

# FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación de la limadura de hierro en la resistencia del ladrillo artesanal en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

### **AUTORES:**

Carreño Ramirez, Keny Robert ([orcid.org/0000-0003-2443-1107](https://orcid.org/0000-0003-2443-1107))

Purizaca Fiestas, Jean Carlo ([orcid.org/0000-0003-2574-5204](https://orcid.org/0000-0003-2574-5204))

### **ASESOR:**

Mg. De La Cruz Vega, Sleyther Arturo ([orcid.org/0000-0003-0254-301X](https://orcid.org/0000-0003-0254-301X))

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

### **LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CALLAO– PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, por la formación, educación y apoyo que nos brindaron para seguir adelante, motivándonos constantemente y así poder lograr la meta propuesta.

Carreño Ramírez y Purizaca Fiestas

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por darnos salud y fuerzas, por guiarnos por el buen camino y acompañarnos a lo largo de nuestra carrera profesional. Agradecemos a nuestros padres y a todas las personas que fueron parte de este trabajo.

Carreño Ramírez y Purizaca Fiestas

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	5
III.- METODOLOGÍA	30
3.1. Tipo y diseño de investigación :	30
3.2. Variables y Operacionalización:	31
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	32
3.5. Procedimientos:	33
3.6. Método de análisis de datos:	34
3.7. Aspectos éticos:	34
IV.- RESULTADOS	36
V.- DISCUSIÓN	52
VI.- CONCLUSIONES	55
VII.- RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS	64
Matriz de operacionalización de variables	64

## Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de las unidades de ladrillo .....	14
Tabla 2: Componentes de la limadura de hierro.....	36
Tabla 3: Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo patrón.....	38
Tabla 4: Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 5% de limadura de hierro .....	39
Tabla 5: Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 10% de limadura de hierro .....	41
Tabla 6: Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 15% de limadura de hierro .....	42
Tabla 7: Comparación de los coeficientes de saturación del ladrillo patrón y con adiciones de limadura de hierro .....	43
Tabla 8: Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo patrón .....	45
Tabla 9: Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 5 % de limadura de hierro .....	46
Tabla 10: Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 10 % de limadura de hierro .....	48
Tabla 11: Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 15 % de limadura de hierro .....	49
Tabla 12: Comparación de las resistencias del ladrillo patrón y con adiciones de limadura de hierro .....	50

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Limadura de hierro .....	9
Figura 2: Ladrillo King Kong 18 huecos.....	12
Figura 3: Cáscara de arroz.....	17
Figura 4: Ceniza de cáscara de arroz .....	18
Figura 5: Extracción de la materia prima .....	20
Figura 6: Preparación de la mezcla .....	22
Figura 7: Mezcla adecuada para el moldeo.....	22
Figura 8: Espolvoreo de arena fina al molde (gavera).....	23
Figura 9: Moldeo de las unidades de ladrillo .....	24
Figura 10: Unidades de ladrillo producidas .....	24
Figura 11: Parado de las unidades de ladrillo .....	25
Figura 12: Secado de las unidades de ladrillo.....	26
Figura 13: Colocación de las unidades de ladrillo .....	27
Figura 14: Atizado del horno .....	28
Figura 15: Cocción en horno de las unidades de ladrillo .....	28
Figura 16: Acopio de las unidades de ladrillo .....	29
Figura 17: Muestra de limadura de hierro.....	36
Figura 18: Porcentajes de los componentes de la limadura de hierro.....	37
Figura 19: Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo patrón	38
Figura 20 : Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 5% de limadura de hierro.....	40
Figura 21: Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 10% de limadura de hierro.....	41
Figura 22: Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 15% de limadura de hierro.....	43
Figura 23: Gráfico de barras de los resultados promedios de las muestras.....	44
Figura 24: Gráfico de barras de los resultados de las muestras del ladrillo patrón .....	46

Figura 25: Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 5% de limadura de hierro .....	47
Figura 26: Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 10% de limadura de hierro .....	48
Figura 27: Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 15% de limadura de hierro .....	50
Figura 28: Gráfico de barras de los resultados promedios de las muestras.....	51

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el porcentaje de adición de la limadura de hierro en la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal elaborado en La Quinta, Sullana, Piura, 2022.

La metodología que se empleó de acuerdo a su tipo es aplicada, de diseño experimental, y con un enfoque cuantitativo, la población son 100 unidades de ladrillo con una muestra de 40 unidades.

Los resultados que se obtuvieron en la composición química fue fierro (fe) contenido en 98.31%, carbono (c) contenido en 0.81% y aluminio (al) contenido en 0.86% y otros componentes en 0.02%. El coeficiente de saturación del ladrillo patrón fue de 0.75, con adición 5%, 10% de limadura de hierro se obtuvo 0.78 y con el 15 % de limadura de hierro su coeficiente fue de 0.77. Para la resistencia a la compresión del ladrillo patrón fue de 72.87 kg/cm<sup>2</sup> y con adición de limadura de hierro en porcentajes 5%, 10% y 15% dio como resultado 72.62kg/cm<sup>2</sup>, 59.96 kg/cm<sup>2</sup> y 61.23 kg/cm<sup>2</sup>.

Se concluye que no se logró aumentar la resistencia a los ladrillos con adición de limadura de hierro, siendo el ladrillo patrón con mayor resistencia de 72.87 kg/cm<sup>2</sup> seguido del ladrillo con adición del 5 % que obtuvo una resistencia de 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, ambos clasificándose como tipo II de acuerdo a la norma E.070, los ladrillos con 10% y 15 % obtuvieron resistencias bajas aun así cumpliendo los requisitos mínimos y clasificándolos de tipo I para fines estructurales, por otra parte la limadura de hierro aportó significativamente en la coloración uniforme del ladrillo dándole un aspecto arquitectónico.

**Palabras clave:** Ladrillo artesanal de arcilla, limadura de hierro, resistencia a la compresión.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate the percentage of addition of iron filings in the compressive strength of the artisanal clay brick made in La Quinta, Sullana, Piura, 2022.

The methodology that was used according to its type is applied, of experimental design, and with a quantitative approach, the population is 100 units of brick with a sample of 40 units.

The results obtained in the chemical composition were iron (fe) contained in 98.31%, carbon (c) contained in 0.81% and aluminum (al) contained in 0.86% and other components in 0.02%. The saturation coefficient of the standard brick was 0.75, with the addition of 5%, 10% iron filings, 0.78 was obtained and with 15% iron filings, its coefficient was 0.77. For the compressive strength of the standard brick, it was 72.87 kg/cm<sup>2</sup> and with the addition of iron filings in percentages of 5%, 10% and 15%, it resulted in 72.62kg/cm<sup>2</sup>, 59.96 kg/cm<sup>2</sup> and 61.23 kg/cm<sup>2</sup>.

It is concluded that it was not possible to increase the resistance of the bricks with the addition of iron filings, being the standard brick with the highest resistance of 72.87 kg/cm<sup>2</sup> followed by the brick with the addition of 5%, which obtained a resistance of 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, both classifying as type II according to the E.070 standard, the bricks with 10% and 15% obtained low resistances even meeting the minimum requirements and classifying them as type I for structural purposes, on the other hand the iron filings contributed significantly in the uniform coloring of the brick giving it an architectural appearance.

**Keywords:** Clay craft brick, iron filings, compressive strength.

## I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial existen ladrilleras artesanales informales con alta demanda en el mercado de materiales de construcción, cuyo producto es económico, accesible y además es un material que predomina en el ámbito de la construcción. Por otra parte, el ladrillo elaborado de estas ladrilleras incumple con las normas establecidas en los reglamentos de edificaciones, poniendo en riesgo las vidas humanas.

Las unidades de ladrillos toletes solidos se emplean generalmente en la construcción de edificios y viviendas, debido a su bajo precio, su peculiaridad de apartar el calor y de tener accesibilidad en diversos territorios. Mayormente estas construcciones son proyectadas con un método de pórticos persistente a momentos, mampostería confinada, de acuerdo al reglamento colombiano de construcción sismo resistente. (García, Guerrero y Monroy, 2012, p. 44).

Hoy en día, el ladrillo artesanal es un material para edificaciones de mayor uso a nivel nacional, dado por su valor económico en el mercado, que lo convierte de mayor alcance al poblador y por la alta demanda existente de construcciones de vivienda de albañilería confinada en el Perú. Asimismo, en la zona ladrillera es fundamental tener en cuenta la situación actual sobre el crecimiento de la construcción, ya que pueden surgir periodos de gran demanda originando un aumento en la producción de este material que puede ayudar a optimizar la operación de los hornos y a utilizar el calor residual, al mismo tiempo puede acrecentar la operación de motores durante horarios punta. (Durand y Benites, 2017, p.22)

A nivel nacional, existen gran número de ladrilleras que producen este tipo de ladrillo, cuyo producto final no cumplen con la resistencia requerida, por lo que, siendo un parámetro de gran incidencia, es que este tema de investigación desea evaluar la resistencia obtenida entre un ladrillo artesanal elaborado comúnmente y otro adicionándole limadura de hierro.

El principal problema que se tienen en estas ladrilleras son escasos conocimientos en la elaboración de estos ladrillos y es por ello que no se obtiene un buen control de calidad.

En el país, en muchas ciudades o regiones no se aplican normas técnicas propias en la elaboración del diseño y construcción en obras de mampostería, siendo de uso necesario las establecidas por las normas colombianas de edificación sismo resistente, NSR-98. Uno de los inconvenientes que se presenta al no obedecer esta normativa, se halla en la falta de conocimiento de las características mecánicas de los elementos utilizados en cada territorio, en general de los morteros y las unidades solidas o vacías empleados en la edificación. (Páez, 2006, p.92)

La cuestión empeora ya que los productores desconocen ni tienen interés en investigar sobre las propiedades que debe cumplir las unidades de ladrillo artesanal, solo se dedican a fabricar buscando el beneficio propio sin ser conscientes que una mala práctica puede traer mayores consecuencias.

En este estudio, se seleccionaran muestras elaboradas en la ladrillera artesanal localizada en el centro poblado La Quinta, los cuales serán sometidos a sus respectivas pruebas de resistencia a la compresión, cuya finalidad es mejorar su resistencia y evaluar el porcentaje de adición de la limadura de hierro en su elaboración y si cumplen lo exigido por el RNE y en la NTP vigente.

El tema en estudio, servirá como referencia para profundizar otro tipo de investigaciones de este insumo como elemento de construcción en edificaciones, dado su múltiple uso en nuestro país y sobre todo en la construcción de viviendas, más aún que nuestro territorio se encuentra sometido a la ocurrencia de diversos fenómenos naturales, y sobre todo en una área altamente sísmica, ante lo cual las viviendas se encuentran en peligro permanente, poniendo en alto riesgo las vidas humanas, por lo que la ingeniería civil es una de las carreras obligadas a minimizar daños, para lo cual debe realizarse investigaciones para mejorar la calidad del ladrillo artesanal, garantizando su durabilidad y resistencia.

Debido a esta problemática se formuló el problema general, ¿La adición de la limadura de hierro, tendrá incidencia en la resistencia a la compresión en el ladrillo artesanal elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022? y como problemas específicos los siguientes, ¿Cuál es la composición química de la limadura de hierro que se quiere adicionar en la fabricación de ladrillo artesanal del Centro Poblado La Quinta, en el que se propone mejorar su resistencia a la compresión?, ¿Cuáles son los coeficientes de saturación del ladrillo patrón y con adiciones de 5%,10% y 15% de limadura de hierro en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022? y ¿Cuál será la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal, adicionado con limadura de hierro fabricado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022?.

Se justifica teóricamente este trabajo de investigación, si la limadura de hierro tiene componentes que puedan brindar mejoramientos en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal tradicional elaborado en La Quinta, Sullana, Piura, aplicando los conocimientos adquiridos en toda la carrera universitaria, los datos se obtendrán mediante pruebas de laboratorio.

El proyecto de investigación se acredita socialmente, debido que en la actualidad en el centro poblado la quinta, se viene produciendo ladrillos artesanales muy por debajo de los intervalos de resistencia que están establecidos en el reglamento nacional de edificaciones, de modo que se presenta una alternativa para tratar de mejorar una de las propiedades mecánicas importante, la cual es la resistencia a la compresión, añadiendo un subproducto como lo es la limadura de hierro.

Esta investigación es justificada de modo práctica al vital interés para el desarrollo de buenos materiales de edificación como son las unidades de albañilería y obtener una infraestructura segura, tanto en el centro poblado la quinta como para todo el país.

La investigación se justifica de manera ambiental porque al utilizar estos residuos como es la molienda de hierro, estamos disminuyendo el efecto contaminante de estos residuos, que se utilizarán para el desarrollo de ladrillos con el propósito de

aumentar su resistencia. Si se logra la meta propuesta, estos residuos ya no serán un factor contaminante, al contrario, obtendrán un importante valor en la producción de ladrillos artesanales.

El objetivo general planteado es: Evaluar el porcentaje de adición de la limadura de hierro en la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal elaborado en el centro La quinta, Sullana, Piura, 2022. Se formularon los siguientes objetivos específicos: Analizar la composición química de la limadura de hierro en la resistencia del ladrillo artesanal en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022; determinar el coeficiente de saturación del ladrillo artesanal con adiciones del 5%, 10% y 15% de limadura de hierro, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022 y determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal con limadura de hierro adicionado, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022.

La siguiente hipótesis general es la siguiente: Los porcentajes adicionados de limadura de hierro incrementara la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal producido en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022. Como hipótesis específicas planteamos: La composición química de la limadura de hierro cumplen con las condiciones que permiten mejorar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022; los coeficientes de saturación de los ladrillos con adición de 5%, 10% y 15% serán apropiados para reducir su absorción y la resistencia a la compresión obtenida del ladrillo artesanal con limadura de hierro, se verá mejorado con un incremento satisfactorio.

## II.- MARCO TEÓRICO

Romero (2021) de acuerdo a su trabajo de investigación para ingeniero civil titulado: *Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del cantón Pastaza y su comparación con el ladrillo común*, su objetivo de investigación es demostrar la resistencia a compresión, flexión y absorción de humedad de ladrillos elaborados con distintas clases de arcilla reunidas en la Provincia de Pastaza y su semejanza con el ladrillo tradicional. Y como resultado de este tema de investigación nos da a conocer que el terreno arcilloso santa clara 2, es apropiado para la fabricación de ladrillos macizos de tipo C, por lo que abarca una proporción alta de 55% de volumen de Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) su módulo de finura es inferior a 0.055.

Sandoval (2017) en su tesis para ingeniero civil titulado: *Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales*, determina el análisis de la resistencia del concreto con la aplicación de fibras comerciales en el laboratorio. Y concluye que en las pruebas ejecutadas se demostró que la resistencia a la compresión de los elementos se eleva de acuerdo a la proporción de aumento de la aplicación y tiempo de endurecimiento, mostrando en cada uno cualidades semejantes las que se reproducen de manera gradual con mayores impactos.

Marlés y Céspedes (2017) en su trabajo de investigación para ingeniero civil titulado: *Diseño de mezcla de concreto con limaduras de hierro colado, para elaborar aro-tapas según características técnicas de la norma NTC 1393, para la ciudad de Villavicencio – Meta*, busca el diseño de concreto con molienda de hierro colado, para elaborar aro-tapas de acuerdo a las características técnicas de la NTC 1393, en Villavicencio – Meta. Y como resultado de este tema de investigación determina que las limaduras de hierro aumentan su resistencia a partir del + 30%, como resultado se obtuvo una resistencia de 32.18 MPa, por esta razón no es adecuado al porcentaje de limaduras de hierro adicionado en consecuencia la mezcla obedece con lo establecido en la norma.

German y Pérez (2020) en su tesis para ingeniero civil titulado: *Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020*, tuvo como objetivo determinar la aplicación de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto elaboradas tradicionalmente, Trujillo - 2020. Concluyó que la aplicación de limadura de hierro contribuye considerablemente en las características físicas de los ladrillos de concreto, ya que en la observación de datos se admite la hipótesis, por otra parte, no se es admisible en las propiedades mecánicas.

Espinoza y Pejerrey (2018) en su trabajo de investigación de ingeniero civil titulado: *Propiedades mecánicas del ladrillo con escoria de acero para viviendas unifamiliares, San Juan de Lurigancho – 2018*, pretende producir ladrillos empleando escoria de acero como compuesto fino adquiriendo de esta forma el beneficio de un material no utilizable en el rubro de la construcción en el país y resultó que los ladrillos de arcilla con influencia de escoria de acero que se ensayaron en el laboratorio, obtuvieron resultados satisfactorios los cuales obedecen a la norma E.070 , fue catalogado como tipo IV, presentando una considerable resistencia y durabilidad. Según el ensayo de resistencia se adquirió un resultado de 138.68 kg/cm<sup>2</sup> excediendo la resistencia mínima de la norma E.070.

Antón y Oruna (2021) en su tesis de ingeniero civil titulado: *Mejoramiento De La Resistencia Del Ladrillo Artesanal Producido En La Ladrillera La Quinta, Ubicada En La Provincia De Sullana, Departamento De Piura, Mediante La Adición De Aserrín E Inclusión De Alveolos En Sus Caras. 2021*, Pretende aumentar la resistencia del ladrillo artesanal elaborado en La Quinta, por medio de la incorporación de aserrín y de alveolos en sus lados y se llegó a la conclusión que adicionando aserrín en un 10% para la elaboración de la mezcla y también la inclusión de 12.59% en vacíos (6 alveolos de 1 “ de diámetro) en su cara base de los ladrillos, lo que generó un aumento en un 21% a la resistencia de la unidad artesanal elaborado en la quinta, pero aun así con esta mejoría no se logró igualar

o superar la resistencia inferior que estipula la norma E.70 para poder catalogar a este material artesanal como un elemento estructural.

Laurie y Rivero (2021) en su trabajo de investigación de ingeniero civil: *Diseño de concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando limadura de hierro para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021*, pretende establecer de que manera la inclusión de limadura de hierro incrementará la durabilidad del concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, así como las características físicas y químicas de la limadura de hierro que serán adicionadas en la mezcla, Tarapoto – 2021. Llegando a la conclusión que las características físicas y químicas de la limadura de hierro son beneficiosas para la mezcla de concreto. La limadura en su aspecto físico se caracteriza por ser de coloración plateado/gris, cuya densidad es de 7.84 g/cm<sup>3</sup>, con una totalidad de 30 neutrones y un índice de aplicación entre 3 – 4, tanto que las características químicas determinaron la existencia de 55.847 MA, 1535°C PF Y 2750°C PE. Por lo tanto los ensayos obtuvieron resultados de las resistencias del concreto convencional y adiciones del 4%,6% y 8% de limadura de hierro, alcanzando mayor endurecimiento a los 28 días de curado, con el 4 % se obtuvo una resistencia de  $f'c= 236.4$  kg/cm<sup>2</sup> que no logró exceder al concreto patrón, con el 6 % resultó  $f'c= 221.2$  kg/cm<sup>2</sup> distanciándose más de la resistencia del concreto tradicional y finalmente el 8 % adquirió una dureza de  $f'c= 177.0$  kg/cm<sup>2</sup> despreciablemente a las anteriores resistencias.

Lulichac (2015) en su tesis de ingeniería civil titulada: *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca*, tiene como objetivo determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la Provincia de Cajamarca. Concluyendo que estas ladrilleras no lograron satisfacer los requerimientos mínimos de la norma E.070 para catalogar a la unidad a fines estructurales, obteniendo 40.49 kg/cm<sup>2</sup> para la ladrillera Cerrillo parte alta, 34.71 kg/cm<sup>2</sup> en Cerrillo parte baja, 40.89 kg/cm<sup>2</sup> en Santa Bárbara y finalmente 41.50 kg/cm<sup>2</sup> en Rumipampa. Los resultados de absorción cumplieron con lo que dicta la norma de no exceder el 12%, siendo las siguientes ladrilleras: Cerrillo parte alta con 15.49%, Santa Bárbara con 19.30% y

Rumipampa con 14.61%. Por otro lado la ladrillera Cerrillo parte baja arroja una absorción de 23.50% rebasando lo establecido y presentando un aumento de porosidad.

Las limaduras de hierro son partículas originadas por causa de la molidura de elementos a base de hierro que son prácticamente un producto desechable en la industria siderúrgica, siendo así mismo contaminante para el medio ambiente, por otro lado, este subproducto es muy útil en otras ramas de la ciencia como lo es en la electrónica.

En algunos estudios de metales, que se basan en la fabricación de ferrocromo, presenta una gran demanda en la actualidad, en consecuencia, genera altas masas de residuos, que afectan considerablemente al medio ambiente, y como medida de solución se pretende sustituir una proporción de arcilla que comprende el ladrillo cerámico, con la finalidad de mejorar sus características, asimismo hacer de este elemento un material pacífico para nuestro medio ambiente. (Herrera, Carrasco y Muñoz, 2021, p.2)

Gran parte de las actividades económicas que implican un cambio de materias primas, producen residuos. Como en el rubro de la construcción, tiene un alto porcentaje de generación de residuos los cuales se conocen como desmonte. Por otra parte la industria metalmecánica origina desperdicios que son reciclados y aprovechados por la misma empresa en las técnicas productivas. (Serrano y Pérez, 2011, p.2).

Para Chileno (2019), Las partículas de limadura de hierro actualmente son muy útiles en el sector de la ingeniería civil por el aporte que brinda al concreto y materiales haciéndoles resistentes y duraderos (p. 30).



*Figura 1:* Limadura de hierro

Fuente: Laboratorio de ciencias

Este material es utilizado en la elaboración de morteros y concretos de fibras de acero gracias a que su módulo de elasticidad es más elevado que la del concreto, la adición de las virutas se aplica con el propósito de incrementar su resistencia al impacto y fisuración y aumentan su resistencia en distintas clases de cargas, su uso de las virutas brindan costos accesibles, protección al medio ambiente y nuevas opciones para concretos estructurales, utilizando menores proporciones de materiales con procedencia pétreos, cumpliendo con los controles de calidad y trabajabilidad del concreto. (Briones, et al, 2020, p.16).

Dentro de las propiedades físicas de este material podemos encontrar su aspecto de color gris proveniente del carbono que posee esta característica, la insolubilidad al no diluirse con el agua debido a que no son ionizables, la propiedad magnética para adherirse a los metales y son sólidas a moderadas temperaturas.

Como las limaduras de hierro provienen de materiales metálicos, van a tener sus mismas propiedades químicas como son la corrosión por presencia de humedad.

La presencia del hierro es habitual en las rocas y terrenos agrícolas. Donde sus características físicas del suelo se relacionan con la formación de los depósitos de óxidos e hidróxidos de hierro, cuyo volumen en el suelo se determina en porcentajes. (Acevedo, et al, 2004, p.485)

En la provincia de Sullana existen empresas las cuales trabajan con piezas metálicas que día a día se produce una cierta cantidad de residuos de limadura de hierro, por lo que se ha visto conveniente recolectar estos subproductos con la finalidad de darle un adecuado uso.

El medio por el cual se obtienen los desechos metálicos es de las manufacturas y plantas que operan con sustancias primas metálicas. Estos elementos mencionados son reutilizados por la industria estructural, conforme al volumen y dimensión en función de la clase de industria, innecesariamente de aprovechar energía. De tal manera los residuos metálicos que se ordenan y unen alcanzan un valor de primera calidad a bajo precio, principalmente los residuos de cobre, aluminio, plomo y hierro. En esta indagación el resultado de la aplicación de desechos metálicos como molienda de hierro, virutas de hierro de torno y aluminio en la influencia estructural de los paneles de losa nervada unidireccional de ferrocemento (FER) y de concreto autocompactante (SCC). (Alfeehan, et al, 2020, p.246)

Se le conoce como ladrillo al elemento cuyas dimensiones y peso propio pueden ser tomados fácilmente por una sola mano, estas unidades de albañilería en su proceso de producción utilizan la arcilla, sílice –cal o concreto como materia prima. Los ladrillos pueden tener diferentes características como sólidas, alveolares, huecas o tubulares y su proceso de producción puede ser industrial o artesanal. (RNE, Norma E.070, 2021, cap. 3).

El ladrillo es apreciado como un elemento en la albañilería que puede ser clasificado estructuralmente según sus características, su utilidad en obras de edificación se basa en la creación de muros de mampostería, su proceso constructivo es manual y sus materiales llamados mampuestos pueden ser ladrillos: cerámicos, sílico calcáreos, de concreto como también bloques prefabricados de concreto, piedras talladas entre otros. (Quijano, et al, 2014, p.86).

Las unidades utilizadas en las obras de edificación de albañilería son producidas a base de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. Se les conoce

como ladrillos en el momento en que estos pueden ser manejados y asentados con una sola mano; y bloques, en cuanto estos por su tamaño y peso se ocuparan ambas manos. (San Bartolomé, 1994, p.105)

Para clasificar las unidades de albañilería se efectuará apoyándose en su área neta, medida en relación al espacio de la cara de asiento, y en las cualidades de los alvéolos. Los tipos no se relacionan con la dimensión ni con el producto primario con el que se manufacturan. Por ello tanto para las unidades de arcillas como de concreto pueden ser del mismo tipo. (Gallegos y Casabonne, 2005, p.81)

Estas unidades comprenden un límite establecido en la incorporación de alveolos, para el uso de estas unidades se toma en cuenta todas las propiedades como lo son sección bruta; el área, el módulo resistente y el momento de inercia se miden dependiendo de las dimensiones sin tomar en cuenta los alveolos.

En estas unidades la presencia de alveolos no debe exceder el 30% del área total, teniendo en cuenta que estos puedan llenarse con concreto líquido. Para este caso las propiedades que serán aplicadas se le consideran de acuerdo a la sección neta, por lo tanto el volumen de los alveolos debe ser determinada para calcular el modulo resistente y el momento de inercia de la sección. Al llenarse los alveolos de mezcla, a la albañilería se le considera como sólida.



*Figura 2: Ladrillo King Kong 18 huecos*

Fuente: Manual del maestro constructor Aceros Arequipa

Estas unidades presentan más del 30% de alveolos a comparación de las unidades huecas, se distinguen por su tamaño de los alveolos, los cuales menores de 4 x 5 cm y por ende se dificulta el llenado de mezcla líquida.

Los alveolos son diferentes a los de las unidades sólidas, huecas y perforadas, rectas a la cara de la base, al contrario serán paralelos a la cara de asiento. La dimensión de los alveolos y la proporción del área de acuerdo con el área bruta cambian considerablemente en la elaboración industrial. Sus propiedades y características resistentes se establecen como una unidad sólida.

De acuerdo a lo establecido en la norma E.070, los ladrillos son sometidos a las siguientes pruebas para determinar sus propiedades físicas, las cuales son:

- ✓ Variación Dimensional: Para la realización de este ensayo se procederá a cumplir con los métodos definidos en las normas técnicas 399.613 y 399.604.
- ✓ Alabeo: Para definir el alabeo de los ladrillos, se proseguirá los métodos de acuerdo a la norma técnica 399.613.
- ✓ Absorción: Las pruebas de absorción se ejecutaran conforme a lo definido en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.
- ✓ Coeficiente de saturación: Este ensayo se considera como una medida de la dureza de las unidades de albañilería cuando son expuestas a la acción de la intemperie.

De acuerdo a lo establecido en la norma E.070, los ladrillos son sometidos a las siguientes pruebas para determinar sus propiedades mecánicas, las cuales son:

- ✓ Resistencia a la Compresión: Para dicho ensayo de las unidades de albañilería, se realizarán las pruebas establecidas según las Normas Técnicas Peruanas 399.613 y 339.604. Donde la resistencia a compresión axial es el resultado de la diferencia entre la desviación estándar y valor promedio de la muestra.

De acuerdo a la NTP 399.613 (2017) Se realizarán ensayos de medias unidades secas y frescas, con sus dimensiones originales de la unidad en su ancho y altura, y su longitud que va ser equivalente a la mitad del total de la longitud de la unidad  $\pm 25$  mm. Si la resistencia total de la muestra supera la capacidad de la máquina, se tiene que experimentar con piezas menores, con sus dimensiones originales de la unidad en su ancho y altura, su longitud no debe ser inferior a una cuarta parte de la longitud absoluta de la unidad original, asimismo con un área bruta de sección transversal no inferior a 90 cm<sup>2</sup>. Las unidades de prueba se van a adquirir mediante distintos métodos de corte que generen un testigo con bordes simétricos, sin presentar fragmentos ni grietas. Se tienen que experimentar cinco especímenes (p.5).

Según la norma E.070 de albañilería para fines de diseño estructural, las unidades de albañilería cumplirán las siguientes características.

**Tabla 1:** Clasificación de las unidades de ladrillo

<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACION DE LA DIMENSION (máxima en porcentajes)</b>			<b>ALABEO (máximo en mm)</b>	<b>RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION <i>F<sub>b</sub></i> mínimo en MPA (kg/cm<sup>2</sup>) sobre área bruta</b>
	<b>Hasta 100mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9(50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9(70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3(95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7(130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6(180)
Bloque P	± 4	± 3	± 2	4	4,9(50)
Bloque NP	± 7	± 6	± 4	8	2,0(20)

Fuente: Norma E.070

El ladrillo artesanal de arcilla es un elemento estable, duradero y versátil, producido con cerámica roja en unión con diferentes elementos. Estas unidades se representan en bloques sólidos y macizos, aireados o con perforaciones que cambian sus propiedades como es la resistencia, peso y uso. Se elaboran a través del proceso de cocción, gracias a las características de las arcillas es que se logra utilizar sus componentes fisicoquímicos, estos ladrillos son utilizados en el mundo gracias al agua que contienen en su interior y a su baja plasticidad. Aunque, esclarece que la aplicación de este es económica cuando la construcción es eficaz, por otra parte, este material es utilizado en sistemas aporricados gracias a su

versatilidad en los espacios, principalmente es utilizado en la elaboración de muros, asimismo este tipo de material también se puede utilizar para pavimentar carreteras que presenten escaso tránsito. (Castellanos, Fernández y Avellaneda, 2020, p.56).

Dentro de sus componentes que conforman este material tenemos los siguientes:

La arcilla en el aspecto geológico, son minerales originados hace muchos años y que tienen propiedades ligadas a la evolución de la tierra. En la actualidad gracias a la tecnología, la arcilla es empleada como materia prima en diversos recursos y materiales como por ejemplo los utensilios de cocción, en vasijas de barro para el vino, pigmentos en retratos, objetos de porcelana, también en pisos de mosaicos y baldosas. (Domínguez y Schifter, 1992, p.8)

En la producción de partes de mampostería es de suma importancia conocer la formación química y mineralógica de las arcillas, ya que es muy importante para definir las mezclas empleadas en estas unidades, ya que influyen especialmente en las propiedades mecánicas y físicas de los productos de cerámica adquiridos. Un elevado volumen de dióxido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) hallado en el análisis químico (producto obtenido de la prueba de absorción atómica) facilita evaluar un porcentaje menor de contracción en los ladrillos producidos con esta arcilla por su inferior plasticidad, asimismo por su elevado contenido de cuarzo (obtenido del ensayo de difracción de rayos X) señala y elevado contenido de material desgrasante (arena). (Afanador, Ibarra y López, 2013, p.103).

La arcilla es una materia prima, compuestas por diferentes minerales en distintas cantidades, por lo cual se tiene que caracterizar para la creación de pastas que obedecen los requisitos tanto físicos, químicos y mineralógicos planteados en los procesos cerámicos. La arcilla entre otros elementos como el caolín, la sílice, feldespatos y aditivos alcalinos y alcalinotérreos modificadores de fundencia, son elementos esenciales para la industria cerámica. (Ramos, et al, 2002, p. 24-25).

Las arcillas son esenciales en la conformación de la materia prima para la elaboración de cerámicos en el rubro de la construcción. Las cuales se encuentran

en todo tipo de creación rocosa. Desde la más remota hasta la más actual, también en formaciones ígneas y sedimentarias de todo tipo, por tal razón, sus propiedades tanto como físicas, químicas y mineralógicas cambian considerablemente, inclusive dentro de las capas de un mismo depósito arcilloso. Por ende, en todo tipo de industrias cerámicas el control de sus productos emprende por la caracterización y control de calidad de las arcillas. (Santos, Malagón, Pedro, 2011, p.53).

En los productos elaborados de arcilla cocida y de obra limpia, fabricadas por diversas empresas, se ha visto afectado por la aparición de la eflorescencia. La cual se genera por la unión del agua con sales solubles y al contacto con las piezas surgen manchas o velos de color blanco, lo que provoca un deterioro de los productos de arcilla. (Grimán, et al, 2015, p.2)

Las arcillas pueden clasificarse en:

Comunes: Todo material arcilloso de estructura extensa, son de características físicas y especificaciones químico – mineralógicas no muy exigentes, por esta razón es utilizada en el rubro de la construcción y la alfarería. Están compuestas por minerales arcillosos de grupo de las micas (illitas, moscovitas, etc.), y en baja medida caolín, cloritas, esmectitas y hormitas y sus principales usos en las que estas se emplean son en la producción de ladrillos huecos, tejas y azulejos. (García, Flores y Medina, 2018, p. 6)

Especiales: A pesar que este grupo de arcillas no posee una alta representatividad en la industria cerámica describiremos algo breve sobre estas. Las arcillas especiales abarcan un grupo de arcillas comerciales con mineralogía concreta y características físicas establecidas. Se componen de minerales arcillosos de dos grupos distintos (el de las esmectitas y el de las hormitas), pero relacionadas entre sí por su origen geológico. A parte de sus propiedades físicas, se destacan sus propiedades geológicas, su alta superficie y elevada capacidad de absorción. (Díaz y Torrecillas, 2002, p.462).

Caolines: El caolín es utilizado en alguna parte en la creación de productos tales como: el papel, las pinturas, objetos de cerámica, el plástico y algunos medicamentos. (Legorreta, Hernández y Mata, 2013, p.309).

El agua es un componente fundamental para la vida y progreso económico a nivel mundial, años atrás este recurso natural muy importante era utilizado en cualquier actividad sin conocer su calidad e importancia en sus diversos usos ambientales. Hoy en día el agua es repartida en determinados fines siendo la agricultura la que mayor demanda tiene, luego tenemos al sector industrial y urbano. (Fernández, 2012, p.153)

La importancia del agua en la construcción se ve reflejado mayormente en el diseño de mezclas de concreto, en la relación agua/cemento, ya que es un factor que altera sus propiedades en estado fresco lo que genera una ventaja y desventaja en su acarreo y colocación, ya que en su forma endurecida altera su durabilidad en el trascurso del tiempo. (Bedoya, 2017, p.7)

La cáscara de arroz es un insumo que contiene alta presencia de sílice en su estructura y al ser expuesta a altas temperaturas se origina un elevado contenido de cenizas compuesta principalmente por sílice en 87-97%. Por lo que este compuesto es usado en la industria del cemento como materia prima para la elaboración de compuestos de silicio como carburo de silicio, nitruro de silicio, silicato de potasio y silicato de grado solar. (Arcos, Macías y Rodríguez, 2007, p. 8)



*Figura 3: Cáscara de arroz*

Fuente: Elaboración propia

A nivel mundial el arroz tiene un 20% de producción, lo que origina altos desechos de cáscara de arroz, este residuo es quemado minimizando riesgos de contaminación ambiental. Luego del quemado queda como resultado ceniza de cáscara de arroz (CCA) con alta presencia de sílice, la cual es aprovechada en el sector de la construcción por poseer propiedades puzolánicas y también por tener disponibilidad en la mayor parte del mundo. (Mattey, et al, 2015, p.286)



*Figura 4:* Ceniza de cáscara de arroz

Fuente: Elaboración propia

Como combustible para la cocción del ladrillo tenemos la cáscara de coco.

La cáscara de coco por sus características es muy aprovechable como fuente de energía, ya que su capa fibrosa representa el 33% del fruto y posee un poder calorífico de 14,70 MJ/kg, además la capa dura de este fruto que constituye el 15 % del fruto y con un poder calorífico de 23,01 MJ/kg lo hace un complemento con mayor poder calorífico para la cocción del ladrillo artesanal. (Forero, et al, 2012, p.22)

Elaboración del ladrillo artesanal del centro poblado de la quinta.

En el centro poblado La Quinta existen 40 ladrilleras informales de ladrillo artesanal, por lo cual se optó por la ladrillera cuya propiedad pertenece al señor, Cesar

Yarleque Burgos, quien nos dio la aprobación respectiva para observar y a la vez realizar el procedimiento de producción de estas unidades de albañilería.

La producción del ladrillo artesanal se califica por ser una ocupación que genera una economía para sobrevivir, con una calidad de vida inestable, alta informalidad, niveles bajos en tecnificación y calidad no apropiada de comercialización. (Curadelli, et al, 2019).

El lugar en estudio donde se encuentra esta ladrillera es a campo abierto el cual posee un área amplia de su cantera con suficiente materia prima.

La producción de estos ladrillos es en la misma zona donde se encuentra ubicada dicha ladrillera.

Para la elaboración de estas unidades lo primero que se va a realizar es la extracción de la materia prima.

La arcilla es la principal fuente como materia prima en los ladrillos artesanales que se elaboran en este centro poblado y dicha materia es abundante en las canteras que bordean la zona y se extrae de forma manual, haciendo uso de las herramientas (picos y lampas), poniendo el material a un lado para separarlo de otros elementos como piedras, ramas, malezas y otros elementos que pueden ocasionar problemas en la preparación de la mezcla.

Labrado: Se basa en derrumbar pedazos de la tierra arcillosa de superior tamaño para luego ser mezclado con agua en un determinado terreno, en el cual se amasa por apisonado con la finalidad de que la mezcla sea homogenizada hasta alcanzar una masa cerámica plástica (Bahena, et al, 2019, p.10).

Este material extraído no es homogéneo porque está conformado por diferentes clases de materiales como gravas, arenas y a medida que se va extrayendo el material van apareciendo. A pesar de esto se trabaja con dicho material. Sin seleccionarlo, cuando ya se obtiene la cantidad requerida para la elaboración del día, se procede con la preparación de la mezcla.

Para identificar las propiedades mecánicas, físicas y químicas es necesario realizar un estudio de análisis de suelo, comprendiendo su estructura estratigráfica, capas o estratos que constituyen las propiedades del suelo y su profundidad. Es de vital importancia identificar la clase de suelo, ya que cuentan con propiedades determinadas, como gravas, que son altas en permeabilidad, las arenas cuentan con elevada capilaridad, los limos son apropiados para compactación y las arcillas son impermeables. (De La Cruz, et al, 2022, p.48).



*Figura 5:* Extracción de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

Luego de la extracción de la materia prima se procede a preparar la mezcla.

Para dicha preparación se utiliza la materia extraída y agua, se le adiciona ceniza de cáscara de arroz y pajilla dependiendo de las características que represente el material extraído. Si la mezcla queda adherente le adicionamos ceniza de cáscara de arroz para poder tener mejor trabajabilidad a la hora del amasado y moldeo, si la mezcla queda arenosa se le adiciona pajilla con la finalidad de que esta tiempale y sea más fácil a la hora de recoger la mezcla y depositarla en los moldes.

Estas cantidades de adiciones no son proporcionales ya que son adicionadas empíricamente dependiendo de cómo se encuentre la mezcla, comúnmente se le adiciona 1 saco de pajilla para 500 a 1000 unidades de ladrillos sin embargo si el material es demasiado arenoso se le agrega hasta 3 sacos de pajilla en cierta cantidad.

El agua destinada para la realización de la mezcla es abastecida por un camión cisterna que vende agua en la zona, sustancia extraída del canal Miguel Checa para luego ser depositada en un pozo echo manualmente ubicado en altura y cerca al lugar de trabajo, luego se transporta por tuberías PVC de  $\frac{3}{4}$  de diámetro para la preparación de la mezcla, dichas tuberías cuentan con llaves de control para evitar así el desperdicio de la misma y controlar la cantidad de agua requerida para dicha mezcla.

Una vez que ya se obtuvo la mezcla esta es cubierta con bolsas o lonas de plástico para ser utilizada al siguiente día ya que esta mezcla no se puede utilizar en el mismo día porque no presenta el proceso correspondiente, debido a ello quedan partículas que no homogenizan en la mezcla como terrones que requieren de mayor tiempo para desintegrarse. Es por eso que la mezcla se puede utilizar al siguiente día.

Si trabajamos con la presencia de estos terrones vamos a tener problemas con las unidades de ladrillos en la hora del proceso de secado, ya que la presencia de terrones va hacer que los ladrillos sean más frágiles y van a tender a quebrarse a medida que van secando.

Cuando la mezcla allá tenido el respectivo reposo va a pasar por un segundo proceso de amasado, el cual es de la siguiente manera: una vez descubierta la mezcla se le adiciona agua y con los pies se va apisonando hasta que la masa quede muy fina con la finalidad de tener mayor adherencia y mejor trabajabilidad a la hora del moldeo de las unidades.



*Figura 6: Preparación de la mezcla*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 7: Mezcla adecuada para el moldeo*

Fuente: Elaboración propia

Al término de llegar a una mezcla proporcional se procede al moldeo de los ladrillos, para lo cual se necesita un molde de madera llamado gavera, que consta de 5 divisiones cuyas dimensiones son de (0.22 cm x 0.11 cm x 0.09 cm). Para esta fase también se va a utilizar arena fina cuya finalidad es evitar la adherencia de la masa en el molde, esto se logra espolvoreando la arena en la gavera, también proporcionará una mejor estética en las caras de las unidades de ladrillo.

El desarrollo del moldeo se realiza de manera manual, el cual consiste en que el labrador (trabajador) espolvoree la arena a la gavera (molde), luego coge una porción de la mezcla con ambas manos para luego depositarla aplicando una moderada presión en la gavera con la finalidad de que el llenado de las unidades sea el apropiado y no muestre fisuras, al finalizar el moldeo, se nivelará con una regla para retirar el material excedente.

Estas unidades de ladrillos crudos se depositan en el suelo mismo el cual se le rosea ceniza en la superficie para que así estas unidades puedan colocarse de una manera más cómoda a la hora que salen de la gavera y van en hiladas, una vez que ya se produjeron las unidades se dejan por 3 a 5 días para proceder al parado de las mismas.



*Figura 8:* Espolvoreo de arena fina al molde (gavera)

Fuente: Elaboración propia



*Figura 9: Moldeo de las unidades de ladrillo*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 10: Unidades de ladrillo producidas*

Fuente: Elaboración propia

Una vez producida las unidades crudas, estas pasan por un proceso de endurecimiento el cual tarda de 3 a 5 días para evitar fracturas a la hora de parar los ladrillos, este proceso se realiza manualmente.



*Figura 11: Parado de las unidades de ladrillo*

Fuente: Elaboración propia

Después del parado de las unidades se procede con lo que es el secado., es un proceso en el cual las unidades de ladrillo de arcilla evaporan la humedad de ciertos ladrillos crudos, antes de ser llevados para su respectiva cocción, proceso que tarda entre un promedio de 6 a 8 días dependiendo del clima mismo, y este se da de manera natural.



*Figura 12: Secado de las unidades de ladrillo*

Fuente: Elaboración propia

Luego del secado de las unidades crudas se conduce al llenado del horno, es el proceso donde las unidades crudas ya secas pasan por ciertas temperaturas al interior de un horno hecho con las unidades mismas.

El llenado del horno se da de la siguiente manera, se apilan los ladrillos uno encima de otro de lado de canto en pilas verticales y horizontales dejando un espacio de 20 a 25 cm, espacio para su llenado con cáscara de coco y/o pajilla de arroz.

En este proceso se deja también espacios para la ventilación correspondiente del horno.

Se llena el horno con el material a usar como combustible (cáscara de coco, pajilla de arroz)



*Figura 13:* Colocación de las unidades de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

El proceso de cocción se realiza en un horno de ladrillo artesanal que cuenta con un área de (7 x 15m).

Se procede el encendido al material combustible para la cocción de estas unidades de ladrillo.

Se enciende cada 3 metros en todo el perímetro del horno por los sistemas de ventilación de los combustibles.

EL periodo de cocción es de 10 a 12 días el cual se da de la siguiente manera:

Una vez encendido el horno se monitorea y se atiza con un tubo metálico para acelerar la combustión con el propósito de acuñar pajilla a medida que se va extinguiendo y así mismo diariamente se repite el mismo proceso hasta que el producto este hasta su punto óptimo de cocción.

Una vez culminado el transcurso de cocción se quita una pared lateral para proceder a separar las cenizas con la finalidad de que el ladrillo enfríe a la temperatura del ambiente, este es un proceso que tarda de 24 a 48 horas.



*Figura 14: Atizado del horno*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 15: Cocción en horno de las unidades de ladrillo*

Fuente: Elaboración propia

Finalmente las unidades cocidas son almacenadas en un lugar de la misma zona de producción, lugar acondicionado con dicho fin para luego proceder a su respectiva comercialización.

Para evitar la presencia de la eflorescencia, los ladrillos elaborados no tendrán que estar expuestos a la humedad ni mucho menos a suelos con sustancias de azufre, compuestos nitrogenados, desechos orgánicos e industriales. (Rincón y Romero, 2001, p.75)



*Figura 16:* Acopio de las unidades de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

### **III.- METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación :**

##### **Tipo de investigación**

El proyecto en estudio es de tipo aplicada. Según Lozada (2014), el objetivo de la investigación aplicada es procrear intelecto en el entorno de la sociedad o en la sección productiva, esta clase de trabajo fortalece el conocimiento que nace de la investigación básica. (p.35).

La investigación aplicada toma el nombre de investigación práctica o empírica, ya que esta busca la aplicación o utilización del conocimiento y al mismo tiempo se enfoca en adquirir otros, luego de llevar a cabo y ordenar la practica basada en investigación. La aplicación del conocimiento y los resultados de estudio que da como producto una forma precisa, ordenada y metódica de percibir la realidad. (Vargas, 2009, p.159).

##### **Diseño de investigación**

El diseño del proyecto será experimental, dado que se analizarán las unidades patrones para apoyarnos de acuerdo a los datos obtenidos de los ensayos de testigos con adición de limadura de hierro y verificar el mejoramiento de la resistencia a la compresión.

Se establece como diseño de investigación el plan general que pretende dar de forma directa y no inciertas soluciones a las interrogantes establecidas en la misma. De acuerdo a esto el diseño es la guía central que rige toda la investigación social. (Suárez, Sáenz y Mero, 2016, p.73)

##### **Enfoque de investigación**

La investigación presente será de enfoque cuantitativo. El enfoque cuantitativo muestra un grupo de fases, es sucesivo y probatorio, cada fase debe concluir para empezar la siguiente por lo cual no se puede pasar a otra, el orden es

estricto, sin embargo, se puede reformular alguna etapa. Empieza de un concepto que va midiéndose, una vez determinado, se encaminan los objetivos e interrogantes de investigación, se examina la literatura y se define un marco o un punto de vista teórica. Con las interrogantes se implantan hipótesis y se establecen variables; se diseña una idea para acreditarlas, se cuantifican las variables en un definido contexto, se limitan las variables mediante procedimientos estadísticos y finalmente se saca una cadena de conclusiones. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 4).

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

#### **Variable cuantitativa 1:**

Limadura de hierro: Está compuesta por diminutos residuos provenientes de la trituración o acabados de piezas metálicas.

#### **Variable cuantitativa 2:**

Resistencia a la compresión: Es la propiedad mecánica más importante para poder clasificar las unidades de albañilería con fines estructurales

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población:**

En el proyecto en estudio, estará constituida por 100 unidades de ladrillo, elaborados en la ladrillera del propietario Cesar Yarleque ubicado en el centro poblado la Quinta.

#### **Muestra:**

Para la muestra se seleccionará 40 unidades de la población.

**Muestreo:**

En la investigación en estudio posee un muestreo no probabilístico por conveniencia ya que se van a escoger unidades con beneficio propio.

**Unidad de análisis:**

El ladrillo artesanal

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

La técnica a utilizar en el proyecto va hacer mediante la observación participante, ya que se realizará la intervención de los investigadores en la elaboración de las unidades de ladrillo y en estudio de las limaduras de hierro.

La investigación como procedimiento abarca la captación del objetivo examinado. La investigación es la herramienta universal del experto y nos permite captar la realidad natural de los fenómenos u objetos. (Suarez, Sáenz y Mero, 2016, p.84).

En los proyectos de investigación, las técnicas e instrumentos de recolección de datos son fundamentales ya que gracias a estas podemos obtener una mayor profundidad de búsqueda, una de estas técnicas son la observación participante o no participante que nos posibilita acatar un proceso que exige atención deliberada, instruida y estructurada; con la participación entre dos individuos, acentuamos la complejidad de la entrevista, uno emite y otro recepta la idea propuesta; el sector clave se focaliza en la diversidad de los integrantes en un tiempo y espacio determinado. La observación de esta investigación establece un punto salida que da el inicio al argumento o problemática en cuestión. (Cisneros, et al, 2022, p.1172).

Los métodos de recolección de datos abarcan procesos y acciones que le admita al investigador adquirir información precisa para responder a su

pregunta de investigación. Existen varios y distintos instrumentos que son útiles en la recolección de datos y para ser utilizados en todo tipo de investigación como, cuantitativas, cualitativas o mixtas. (Hernández y Duana, 2020, p.52)

El instrumento es esencial para la recopilación de datos, será una guía de información que nos permitirá registrar los diferentes valores obtenidos de las pruebas que se llevaran a cabo en el laboratorio.

### **3.5. Procedimientos:**

**Primero:** Se recolectará una cierta cantidad de limadura de hierro para los determinados ensayos, los que se obtendrán de la molienda que producen los trabajos de las empresas metálicas y mecánicas de producción (torno) que se encuentran en la provincia de Sullana.

**Segundo:** Se analizará las limaduras de hierro que se recolectaron, para luego ser llevadas al laboratorio para determinar su composición química.

**Tercero:** Se elaborará unidades de ladrillo artesanal clásico (arcilla + ceniza + cascara de arroz + agua), siguiendo su proceso de producción. También se realizará unidades de ladrillo con incorporación de limaduras de hierro (arcilla + ceniza + cascara de arroz + limadura de hierro + agua).

**Cuarto:** Se llevarán al laboratorio las unidades seleccionadas comunes y con incorporación de la limadura, para llevar a cabo los ensayos correspondientes.

**Quinto:** Se efectuarán las pruebas correspondientes con la finalidad de hallar la resistencia a compresión de las unidades tradicionales y con adición de limadura de hierro.

### **3.6. Método de análisis de datos:**

Implica en la ejecución de intervención en las que el investigador controla los datos cuya finalidad es lograr los objetivos de la investigación. Todos estos procesos no pueden plantearse de manera rigurosa. La obtención de datos y algunos estudios previos pueden descubrir problemas que separarán el proyecto principal del análisis de datos. Aunque, es fundamental proyectar los principales aspectos del plan de análisis en actividad de la veracidad de cada una de las hipótesis planteadas ya que estos conceptos delimitan a la fase de recolección de datos.

El método de análisis que se utilizará serán las pruebas experimentales que se ejecutarán en el laboratorio:

- ✓ Composición química de la limadura de hierro.
- ✓ Mediante la prueba de coeficiente de saturación está establecida en la norma técnica peruana se procederá a realizar el ensayo a las muestras seleccionadas.
- ✓ Resistencia a la compresión del ladrillo patrón.
- ✓ Resistencia a la compresión de ladrillos con adiciones de 5%,10% y 15% de limadura de hierro.

### **3.7. Aspectos éticos:**

Los aspectos éticos son muy importantes en todo trabajo de investigación ya que existe un respeto único hacia las personas por su integridad y autonomía, su bienestar para evitar problemas. También busca la conservación del medio ambiente.

La justicia será equitativa con los investigadores sin exclusión ninguna, siendo honestos en su trabajo de investigación cuya finalidad es corroborar estudios.

Tiene como rigor científico una estricta revisión de los resultados antes de ser publicados, lo que implica ser competentes y que los investigadores tengan una preparación actualizada con la finalidad de garantizar el rigor científico y pueda ser publicada con responsabilidad, asegurando que la investigación cumpla rigurosamente los requisitos éticos respetando las condiciones dadas en los proyectos de investigación.

Las normas éticas dan a conocer que para la elaboración de un proyecto de investigación se debe tener en cuenta el cuidado hacia el ser humano y el medio ambiente.

Por otra parte el plagio es un delito el cual los investigadores se apropian de un proyecto o idea ajena, es por ello que el investigador debe citar en su proyecto de investigación correctamente las fuentes consultadas como establece o exija la universidad cesar vallejo.

#### IV.- RESULTADOS

La composición química de la limadura de hierro en la resistencia del ladrillo artesanal en el centro poblado la quinta, Sullana, Piura, 2022 es la siguiente:

**Tabla 2:** Componentes de la limadura de hierro

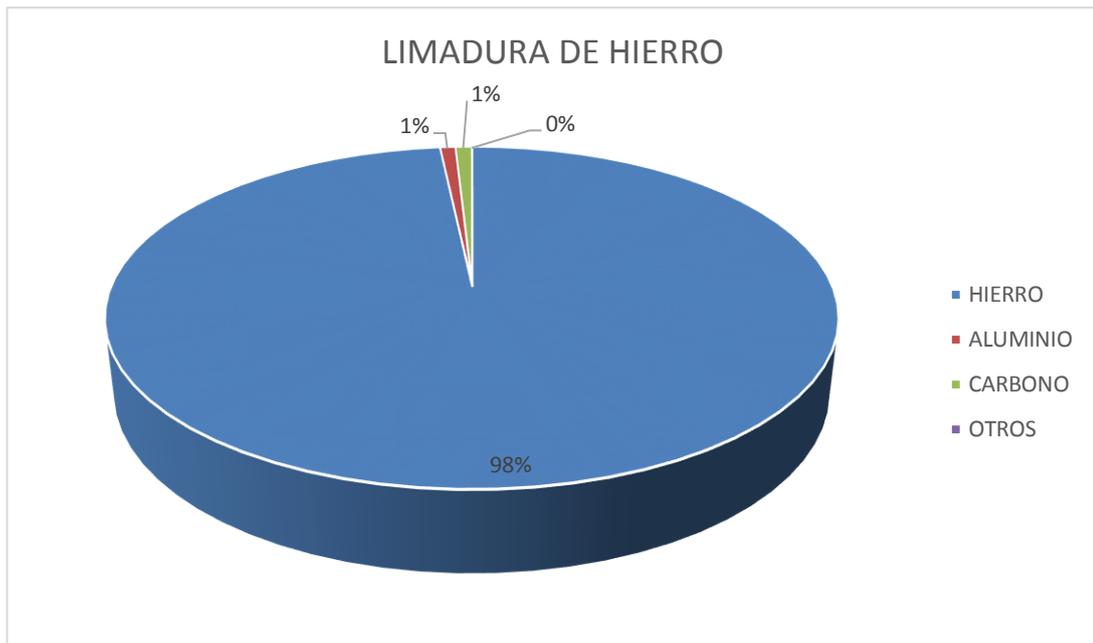
Componentes				
Muestra	Fierro (Fe)	Carbono (C)	Aluminio (Al)	Otros
Limadura de hierro	98.31 %	0.81 %	0.86 %	0.02 %

Fuente: Laboratorio químico - UNP



*Figura 17:* Muestra de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia



*Figura 18:* Porcentajes de los componentes de la limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

La composición química de la limadura está compuesto por los siguientes elementos químicos: El Hierro está contenido en un 98.31%, el Aluminio en un 0.86%, el carbono en 0.81% y otros elementos en un 0.02%.

El coeficiente de saturación del ladrillo artesanal con adiciones del 5%, 10% y 15% de limadura de hierro, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022 son los siguientes:

Tabla 3: Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo patrón

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (g)	Peso seco (g)	Coeficiente de saturación
P - 1	1272.2	1349.5	1047.1	0.74
P - 2	1281.6	1357.3	1063.5	0.74
P - 3	1342.5	1420.2	1105.4	0.75
P - 4	1344.4	1416.2	1105.4	0.77
P - 5	1349.5	1424.6	1119.6	0.75
<b>Promedio</b>				0.75

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



Figura 19: Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo patrón

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N°3, se realizaron los ensayos para determinar el coeficiente de saturación del ladrillo patrón de arcilla, obteniendo como promedio final de 0.75, de acuerdo a la norma técnica ITINTEC 331.017 estos ladrillos son aptos para diversos climas ya que su coeficiente de saturación es menos de 0.8 según lo establecido en la norma.

**Tabla 4:** *Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 5% de limadura de hierro*

<b>Muestra</b>	<b>Peso saturado 24 horas (g)</b>	<b>Peso 5 horas de ebullición (g)</b>	<b>Peso seco (g)</b>	<b>Coeficiente de saturación</b>
M 5% – 1	1608.9	1688.7	1325.2	0.78
M 5% - 2	1746.6	1836.8	1438.5	0.77
M 5% - 3	1552.0	1628.0	1259.4	0.79
M 5% - 4	1342.6	1408.9	1098.6	0.79
M 5% - 5	1755.2	1841.1	1440.5	0.79
<b>Promedio</b>				<b>0.78</b>

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



*Figura 20* : Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 5% de limadura de hierro

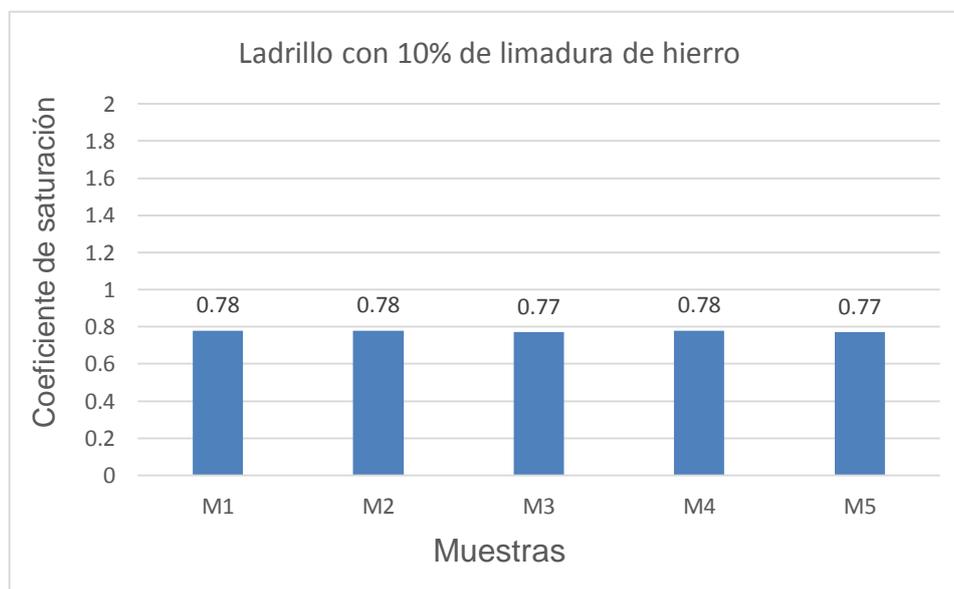
Fuente: Elaboración propia

Se determinaron los coeficientes de saturación para las muestras de 5% de limadura de hierro obteniendo como resultado un promedio de 0.78 por encima del promedio del ladrillo patrón, aun así según la norma técnica peruana son apropiados para climas drásticos.

**Tabla 5:** Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 10% de limadura de hierro

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (g)	Peso seco (g)	Coeficiente de saturación
M 10% - 1	1524.1	1602.9	1236.6	0.78
M 10% - 2	1661.2	1749.6	1354.6	0.78
M 10% - 3	1548.7	1633.0	1260.8	0.77
M 10% - 4	1891.6	1989.3	1539.4	0.78
M 10% - 5	1506.0	1587.8	1225.6	0.77
<b>Promedio</b>				0.78

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



**Figura 21:** Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 10% de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

La ejecución de pruebas realizadas para el coeficiente de saturación de ladrillos con 10% de limadura de hierro, se obtuvieron resultados de 0.78, resultando el mismo promedio que el ladrillo de 5% de adición según las tablas N°4 Y N°5, con una mínima variación con el ladrillo patrón.

**Tabla 6:** Ensayo de coeficiente de saturación del ladrillo con 15% de limadura de hierro

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (g)	Peso seco (g)	Coeficiente de saturación
M 15% – 1	1583.9	1670.0	1304.1	0.76
M 15% - 2	1627.9	1708.8	1335.2	0.78
M 15% - 3	1565.1	1646.7	1286.0	0.77
M 15% - 4	1689.9	1777.1	1390.8	0.77
M 15% - 5	1691.9	1778.5	1391.5	0.78
<b>Promedio</b>				<b>0.77</b>

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.

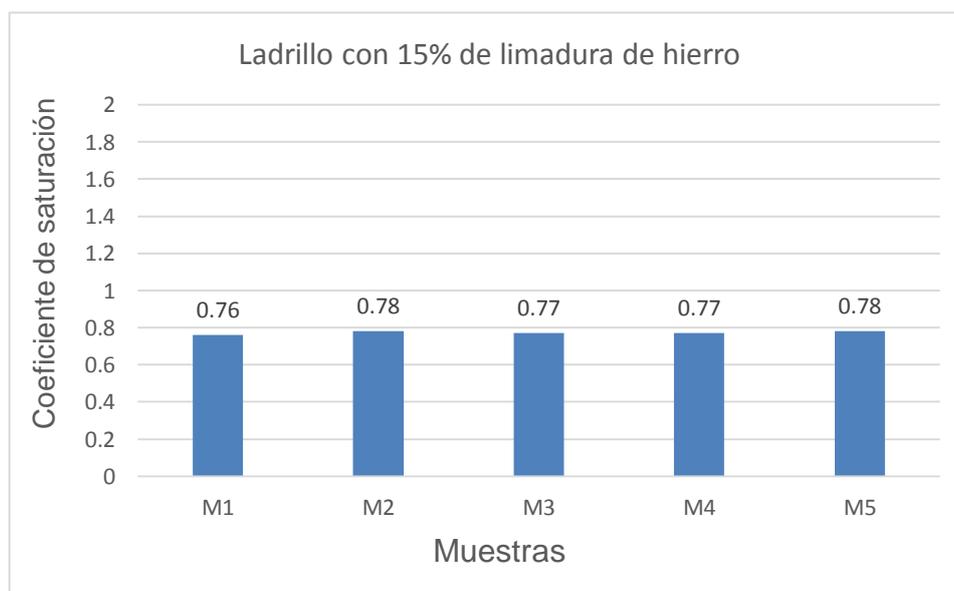


Figura 22: Gráfico de barras de los coeficientes de saturación del ladrillo con 15% de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron los ensayos mostrados en la tabla N°6, la cual nos indica que los ladrillos con 15% de adición de limadura de hierro nos mostraron un coeficiente de saturación de 0.77 estando entre el rango del ladrillo patrón y los ladrillo con adición del 5% y 10%.

**Tabla 7:** Comparación de los coeficientes de saturación del ladrillo patrón y con adiciones de limadura de hierro

		Promedio
Ladrillo de arcilla artesanal	Patrón	0.75
Ladrillo de arcilla artesanal adicionado	5%	0.78
% de limadura de hierro	10%	0.78
	15%	0.77

Fuente: Elaboración propia.

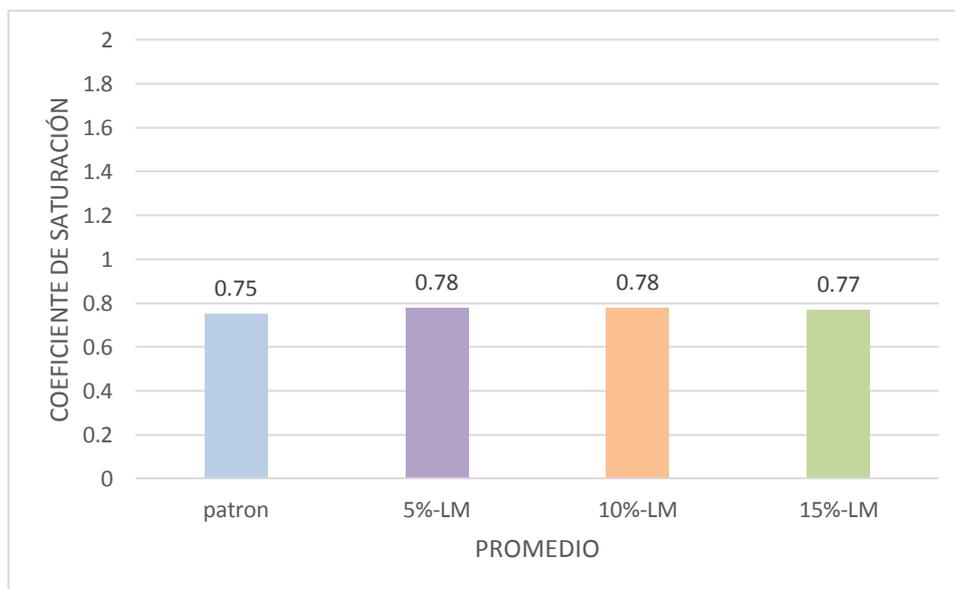


Figura 23: Gráfico de barras de los resultados promedios de las muestras

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N°7 y la figura N°23, se observa que el coeficiente de saturación presenta una mínima variación entre los porcentajes adicionados estando por encima del valor del ladrillo convencional, sin embargo el ladrillo patrón con 0.75 de coeficiente presenta mejores condiciones de uso.

La resistencia a la compresión del ladrillo artesanal con limadura de hierro adicionado, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022 son los siguientes:

**Tabla 8:** *Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo patrón*

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
P - 1	252.0	14405	57.16	62.13
P - 2	256.5	19077	74.37	80.84
P - 3	254.7	16395	64.38	69.98
P - 4	257.0	17217	66.98	72.81
P - 5	260.2	18809	72.30	78.59
<b>Promedio</b>			67.04	72.87

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



Figura 24: Gráfico de barras de los resultados de las muestras del ladrillo patrón

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla N° 3, se ejecutaron las pruebas de resistencia a la compresión a 5 unidades de ladrillo de arcilla artesanal patrón, consiguiendo un promedio final en la resistencia a la compresión de 72.87 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con lo que estipula la norma E.070 clasificándolo como ladrillo tipo II.

**Tabla 9:** Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 5 % de limadura de hierro

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M 5% - 1	261.4	17594	67.32	73.17
M 5% - 2	261.4	16410	62.79	68.25
M 5% - 3	260.2	17414	66.94	72.76
M 5% - 4	261.4	17077	65.34	71.02
M 5% - 5	259.2	18575	71.66	77.89
<b>Promedio</b>			66.81	72.62

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



*Figura 25:* Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 5% de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 4 , para este ensayo se sometieron a compresión 5 muestras de ladrillos con adición 5 % de limadura de hierro, resultando un promedio final de 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, satisfaciendo los requisitos según norma E.070, catalogándolo de tipo II.

**Tabla 10:** Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 10 % de limadura de hierro

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M 10% - 1	272.1	13052	47.97	52.15
M 10% - 2	273.1	13707	50.20	54.56
M 10% - 3	273.1	16125	59.05	64.19
M 10% - 4	266.2	15599	58.60	63.69
M 10% - 5	270.8	16251	60.00	65.22
<b>Promedio</b>			55.17	59.96

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



**Figura 26:** Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 10% de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

Conforme la tabla N° 5, se ensayaron 5 ladrillos con incorporación del 10 % de limadura de hierro, dándonos una resistencia a la compresión promedio de 59.96 kg/cm<sup>2</sup>, obedeciendo los requisitos mínimos de la norma E.070, clasificándolo de tipo I.

**Tabla 11:** *Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo con 15 % de limadura de hierro*

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M 15% - 1	267.2	14146	52.95	57.55
M 15% - 2	264.0	13556	51.35	55.81
M 15% - 3	266.9	15965	59.81	65.02
M 15% - 4	262.6	14158	53.92	58.61
M 15% - 5	262.6	16713	63.65	69.19
<b>Promedio</b>			56.34	61.23

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales de construcción – UDEP.



Figura 27: Gráfico de barras de los resultados de las muestras con 15% de limadura de hierro

Fuente: Elaboración propia

Mediante la tabla N° 6 , fueron 5 unidades de ladrillos con adición del 15 % de limadura de hierro que se le aplicó resistencia a la compresión, obteniendo un promedio final de 61.23 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros mínimos que estipula la norma E.070, de tipo I.

**Tabla 12:** Comparación de las resistencias del ladrillo patrón y con adiciones de limadura de hierro

		Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo
Ladrillo de arcilla artesanal	Patrón	72.87	II
Ladrillo de arcilla artesanal adicionado % de limadura de hierro	5%	72.62	II
	10%	59.96	I
	15%	61.23	I

Fuente: Elaboración propia

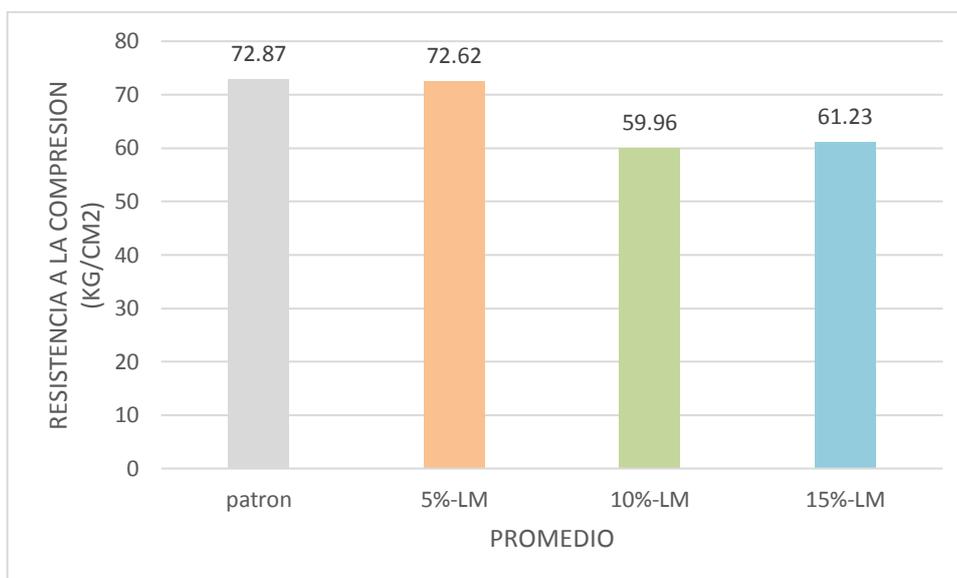


Figura 28: Gráfico de barras de los resultados promedios de las muestras

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla N° 7, se hizo la comparación de la resistencia del ladrillo patrón y sus adiciones del 5%, 10% y 15% de limadura de hierro, comprobando que el ladrillo patrón cuenta con una mayor resistencia a la compresión de 72.87 kg/cm<sup>2</sup> seguido del ladrillo con adición de 5% con 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose ambos ladrillos de acuerdo a norma E.070 como tipo II.

## V.- DISCUSIÓN

De acuerdo a la tabla N°9, N°10 y N°11 los porcentajes evaluados con limadura de hierro en la resistencia a la compresión del ladrillo fueron 5%, 10% y 15%, con resistencias obtenidas de 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, 59.96 kg/cm<sup>2</sup>, 61.23 kg/cm<sup>2</sup>, por lo cual estos resultados están por debajo de la resistencia del ladrillo patrón según la tabla N°8 con 72.87 kg/cm<sup>2</sup>, por consecuente esto difiere con lo que manifiesta German y Pérez (2020), adicionando limadura de hierro pero para este caso las unidades de albañilería fueron ladrillos de concreto con porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5%, logrando incrementar al máximo la resistencia a la compresión con la proporción de 5% de limadura.

Según el reglamento nacional de edificaciones en la norma E.070 de albañilería, los resultados antes mencionados cumplen con las especificaciones mínimas establecidas, siendo favorables ya que es un material muy económico que hoy en día tiene mucha demanda en el rubro de la construcción.

La metodología que se empleo fue la adecuada sin embargo adicionando distintos porcentajes no se logró incrementar la resistencia del ladrillo artesanal, debido a que este material no es muy adherente a la masa para la elaboración del ladrillo.

**D1:** De acuerdo a la tabla N° 2, los componentes que conforman la muestra de limadura de hierro son las siguientes: Hierro 98.31%, Aluminio 0.86%, carbono 0.81% y otros elementos en un 0.02%. De acuerdo con lo que nos indican Laurie y Rivero (2021), en su investigación realizada, obtuvieron valores en relación de las propiedades generales de la limadura de hierro, como su aspecto plateado o gris, también vemos el punto de fusión (1535 °C) y (2750°C) como punto de ebullición de dicha limadura. Por lo tanto hay un complemento entre ambas tesis ya que las dos nos proporcionan información absoluta para llevar a cabo la investigación.

La metodología empleada para la determinación de los componentes químicos de la limadura de hierro fue la adecuada, con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio se pudo conocer sus elementos químicos logrando el objetivo propuesto.

**D2:** De acuerdo a la tabla N°7, los coeficientes de saturación resultantes son los siguientes: el ladrillo patrón obtuvo 0.75, con 5% y 10% de adición de limadura resultó 0.78 y finalmente con el ladrillo de 15% de adición resultó 0.77, estos resultados obtenidos de los coeficientes tienen relación con lo que nos señala en su investigación la autora Lulichac (2015), según su aporte ninguna de las ladrilleras estudiadas en relación al coeficiente de saturación supera el límite de 0.80, lo cual es beneficioso ya que son unidades con considerable durabilidad y resistentes a la intemperie.

Ambos resultados obtenidos cumplen con lo establecido en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017, ya que al absorber poca agua el ladrillo no pierde resistencia teniendo durabilidad y siendo útil en zonas con climas lluviosos.

**D3:** Según la tabla N° 12, las resistencias a la compresión obtenidas de los ladrillos son las siguientes: ladrillo patrón obtuvo una resistencia de 72.87 kg/cm<sup>2</sup>, con 5 % de limadura de hierro resultó una resistencia 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, con 10 % de limadura de hierro nos dio como resultado una resistencia de 59.96 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente con el 15% de limadura de hierro la resistencia a la compresión llegó a tener 61.23 kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados guardan relación con lo que nos manifiestan Antón y Oruna (2021), ya que su investigación no se logró aumentar la resistencia de los ladrillos artesanales estando por debajo de los valores mínimos que estipula la Norma E.070, como también la adición de 10% de aserrín y la incorporación de alveolos proporcionó un incremento en un 21% de la resistencia del ladrillo, no obstante no se alcanzó la resistencia mínima de 50 kg/cm<sup>2</sup> establecida en la norma E.070 con la finalidad de poderlo clasificar con fines estructural. Ambos resultados difieren con lo que nos dice Chávez y Millones (2018), ya que en su investigación la resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de arcilla en cuyo caso con adición de vidrio triturado en porcentajes de (6%, 12%, 18% y 24%), destacando el ladrillo con el 12 % de adición de vidrio triturado, el cual alcanzó una resistencia de 73.73 kg/cm<sup>2</sup> por encima de la resistencia del ladrillo patrón y sus demás proporciones, cumpliendo con los requisitos de la Norma E.070 y Norma Itintec 331.017, catalogándolo como tipo II.

Los resultados obtenidos de la presente investigación con los resultados de Chávez y Millones (2018) cumplen con los requerimientos mínimos establecidos en Norma Técnica E.070, a diferencia de los resultados de Antón y Oruna (2021), los cuales incumplen las condiciones mínimas de la Norma.

La metodología propuesta para determinar las resistencias de los ladrillos patrones y con adición del 5%,10% y 15% fue la apropiada aunque no se logró el objetivo planteado.

## VI.- CONCLUSIONES

1. Como respuesta al objetivo general, Se concluye que la evaluación de las proporciones en 5%, 10% y 15% de adición de limadura de hierro en el ladrillo artesanal elaborado en La Quinta, Sullana, Piura, no se logró un incremento en la resistencia a la compresión, estando por debajo de la resistencia a la compresión del ladrillo convencional, sin embargo si cumplen con las especificaciones mínimas de la norma E.070 y la Norma ITINTEC 331.019.

En el proceso de producción, después de la cocción se concluye que los ladrillos con limadura de hierro en proporciones de 5%, 10% y en especial el de 15% se logra obtener ladrillos de carácter arquitectónico más decorativos, debido a su coloramiento rojizo originado por la oxidación de la limadura de hierro, este óxido de hierro cumple con la función de mejorar la impermeabilidad y durabilidad del ladrillo.

2. Como respuesta al objetivo específico 1, se llegó a la conclusión que la composición química de la limadura de hierro tiene como elementos al Hierro 98.31%, Aluminio 0.86%, carbono 0.81% y otros elementos en un 0.02%. Siendo el Hierro con mayor presencia en la composición, lo cual es favorable ya que este metal aporta durabilidad.
3. Como respuesta al objetivo específico 2. Se concluye que los coeficientes de saturación de los ladrillos artesanales fueron los siguientes: (patrón 0.75), con (5% de limadura de hierro 0.78), con (10% de limadura de hierro 0.78) y con (15% de adición de limadura de hierro 0.77), por lo cual estos resultados son favorables ya que según la norma Itintec 331.017 los ladrillos con coeficiente menor de 0.8 son menos absorbentes y no reducen su resistencia y son durables y aptos para climas lluviosos.
4. Como respuesta al objetivo específico 3. Se concluye que las resistencias obtenidas son las siguientes: El ladrillo patrón obtuvo una resistencia de 72.87 kg/cm<sup>2</sup>, con adición de 5% de limadura resulto 72.62 kg/cm<sup>2</sup>, con el

10% de limadura de hierro 59.96 kg/cm<sup>2</sup> y con el 15% de limadura de hierro 61.23 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo cual las proporciones adicionadas de limadura de hierro no son óptimas para el aumento de la resistencia del ladrillo de arcilla artesanal elaborado en el centro poblado La Quinta.

## VII.- RECOMENDACIONES

- 1- Al no haber alteraciones en la resistencia del ladrillo, se recomienda que ya no se utilice limaduras de hierro si no que se haga uso de fibras de este mismo material para determinar su modificación y mejoramiento de la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal.
- 2- Se recomienda realizar ensayos preliminares antes del amasado para encontrar la humedad óptima para agregar la dosificación adecuada del agua para amasar y obtener una mayor densidad, a mayor densidad será más resistente.
- 3- Se recomienda tener un buen control de calidad en la materia para la elaboración de los ladrillos, ya que al tener mayor presencia de arcilla, las unidades de albañilería serán más resistentes.
- 4- Es recomendable controlar la temperatura de los hornos artesanales, ya que estas temperaturas pueden influenciar en la resistencia que le otorgan a los ladrillos de arcilla.
- 5- Se recomienda un estudio sobre la eflorescencia frente a estas unidades con adición ya que el hierro es un metal oxidante por lo que es propicio en la dureza del ladrillo, sin embargo al transcurrir el tiempo pueda que esta oxidación genere impurezas o manchas salitrosas que afecten su estructura.
- 6- Se recomienda hacer uso de limaduras de hierro en la composición de adoquines para evitar la pérdida de color y aumentar la resistencia frente al tránsito.

## REFERENCIAS

AFANADOR, Nelson, IBARRA, Andrea y LOPEZ, Carlos. Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. Revista Épsilon (20), 101-119, 2013. ISSN: 1692-1259

ANÁLISIS de la prestación mecánica del hormigón empleando virutas de acero como agregado fino por Briones, Angie, [et al]. Revista Riemat, 5 (1), art. 3, junio 2020.

ANTON, Edwin y ORUNA, Wilfredo. Mejoramiento De La Resistencia Del Ladrillo Artesanal Producido En La Ladrillera La Quinta, Ubicada En La Provincia De Sullana, Departamento De Piura, Mediante La Adición De Aserrín E Inclusión De Alveolos En Sus Caras. 2021. Tesis (Título de ingeniero civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2021. 97 pp.

ARCOS, Claudia, MACÍAZ, Diego y RODRÍGUEZ, Jorge. La cascarilla de arroz como fuente de SiO<sub>2</sub>. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (41): 7-20, 2007. ISSN: 0120-6230

BEDOYA, Carlos. Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 11 (1): 1-9, enero – abril 2017. ISSN: 1990-8830.

BIBLIOTECA Nacional del Perú. Reglamento Nacional de Edificaciones. 11. a ed. Grupo editorial Megabyte, 831 pp. ISBN: 847684600

CARACTERIZACIÓN de arcillas del Estado de Guanajuato y su potencial aplicación en cerámica por Ramos, Esthela, [et al]. Acta universitaria, 12 (1): 23-30, abril 2002. ISSN: 0188-6266.

CASTELLANOS, Emmanuel, FERNÁNDEZ, Daniel y AVELLANEDA, Brayan. Análisis comparativo del desempeño de los ladrillos tradicionales frente a ladrillos pet. Revista Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo, 11 (1): 54-63, 2020. ISSN: 2216-1864

CHILENO, Juan. Uso de limaduras de fierro de estructuras metálicas para la elaboración de concreto pesado en la ciudad de Huancayo 2017. Tesis (Título de ingeniero civil). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2019. 189 pp.

DIAZ, L y TORRECILLAS, R. Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, 41 (5): 459-470, septiembre 2002. ISSN: 0366-3175.

DOMÍNGUEZ, José Manuel y SCHIFTER, Isaac. *Las arcillas: El barro noble*. Fondo de Cultura Económica, (1era Edición):8-58, 1992. ISSN: 968-16-3743-7

DURAND, Rocío y BENITES, Luis. Unidades de albañilería fabricadas con suelo-cemento como alternativa para la construcción sostenible. Revista ciencia y tecnología, 13 (1): 21- 32, 2017.ISSN: 1810-6781

EL PAPEL de óxidos de hierro en suelos por Acevedo, Otilio, [et al]. Terra Latinoamericana, 22 (4): 485-497, octubre-diciembre 2004. ISSN: 2395-8030

ESPIÑOZA, Isis y PEJERREY, Karla. Propiedades mecánicas del ladrillo con escoria de acero para viviendas unifamiliares, San Juan de Lurigancho - 2018. Tesis (Título de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 158 pp.

ESTUDIO preliminar del potencial energético de cuesco de palma y cáscara de coco en Colombia por Forero, Carlos, [et al].Revista ingeniería solidaria, 8 (14): 19 – 25, enero 2012.

ESTUDIO Socio ambiental de la producción de ladrillos artesanales en Mendoza desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida por Curadelli, Silvia [et al]. 1ª ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe, 2019, 72 pp. ISSN: 978-987-4998-14-9

ESTUDIO socio ambiental del sector ladrillero artesanal en el municipio de Coyoaca de Benítez, Guerrero, por Bahena, F.N, [et al]. Revista de ciencia y tecnología de la UACJ. XVI (1): 7-19, 2019. ISSN: 2007-042X

FERNANDEZ, Alicia. El Agua: Un recurso esencial. Revista Química viva, vol. 11 (3):153-170, 2012. ISSN: 1666-7948.

GALLEGOS, Héctor y CASABONNE, Carlos. Albañilería estructural. 3.ª ed. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. 435 pp. ISBN: 9972-42-754-4

GARCIA, Nelson, GUERRERO, Gustavo y MONROY, Richard. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 22 (1):43-58, 2012. ISSN: 0124-8170

GARCIA, Ricardo, FLORES, Eder y MEDINA, Yurley. Caracterización física de las arcillas utilizadas en la fabricación de productos de mampostería para la construcción en Ocaña Norte de Santander. Revista Espacios, 39 (53): 6, noviembre 2018. ISSN: 0798 1015.

GERMAN, Robinson y PEREZ, Jairo. Influencia de la limadura de hierro en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería de concreto fabricadas artesanalmente, Trujillo – 2020. Tesis (Título de ingeniero civil). Trujillo: Pontificia Universidad Privada del Norte, 2020. 241 pp.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Capítulo 1. Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. En su: Metodología de la investigación. 6.ª ed. México, 2014, McGraw Hill Education, 2014. pp. 4-20.

HERNANDEZ, Sandra y DUANA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, 9 (17): 51-53, 2020. ISSN: 2007-4913

HERRERA, Yessenia., CARRASCO, Stefano y MUÑOZ, Sócrates. Aprovechamiento de escorias metálicas en ladrillos cerámicos: una revisión. Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación, 8 (1): 94-105, 2021. ISSN: 2313-1926.

IMPLEMENTACIÓN de procesos sostenibles vinculando industrias regionales: Reciclaje de residuos siderúrgicos como proyecto de cambio de la mampostería en

Boyacá-Colombia por Quijano, Leonardo, [et al]. Revista Escuela de Administración de Negocios, (77): 82-103, julio-diciembre, 2014. ISSN: 0120-8160.

INFLUENCIA de las variables de procesamiento tecnológico industrial en la aparición del defecto de eflorescencia en piezas de arcilla cocida por Grimán, [et al]. Revista Politécnica, 36 (3): 1-10, setiembre 2015.

LAURIE, Carlos y RIVERO, José. Diseño de concreto simple  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando limadura de hierro para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021. Tesis (Título de ingeniero civil). Tarapoto – Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2021. 76 pp.

LEGORRETA, Felipe, HERNANDEZ, Leticia y MATA, Pablo. Estudio de la remoción de impurezas de arcillas caoliníticas del estado de Hidalgo (México). Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 33 (2): 308-315, diciembre 2013. ISSN: 0255-6952.

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, vol. 3 (1):35-39, 2014. ISSN: 1390-9592.

LULICHAC, Fanny. Determinación de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. Tesis (Título de ingeniero civil). Cajamarca – Perú: Universidad Privada del Norte. 2015. 176pp.

MARLÉS, Laura y CÉSPEDES, Katherine. Diseño de mezcla de concreto con limaduras de hierro colado, para elaborar aro-tapas según características técnicas de la norma NTC 1393, para la ciudad de Villavicencio – Meta. Tesis (Título de ingeniero civil). Villavicencio-Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, 2017. 124pp.

MATTEY, Pedro, (et al). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales. 35 (2): 285-294, 2015. ISSN: 0255-6952

MECÁNICA de Suelos y cimentaciones Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos por De la Cruz Vega, Sleyther, [et al]. Athenea journal in engineering sciences, 3 (7):44-62, Marzo 2022. ISBN: 978-9942-42-027-5.

NORMA técnica peruana 399.604. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. 1ª. Ed. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, 2002, 16 pp.

NORMA técnica peruana 399.613. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería. 2ª. Ed. Dirección de Normalización INACAL, 2017, 34 pp.

PÁEZ, Diego. Comportamiento de la mampostería bajo esfuerzos cortantes debido a efectos sísmicos. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 5 (8): 91-104, 2006. ISSN: 1692-3324

RINCÓN y ROMERO. Prevención y eliminación de eflorescencias en la restauración de ladrillos de construcción. Revista materiales de construcción, 51 (261): 73- 78, marzo 2001.

ROMERO, Johanna. Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del cantón Pastaza y su comparación con el ladrillo común. Tesis (Título de ingeniero civil). Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2021. 133pp.

SAN BARTOLOMÉ, Ángel. Construcciones de Albañilería -Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. 1. a ed. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994. 228 pp. ISBN: 84-8390-965-0

SANDOVAL, Franklin. Análisis comparativo de la resistencia a tracción y compresión del hormigón adicionando virutas de acero comercial fundido y el hormigón con fibras de acero comerciales. Tesis (Título de ingeniero civil). Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017. 82pp.

SANTOS, José., MALAGON, Pedro y CORDOBA, Elcy. Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas de ladrillos en la

Región de Barichara, Santander. Revista de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, 78 (167):53-61, junio 2011. ISSN: 0012-7353.

SERRANO, María y PERÉZ, Diego. CONCRETO PREPARADO CON RESIDUOS INDUSTRIALES: RESULTADO DE ALIANZA EMPRESA UNIVERSIDAD. Revista Educación en Ingeniería, 6 (11): 1-11, junio 2011. ISSN: 1900-8260.

SUÁREZ, Néstor, SÁENZ, Jessica y MERO, Jessica. Elementos esenciales del diseño de la investigación. Sus características. Revista científica Dominio de la Ciencias, vol. 2:72-85, 2016. ISSN: 2477-8818

TÉCNICAS e Instrumentos para la Recolección de Datos que apoyan a la Investigación Científica en tiempo de Pandemia por Cisneros, Alicia, [et al]. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 8 (1): 1165-1185, Enero- Marzo 2022. ISSN: 2477-8818.

UTILIZACIÓN de desechos metálicos industriales en los paneles de hormigón armado nervados unidireccionales por Alfeehan, A., [et al]. Revista Ingeniería de Construcción, 35 (3): 246-256, Diciembre 2020.

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista Educación, 33 (1): 155-165, 2009. ISSN: 0379-7082.

## ANEXOS

### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Limadura de hierro	Son subproductos originados por la molienda de elementos de acero o piezas metálicas.	Se analizará la composición química, sus elementos de la limadura de hierro y la resistencia que se obtiene adicionándola al ladrillo de arcilla artesanal.	Composición química	Elementos químicos	Porcentaje %
Resistencia la compresión	Propiedad mecánica que nos define la capacidad de soportar una fuerza aplicada sobre un área determinada de un elemento y su unidad de medida se expresa en kg/cm <sup>2</sup> .	Para medir esta variable se procederá a ejecutar el ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos artesanales de arcilla con adición de limadura de hierro con la finalidad de determinar la variación en la resistencia.	Adición de limadura de hierro	5% 10% 15%.	Kg/cm <sup>2</sup>

### Matriz de consistencia

<b>TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA LIMADURA DE HIERRO EN LA DEL LADRILLO ARTESANAL EN EL CENTRO POBLADO LA QUINTA, SULLANA, PIURA, 2022.</b>							
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>		<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>GENERAL:</b> ¿La adición de la limadura de hierro, tendrá incidencia en la resistencia a la compresión en el ladrillo artesanal elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022?	<b>GENERAL:</b> Evaluar el porcentaje de adición de la limadura de hierro en la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal elaborado en La quinta, Sullana, Piura, 2022	<b>GENERAL:</b> Los porcentajes adicionados de limadura de hierro incrementara la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal producido en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022.	INDEPENDIENTE	Limadura de hierro	Composición Química	Elementos Químicos	- Tipo de investigación aplicada.  -El diseño de este estudio será experimental  -Enfoque cuantitativo.  - Población estará conformada por 100 unidades de ladrillo.
<b>ESPECÍFICOS:</b> ¿Cuál es la composición química de la limadura de hierro que se quiere adicionar en la fabricación de ladrillo artesanal del Centro Poblado La Quinta, en el que se propone mejorar su resistencia a la compresión?	<b>ESPECÍFICOS:</b> Analizar la composición química de la limadura de hierro en la resistencia del ladrillo artesanal en el centro poblado la quinta, Sullana, Piura, 2022.	<b>ESPECÍFICOS:</b> La composición química de la limadura de hierro cumplen con las condiciones que permiten mejorar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal en el centro poblado la quinta, Sullana, Piura, 2022.					- Muestreo No probabilístico.  - 40 unidades de ladrillo.  -Técnica de observación participante. Guía de información.

<p>¿Cuáles son los coeficientes de saturación del ladrillo patrón y con adiciones del 5%, 10% y 15% de limadura de hierro en el centro poblado La quinta, Sullana, Piura, 2022?</p>	<p>Determinar el coeficiente de saturación del ladrillo artesanal con adiciones del 5%, 10% y 15% de limadura de hierro, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022.,</p>	<p>Los coeficientes de saturación de los ladrillos con adición de 5%, 10% y 15% serán apropiados para reducir su absorción y la resistencia a la compresión obtenida del ladrillo artesanal con limadura de hierro</p>	<p>DEPENDIENTE</p>	<p>Resistencia a la Compresión</p>	<p>Adición de limadura de hierro</p>	<p>5%, 10% y 15%</p>	
<p>¿Cuál será la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal, adicionado con limadura de hierro fabricado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022?</p>	<p>Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal con limadura de hierro adicionado, elaborado en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022.</p>	<p>La resistencia a la compresión obtenida del ladrillo artesanal con limadura de hierro se verá mejorado con un incremento satisfactorio.</p>					

## Informes de ensayos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA



### REPORTE DE ANÁLISIS DE PROYECCIÓN A LA COMUNIDAD N° 005 - 2022

**Solicitante:** Carreño Ramirez, Keny Robert

**Muestra:** Limadura de hierro

**Detalle de la muestra:** Muestra sólida

**Proyecto de investigación:** Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura.

**Fecha de recepción:** 19/09/2022

**Código de muestra:** MLF-01

**Fecha de análisis:** 22/09/22 y 23/09/2022

**Fecha de emisión de resultados:** 26/09/22

**Método:** Analítico e Instrumental

Muestra: Limadura de hierro	Fierro (%)	Carbono (%)	Aluminio (%)
MLF-01	98.31	0.81	0.86

Universidad Nacional de Piura  
Facultad de Ingeniería de Minas  
*Dr. Ing. Royeli Carhuachin Cordero*  
DIRECTOR DE ESCUELA



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
EN LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA**  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26219  
Informe N° : 220534

Fecha de recepción : 23/09/2022  
Fecha de ensayo : 04/10/2022  
Fecha de emisión : 04/10/2022

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
<b>Tesis</b>	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
<b>Ubicación</b>	: Sullana - Piura
<b>Muestra</b>	: 05 ladrillos artesanales normales, de 21.4cm x 12.0cm x 8.4cm.
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante

**RESULTADOS:**

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
P-1	252.0	14405	57.16	62.13
P-2	256.5	19077	74.37	80.84
P-3	254.7	16395	64.38	69.98
P-4	257.0	17217	66.98	72.81
P-5	260.2	18809	72.30	78.59
<b>Promedio</b>			67.04	72.87

**Rue:** Resistencia a la compresión en unidad entera.

**Rmu:** Resistencia a la compresión en media unidad.

**Observaciones:**

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo : ---

Gaby Ruiz Paredes  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
EN LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA**  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26219  
Informe N° : 220535  
  
Fecha de recepción : 23/09/2022  
Fecha de ensayo : 04/10/2022  
Fecha de emisión : 04/10/2022

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
<b>Tesis</b>	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
<b>Ubicación</b>	: Sullana - Piura
<b>Muestra</b>	: 05 ladrillos artesanales con adición del 5% de limadura de hierro, de 21.6cm x 12.1cm x 8.6cm
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante

**RESULTADOS:**

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M5-1	261.4	17594	67.32	73.17
M5-2	261.4	16410	62.79	68.25
M5-3	260.2	17414	66.94	72.76
M5-4	261.4	17077	65.34	71.02
M5-5	259.2	18575	71.66	77.89
<b>Promedio</b>			<b>66.81</b>	<b>72.62</b>

**Rue:** Resistencia a la compresión en unidad entera.

**Rmu:** Resistencia a la compresión en media unidad.

**Observaciones:**

Realizó el ensayo : Téc. Estiwar Campos E.  
Presenció el ensayo : ---

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
EN LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA  
Norma: NTP 399.613 2005**

Orden de servicio N° : 26219  
Informe N° : 220536  
  
Fecha de recepción : 23/09/2022  
Fecha de ensayo : 04/10/2022  
Fecha de emisión : 04/10/2022

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

**Solicitante** : CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT  
**Tesis** : Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta  
**Ubicación** : Sullana - Piura  
**Muestra** : 05 ladrillos artesanales con adición del 10% de limadura de hierro, de 22.1cm x 12.3cm x 8.6cm  
**Muestreo realizado por** : El solicitante

**RESULTADOS:**

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M10-1	272.1	13052	47.97	52.15
M10-2	273.1	13707	50.20	54.56
M10-3	273.1	16125	59.05	64.19
M10-4	266.2	15599	58.60	63.69
M10-5	270.8	16251	60.00	65.22
<b>Promedio</b>			<b>55.17</b>	<b>59.96</b>

**Rue:** Resistencia a la compresión en unidad entera.  
**Rmu:** Resistencia a la compresión en media unidad.

**Observaciones:**

**Realizó el ensayo** : Téc. Estiwar Campos E.  
**Presenció el ensayo** : ---

Gaby Ruiz Patrozi  
Ingeniero Civil  
CIF 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN  
EN LADRILLOS DE ARCILLA USADOS EN ALBAÑILERÍA**  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26219  
Informe N° : 220537  
Fecha de recepción : 23/09/2022  
Fecha de ensayo : 04/10/2022  
Fecha de emisión : 04/10/2022

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
<b>Tesis</b>	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
<b>Ubicación</b>	: Sullana - Piura
<b>Muestra</b>	: 05 ladrillos artesanales con adición del 15% de limadura de hierro, de 21.8cm x 12.1cm x 8.6cm
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante

**RESULTADOS:**

Muestra	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Esfuerzo máximo a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
			Unidad entera (Rue)	Media unidad (Rmu)
M15-1	267.2	14146	52.95	57.55
M15-2	264.0	13556	51.35	55.81
M15-3	266.9	15965	59.81	65.02
M15-4	262.6	14158	53.92	58.61
M15-5	262.6	16713	63.65	69.19
<b>Promedio</b>			<b>56.34</b>	<b>61.23</b>

**Rue:** Resistencia a la compresión en unidad entera.

**Rmu:** Resistencia a la compresión en media unidad.

**Observaciones:**

**Realizó el ensayo** : Téc. Estiwar Campos E.  
**Presenció el ensayo** : ---

  
Gaby Ruiz Castro  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable



El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COEFICIENTE DE SATURACIÓN EN LADRILLOS DE ARCILLA  
USADOS EN ALBAÑILERÍA  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26232  
Informe N° : 220560

Fecha de recepción : 06/10/2022  
Fecha de ensayo : 12/10/2022  
Fecha de emisión : 12/10/2022

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
Tesis	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
Ubicación	: Sullana - Piura
Muestra	: 05 ladrillos artesanales normales, de 21.4cm x 12.0cm x 8.4cm.
Muestreo realizado por	: El solicitante

RESULTADOS:

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (gr)	Peso Seco (g)	Coefficiente saturación
1	1272.2	1349.5	1047.1	0.74
2	1281.6	1357.3	1063.5	0.74
3	1342.5	1420.2	1105.4	0.75
4	1344.4	1416.2	1105.4	0.77
5	1349.5	1424.6	1119.6	0.75
PROMEDIO				0.75

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : --

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 46912  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

**ENSAYO DE COEFICIENTE DE SATURACIÓN EN LADRILLOS DE ARCILLA  
USADOS EN ALBAÑILERÍA  
Norma: NTP 399.613 2005**

Orden de servicio N° : 26232  
Informe N° : 220561

Fecha de recepción : 06/10/2022  
Fecha de ensayo : 12/10/2022  
Fecha de emisión : 12/10/2022

**EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:**

<b>Solicitante</b>	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
<b>Tesis</b>	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
<b>Ubicación</b>	: Sullana - Piura
<b>Muestra</b>	: 05 ladrillos artesanales con adición del 5% de limadura de hierro, de 21.6cm x 12.1cm x 8.6cm
<b>Muestreo realizado por</b>	: El solicitante

**RESULTADOS:**

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (gr)	Peso Seco (g)	Coefficiente saturación
M5-1	1608.9	1688.7	1325.2	0.78
M5-2	1746.6	1836.8	1438.5	0.77
M5-3	1552.0	1628.0	1259.4	0.79
M5-4	1342.6	1408.9	1098.6	0.79
M5-5	1755.2	1841.1	1440.5	0.79
PROMEDIO				0.78

**Observaciones:**

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : --

Gaby Ruiz Pelto  
Ingeniero Civil  
CIP 40092  
Responsable del Laboratorio LEMC.  
LABORATORIO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COEFICIENTE DE SATURACIÓN EN LADRILLOS DE ARCILLA  
USADOS EN ALBAÑILERÍA  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26232  
Informe N° : 220562  
Fecha de recepción : 06/10/2022  
Fecha de ensayo : 13/10/2022  
Fecha de emisión : 13/10/2022

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante : CARREÑO RAMÍREZ KENY ROBERT  
Tesis : Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta  
Ubicación : Sullana - Piura  
Muestra : 05 ladrillos artesanales con adición del 10% de limadura de hierro, de 22.2cm x 12.3cm x 8.6cm  
Muestreo realizado por : El solicitante

RESULTADOS:

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (gr)	Peso Seco (g)	Coefficiente saturación
M10-1	1524.1	1602.9	1236.6	0.78
M10-2	1661.2	1749.6	1354.6	0.78
M10-3	1548.7	1633.0	1260.8	0.77
M10-4	1891.6	1989.3	1539.4	0.78
M10-5	1506.0	1587.8	1225.6	0.77
PROMEDIO				0.78

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : ---

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 469  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.



UNIVERSIDAD DE PIURA  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ENSAYO DE COEFICIENTE DE SATURACIÓN EN LADRILLOS DE ARCILLA  
USADOS EN ALBAÑILERÍA  
Norma: NTP 399.613 2005

Orden de servicio N° : 26232  
Informe N° : 220563

Fecha de recepción : 06/10/2022  
Fecha de ensayo : 13/10/2022  
Fecha de emisión : 13/10/2022

EL SOLICITANTE DECLARA COMO CIERTA LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

Solicitante	: CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT
Tesis	: Evaluación de la adición de limadura de hierro en la resistencia a la compresión de ladrillo artesanal en el Centro Poblado La Quinta
Ubicación	: Sullana - Piura
Muestra	: 05 ladrillos artesanales con adición del 15% de limadura de hierro, de 21.8cm x 12.1cm x 8.6cm
Muestreo realizado por	: El solicitante

RESULTADOS:

Muestra	Peso saturado 24 horas (g)	Peso 5 horas de ebullición (gr)	Peso Seco (g)	Coefficiente saturación
M15-1	1583.9	1670.0	1304.1	0.76
M15-2	1627.9	1708.8	1335.2	0.78
M15-3	1565.1	1646.7	1286.0	0.77
M15-4	1689.9	1777.1	1390.8	0.77
M15-5	1691.9	1778.5	1391.5	0.78
PROMEDIO				0.77

Observaciones:

Realizó el ensayo : Téc. Francisco Castro C.  
Presenció el ensayo : ---

Gaby Ruiz Petrozzi  
Ingeniero Civil  
CIP 469172  
Responsable

El LEMC de la Universidad de Piura ha emitido este reporte de ensayo, según los datos proporcionados por el cliente. Con la aceptación de los datos y resultados de este reporte, las partes dejan constancia que la responsabilidad del LEMC-UDEP, se restringe exclusivamente al procedimiento de ejecución y al resultado del reporte de ensayo. El LEMC-UDEP está exento de toda responsabilidad que derive de la interpretación y uso posterior de la información contenida en este reporte por parte del cliente o de terceros.

## Panel fotográfico

### Proceso de producción del ladrillo de arcilla artesanal con incorporación de limadura de hierro



Extracción de la materia prima



Adición de la limadura de hierro



Amasado para una mejor trabajabilidad



Reposo 24 horas de las masas para el ladrillo patrón y con adiciones de 5%, 10% y 15% de limadura de hierro.



Mezcla adecuada para el moldeo



Gavera o molde para ladrillo



Mojado de la gavera



Espolvorear arena fina



Colocacion de masa en la gavera



Regleado para retirar excedente de masa



Desmoldado de ladrillos



Ladrillos patrones



Ladrillos con 5% de limadura de hierro



Ladrillos con 15% de limadura de hierro



Ladrillos con 10% de limadura de hierro



Secado de los ladrillos



Ladrillos puesto en el horno



Ladrillos cocidos



Refrenado con yeso a las muestras



Colocación del ladrillo patron en la prensa



Rotura del ladrillo patrón



Ladrillo con 5 % de limadura de hierro



Rotura del ladrillo con 5 % de adición.



Ladrillo con 10 % de limadura de hierro



Rotura del ladrillo con 10 % de adición.



Ladrillo con 15 % de limadura de hierro



Rotura del ladrillo con 15 % de adición



Ensayo de coeficiente de saturaci: Muestras secas al horno



Muestras con 5 horas de hervido



Muestras saturadas a 24 horas.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de la limadura de hierro en la resistencia del ladrillo artesanal en el centro poblado La Quinta, Sullana, Piura, 2022.", cuyos autores son PURIZACA FIESTAS JEAN CARLO, CARREÑO RAMIREZ KENY ROBERT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 28 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO <b>DNI:</b> 70407573 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 28-11- 2022 23:02:49

Código documento Trilce: TRI - 0459537