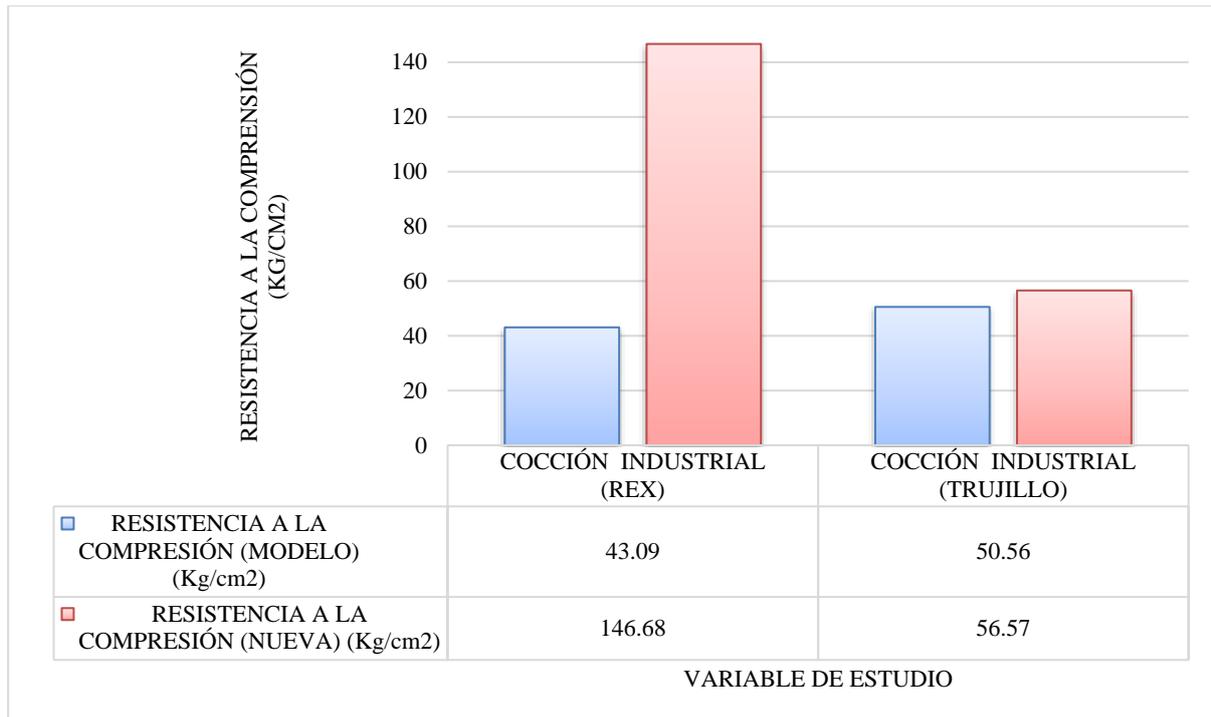


Figura 13: Mayor y menor variación de la resistencia a la compresión

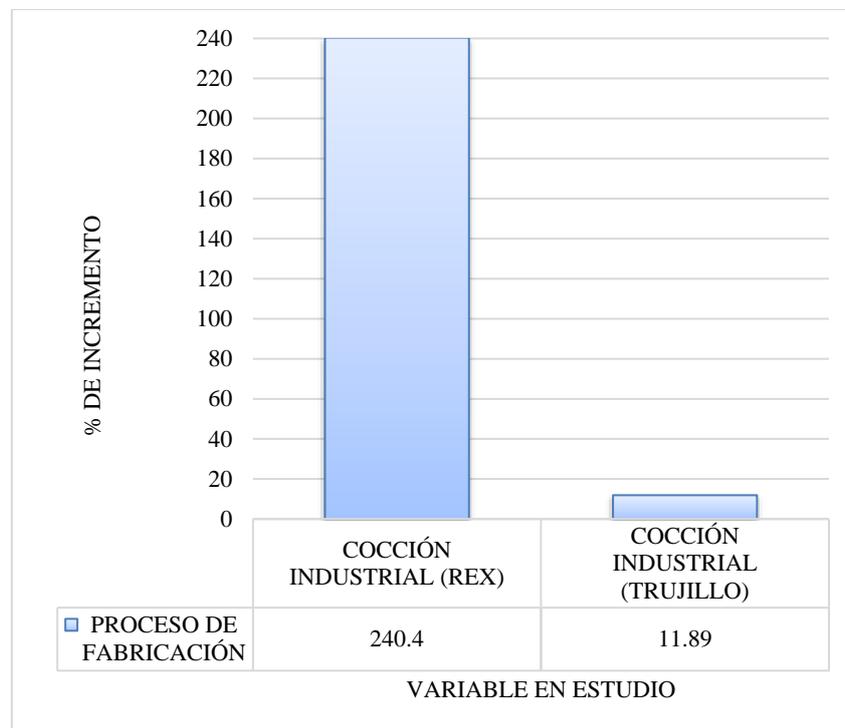


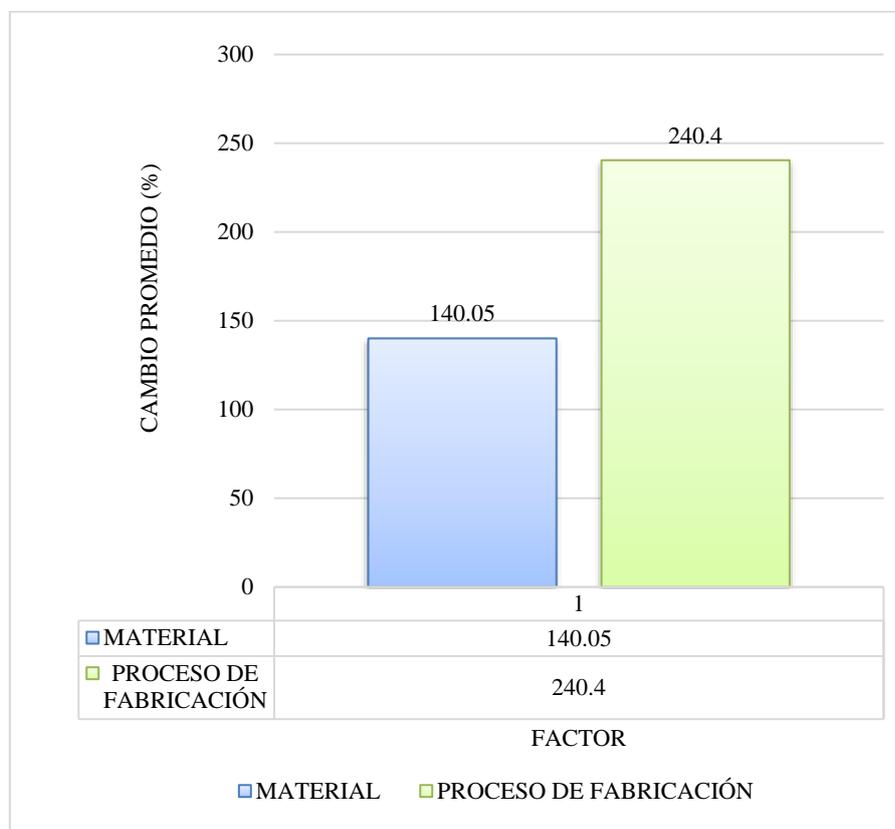
Figura 14. Mayor incremento vs menor incremento

- **Resultados de la comparación de promedios entre factores influyentes.**

Tabla 6

*Factor más influyente en los ladrillos de arcilla*

CAMBIO CON MAYOR PROMEDIO (%)	
<b>MATERIAL</b>	140.05
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	240.4



*Figura 15. Factor más influyente en los ladrillos de arcilla*

- **Resultados obtenidos de las investigaciones de los ladrillos de concreto:**

Tabla 7

*Factor de estudio (MATERIAL)*

CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (PATRÓN) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODIFICADA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO
C1	Reemplazo de vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso (5%)	282.33	208.21	-26.25
C2	Reemplazo de agregado grueso por residuos plásticos de PVC (50%)	223.99	170.32	-23.96
C3	Adición de PET (5%)	181.48	173.37	-4.47
C5	Reemplazo de agregado fino por Papel reciclado (1.5%)	112.54	103.85	-7.72
C6	Reemplazo de agregados por hojuelas de PET reciclado (3%)	161.96	127.08	-21.54
C7	Reemplazo del agregado grueso por concreto reciclado (10%)	211.39	222.09	5.06
C8	Adición de ceniza de cáscara de arroz (5%)	257.27	304.65	18.42
C9	Reemplazo del 15% de cemento por arcilla (10%) y Ceniza de hoja schinus (5%)	131.63	125.5	-4.66
C10	Reemplazo de confitillo por caucho reciclado (5%)	134.2	129.8	-3.28

C11	Adición de viruta de acero (10%)	106	109	2.83
C13	Reemplazo de agregado grueso y agregado fino por residuos de demolición	56.6	99.8	76.33
C14	Reemplazo de agregados por concreto reciclado	162.95	161.58	-0.84

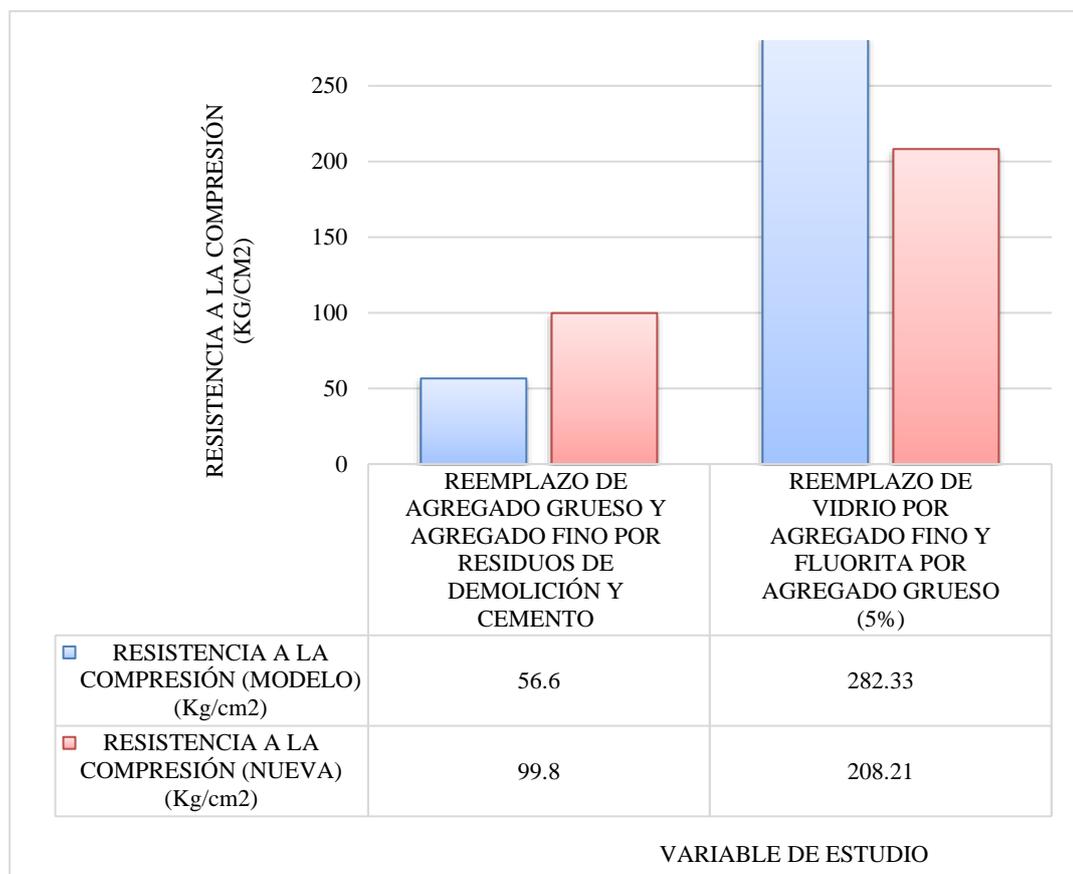


Figura 16. Máxima variación positiva y negativa de la resistencia a la compresión

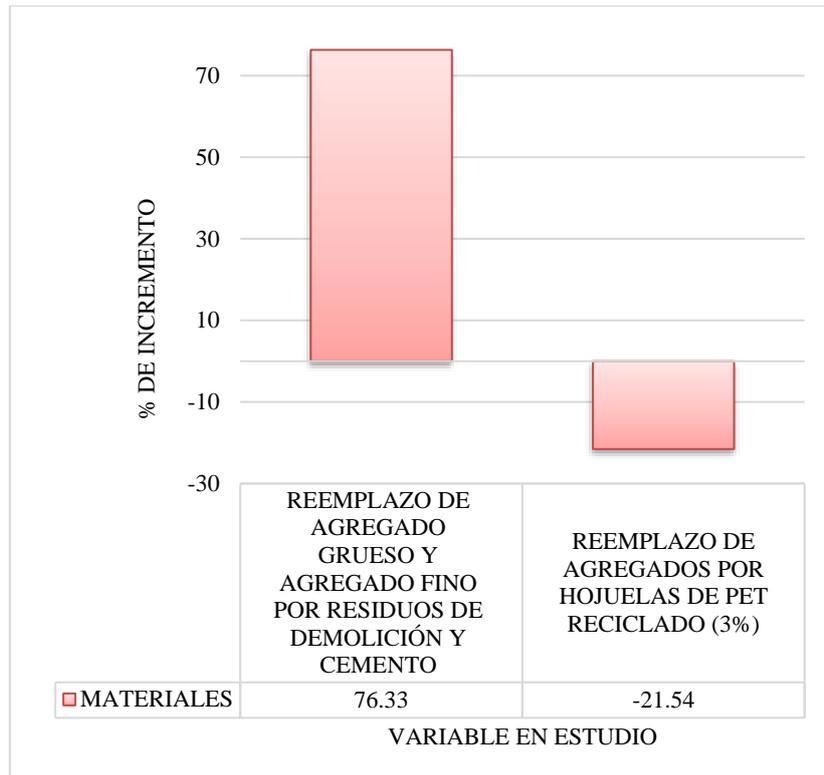


Figura 17. Mayor incremento vs mayor decremento

Tabla 8

Factor de estudio (Proceso de fabricación)

CODIGO	VARIABLE EN ESTUDIO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (PATRÓN) (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MODIFICADA) (Kg/cm <sup>2</sup> )	% DE INCREMENTO
C4	Tipo de molde	150	118	-21.33
C12	Ladrillo con acoples	50	217	334
C15	Cocción artesanal Cutervo-Cajamarca	50	52.44	4.88
C16	Cocción artesanal Bagua grande - Amazonas	50	62.06	24.12

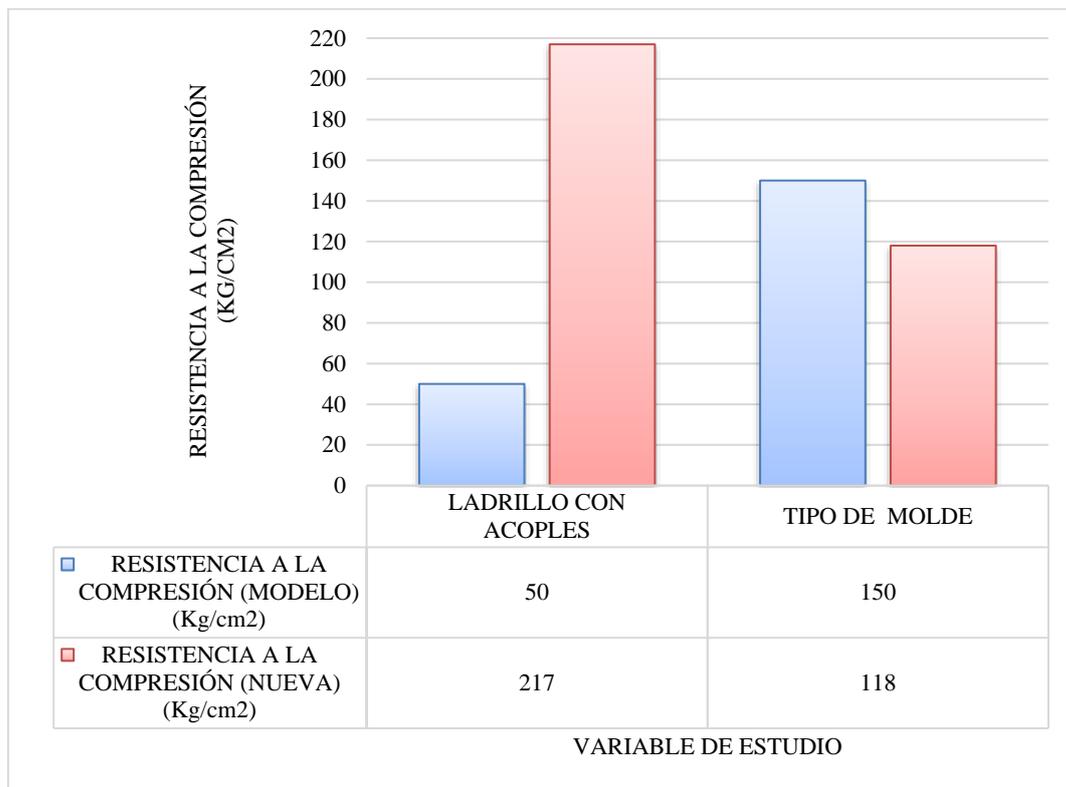


Figura 18: Mayor y menor variación de la resistencia a la compresión.

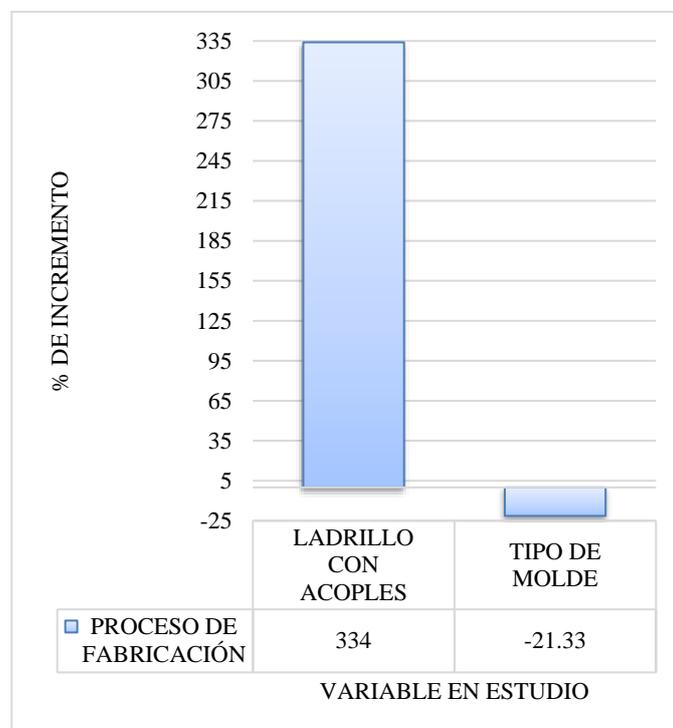


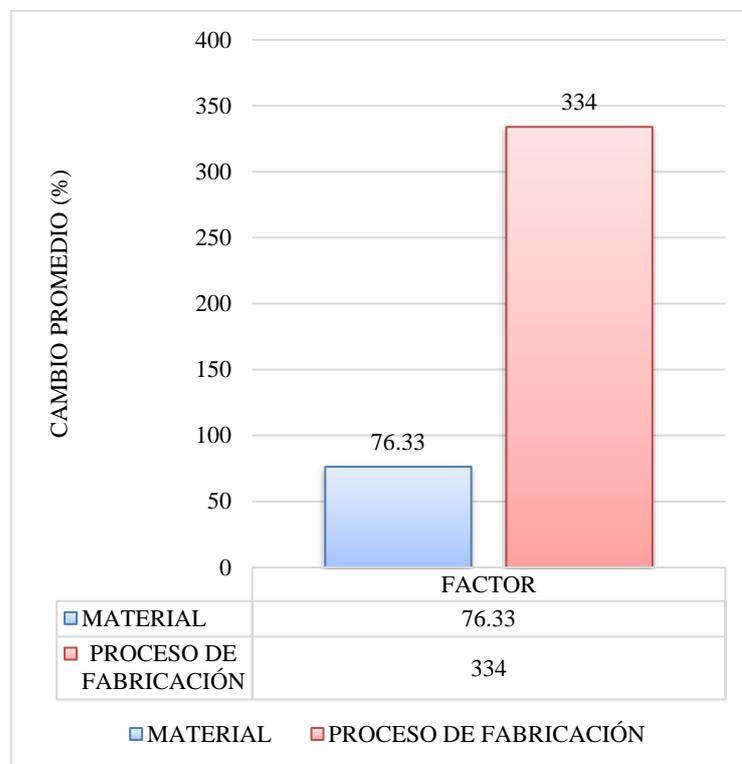
Figura 19. Mayor incremento vs mayor decremento

- **Resultados de la comparación de promedios entre factores influyentes.**

Tabla 9

*Factor más influyente en los ladrillos de concreto*

CAMBIO PROMEDIO (%)	
<b>MATERIAL</b>	76.33
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	334



*Figura 20: Factor más influyente Concreto*

- **Resultados de comparación de arcilla vs concreto**

Tabla 10

*Arcilla vs Concreto*

	<b>CAMBIO MÁXIMO PROMEDIO DE ARCILLA (%)</b>	<b>CAMBIO MÁXIMO PROMEDIO DE CONCRETO (%)</b>
MATERIAL	140.05	76.33
PROCESO DE FABRICACIÓN	240.4	334

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se analizaron los resultados de la resistencia a la compresión de todas las investigaciones recolectadas que estudian los ladrillos de arcilla y concreto.

Como se muestra en la Tabla 4, los resultados de las investigaciones que estudian el factor material de los ladrillos de arcilla, se puede notar que, de las siete investigaciones, solo una de ellas sustituye el material base por otro, como se nota en la tesis A3, en la cual se sustituye el 10% de la arcilla común por la arcilla de caolín. Por lo que seis investigaciones, solo adicionan porcentajes de materiales a la mezcla del ladrillo común. También notamos que todos los materiales adicionados o sustituidos, mejoran la resistencia a la compresión que el ladrillo patrón.

Siguiendo con el factor material de los ladrillos de arcilla, en la figura 11 se analiza que el material que aporta mayor porcentaje de mejora en la resistencia a compresión del ladrillo de arcilla es la adición del 15% de ICHU, ya que aumenta de 21.55 kg/cm<sup>2</sup> a 51.73 kg/cm<sup>2</sup>. Por el contrario, si se adiciona 3% aserrín del ladrillo de arcilla se obtiene la resistencia a la compresión varía de 62.77 kg/cm<sup>2</sup> a 62.64 kg/cm<sup>2</sup>.

Tal cual lo expuesto anteriormente, en la figura 12 se puede notar el porcentaje de incremento al incorporar 15% de ICHU, siendo este el 140.05%. Y, el mayor decremento a la resistencia a la compresión es la incorporación del 3% de aserrín con un -0.21%

En la Tabla 5 se analiza el proceso de fabricación para un ladrillo de arcilla. En las nueve investigaciones encontradas podemos notar que todas mejoran su resistencia a la compresión.

Al analizar las figuras 13 y 14, el porcentaje de mayor incremento de la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla es de 240.4% que consiste en la cocción en un horno industrial, lo que hace que la resistencia a la compresión cambie de 43.09 kg/cm<sup>2</sup> a 146.68 kg/cm<sup>2</sup>. Así mismo, el menor incremento en la resistencia a compresión del factor proceso de

fabricación es también la cocción industrial, ya que tenemos que la resistencia a la compresión varía de 50.56 kg/cm<sup>2</sup> a 56.57 kg/cm<sup>2</sup>. Haciendo esto un incremento de solo el 11.89%.

Por último, en la Tabla 6 y Figura 15 se analiza el cambio de los dos factores, para así notar qué factor aporta más incremento en la resistencia a la compresión. Con datos del 140.05% para el factor material y 240.4% para el factor proceso de fabricación.

Para los ladrillos de concreto, al analizar el factor material, podemos notar que en ocho de doce estudios la resistencia a la compresión de la unidad, disminuye. Como se aprecia en la tabla 7.

En la tabla 7 se puede apreciar también que tres investigaciones adicionan material a la mezcla del ladrillo de concreto, siendo estas C3, C8 Y C11. En cambio, nueve proyectos sustituyen algún porcentaje de agregado fino o grueso por diferentes materiales nuevos.

Se puede notar que, al reemplazar agregado grueso y agregado fino por residuos de demolición y cemento a la mezcla del ladrillo de concreto, la resistencia a la compresión aumenta de 56.6 kg/cm<sup>2</sup> a 99.8 kg/cm<sup>2</sup>, es decir 76.33%. Por el contrario, si se reemplaza vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso en un 5% de volumen del ladrillo, la resistencia a la compresión disminuye de 282.33 kg/cm<sup>2</sup> a 208.21 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así un decremento de 21.54%. Lo cual se nota en las figuras 16 y 17.

Con respecto al factor proceso de fabricación en los ladrillos de concreto; existen tres tesis que incrementan la resistencia a la compresión y solo una tesis influye negativamente en la resistencia a la compresión, según se muestra en la tabla 8.

Se puede notar en la tabla 8 y en las figuras 18 y 19 que, cambiando la forma a ladrillos con acoples, se mejora la resistencia a compresión de 50 kg/cm<sup>2</sup> a 217 kg/cm<sup>2</sup>; con incremento del 334%. Por el contrario, con un nuevo molde King Koncreto, que presenta la cara de la base como una superficie plana, siendo esta más lisa que la cara superior ranurada, los resultados de la resistencia a la compresión disminuyen de 150 kg/cm<sup>2</sup> a 118 kg/cm<sup>2</sup> (-21.33%)

Para concluir el análisis de ladrillos de concreto, en la Tabla 9 y Figura 20 se analiza el cambio promedio de los dos factores, donde se puede notar qué factor aporta más incremento en la resistencia a la compresión.

Todas las investigaciones anteriores han cumplido con lo indicado en la norma que los rige de acuerdo al país de procedencia.

Este trabajo ha tenido algunas limitaciones. La principal es que, solo se evaluaron las investigaciones ya existentes dentro del Perú, mas no se crearon nuevos diseños. Debido a la gran cantidad de datos y sus efectos en la resistencia a la compresión de la unidad de los ladrillos, no se puede determinar un promedio, sino se trabajará con la máxima variación en porcentajes. No todos los estudios encontrados tenían la misma resistencia a compresión patrón, es por eso que se hace un análisis del porcentaje de incremento, analizando la resistencia a compresión final respecto a la resistencia a compresión patrón de cada estudio; para homogeneizar resultados en porcentajes. Otra limitación fue que no existen muchas tesis que cambian el método de elaboración de los ladrillos de concreto.

Después de lo descrito, es factible realizar más investigaciones con los factores más influyentes para así tener un grado de confiabilidad más alto. Es recomendable también, trabajar con trabajos de una sola localidad para tener más precisión en los resultados.

Para finalizar, Para finalizar, como implicancias y aporte de investigación con respecto a los resultados obtenidos, se tiene que, para elaborar un ladrillo de arcilla con la mejor resistencia a la compresión posible debemos adicionar 15% de ICHU, ya que es el material que aporta mayor incremento en la resistencia a la compresión. Es decir, tendremos 2.55 kg de arcilla; 0.51 litros de agua y 0.15 gaveras de ichu picado. Realizar una cocción industrial en la fábrica Rex de la Ciudad de Lima; pero para aplicarlo en la ciudad de Cajamarca, vamos a realizar esta propuesta con el segundo dato con más incremento, el cual es agregar 8 huecos de 2.10 cm. de diámetro huecos en la cara de asiento lo que facilita la circulación de aire caliente

en su interior; por otro lado, en el proceso de cocción se colocará en la parte intermedia del horno.

Ahora, para obtener un ladrillo de concreto con las mejores características de la resistencia a compresión, se tendría que sustituir el agregado grueso y el agregado fino por residuos de demolición y cemento con la siguiente dosificación: Agregado de RCD 2.8kg, cemento 1.2 kg y 0.75 l de agua. Con respecto al proceso de fabricación, la forma de la unidad de la albañilería es un paralelepípedo con dos orificios en la base y dos prominencias troncocónicas en la parte superior.

Analizando los resultados presentados anteriormente, llegamos a la conclusión que el factor proceso de fabricación en los ladrillos de concreto es el de mayor incremento, siendo este 334%, respecto a la resistencia a la compresión patrón y el factor material, cambia en 140.05% la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla. Los cual acepta la hipótesis presentada, ya que el incremento promedio de los dos factores es mayor al 15% tal cual nos indica la hipótesis.

Se determinó la resistencia a compresión de los ladrillos de arcilla, debido al factor materiales, siendo el valor más alto un incremento positivo de 140.05%.

Se determinó que el factor proceso de fabricación tiene un incremento máximo de 240.4% en la resistencia a compresión de los ladrillos de arcilla.

Se determinó la variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto, debido al reemplazo de materiales, el cual es el incremento de 76.33%, dicho incremento fue con el reemplazo de agregado grueso y agregado fino por residuos de demolición

Se determinó la mayor variación de la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto, debido al proceso de fabricación, el cual fue la fabricación de un ladrillo con acoples, siendo este un aumento de 334%.

Y, por último, se determinó que el factor que varía con mayor porcentaje en la resistencia a la compresión de los ladrillos es el proceso de fabricación.

## Bibliografía

- Sanchez Castillo, J. E., & Vasquez Abanto, J. K. (2019). COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA COCIDO EN HORNO ARTESANAL E INDUSTRIAL. TRUJILLO. (ITINTEC), I. d. (2006). *Norma Técnica E.070 Albañilería*. Lima: Perú.
- (2021). *EL PERUANO*.
- Aguirre Gaspar, D. R. (2004). *Evaluación de las Características Estructurales de la*. Lima.
- Altamirano Cárdenas, A. A. (2016). *Control de calidad de los ladrillos artesanales elaborados en la ciudad de Trujillo*. Trujillo.
- Angeles Pari, P. D. (2008). “*Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*” . Lima.
- ASTM E4. (2016). *Standard Practices for Force Verification of Testing Machines*.
- Barranzuela Lescano, J. (2014). *Proceso constructivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región de Piura*. Piura.
- Barranzuela Lescano, J. (Febrero de 2014). PROCESO PRODUCTIVO DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA PRODUCIDOS EN LA REGIÓN PIURA . Piura.
- Bonilla Mancilla, D. E. (2006). *Factores de Corrección de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería por Efectos de Esbeltez*. Lima.
- Cabezas, F. J. (2011). *Estimación analítica de la resistencia al corte de muros de albañilería confinada mediante el modelo Crisafulli*. Santiago de Chile.
- Carvajalino Gentil, G. A., & Hernández Pallares, J. P. (2014). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques H-10 utilizados en el municipio de Ocaña*. Ocaña.
- Castillo, I. (s.f.). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/investigacion-longitudinal/>
- Del Río, J. (1975). *Materiales de Construcción (4º)*. Barcelona: Juan Bruguer Editor.
- Flores Alés, V., Guiraúm Pérez, A., & Barrios Sevilla, J. (1999). Caracterización de ladrillería tradicional producida en la Vega del Guadalquivir, en zonas próximas a Sevilla. *Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 29-34.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL*. LIMA: UNIVERSIDAD PONTIFICA CATÓLICA DEL PERÚ FONDO EDITORIAL.
- Gonzales Armas, R. k. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de*. Cajamarca.
- INEI, (. N. (2009). *Perfil Sociodemográfico del Departamento de Cajamarca*. Lima.
- Lazo Rios, C. M. (2018). *Variación de la resistencia a compresión de pilas fabricadas de ladrillos de arcilla industrial, artesanal y de concreto utilizando mortero con y sin cal*. Cajamarca.
- Maldonado Cerda, C. A. (2013). *Estimación analítica de la resistencia al corte de muros de albañilería confinada mediante modelo de puntal-tensor. modelo de Crisafulli modificado*. Santiago de Chile.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *NT E.070 ALBAÑILERÍA*.
- Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa.
- Moreno G., F. (1981). *EL LADRILLO EN LA CONSTRUCCIÓN*. Bilbao: Ediciones CEAC.
- Myers, D. (2006). *Psicología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- NT E.030 DISEÑO SISMORRESISTENTE. (2018). En *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES* .

- NTP 399.613. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Lima: INDECOPI.
- Parro, C. (2015). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. Lima: Perú.
- QuestionPro. (2021). Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/estudio-transversal/#:~:text=El%20estudio%20transversal%20se%20define%20como%20un%20tipo,corte%20transversal,%20estudio%20transversal%20y%20estudio%20de%20prevalencia.#:~:text=El%20estudio%20transversal%20se%20define%20>
- San Bartolomé Ramos, Á. F. (1994). *Construcciones de albañilería: comportamiento sísmico y diseño estructural*. LIMA: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Seminario Colán, R. (2013). *Variabilidad de las propiedades de los ladrillos industriales de 18 huecos en la ciudad de Piura*. Piura.
- Tafur, E., & Narro, V. (2006). *Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la ciudad de Cajamarca*. CAJAMARCA.
- Vásquez Montenegro, H. E. (2016). "Evaluación de la producción y mejoramiento de la calidad estructural del ladrillo artesanal producidos en la comunidad del frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016". Chiclayo.