

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA - SÍLICE Y LA MEJORA  
DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA EN EL  
DISTRITO DE HUANCAYO**

**Presentado por:**

**Bach. CAHUAYA CHOQUE, JULIO CESAR**

**Línea de Investigación Institucional:** Transporte y Urbanismo

**Línea de Investigación por Programa de Estudios:** Estructuras

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO - PERÚ  
2022**



**ASESORES:**

**ASESOR TEMATICO:**

ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

**ASESOR METODOLOGICO**

MG. FIDEL CASTRO CAYLLAHUA

## **DEDICATORIA**

No importa las adversidades en la vida todo tiene un propósito eres capaz de conseguir todo lo que te propongas inténtalo.

A mi madre Estela que fue ese pilar que nos protegió en el momento más difícil que nos toco vivir en nuestras vidas.

Tú que siempre fuiste y serás fuente de mi mayor inspiración de manera muy especial en la memoria de mi hermano Luis Cristian Cahuaya Choque quien fue ejemplo de vida y dignidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiar siempre mis pasos, mis padres Félix y Estela por su inquebrantable esfuerzo de sacarnos adelante, mis hermanos y familiares por su apoyo moral en la realización de mis metas.

A mi hermano Carlos por estar siempre conmigo apoyándome en la concreción de mis metas.

A mi alma mater Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería que me cobijo dentro de sus claustros universitarios brindándome conocimientos, valores y ética a todos los catedráticos que marcaron decisivamente en mi formación profesional, por el único fin supremo de nuestra formación de buscar el desarrollo e integración de nuestros pueblos y nación.

A mis asesores Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza y Mg. Ing. Fidel Castro Cayllahua por su paciencia, dedicación y apoyo incondicional en la realización de este trabajo de investigación.

Del mismo modo a todas aquellas personas que me apoyaron en la realización de la presente tesis.

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**DR. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**  
**JURADO**

---

**ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES**  
**JURADO**

---

**ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ**  
**JURADO**

---

**MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO DOCENTE**

# INDICE

ASESORES:.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS .....	V
HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS .....	VI
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I .....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	1
1.1.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....	1
1.2.    FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.2.1. <i>Problema General</i> .....	3
1.2.2. <i>Problemas Específicos</i> .....	3
1.3.    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. <i>Social</i> .....	3
1.3.2. <i>Teórica</i> .....	4
1.3.3. <i>Metodológica</i> .....	4
1.4.    DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.4.1. <i>Delimitación espacial</i> .....	6
1.4.2. <i>Delimitación temporal</i> .....	6
1.4.3. <i>Delimitación económica</i> .....	7
1.5.    LIMITACIONES .....	7
1.6.    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.6.1. <i>Objetivo General</i> .....	7
1.6.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	7
CAPITULO II .....	8
MARCO TEORICO .....	8
2.1.    ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN .....	8
2.1.1. <i>ANTECEDENTES INTERNACIONALES</i> .....	8
2.1.2. <i>ANTECEDENTES NACIONALES</i> .....	11
2.2.    MARCO CONCEPTUAL:.....	15
2.3.    DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	33
2.4.    HIPÓTESIS:.....	35
2.4.1 <i>Hipótesis General</i> .....	35
2.4.2 <i>Hipótesis Específicas</i> .....	35
2.5.    VARIABLES: .....	36
2.5.1 <i>Definición Conceptual de la Variable</i> .....	36
2.5.2 <i>Definición Operacional de la Variable</i> .....	37
2.5.3. <i>OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:</i> .....	38
CAPITULO III .....	40
METODOLOGIA .....	40
3.1.    MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.2.    TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.3.    NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	42

3.4	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	43
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	44
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	47
3.7	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	49
3.8	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.....	88
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>96</b>
<b>RESULTADOS.....</b>		<b>96</b>
4.1.	RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN SEGÚN NORMAS .....	96
4.1.1	<i>Resultados de las propiedades físicas:</i> .....	96
4.1.2	<i>Resultados de los ensayos mecánicos:</i> .....	98
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>101</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>101</b>
5.1.	DISCUSIÓN 01: .....	101
5.2.	DISCUSIÓN 02: .....	102
5.3.	DISCUSIÓN 03: .....	103
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>105</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>107</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA): .....</b>		<b>109</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>111</b>



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	7
TABLA 2. ARCILLAS COMUNES PARA LADRILLOS.....	16
TABLA 3. COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA LADRILLOS.....	16
TABLA 4. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	24
TABLA 5. LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.....	25
TABLA 6. PROPORCIÓN PARA MORTEROS SEGÚN NORMA E-070.....	28
TABLA 7. FACTORES DE CORRECCIÓN F'M POR ESBELTEZ.....	32
TABLA 8. MÉTODOS PARA DETERMINAR F'M Y V'M.....	33
TABLA 9. INCREMENTO DE F'M Y V'M POR EDAD.....	33
TABLA 10. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS DE DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EN LA TESIS.....	44
TABLA 11. LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA - SÍLICE.....	46
TABLA 12. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	49
TABLA 13. PROPORCIONES DE LOS LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA - SÍLICE.....	56
TABLA 14. PROPORCIONES GRUPO PATRÓN DE CONTROL ARCILLA - SÍLICE.....	60
TABLA 15. RESULTADO LABORATORIO GRUPO PATRÓN DE CONTROL ARCILLA - SÍLICE.....	60
TABLA 16. PROPORCIÓN DE LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA - SÍLICE.....	66
TABLA 17. VARIACIÓN DE DIMENSIONAL DE LADRILLOS CRUDOS 50% ARCILLA Y 50% DE ARENA DE SÍLICE.....	89
TABLA 18. DESVIACIÓN ESTÁNDAR Y VALOR FINAL.....	90
TABLA 19. RESULTADO VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	90
TABLA 20. CONCAVIDAD Y CONVEXIDAD LADRILLO CRUDO ARCILLA-SÍLICE.....	90
TABLA 21. RESULTADO ALABEO.....	91
TABLA 22. RESULTADO MÉTODO DE ENSAYO GEELONG.....	91
TABLA 23. RESULTADO MÉTODO DE ENSAYO SAET.....	91
TABLA 24. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA COMPRESIÓN SIMPLE EN LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA-SÍLICE.....	93
TABLA 25. FACTORES DE CORRECCIÓN DE F'M POR ESBELTEZ.....	94
TABLA 26. INCREMENTO DE F'M POR EDAD.....	94
TABLA 27. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS EN LOS LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA-SÍLICE.....	95
TABLA 28. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	97
TABLA 29. CUADRO COMPARATIVO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	97
TABLA 30. CUADRO COMPARATIVO DE ALABEO.....	97
TABLA 31. CUADRO INDICADOR MÁXIMO OQUEDAD – GEELONG.....	98
TABLA 32. CUADRO INDICADOR MÁXIMO OQUEDAD – SAET.....	98
TABLA 33. CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES.....	98
TABLA 34. RESULTADO DE CLASIFICACIÓN RESISTENCIA COMPRESIÓN UNIDADES.....	99
TABLA 35. RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA.....	99
TABLA 36. RESUMEN DE RESISTENCIA CARACTERÍSTICA PILAS.....	100

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ARENA DE SÍLICE POSA DE SEDIMENTACIÓN .....	21
FIGURA 2. ALTURA PROMEDIO PARA VARIACIÓN DIMENSIONAL .....	28
FIGURA 3. CONCAVIDAD Y CONVEXIDAD DEL ALABEO .....	29
FIGURA 4. ESQUEMA MÉTODO GEELONG .....	30
FIGURA 5. ESQUEMA DEL ENSAYO DEL MÉTODO SAET.....	31
FIGURA 6. ASPECTO DE PRISMAS ENSAYADOS A ROTURA POR COMPRESIÓN.....	32
FIGURA 7. ESTRATIGRAFÍA DE LA ARCILLA .....	50
FIGURA 8. UBICACIÓN CANTERA ARCILLA.....	51
FIGURA 9. SANTA ROSA 94-I ARENA DE SÍLICE .....	54
FIGURA 10. UBICACIÓN CANTERA ARENA DE SÍLICE.....	55
FIGURA 11. ZARANDEADO DE ARCILLA .....	60
FIGURA 12. PESADO ARENA DE SÍLICE.....	61
FIGURA 13. ZARANDEADO DE ARENA GRUESA .....	61
FIGURA 14. ADICIÓN DE AGUA.....	62
FIGURA 15. MEZCLADO DE LA MASA .....	62
FIGURA 16. MASAS DE LAS 4 PROPORCIONES.....	63
FIGURA 17. REPOSADO DE 24 HORAS MASA .....	63
FIGURA 18. ADICIÓN DE ARENA AL MOLDE .....	64
FIGURA 19. APISONADO DE LA MASA.....	64
FIGURA 20. ENRASADO DE LA MASA .....	65
FIGURA 21. MUESTRA DEL LCAS.....	65
FIGURA 22. TRITURADO ARCILLA .....	67
FIGURA 23. ADICIÓN DE ARENA DE SÍLICE .....	68
FIGURA 24. MEZCLADO MASA .....	68
FIGURA 25. REPOSADO MASA 24 HORAS.....	69
FIGURA 26. ENRASADO MASA .....	69
FIGURA 27. COLOCADO MUESTRA.....	70
FIGURA 28. ASENTADO DE PILA .....	72
FIGURA 29. CONTROL CON PLOMADA .....	72
FIGURA 30. CONTROL CON NIVEL DE MANO .....	73
FIGURA 31. CURADO DE JUNTAS.....	73
FIGURA 32. MEDICIÓN ESPÉCIMEN 1 .....	75
FIGURA 33. MEDICIÓN ESPÉCIMEN 2 .....	75
FIGURA 34. MEDICION ESPÉCIMEN 1 .....	77
FIGURA 35. MEDICION ESPÉCIMEN 2 .....	77
FIGURA 36. MÉTODO GEELONG.....	79
FIGURA 37. VERIFICACIÓN DE LA OQUEDAD .....	79
FIGURA 38. MÉTODO SAET .....	81
FIGURA 39. VERIFICACIÓN DE LA OQUEDAD .....	81
FIGURA 40. REFRENTADO DE ESPÉCIMEN.....	82
FIGURA 41. NIVELADO DE ESPÉCIMEN .....	83
FIGURA 42. MUESTRA PATRÓN DE CONTROL 01 .....	84
FIGURA 43. MUESTRA RESISTENCIA COMPRESIÓN UNIDAD.....	85
FIGURA 44FIGURA 44. MUESTRA ROTURA DE UNIDAD.....	86
FIGURA 45. MUESTRA DE PILA .....	87
FIGURA 46. MUESTRA ROTURA DE PILA .....	88
FIGURA 47. ALTURA VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	89
FIGURA 48. VARIACIÓN DIMENSIONAL.....	89

## RESUMEN

En la presente tesis se formuló como problema general ¿Haciendo uso de la arcilla y arena de sílice, cómo mejora las propiedades mecánicas de albañilería en los ladrillos crudos del Distrito de Huancayo Junín?; se presentó el objetivo general: Comprobar la mejora en la elaboración de ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice de la albañilería para verificar las propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo y se planteó como hipótesis general: La utilización de arcilla y arena de sílice del ladrillo crudo contribuye positivamente para sus propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo.

El tipo de investigación fue tecnológica, así mismo el nivel de investigación fue el descriptivo - explicativo y el diseño de investigación fue el experimental en su forma cuasi - experimental con post prueba conformada por un grupo patrón de control y seis grupos experimentales, La población estuvo conformada por 46 unidades de ladrillos crudos de arcilla – sílice con proporción de 50% - 50%, con dimensiones de 24x12x8 cm. El tamaño de la muestra fue 38 unidades de ladrillos crudos de arcilla – sílice.

Se llegó a la conclusión de que al adicionar arena de sílice en un 50%, hubo una mejora considerable en cuanto a sus propiedades físico - mecánicas: como resultados el ladrillo crudo de arcilla – sílice obtuvo un  $f'b$  de: 50.18 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'm$  de 35.28 kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo a la norma técnica E070 albañilería.

**Palabras Clave:** Resistencia a la compresión en unidades y pilas, ladrillos crudos de arcilla-sílice (LCAS), propiedades mecánicas.

## ABSTRACT

In this thesis, it was formulated as a general problem: Making use of clay and silica sand, how does it improve the mechanical properties of masonry in the raw bricks of the District of Huancayo Junín?; The general objective was presented: Check the improvement in the elaboration of raw clay bricks and silica sand of masonry to verify the mechanical properties in the District of Huancayo, and the general hypothesis was raised: The use of clay and silica sand. of raw brick contributes positively to its mechanical properties in the District of Huancayo.

The type of research was technological, likewise the level of research was descriptive - explanatory and the research design was experimental in its quasi - experimental form with post test made up of a standard control group and six experimental groups. The population was made up of 46 units of raw clay bricks - silica with a proportion of 50% - 50%, with dimensions of 24x12x8 cm. The sample size was 38 units of raw clay-silica bricks.

It was concluded that by adding 50% silica sand, there was a considerable improvement in terms of its physical-mechanical properties: as a result, the raw clay-silica brick obtained an  $f'b$  of: 50.18 kg/cm<sup>2</sup> and  $f'm$  of 35.28 kg/cm<sup>2</sup>, according to the E070 masonry technical standard.

**Keywords:** Compressive strength in units and stacks, clay-silica green bricks (LCAS), mechanical properties.

## INTRODUCCIÓN

La invención de las unidades de mampostería, formadas a partir de una masa de barro y secada al sol para reemplazar la piedra natural, debe haber ocurrido donde esta última no se encuentra. Los rastros más antiguos conocidos de unidades de mampostería se han encontrado en excavaciones arqueológicas en el Medio Oriente en niveles correspondientes al Neolítico temprano. La unidad es una pieza de barro en forma de hogaza, moldeada a mano y secada al sol, pesa unos quince kilogramos, y en ella se pueden ver las marcas de los dedos del hombre neolítico que la fabricó. Las unidades de barro hechas a mano se encuentran en varias formas que no siempre son muy lógicas. Los conos son repetitivos y existen en lugares distantes, sin conexión directa, y en períodos similares de desarrollo; existen unidades cónicas en los muros de construcción, por ejemplo: en Mesopotamia, 7000 años; En la costa norte del Perú, en Huaca prieta, en la Chicama Valle, 5.000 años (Gallegos H. , 1989).

El objetivo del presente trabajo de investigación es mejorar las propiedades mecánicas de la albañilería de los ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice en el Distrito de Huancayo.

En la presente tesis titulada Ladrillos Crudos de Arcilla – Sílice y la Mejora de Propiedades Mecánicas de la Albañilería en el Distrito de Huancayo, cuyo propósito fue el de fabricar 04 tipos de ladrillo con diferentes insumos y en diferentes dosificaciones para luego ver su comportamiento desde el madurado o reposado, amasado, moldeo y secado después de ello seleccionar el mejor de ellos que cumpla mejores características y llevarlo a laboratorio para someterlo a ensayo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 unidades de albañilería.

Se realizó en primera instancia los ensayos de laboratorio a las unidades y pilas de albañilería, que fueron las muestras obtenidas de los ladrillos crudos cuya dimensión es 24x12x8 cm y mejorarlas con nuevos insumos, Para la clasificación de los ladrillos se utilizó la Norma Técnica Peruana E.070 unidades de albañilería.

La presente tesis contiene los siguientes capítulos:

**En el capítulo I, EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN,** comprende: Planteamiento del problema, Formulación y sistematización del problema, el problema general y específicos; Justificación práctica, científica y metodológica, Delimitación espacial, temporal y económica, Limitaciones, Objetivos general y específico.

**En el capítulo II, MARCO TEORICO,** trata a cerca de los antecedentes del estudio, Marco conceptual, Definición de términos, Hipótesis general y específica, Variables, Definición conceptual de la variable, definición operacional de la variable, operacionalización de variables.

**En el capítulo III, METODOLOGIA,** comprende: Método de investigación, Tipo de investigación, Nivel de investigación, Diseño de investigación, Población y muestra, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Procesamiento de la información, Técnicas y análisis de datos.

**En el capítulo IV, RESULTADOS,** Luego de obtenidos los resultados de los ensayos se clasificó según la norma E 070 y en otros casos con la Norma ITINTEC 331.018.

**En el capítulo V, DISCUSIÓN DE RESULTADOS,** Se hizo el análisis y discusión de resultados en el cual se explica y discute los resultados obtenidos en la investigación siguiendo una secuencia de acuerdo a los objetivos planteados.

Finalmente se presentaron las conclusiones del trabajo y las recomendaciones al proceso de fabricación y al control de calidad de los ladrillos crudos producidas con unidades de arcilla – sílice fabricadas artesanalmente, como unidades de albañilería para la mejora de las propiedades mecánicas. Así como las referencias bibliográficas.

Se adjuntan como anexos, matriz de consistencia, los resultados efectuados en el Laboratorio de KLAFFER S.A.C., certificados de calibración de equipos de laboratorio.

**Bach. Julio Cesar Cahuaya Choque**

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Planteamiento del Problema:**

Uno de los materiales más antiguos utilizados en la construcción es la tierra. A través del tiempo, el hombre ha mezclado tierra, arcilla y arena para moldear ladrillos que deja secar al sol y que se conocen en muchos países como ladrillos ecológicos. Alrededor del 30% de la población mundial vive en edificaciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluida la mayor parte de la población rural y al menos el 20% de la población urbana y urbana periférica, vive en viviendas de tierra. (Houben & Guillard, 1994).

La comunidad campesina de Llocllapampa es titular de la concesión "Santa Rosa 94-I" es parte de la Unidad Ejecutora Administrativa Santa Rosa 2000, la cual ha sido desarrollada y administrada por la misma comunidad por más de 100 años y actualmente produce 260 toneladas de sílice por día. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014).

Los ecoladrillos también conocidos como Bloques de Tierra Comprimida (BTC) son materiales de construcción que no requieren cocción, solo requieren tiempo de secado y curado, por lo que el proceso de elaboración de estos ladrillos es diferente al de los ladrillos tradicionales. (Carrasco Díaz & Tinoco Orihuela, 2018).

La historia del bloque de tierra compactada comienza realmente en 1952 en Colombia, donde el famoso compresor manual conocido hasta la fecha como CINVA-RAM, luego de buscar materiales de construcción baratos, fue bautizado en honor al Centro Interamericano de Vivienda (CINVA) donde el proyecto se desarrolló en honor al apellido del ingeniero mecánico responsable del programa de estudios, ingeniero Raúl Ramírez. Hasta ahora, debido a las múltiples ventajas que aportan los ladrillos de tierra compactada, actualmente es una de las tendencias de construcción verde más importantes del mundo. (Meza Lopez , 2018).

Actualmente estamos siendo testigos de que el clima en el Perú está altamente desequilibrado, debido al efecto de calentamiento global causado por la mano del hombre por ejemplo, en la quema de gasolina, petróleo, carbón y madera en la producción de ladrillos cocidos. Este estudio propone un bloque de construcción ecológico que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero mientras preserva el medio ambiente y ayuda a restaurar el medio ambiente. (Carrasco Díaz & Tinoco Orihuela, 2018).

En el proceso de producción de ladrillos crudos de arcilla y arena sílice en la construcción, se elimina la etapa de quemado, evitando así la compra de horno y combustible, reduciendo así el costo de producción y precio de compra de los ladrillos, en beneficio de las personas.

En la actualidad presentamos una propuesta de investigación del uso de ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice y la mejora de propiedades mecánicas de la albañilería como material de construcción para el Distrito de Huancayo.

Esta mezcla de materiales se puede realizar, pero requiere de un procedimiento adecuado, ya que es indispensable para su elaboración y está al alcance de toda la población. Con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad de los ladrillos crudos de arcilla y



arena de sílice en la albañilería, se desarrolló la presente investigación como aporte constructivo para el Distrito de Huancayo.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿Haciendo uso de la arcilla y arena de sílice, cómo mejora las propiedades mecánicas de albañilería en los ladrillos crudos del Distrito de Huancayo Junín?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?
- ¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?
- ¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social**

Según el informe 2016 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, existe un déficit habitacional de más de 1.800.000, entre las familias que no cuentan con techo propio o viven en viviendas precarias en nuestro país, en la Región Junín, Huancayo es la provincia con el mayor déficit habitacional del 28 %, según lo informado por mi Fondo de Vivienda del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (Meza Lopez , 2018)

La presente investigación justifica la elaboración de unidades de ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice y la mejora de propiedades mecánicas de la albañilería en el Distrito de Huancayo y además ofrece y propone una alternativa de construcción sostenible al alcance de toda la población.

### **1.3.2. Teórica**

El invento de la unidad de albañilería formada de una masa de barro y secada al sol, para sustituir a la piedra natural, debió ocurrir en lugares donde ésta última no podía encontrarse. El vestigio más antiguo conocido de una unidad de albañilería se encontró realizando excavaciones arqueológicas en el Medio Oriente, en el nivel correspondiente al neolítico temprano. La unidad es una pieza de barro de la forma de un gran pan, formada a mano y secada al sol; su peso es de unos quince kilogramos y en ella aún se notan las huellas de los dedos del hombre neolítico que la elaboró. Las unidades de barro formadas a mano, se han encontrado en formas diversas y no siempre muy lógicas. La forma cónica se repite y está presente en lugares distantes sin conexión directa y en momentos de desarrollo semejantes; las unidades cónicas se encuentran en muros construidos, por ejemplo: en Mesopotamia, con una antigüedad de 7,000 años y en la costa Norte del Perú, en Huaca Prieta, en el valle del río Chicama, con una antigüedad de 5,000 años. (Gallegos, 1989). De acuerdo a la historia en referencia el hombre ha ido buscando técnicas y procedimientos constructivos para mejorar sus condiciones de vida. En la presente investigación se pretende complementar estas teorías adicionando la arcilla y arena de sílice para mejorar estas unidades en las propiedades mecánicas de la albañilería en el Distrito de Huancayo.

### **1.3.3. Metodológica**

Se realizará mediante ensayos para poder obtener la resistencia a la compresión en unidades, resistencia axial en pilas, erosión por caída de agua, variación dimensional y alabeo del ladrillo crudo en la albañilería mediante la elaboración de unidades, pilas para verificar las propiedades mecánicas usando la arcilla y arena de sílice en el Distrito de Huancayo.

### **Se Realizarán los Sigüientes Ensayos:**

#### **Ensayo de resistencia a la compresión de la unidad (f' b):**

El ensayo de resistencia a la compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma ITINTEC 331.018 y 331.019. Donde se recomienda ensayar 5 especímenes por cada lote por tanto, se ensayó una muestra patrón de control con un total de 4 especímenes (1 de cada dosificación), para de acuerdo a su comportamiento físicos, geométricos y mecánicos determinar al mejor para su elaboración final de los ladrillos crudos de arcilla-sílice.

#### **Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas (f' m):**

Las pilas o prismas de albañilería son ladrillos enteros asentadas una sobre otra mediante mortero. La altura de las pilas o prismas es en razón de la esbeltez. Estas pilas cumplen una determinada edad para finalmente ser ensayadas a compresión axial, estas determinan el control de calidad de la albañilería y para definir el diseño estructural de la construcción de un muro portante o no portante de albañilería confinada.

$$f'm = C \frac{P_{max}}{Area}$$

Donde:

f' m = Resistencia a la compresión axial en pilas

C = Coeficiente de corrección por esbeltez

Pmax = Carga máxima

#### **Ensayo de erosión por caída de Agua:**

(Cid Falceto, 2012), menciona, que en todas las normas estudiadas son dos los procedimientos que se utilizan para la realización de este tipo de ensayo. Por un lado, el procedimiento del método Geelong de erosión o ensayo Yttrup, norma internacional SAZS 724 (Zimbabue) y por otro, el procedimiento del método SAET (Swinburne accelerated

Erosión Test), propuesto por la norma española UNE 41410 para bloques de tierra comprimida. (Cid Falceto, 2012)

**Método Geelong:**

La característica del Método Geelong es dejar caer agua por goteo. Se deja caer agua a través de una mecha de weltex u otro de 16 mm de ancho colocada unos 6 cm (60mm) por debajo del nivel inicial del agua, desde una altura de 40 cm hacia una muestra inclinada 27° respecto de la horizontal. Se controla un volumen de 100ml de agua mediante la probeta graduada y luego se mide la profundidad de erosión del hoyo que se forma con una varilla de 3 mm de diámetro.

**Método SAET:**

La característica del método SAET es dejar caer agua por escorrentía. Se deja caer una corriente de agua a través de un tubo de 5 mm de diámetro, por un período de 10 minutos, desde un depósito cuyo nivel se mantiene constante a 150 cm (1500 mm) de altura respecto a la muestra, que se encuentra inclinado 27°. Se mide la profundidad de erosión del hoyo formado con una varilla de 3mm de diámetro y se calcula la pérdida de peso por escorrentía.

**1.4. Delimitación de la investigación**

**1.4.1. Delimitación espacial**

La investigación se delimita espacialmente en la Región Junín Distrito de Huancayo. La fabricación de ladrillos crudos de arcilla – sílice para la presente investigación se llevó a cabo en los ambientes del Distrito de Huancayo – San Carlos, Provincia de Huancayo y con materia prima extraída de las canteras de Palian y LLocllapampa, ubicadas en el Departamento de Junín, Perú.

**1.4.2. Delimitación temporal**

El trabajo se realizará según los análisis y la proyección de los establecidos en el periodo 2021.

### 1.4.3. Delimitación económica

Los gastos que se realizaron en su totalidad en el presente trabajo de investigación fueron asumidos por el tesista.

La investigación se realizó mediante búsqueda por variables.

**Tabla 1. Variables de investigación**

<b>DEPENDIENTE</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>
Propiedades mecánicas de la albañilería.	Arcilla Arena de sílice.

Fuente: Elaboración Propia

### 1.5. Limitaciones

No hubo limitaciones en la presente investigación de tesis.

### 1.6. Objetivos de la investigación

#### 1.6.1. Objetivo General

- Comprobar la mejora en la elaboración de ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice de la albañilería para verificar las propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo.

#### 1.6.2. Objetivos Específicos

- Verificar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.
- Analizar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.
- Evaluar el uso de la arcilla y arena de sílice en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes del Estudio de Investigación**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

(Caiza Yungán, 2017), en el trabajo experimental “Estudio Comparativo de la Resistencia a Compresión entre el Hormigón ( $F'_{C} = 240 \text{ Kg/Cm}^2$ ), Hormigón con Adición de Microsílice y Hormigón con Adición de Ceniza de Cáscara de Trigo Utilizando Agregados Pertenecientes a la Planta de Trituración “Jaime Vaca” del Cantón Tena de la Provincia del Napo”. La investigación llego a los siguientes aspectos:

“El presente trabajo experimental comienza con el análisis de las propiedades físico mecánicas del agregado fino y grueso obtenido de la planta de trituración Jaime Vaca ubicada en el sector Canoa Yacu del cantón Tena de la Provincia del Napo, en donde se obtuvo resultados aceptables para la mezcla del hormigón. Luego se buscan dos puzolanas artificiales para sustituir parcialmente al cemento y elaborar hormigón; para lo cual se utilizó la ceniza de cáscara de trigo con un contenido de sílice entre el 70% y 80% que es un residuo de la

industria agrícola y el microsílíce con un contenido de sílice superior al 95% que es un residuo industrial procesado. Durante la investigación se realizaron sustituciones parciales del cemento con diferentes dosificaciones, es decir, se sustituyó el 20%, 24%, 28% con ceniza de cáscara de trigo y el 7%, 11%, 15% con microsílíce, realizando probetas de hormigón con las diferentes dosificaciones y se las ensayaron a los 7, 14 y 28 días de curado. Finalmente se concluye que la sustitución parcial del cemento con el 20% de la ceniza de cáscara de trigo presentó mejores resultados que con el 24% y 28%, dando una resistencia de 212,11 kg/cm<sup>2</sup> ensayada a los 28 días de curado. La sustitución parcial del cemento con el 7%, 11% y 15% de microsílíce presentó buenos resultados sobrepasando en un 80% la resistencia establecida de 240 kg/cm<sup>2</sup>.”

(Zhunaula Saca, 2016), en la tesis titulada “Caracterización Físico-Química de las Arenas Silíceas con fines de Industrialización, Ubicadas en el Sector San Roque, Parroquia Pachicutza, Cantón el Pangui, Provincia de Zamora Chinchipe”. La investigación llegó a los siguientes aspectos:

“La presente investigación denominada Caracterización físico-química de las arenas silíceas con fines de industrialización, ubicadas en el sector San Roque, Parroquia Pachicutza, Cantón El Pangui, Provincia de Zamora Chinchipe. se ha desarrollado tomando en cuenta la objetividad y seriedad del proyecto, iniciando con una revisión literaria que sustente el estudio, considerando para ello temas como geología, petrografía, análisis de laboratorio y los métodos de muestreo. La metodología utilizada para alcanzar los objetivos planteados se ha realizado en las siguientes fases: gabinete, campo y laboratorio. La fase de gabinete se inicia con la recolección de la información partiendo con cartas topográficas y geológicas, base de datos del GAD Pachicutza, Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Pachicutza entre otros, contando con toda esta información se realiza la interpretación y se prepara todos los materiales necesarios como mapas y fichas de descripción para afloramientos y calicatas. En el campo se realizó recorridos por las vías, ríos y

quebradas describiendo el relieve, los principales afloramientos y donde no existen estos se realizó y describió dos calicatas para poder confirmar que la zona de estudio está emplazada sobre una sola formación geológica, contando con esta información luego pasamos a la fase de gabinete e interpretamos los datos adquiridos en el campo teniendo como resultado que el sector San Roque presenta una topografía irregular con altitudes que oscilan entre los 880 y 1160 m.s.n.m, la geología regional indica que la zona de estudio se encuentra sobre la Formación Hollín (100-300 m.a.) y Tena (200-700 m.a) de edad Cretácica, y la Chapitza de edad jurásica. También en el sur este del área se encuentran depósitos aluviales del Holoceno y finalmente en las periferias del área se encuentra las granodioritas del gran batolito de Zamora. Localmente el área de estudio está constituida por la Formación Hollín (100-300 m.a.) compuesto de rocas silíceas, areniscas cuarzosas blancas, lutitas negras, calizas órgano genéticas y la Formación Napo (350-800 m.a.) compuesta por lutitas negras, areniscas calcáreas y calizas fosilíferas que se encuentran en una sucesión de depósitos sedimentarios de origen marino continental Para la determinación de las características físicas y químicas, se realizó el muestreo en los cuatro últimos afloramientos utilizando el método de muestreo canal-chip, luego estas muestras fueron llevadas a los siguientes laboratorios: Laboratorio de Química y Geoquímica y Laboratorio de Mineralogía y Petrografía de la Universidad Nacional de Loja y Laboratorio de Metalurgia Extractiva de la Universidad Técnica Particular de Loja.”

“La composición química de la muestra de roca se obtiene mediante una previa preparación de la muestra y luego por Fluorescencia de Rayos X utilizando el método Mining Light Elements con la ayuda del equipo Pistola Bruker Turbo S1 en el Laboratorio de Metalurgia Extractiva de la UTP, donde se obtuvo que la MI= 81.6%, MII= 91.00%, MIII= 83.6% y MIV= 96.3% de óxido de silíceo. Finalmente con todos los datos adquiridos se asigna su uso de acuerdo al contenido de sílice concluyendo que las arenas de San Roque se las



puede utilizar para la industria de la construcción, filtro de agua, vidrio ámbar y vidrio para placas roladas y pulidas.”

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

(Guadalupe Huamán, 2019), en la tesis titulada “Diseño de Ladrillo Artesanal con Vidrio Triturado y Puzolana para Mejorar sus Propiedades Físico – Mecánicas”. La investigación llegó a los siguientes aspectos:

“En la presente tesis se formuló como problema general ¿En qué medida mejora las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal cuando se incorpora vidrio triturado y puzolana?; se presentó el objetivo general: Determinar en qué medida mejora las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal al incorporar vidrio triturado y puzolana; y se planteó como hipótesis general: La incorporación de vidrio triturado y puzolana mejora considerablemente las propiedades físicas y mecánicas del diseño del ladrillo artesanal. El tipo de investigación fue aplicada – tecnológica, así mismo el nivel de investigación fue el explicativo – experimental y el diseño de investigación fue el experimental en su forma cuasi - experimental con post prueba conformada por un grupo de control y tres grupos experimentales, La población estuvo conformada por 105 unidades por cada tipo de ladrillo, haciendo un total de 420 unidades. El tamaño de la muestra fue igual al número de la población. Se llegó a la conclusión de que, al incorporar vidrio triturado y puzolana, hubo una mejora considerable en cuanto a sus propiedades físico - mecánicas: como resultados el ladrillo mixto obtuvo un  $f'b$  de: 92.11 kg/cm<sup>2</sup> y  $f'm$  de 44.08 kg/cm<sup>2</sup>, el ladrillo con vidrio triturado obtuvo un  $v'm$  de 5.92 kg/cm<sup>2</sup>, esto a diferencia del ladrillo traído de Saños que está por debajo del mínimo especificado en la norma.”

(Meza Lopez , 2018), en la tesis titulada “Evaluación de Ensayos de Erosión Acelerada Aplicados a Ladrillos de Tierra Comprimida, para la Construcción de Muros Perimétricos en Huancayo”. La investigación llegó a los siguientes aspectos:

“El objetivo principal de la presente investigación es evaluar los resultados de 3 ensayos de erosión acelerada, aplicados a ladrillos de tierra comprimida estabilizados con menos de 20% de cemento, para asegurar la durabilidad de muros de albañilería a construirse con este tipo de ladrillos en la ciudad de Huancayo. La primera parte fue comparar los resultados del ensayo de absorción con los criterios de evaluación de las normas internacionales IS 1725 y SLS 1382 y la norma peruana NTP 399.613 encontrándose que las unidades ensayadas se consideran como “no aceptables”, porque sobrepasan el % máximo permisible.”

“Luego, respecto al análisis del ensayo de erosión por caída de agua, por los métodos Geelong y SAET, se observó que estos ensayos que no producen erosión observable en ladrillos de tierra comprimida y se concluyó que son ensayos con los cuales no se podrá garantizar la durabilidad ladrillos de tierra comprimida estabilizados. Finalmente, respecto a la interpretación de los indicadores de erosionabilidad al ensayo de erosión por pulverizado de agua a presión, se concluye que los ladrillos estabilizados con 20,15 y 11% de cemento, se consideran “aptos” para exposición severas, mientras que los LTC estabilizados con 7% de cemento solo deben de usarse en exposiciones leves o moderadas. La investigación concluye en que, entre los 3 tipos de ensayos evaluados, solo el ensayo de absorción y el ensayo de pulverizado de agua son los más indicados para garantizar la durabilidad de muros perimétricos a construirse con ladrillos de tierra comprimida.”

(Carrasco Diaz & Tinoco Orihuela, 2018), en la tesis titulada “Elaboración de Ladrillos Ecológicos a partir de Arena de Sílice y Arcillas Mixtas Procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya –Yauli – Junín”. La investigación llego a los siguientes aspectos:

“La presente tesis modela la elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Todo ello con el fin de darle uso y ganancia a la arena de sílice impura con arcillas

mixtas encontradas en la cantera no metálica “Leonardito”, se elabora ladrillos ecológicos que pretende el desarrollo de una ingeniería sostenible al alcance de todos, eliminando el quemado o cocción en hornos para ladrillos con el fin de mitigar la contaminación ambiental, reduciendo los niveles de gases de efecto invernadero como el dióxido y monóxido de carbono. Para darle mejores cualidades y propiedades a los ladrillos ecológicos, se busca la forma de optimizar previamente las materias primas en base a una revisión rigurosa y apasionante de la bibliografía que se puede encontrar en los libros, internet, revistas, videos, etc. Se toma fundamentos acerca de la mineralogía de la sílice y arcillas, tecnología de conglomerantes y aglutinantes, procesos de albañilería como la fabricación de ladrillos cocidos y procedimientos en base a normas peruanas e internacionales de control de calidad, encontrándose ensayos de durabilidad y resistencia, para acreditar la factibilidad del ladrillo ecológico a alcanza y proponer como nuevo material sostenible. Finalmente se concluye en la parte experimental, se ensaya con 27 ladrillos estabilizados de 10, 15 y 20% con conglomerantes que brindan durabilidad y resistencia al ladrillo ecológico, cada ensayo acreditado por el representante legal de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C.”

( Peña Becerra , 2018), en la tesis titulada “Evaluación de las Propiedades Mecánicas del Ladrillo Ecológico Prensado Manualmente de Arcilla y Arcilla/Plástico en Albañilería Confinada, Chiclayo, Lambayeque 2018”. La investigación llego a los siguientes aspectos:

“Para la presente investigación se propone la elaboración de dos nuevas unidades de albañilería, a las cual se les denominó ladrillo ecológico, el cual fue inspirado en el ladrillo artesanal, con la finalidad que sustituya al ladrillo convencional cocido. Para ello se emplea arcilla como componente principal, la arena, el cemento y el plástico reciclado y triturado en las unidades seleccionadas para la fabricación de

ladrillos. Para la realización de las combinaciones con las que se elaboraron los ladrillos ecológicos de arcilla y arcilla/plástico, se varió las proporciones de los materiales; el material menos común viene siendo el plástico triturado producto del reciclaje como componente. La adición de este último componente residual supone la reducción de un gran impacto medio ambiental ya que los desechos plásticos procedentes de la recolección generada por la contaminación en la ciudad de Chiclayo. Finalmente se concluye que el ladrillo ecológico prensado de arcilla y arcilla/plástico además de una buena apariencia responden a criterios ecológicos y sostenibles ya que requiere un bajo nivel de energía para su fabricación y reducen la emisión de gases tóxicos a la atmósfera, al ser ladrillos que no requieren de cocción.”

(Echeverría Garro, 2017), en la tesis titulada “Ladrillos de Concreto con Plástico PET Reciclado”. La investigación llegó a los siguientes aspectos:

“Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físico mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinaron las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV. Posteriormente se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, los valores característicos determinados son  $f'_b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_b = 118.80$  y  $f'_b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 2.95%, 6.86%, 4.54% y 6.41% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se determinó la resistencia a compresión axial característica en pilas, cuyos valores son  $f'_m = 128.55 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 100.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_m = 79.79 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_m = 76.75 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de

9.24%, 11.49%, 11.68% y 8.63% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. La resistencia a corte característica en muretes es  $V'm = 16.47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $V'm = 12.83 \text{ kg/cm}^2$ ,  $V'm = 13.17 \text{ kg/cm}^2$  y  $V'm = 9.96 \text{ kg/cm}^2$  con coeficientes de variación de 15.42%, 9.27%, 10.33% y 10.36% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de  $51.5 \text{ kg/cm}^2$  o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.”

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL:**

### **2.2.1. ARCILLA:**

#### **2.2.1.1. DEFINICIÓN DE LA ARCILLA:**

La arcilla es un producto natural, originado de la erosión y oxidación de las rocas sedimentarias, es un material heterogéneo compuesto principalmente por aluminosilicatos hidratados resultantes de la descomposición de los feldspatos como el granito y rocas silíceas durante millones de años, por acción del agua, sedimentación, cambios químicos y de temperatura, entre otros. Besoain (1985)

#### **2.2.1.2. COMPOSICION DE LA ARCILLA:**

**Composición mineralógica de las arcillas:** Como componente principal tenemos al cuarzo material no plástico, este compuesto es imprescindible al momento de fundirse en el horno tomando un papel importante en proceso de transformación; y los compuestos como el caolín y la arcilla clasificados como plásticos. Los minerales compuestos en las arcillas son las siguientes:

**Tabla 2. Arcillas comunes para Ladrillos**

Caolinita	0 - 15%
Sericita + Illita	10 - 20%
Esmectita	0 - 5%
Clorita	0 - 5 %
Cuarzo	30 - 55 %
Feldespato	0 - 13%
Calcita	0 - 10%
Dolomita + Ankerita	< 1 %
Goethita	<1 %
Hematita	<1 %
Siderita	<1 %
Pirita	<1 %
Yeso	<1 %
Hornblenda	<1 %
Resto, amorfo bajo rayos X	1 - 10%

FUENTE: (Caracterización de las arcillas en el Perú, 2006)

**Composición química de las arcillas:** El compuesto principal es la sílice ( $\text{SiO}_2$ ), ya que depende de su cantidad para clasificar a sus minerales; Rhodes (1990) menciona que: Es por eso que la composición química de la corteza terrestre y la de la mayoría de las arcillas los contenidos de sílice y de alúmina son los más altos dentro de la composición de los minerales.

**Tabla 3. Composición química para ladrillos**

$\text{Si O}_2$	49.20 - 68.00%
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	10.20 - 19.40%
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	2.7 - 8.0%
MgO	0.5 - 2.9%
CaO	0.3 - 9.4 %
$\text{Na}_2 \text{O}$	0.3 - 1.2 %
$\text{K}_2 \text{O}$	1.3 - 4.9 %
$\text{Ti O}_2$	0.3 - 1.7 %
$\text{CaCO}_3$	0.0 - 18.0 %
Mat. Orgánico	0.04 - 0.56%
Azufre total	0.08 - 0.16 %
PPR	5.8 - 9.9 %

FUENTE: (Caracterización de las arcillas en el Perú, 2006)

#### **Características Físicas de la Arcilla:**

- Las arcillas están formadas por cristales muy pequeños.

- Tienen capacidad de intercambiar iones.
- Son capaces de variar su composición química interna.
- Pueden alojar moléculas en el espacio inter laminar.
- La superficie de las láminas presenta una actividad química considerable.
- Los cambios físicos de la estructura laminar, por ejemplo, el hinchamiento, son reversibles.

**Propiedades de la arcilla:** Con el fin de comprender mejor el comportamiento de la arcilla utilizada para formar la mezcla de ladrillos, a continuación, se definen algunas de las propiedades más importantes de la arcilla:

**Plasticidad:** Es plástico porque adquiere cualquier forma que se le de esta se cuantifica a través de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad). La relación que existe entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla al respecto.

Del Rio (1975, p. 175) refiere que: “Se encuentran plasticidades diferentes en las arcillas, la estructura interior no es la misma en todas las tierras y además, los cuerpos extraños mezclados con la materia arcillosa modifican la plasticidad según su estado físico y su composición”

**Contracción:** Se contrae al producirse una disminución en las dimensiones del ladrillo moldeado, este pierde humedad al secarse y por ende se reduce de tamaño. Existen dos tipos de contracciones que se lleva a cabo:

- Contracción por aire, que tiene lugar después que se ha formado la unidad, pero antes de que sea secada al horno.
- Contracción por fuego, que se produce durante el proceso de quemado.
- Al respecto Schneider (1980) y Dickey (1980), mencionan que: “Cualquiera de estos tipos de contracciones, si es excesivo,

puede causar grietas y deformaciones en la unidad de albañilería”.

**Refractariedad:** Propiedad de las arcillas, que se refiere a la resistencia a los aumentos de temperatura. Todas las arcillas tienen esta propiedad, pero algunas presentan un mayor grado de refractariedad. La variación en el grado de refractariedad de una arcilla a otra se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Si la arcilla cuenta con un porcentaje alto de estos compuestos esta propiedad será mayor.

**Porosidad:** La porosidad depende en gran medida del tamaño del grano que tenga la arcilla, si esta es de tamaño grande la porosidad será mayor que el de tamaño de arcilla pequeño, estas últimas quedan más unidas unas con otras y a su vez evitan que se acumulen agua entre ellas.

**Color:** Según Ríos (1975, p.52) dice que: “Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero en general, son más o menos grises, a veces azules o negras, y frecuentemente, amarillas, rojas o pardas”. Los diversos matices dependen de su contenido químico, pero en este caso no lo determina el contenido de sílice y alúmina, sino que los causantes de la coloración lo determinan las impurezas de origen tanto mineral como orgánico, principalmente: óxido de hierro, óxido de cobalto, óxido de cobre, pentóxido de vanadio, cobalto y el óxido de manganeso.

#### **Arcillas para la fabricación de ladrillos:**

Gallegos (2005) menciona que: Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte, en este caso para la elaboración de ladrillos.

Es por ello que las arcillas comunes son las más adecuadas para la fabricación de ladrillos, ya que consiste en una combinación de diferentes minerales arcillosos estas son la illita y esmectita, así como



otras más. Las arcillas comunes se usan especialmente para la fabricación de ladrillos, estas son usadas como material de construcción.

- Puesto que las arcillas comunes tienen compuestos hierro, cal y alcálisis estas se pueden fundir a altas temperaturas que van desde 950°C a 1,200°C.
- Las arcillas comunes poseen granos muy irregulares, estas van desde partículas <0.002 mm. Mayoritariamente minerales de arcilla, vía las fracciones limosas (0.002 - 0.06 mm) y arenosas (0.06 - 2.0 mm).
- Puesto que la arcilla común contiene hierro, los colores con los que van son carbonatos y amarillentos a marrones.
- Las arcillas comunes son bajas en cuanto a su plasticidad difiriéndose de las arcillas caoliníticas, esmectitas y otras.

### **2.2.1.3. Clasificación de las arcillas:**

#### **A. Grupo Caolín:**

Es un material rocoso compuesto mayormente por caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), también conocido como arcilla blanca, es utilizado en la industria de la cerámica blanca. Entre la mineralogía de las arcillas del grupo del caolín tenemos: caolinita, dickita, nacrita, anauxita, halloysita y endelita.

#### **B. Grupo Montmorillonita:**

Es un mineral de arcilla esméctita, formado por la descomposición de rocas producto de los agentes atmosféricos, procesos hidrotermales a bajas temperaturas, acción de aguas circulantes a largo de fracturas y vetas, alteración de cenizas volcánicas en capas superficiales de feldespato, además se caracterizan por aumentar su volumen en contacto con el agua gracias a los altos porcentajes de sodio que posee. La bentonita es la arcilla más representativa en éste grupo, que se usa mayormente en la fabricación de moldes para fundición.

Entre la mineralogía de las arcillas del grupo montmorillonita tenemos: bentonita, nontronita, saponita, beidelita y hectorita.

### **C. Grupo Illita:**

Es un material de la alteración de la moscovita y el feldespato por meteorización hídrica y térmica, se presenta en forma de hojuelas y tienen potasio similar a la mica moscovita, son menos expansivos comparados con el grupo caolín y montmorillonita.

Entre la mineralogía de las arcillas del grupo illita tenemos: illita y hidrómicas.

### **D. Grupo Attapulgita y Sepiolita:**

Son arcillas con estructura catenaria, formado por el aluminio-silicato de magnesio, se forma por la meteorización de la clorita y la biotita, se diferencia de los demás por ser de estructura reticular en forma de cadena o agujas.

Entre la mineralogía de las arcillas del grupo attapulgita y sepiolita tenemos: vermiculita y attapulgita.

## **2.2.2. ARENA DE SILICE:**

### **2.2.2.1. DEFINICIÓN DE LA ARENA DE SILICE:**

La arena de sílice o de cuarzo está compuesta por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en más de un 98% y pequeñas cantidades de otros minerales oxidados como de: aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), calcio ( $\text{CaO}$ ), magnesio ( $\text{MgO}$ ), etc.

Se halla en abundancia en la corteza terrestre silicatada, la litósfera, que se encuentra en la capa externa de la tierra constituyendo el 29% de la superficie del planeta. Sus propiedades físicas son: alto punto de fusión ( $1,710^\circ\text{C}$ ), densidad ( $2.65 \text{ g/cm}^3$ ), dureza (6-7 escala Mohs), piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia; como propiedades químicas presenta: alta resistencia química y baja solubilidad en agua ( $0.00012$ ).



**Figura 1. Arena de sílice posa de sedimentación**

**Fuente: Imagen Propia**

#### **2.2.2.2. USOS Y APLICACIONES:**

La arena de sílice o cuarzo se emplea en diferentes campos de la industria, como por ejemplo en: ladrillos refractarios, vidrios, fundiciones, construcción, productos químicos, cerámicas y otros, por ser un elemento versátil que se presenta en forma nativa en la corteza terrestre, es por ello que la obtención y concentración no requiere de un proceso metalúrgico complejo. La arena tiene que cumplir ciertas especificaciones de granulometría, características físicas y químicas que demanda el sector manufacturero para su empleo. Teniendo en cuenta lo anterior de algunos de los usos específicos.

#### **2.2.2.3. GEOLOGÍA LOCAL:**

El yacimiento forma un espacio geográfico de mantos estratiformes, cuya base se halla hacia el lado oeste a una altura de 3365 m.s.n.m. y el vértice en el flanco derecho del río Mantaro con variaciones hasta los 4200 m.s.n.m. Las estructuras físicas obedecen a los vértices del conglomerado de las estribaciones de la Cordillera Central que constituye una topografía accidentada, en donde se observa

estratificaciones acumuladas de rocas calcáreas, bancos de arena de sílice, conglomerados de cantos rodados. Por la irregularidad del relieve se aprecian pequeñas planicies tanto en las partes altas, bajas y quebradas. Los recursos minerales de rendimiento económico fueron originados por deposición de arenas de origen marino y posteriormente de afloramientos morfológicamente en mantos potentes originados por las fuerzas tectónicas, estos minerales son los siguientes: sílice, carbonatos y mármol.

### **2.2.3. LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA Y ARENA DE SILICE:**

De la presente investigación se elaboró unidades de albañilería de ladrillos crudos de arcilla-sílice con 50% de arcilla y 50% de arena de sílice, que es una alternativa de unidades de albañilería por mejorar sus características físico mecánicas y de durabilidad que no necesita de cocción, máquina para la fabricación de ladrillos, tampoco necesita estabilizante y está al alcance de toda la población.

Este tipo de ladrillos poseen menor peso, menor costo y tolera diferentes agentes naturales y altas presiones, así como conserva el calor por sus propiedades plásticas. (Parnisaria, 2014).

### **2.2.4. TIPOS DE LADRILLOS ECOLOGICOS:**

Estos son los principales tipos de ecoladrillos o ladrillos ecológicos y sus características:

**El ladrillo de ceniza de carbón:** fue investigado y desarrollado por Henry Liu en 1998, aprovecha las cenizas generadas por las centrales térmicas de carbón y al mismo tiempo utiliza su alto poder calorífico y temperatura para su fabricación.

**Los ladrillos negros:** está actualmente en desarrollo preliminar, propuesto por un equipo del MIT liderado por Michael Laracy y Thomas Poinot, proponen elaborarlos con los residuos que produce la industria del papel en la India. La meta a alcanzar con esta investigación es de proponer una alternativa de construcción con estos ladrillos, reemplazando a los rojos tradicionales para que aquel país no siga

acabando con sus recursos naturales, al tiempo que pueden dar beneficio a estos desechos.

**Los ladrillos de cáñamo y paja o de cáscara de cacahuete:** Son ladrillos ecológicos muy resistentes con características aislantes, que nos permiten ahorrar en el consumo de la calefacción y de medios ventilantes como el aire acondicionado, al mismo tiempo cuidando el planeta.

**El ladrillo irregular:** es una unidad ecológica de albañilería que está fabricado con arcilla, posee capacidad aislante. Son ladrillos con formas geométricas, así como un rectángulo o triángulo dependiendo del uso que se va dar, sirve para ventilar el calor y así mantener la casa fresca. Además, se consigue aislamiento acústico y la fachada puede estar en su forma original por la estética que presenta estos ladrillos.

**Los ladrillos de tierra o arena comprimida:** su uso resulta caro y son frágiles comparado con los ladrillos tradicionales, pero ofrecen un aislamiento muy superior. Es por ello, que se necesitará realizar un aislamiento posterior que aumenta el gasto en la construcción con estos ladrillos.

**Ecoladrillos confeccionados con residuos domésticos:** son ladrillos de plástico reciclado, utilizado para construcciones pequeñas como muros o casas unitarias. Utilizamos envases de plástico como botellas para llenarlas con arena o materiales no orgánicos como, cartón, papel, etc. El fin es de rellenarlas con materiales que aporten resistencia a las botellas. Seguido, las ordenamos en moldes de ladrillos en el que vaciaremos cemento para rellenar los huecos. Así, cuando se sequen conseguiremos ladrillos de buen tamaño para utilizarlos en la construcción.

## 2.2.5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA:

Se denomina ladrillo a la unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. (E.070, 2006).

Las unidades de albañilería a las que se refiere esta norma son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. (E.070, 2006).

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. (E.070, 2006).

### CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES:

Para efectos de diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales**

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.**

Las cinco clases de ladrillos de la tabla anterior son descritas por San Bartolomé (1994), de la siguiente manera:

**Tipo I:** Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy baja; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencias mínimas

(viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

**Tipo II:** En esta categoría clasifican los ladrillos de baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse bajo condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con la lluvia, suelo o agua).

**Tipo III:** Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad, aptos para emplearse en construcciones expuestas bajo condiciones de intemperismo.

**Tipo IV:** Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser utilizados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

**Tipo V:** Tienen una resistencia y durabilidad elevada; son aptos para emplearse en condiciones de servicio muy rigurosas, pueden estar sujetos a condiciones de intemperismo similares al Tipo IV.

### LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN:

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería**

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal*	No	Si, hasta 2 pisos	Si
Sólido Industrial	Si	Si	Si
Alveolar	Si Celdas totalmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout	Si Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Si, hasta dos pisos

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

**Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.**

### **PRUEBAS:**

De acuerdo a lo especificado en la norma de albañilería E.070: 2006, los ladrillos serán sometidos a las siguientes pruebas:

- Muestreo. Será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.
- Resistencia a la Compresión. Se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en la Norma NTP 399.604:2002. La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra y debe ser mayor al límite inferior especificado por dicha Norma.
- Variación Dimensional. Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.604: 2002.
- Alabeo. Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604: 2002. El mayor alabeo del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta, disminución de la adherencia con el mortero y puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad.

### **ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD:**

De acuerdo a lo estipulado en la norma de albañilería E.070: 2006, para la aceptación de la unidad se tendrá en cuenta lo siguiente:"

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente o 40 % para unidades producidas artesanalmente,



se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.

- La absorción de las unidades de arcilla y sílice calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase P, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

#### **MORTERO:**

La norma E 070 refiere que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

La Norma E-070 especifica las proporciones volumétricas de la mezcla, clasificándola con las siglas P para su empleo en muros portantes y NP para los muros no portantes.

**Tabla 6. Proporción para morteros según Norma E-070**

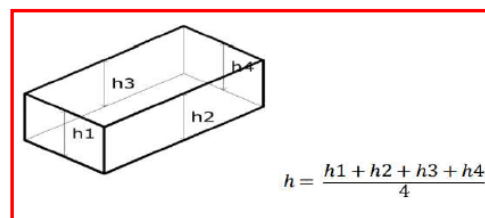
TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

### 2.2.6. PROPIEDADES FISICAS:

#### VARIACION DIMENSIONAL:

Está estrechamente relacionada con la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad. Gallegos y Casabonne (2005) menciona que la: variación dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión. Al respecto San Bartolomé (1994) menciona que: Por cada incremento de 3 mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en 15%; asimismo, disminuye la resistencia al corte.

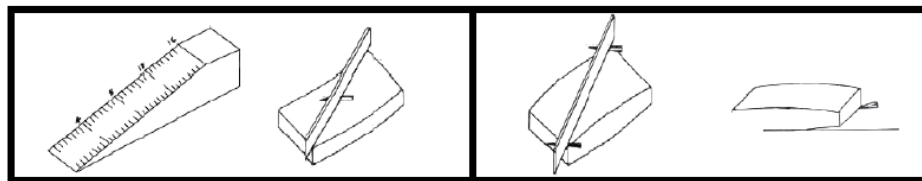


**Figura 2. Altura promedio para variación dimensional**

Fuente: Imagen google

### **ALABEO:**

Estas son medidas en las superficies de asiento tanto sus concavidades como sus convexidades. San Bartolomé (1994) menciona que: El mayor alabeo (concavidad o convexidad) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad.



**Figura 3. Concavidad y convexidad del alabeo**

Fuente: Imagen google

### **ENSAYO DE EROSIÓN POR CAÍDA DE AGUA:**

La durabilidad de los materiales la podemos subdividir en tres tipos: durabilidad física, química y biológica. La primera se debe a un deterioro causado a procesos físicos como agua de lluvia, abrasión; la segunda se debe a un deterioro producido por reacciones químicas. Mientras que la durabilidad biológica se debe a un deterioro causado por una descomposición orgánica. (Cid Falceto, 2012).

(Cid Falceto, 2012), menciona, que en todas las normas estudiadas son dos los procedimientos que se utilizan para la realización de este tipo de ensayo.

Por un lado, el procedimiento del método Geelong de erosión o ensayo Yttrup, norma internacional SAZS 724 (Zimbabue) y por otro, el procedimiento del método SAET (Swinburne accelerated Erosion Test), propuesto por la norma española UNE 41410 para bloques de tierra comprimida. (Cid Falceto, 2012).

### DEL MÉTODO GEELONG:

La característica del Método Geelong es dejar caer agua por goteo. Se deja caer agua a través de una mecha de weltex u otro de 16 mm de ancho colocada unos 6 cm (60mm) por debajo del nivel inicial del agua, desde una altura de 40 cm hacia una muestra inclinada  $27^{\circ}$  respecto de la horizontal. Se controla un volumen de 100 ml de agua mediante la probeta graduada y luego se mide la profundidad de erosión del hoyo que se forma con una varilla de 3 mm de diámetro.

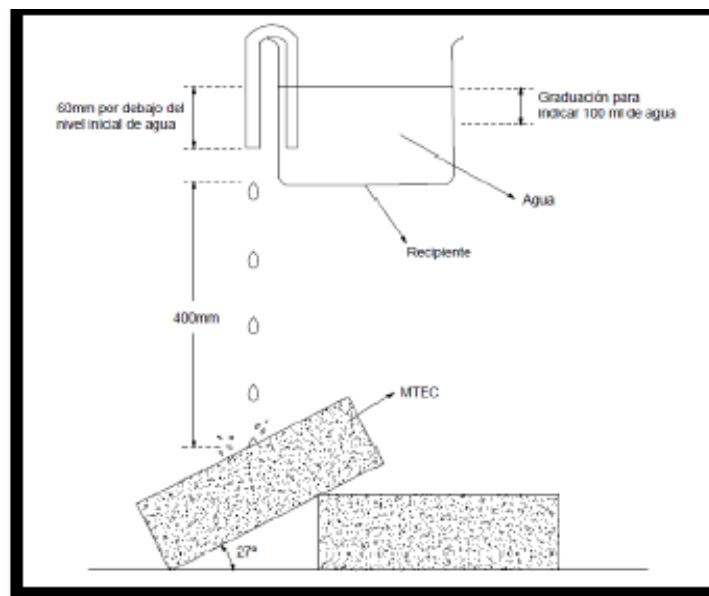


Figura 4. Esquema Método Geelong

(Fuente: Cid Falceto, 2012)

### MÉTODO SAET:

La característica del método SAET es dejar caer agua por escorrentía. Se deja caer una corriente de agua a través de un tubo de 5 mm de diámetro, por un período de 10 minutos, desde un depósito cuyo nivel se mantiene constante a 150 cm (1500 mm) de altura respecto a la muestra, que se encuentra inclinado  $27^{\circ}$ . Se mide la profundidad de erosión del hoyo formado con una varilla de 3mm de diámetro y se calcula la pérdida de peso por escorrentía.

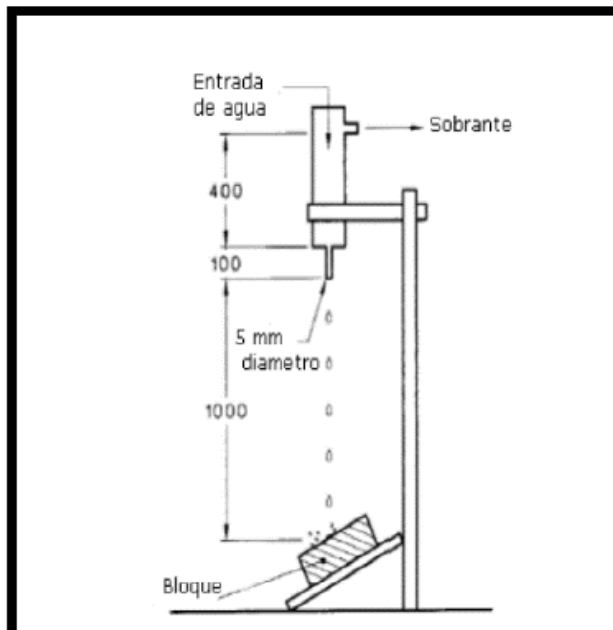


Figura 5. Esquema del ensayo del método SAET

(Fuente: Cid Falceto, 2012)

### 2.2.7. PROPIEDADES MECANICAS:

#### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN UNIDADES:

Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable.

(San Bartolome, 1994), señala que la resistencia a compresión ( $f'b$ ) expresa sólo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones. Esto se debe a que el valor  $f'b$  depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos (acción de confinamiento transversal a la carga aplicada).

$$f'b = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$f'b$ : Resistencia a la compresión del espécimen

Pmax.: Carga máxima

A: Área bruta del espécimen

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS:

Según la norma NTP 399.605:2013, el espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería está estandarizado, y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. La esbeltez y la altura mínima de los prismas de ladrillos la relación alto – ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30cm. El valor  $f'm$  se obtiene contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 7.

Tabla 7. Factores de corrección  $f'm$  por esbeltez

Factores de corrección $f'm$ por esbeltez							
Esbeltez	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5
Factor	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

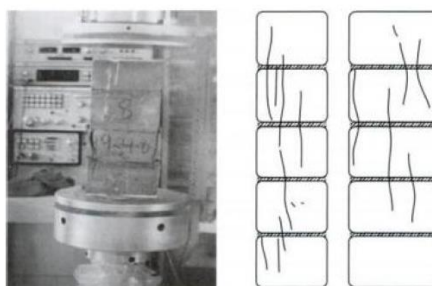


Figura 6. Aspecto de prismas ensayados a rotura por compresión.

Izq. De ladrillos de concreto. Der. Esquema de agrietamiento típico.

Fuente: Tomado de Gallegos y Casabonne, 2005.

### PILAS O PRISMAS Y MURETES DE ALBAÑILERÍA:

La norma E 070 establece que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la

importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Métodos para determinar  $f'_m$  y  $v'_m$**

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
$f'_m$	A	A	A	B	B	A	B	B	B
$v'_m$	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621.

**Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.**

**Tabla 9. Incremento de  $f'_m$  y  $v'_m$  por edad**

Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1.15	1.05
	Bloques de concreto	1.25	1.05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1.10	1.00

**Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.**

### 2.3 Definición de Términos

- **Lote:** Es el conjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.
- **Muestra:** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote para efectos de obtener la información necesaria que permita apreciar las características de ese lote.
- **Espécimen:** Es cada una de las unidades en donde se aplicará cada ensayo especificado en la Norma.
- **Durabilidad:** Capacidad para soportar, durante el periodo de servicio para el que ha sido proyectado el edificio y con la composición, propiedades y comportamiento de los materiales, las

condiciones físicas y químicas a las que estará expuesto (Código Técnico de Edificaciones, 2012).

- **Granulometría:** Es la determinación de medida de los granos de una formación sedimentaria y el porcentaje de abundancia de los diferentes tamaños determinados por una escala granulométrica, con el objetivo de conocer su origen y de sus propiedades mecánicas.
- **Arena de sílice:** La arena de sílice o de cuarzo está compuesta por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en más de un 98% y pequeñas cantidades de otros minerales oxidados como de: aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), calcio ( $\text{CaO}$ ), magnesio ( $\text{MgO}$ ).
- **Resistencia:** La capacidad de un sólido para soportar presiones y fuerzas aplicadas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros.
- **Ladrillo:** Se denomina ladrillo a aquella unidad cuyas dimensiones permitan que pueda ser manipulada con una sola mano; y bloque, a aquella que requiera de ambas manos para su manipulación.
- **Arcilla:** Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte del suelo y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan.
- **Plasticidad:** Característica de la arcilla que le permite ser moldeada y retener la forma, sin deformarse.
- **Resistencia a la compresión:** Es la resistencia que pone un cuerpo de superficie conocido bajo una fuerza axial controlado.
- **Molde:** Elemento generalmente de madera, que contiene una forma hueca, el negativo de una forma, que será llenada con pasta en forma de suspensión líquida espesa, con lo que se obtendrá la forma positiva.
- **Mezcla:** Agregación o incorporación de varias sustancias o cuerpos que no tienen entre sí acción química.



- **Muro Portante:** Son elementos estructurales de una edificación, están sujetos a diferentes solicitaciones, en el plano como en el plano perpendicular, tanto vertical como lateral y permanente.
- **Muro no portante:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos. (RNE, NTE E.070 Albañilería)
- **Pilas:** Las pilas de albañilería con prismas compuestas por dos o más unidades de albañilería una sobre otra unidad mediante un mortero.
- **La Albañilería:** Es un conjunto de unidades adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda.
- **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza):** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (RNE, NTE E.070 Albañilería)

## 2.4 Hipótesis:

### 2.4.1 Hipótesis General

- La utilización de arcilla y arena de sílice del ladrillo crudo contribuye positivamente para sus propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo.

### 2.4.2 Hipótesis Específicas

- El empleo de arcilla y arena de sílice influye significativamente en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.

- El empleo de arcilla y arena de sílice Influye significativamente en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.
- El empleo de arcilla y arena de sílice Influye significativamente en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.

## 2.5 Variables:

Una variable es una propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse. Según lo definido por (Hernández S., 2014).

### 2.5.1 Definición Conceptual de la Variable

Definición especializada que describe la esencia o características de la variable; adecuada a los requerimientos de la investigación.

#### ➤ Variable Dependiente:

##### **Propiedades Mecánicas:**

Conjunto de ensayos de laboratorio que miden las propiedades mecánicas de los ladrillos crudos.

#### ➤ Variable Independiente:

##### **Arcilla y arena de sílice:**

Unidades de ladrillos crudos fabricadas con arcilla y arena de sílice.

**La arcilla:** La arcilla es un producto natural de la erosión y oxidación de las rocas sedimentarias. Es un material heterogéneo constituido principalmente por silicato de aluminio hidratado resultante de la descomposición de feldespatos como el granito y la roca. Silicio durante millones de años, por efecto del agua y sedimentos. y cambios químicos y de temperatura, entre otros cambios. Besoain (1985).

**La arena de sílice:** La arena de sílice o cuarzo está compuesta en más del 98% por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y pequeñas cantidades de otros minerales oxidantes como: aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), hierro

(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), calcio (CaO), magnesio (MgO), etc. La arena de sílice o cuarzo se utiliza en diversos campos industriales, tales como: ladrillos refractarios, vidrio, fundición, construcción, química, cerámica, etc., por ser materia prima. Elemento polivalente que se da de forma natural en la corteza terrestre, por lo que su obtención y concentración no requiere de un complejo proceso mineral.

## **2.5.2 Definición Operacional de la Variable**

La definición de actividad constituye un conjunto de acciones que describen las actividades que el observador debe realizar para obtener impresiones sensoriales (impresiones auditivas, visuales, táctiles, etc.), más o menos sólo la existencia de un concepto teórico. (Reynolds, 1971, p. 52).

### **2.5.2.1 Variable Dependiente (X):**

#### **Propiedades Físicas**

Conjunto de ensayos de laboratorio que miden las propiedades físicas de los ladrillos crudos.

#### **Propiedades Mecánicas**

Conjunto de ensayos de laboratorio que miden las propiedades mecánicas de los ladrillos crudos.

### **2.5.2.2 Variable Independiente (Y):**

**La Arcilla:** Mide el porcentaje de arcilla de la cantera de la Calle San Martín – Palian - Huancayo, dicho porcentaje adicionado a la masa del ladrillo crudo será en un 50% de arcilla.

**La Arena de Sílice:** Mide el porcentaje de arena de sílice, de la cantera concesión Santa Rosa 94-I – Llocllapampa – Jauja, dicho porcentaje adicionado a la masa del ladrillo crudo será en un 50%.

### 2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<p>Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos crudos</p>	<p>El estudio de las propiedades mecánicas y físicos del ladrillo; nos dan a conocer resistencia y la durabilidad de las unidades y pilas de albañilería ante el intemperismo y sobre la resistencia de la misma.</p>	<p>✓ Propiedades físicas.</p> <p>✓ Propiedades mecánicas.</p>	<p>✓ Variación dimensional</p> <p>✓ Alabeo</p> <p>✓ Ensayo de erosión por caída de agua método Geelong y SAET.</p> <p>✓ Resistencia a la Compresión del ladrillo crudo.</p> <p>✓ Resistencia a la Compresión Axial en pilas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• mm</li> <li>• mm</li> <li>• f'b (kg/cm<sup>2</sup>)</li> <li>• f'm(kg/cm<sup>2</sup>)</li> </ul>

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<p>Contenido de arcilla y arena de sílice</p>	<p><b>Arcilla:</b> La arcilla es un material de origen natural lo cual podemos obtener de la cantera de palian en la calle San Martin</p> <p><b>Arena de sílice:</b> La arena de sílice es un material de origen natural el cual podemos obtener de la cantera mina Santa Rosa 94 - I Llocclapampa Jauja – Junín.</p> <p>FUENTE: PROPIA DEL AUTOR</p>	<p>✓ Arcilla</p> <p>✓ Arena de sílice</p>	<p>✓ Dosificación de la arcilla en 20%, 50%, 80% y 90%.</p> <p>✓ Dosificación de la arena de sílice en 20%, 50%, 80% y 90%.</p>	<p>• Kg</p> <p>• Kg</p>

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

#### **3.1 Método de Investigación**

##### **3.1.1 Método General**

Bonilla y Rodríguez (2000), el método **científico** se entiende como el conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida.

La presente investigación se desarrolló con el Método **Científico** como método general, ya que como lo define Gonzales (2015, p.19) el método científico es una ciencia que busca adquirir conocimientos sobre fenómenos desde una óptica más generalizada a través de la investigación que es un proceso sistemático, organizado y objeto a responder una determinada pregunta.

### 3.1.2 Método Especifico

Este método **hipotético deductivo** consiste en ir de la hipótesis a la deducción para determinar la verdad o falsedad de los hechos procesos o conocimientos mediante el principio de falsación, propuesto por él. Comprende cuatro pasos: observación o descubrimiento de un problema, formulación de una hipótesis, deducción de consecuencias contrastables (observables y medibles) de la hipótesis; y observación, verificación o experimentación. (Ñaupas Paitán, 2014).

Así mismo la tesis es de carácter **hipotético deductivo** porque como lo menciona Cerda (1991, p.45) “es un procedimiento que toma unas aseveraciones en calidad de hipótesis y por lo tanto, comprueba tales hipótesis deduciendo de ellas, en conjunto con otros conocimientos que ya poseemos, conclusiones que confrontamos con los hechos”.

### 3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es **tecnológica** no necesariamente ameritaría una investigación formulada y pensada de esta manera. El uso formal de la lógica deductiva o inductiva, a través del método científico, puede conspirar contra la producción del conocimiento tecnológico, ya que este conocimiento se generará por una racionalidad y por unos procedimientos e insumos diferentes a los componentes (naturaleza y contenido) que acompañan a la guía formal de la llamada Metodología de Investigación Científica. (Bello, 2015).

La presente investigación es **tecnológica** puesto que como lo define Canales (1989): “Es un proceso mediante el cual una invención, idea, concepto o conocimiento se introduce en el mercado en forma de nuevos o mejores productos, procesos o servicios”. Es así que en busca de la solución en cuanto a la deficiencia de las unidades de albañilería

de la ciudad de Huancayo, es que se elaboró un nuevo material de construcción, adicionando diversos porcentajes de arcilla y arena de sílice, para lo cual se modificaron la dosificación de los materiales que la componen, obteniendo así unidades con propiedades mecánicas adecuadas.

### **3.3 Nivel de Investigación**

El nivel de investigación de la tesis está dado por el Nivel Descriptivo – Explicativo.

#### **3.3.1 Nivel Descriptivo**

Recaba información para conocer las relaciones y aspectos de los fenómenos que son objeto de estudio. Busca alcanzar un panorama más preciso de la magnitud del problema o situación, jerarquizar los problemas, derivar elementos de juicio para estructurar políticas, conocer las variables que se asocian y señalar los lineamientos para la prueba de hipótesis. El objetivo central de estas investigaciones está en proveer un buen registro de los tipos de hechos que tienen lugar dentro de esa realidad y que la define no caracterizan sistemáticamente. Para esto, se seleccionan una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así describir lo que se investiga. (INEGI, 2018).

#### **3.3.2 Nivel Explicativo**

Contempla los estudios que implican la prueba de hipótesis explicativas y predictivas. Parten de descripciones suficientemente exhaustivas de una cierta realidad bajo estudio y de la necesidad de conocer porqué ciertos hechos de esa realidad ocurren del modo descrito, es decir de la necesidad de encontrar ciertas relaciones de dependencia entre las clases de hechos que fueron formuladas en la fase anterior de la



secuencia. Su fin primordial es determinar las causas de los fenómenos, para lo cual integran las diversas teorías que permiten explicar e interpretar los hechos. En este nivel es posible formular leyes, es decir, relaciones constantes entre fenómenos. (INEGI, 2018).

### 3.4 Diseño de Investigación

El diseño que se utilizó fue el experimental en su forma de cuasi - experimental, se estudió únicamente con post-prueba que estuvo conformado por un grupo patrón de control y un grupo experimental (6 ensayos correspondientes). Es decir, La manipulación de variables alcanzó dos niveles presencia y ausencia de arcilla y arena de sílice.

DISEÑOS CUASI- EXPERIMENTALES. Son diseños que trabajan con grupos ya formados, no aleatorizados, por tanto, su validez interna es pequeña porque no hay control sobre las variables extrañas. Estos diseños se aplican a situaciones reales en los que no se pueden formar grupos aleatoriamente, pero pueden manipular la variable experimental. (Hernández et al, 2006: 2003).

- El grupo experimental 01, correspondió a los ladrillos crudos de arcilla-sílice, con 50% de arcilla - 50% de arena de sílice, denominados (LCAS-01) insumos utilizados en la fabricación de estos ladrillos crudos.

El esquema de la investigación será el siguiente:



Donde:

LCAS: Ladrillos crudos de arcilla-sílice

Y1: Arcilla 50% - Arena de Sílice 50%

M1: Medición de las propiedades físicas y mecánicas del Ladrillo

Crudo

- El tratamiento en la fabricación del grupo experimental 01 fue siguiendo la misma técnica artesanal, la fabricación en los ladrillos crudos de arcilla-sílice estuvo con proporción de 50% arcilla – 50% de arena de sílice. El resto del proceso, se mantuvo para los seis ensayos correspondientes.
- Finalmente, las evaluaciones post prueba que se realizaron en todo el grupo, fue mediante ensayos de laboratorio que determinaron las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo crudo de arcilla-sílice. (variables dependientes).

**Tabla 10. Identificación de elementos de diseños de investigación en la tesis**

GRUPO EXPERIMENTAL-01		VARIABLE INDEPENDIENTE		POST PRUEBA	
LCAS-01	DISEÑO DEL LADRILLO CRUDO DE ARCILLA-SILICE	Y1	ADICION DE 50% ARICLLA – 50% ARENA DE SILICE	M1	PROPIEDADES MECANICAS Y FISICAS

**FUENTE:** Datos obtenidos de campo (Elaboración Propia)

### 3.5 Población y Muestra

#### **Población:**

Desde un punto de vista específico, se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. La población de la presente tesis estuvo compuesta por unidades de albañilería manejables con una sola mano (ladrillos crudos de arcilla-sílice), la población total estuvo conformada por 46 unidades de ladrillos

crudos artesanales adicionados con 50% de arcilla de la cantera del Anexo de Palian calle San Martin – Huancayo y el 50 % de arena de sílice de la cantera de la concesión Santa Rosa 94 - I LLocllapampa – Jauja.

La población es un conjunto infinito o finito de sujetos con características similares o comunes entre sí (Arias, 2012).

(Mejia, 2005), la población es la totalidad de elementos del estudio, es delimitado por el investigador según la definición que se formule en el estudio. La población y el universo tienen las mismas características por lo que a la población se le puede llamar universo o de forma contraria, al universo población. (Arias Gonzales, 2020).

### **Muestra:**

La muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población. En la presente tesis la muestra fue casi igual a la población puesto que la misma cantidad de ladrillos dada en la población, se utilizaron todas para realizar ensayos físicos y mecánicos. Entonces la muestra fue un total de 38 ladrillos crudos de arcilla-sílice adicionados con el 50% de arcilla y 50% de arena de sílice.

No existe una cantidad establecida que debe tener la muestra, sin embargo, es importante que se sepa delimitar correctamente según los objetivos que se desea alcanzar en el estudio y la situación problemática planteada. Según **Hernández-Sampieri y Mendoza (2018)**, la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población o el universo, los datos recolectados serán obtenidos de la muestra, la población se perfila desde la situación problemática de la investigación. (Arias Gonzales, 2020).

Tabla 11. Ladrillos crudos de arcilla - sílice

EDAD (DIAS)	Porcentaje de adición de 50% arcilla y 50% arena de sílice				
	V. Dim. y Alabeo	Unidades	Pilas	Geelong y SAET	TOTAL
21 DIAS	20	05	09	04	38
TOTAL	20 ladrillos	05 ladrillos	09 ladrillos	04 ladrillos	38 ladrillos

FUENTE: Elaboración Propia

NOTA: Se elaboraron 38 ladrillos crudos con adición de arcilla y arena de sílice de longitud de 24x12x8 cm.

La preparación de los ladrillos crudos se realizará durante 1 día, iniciando el proceso desde las 6:00 am para evitar la influencia inicial del efecto del sol.

### **Método de Secado**

Se tratarán los ladrillos crudos mediante la sombra. De acuerdo a la normatividad vigente se realizará el secado de las unidades de albañilería, el secado será en simultáneo.

Así mismo, Basándonos en las Normas NTP y la Norma ITINITEC procederemos a desarrollar cada uno de los ensayos planteados

### **3.5.1. Normas y Procedimientos de los Ensayos de Propiedades Físicas**

**3.5.1.1.** Método o Procedimiento de ensayo para determinar la variación dimensional (NTP 399.613, NTP 399.604), (Norma Itintec 331.019).

**3.5.1.2.** Método o Procedimiento de ensayo para determinar el alabeo (NTP 399.018, NTP 399.613), (Norma Itintec 331.019).

**3.5.1.3.** Ensayo de erosión por caída de agua Geelong (norma internacional SAZS 724 (Zimbabue).

**3.5.1.4.** Ensayo de erosión por caída de agua SAET (Swinburne Accelerated Erosion Test), propuesto por la norma española UNE 41410 para bloques de tierra comprimida.

### **3.5.2. Normas y Procedimiento de los Ensayos de Propiedades Mecánicas**

**3.5.2.1.** Método de Ensayo de Laboratorio de Resistencia a la compresión de las unidades. (NTP 399.613, NTP 399.604), (Norma ITINTEC 331.018, 331.019).

**3.5.2.2.** Método de Ensayo de Laboratorio de Resistencia de la albañilería a compresión Axial de Pilas o Prismas (NTP 399.605, NTP 399.621), (Norma ITINTEC, 331.018).

## **3.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

**Técnicas:** Observación

**Instrumentos:** Matriz de análisis

La investigación no tiene sentido sin las técnicas de recolección de datos. Estas técnicas conducen a la verificación del problema planteado. Cada tipo de investigación determinará las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados. (Behar Rivero, 2008)

**Observación:**

La observación es una de las técnicas más primordiales en la investigación científica es un análisis detenido de los diferentes aspectos de un fenómeno, se realiza con el objetivo de estudiar sus características, comportamientos dentro del contexto o donde se desenvuelva el propio fenómeno, así lo indica (Gómez Gonzáles, y otros, 2015 pág. 174). Una de las técnicas que se realizó de acuerdo a la teoría mencionada es la observación donde se obtuvo los datos

de campo de todo el proceso de elaboración del ladrillo crudo de arcilla-sílice, el cual fue de mucha relevancia para el análisis de resultados.

Se elaborará ladrillos crudos de arcilla-sílice con adición de agua en diferentes dosificaciones. El diseño de ladrillos crudos de arcilla-sílice que se utilizará será experimental con respecto al contenido de arcilla, arena de sílice y Agua.

La arcilla y arena de sílice que será utilizada como material primordial para la elaboración de unidades de albañilería (ladrillos crudos), fue obtenida del Distrito de Huancayo – anexo de Palian, Distrito de LLocllapampa. A la mezcla de arcilla, arena de sílice y agua de dimensiones de 24x12x8 cm, en los distintos porcentajes de 20%, 50%, 80% y 90%. Los ensayos se desarrollaron a los 7 días respectivamente.

#### **Instrumentos de recolección de datos:**

Para esta investigación se utilizaron como instrumentos de recolección de datos:

- Los libros, así como la revisión de otras tesis sirvieron de guía para realizar la siguiente investigación.
- Los formatos de laboratorio, en el cual se recopilaban los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, donde se anotaron los resultados de los ensayos de las propiedades físicas (ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, erosión por caída de agua método Geelong y SAET) y de las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión simple en unidades y pilas); así como el procedimiento del mismo, para luego ser comparados, en el caso de los ladrillos crudos.
- Se emplearon hojas de cálculo para obtener los resultados de cada uno de los ensayos y contrastarlos con la normativa

correspondiente. Y así mediante el uso de gráficos y la norma E070 poder clasificarlos.

**Tabla 12. Técnicas e Instrumentos de investigación**

ITEM	TECNICA	INSTRUMENTO
01.00.00	<b>Técnicas de campo</b>	
01.01.00	Observación	Ficha de observación de procedimiento de elaboración de ladrillo. Registro de observación de extracción de materia prima
02.00.00	<b>Técnicas de investigación documental bibliográfica</b>	<b>de y</b>
02.01.00	Técnica de documental	análisis Libros, revistas, tesis y textos especializados en albañilería
03.00.00	<b>Técnicas de experimental</b>	<b>proceso</b>
03.01.00	Técnicas de laboratorio	Fichas técnicas de ensayos de laboratorio. Norma NTP ITINTEC y ASTM, para procedimiento de ensayos.

**FUENTE:** Elaboración propia

### 3.7 Procesamiento de la Información

#### 3.7.1. Trabajo de campo

##### 3.7.1.1 Recolección de arcilla

En la cantera de Palian se tiene un perfil estratigráfico de tres capas muy pronunciadas, como se muestra en la Figura N° 1.6; en la parte superior, tiene un espesor promedio de 1.20m, de color amarillo claro, con manchas de arcilla color verde claro; en la zona intermedia se tiene una arcilla de color violáceo, con un espesor de 0.40 a 0.60m, que al igual que la capa superior presenta manchas de arcilla color verde claro; y en la tercera capa de 1.30m de espesor, se tiene una arcilla de color verde amarillenta, manchadas de una capa muy delgada de color marrón que dan una apariencia de raíces impregnadas en la arcilla. (Aguirre Gaspar, 2004)

En la Tabla 1.2, se muestra el resumen de los ensayos de laboratorio (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y peso específico de sólidos). (Aguirre Gaspar, 2004)

CANTERA	MUESTRA	LIMITE	LIMITE	INDICE DE	PESO	CLASIFIC.
		LIQUIDO (LL)	PLASTICO (LP)			
PALIAN	M-1	25	14	11	2.61	CL
	M-2	24	14	10	2.65	CL
	M-3	30	17	13	2.6	CL
	M-1,M-2,M-3	28	17	11	2.58	CL

En la presente tesis se extrajo la arcilla de la cantera de Palian ubicada en la calle San Martín – Palian – Huancayo, la cantidad de arcilla recolectada de la cantera es de 250 kg, la arcilla es de color marrón claro con una plasticidad adecuada, la cual presenta buenas características; esta se ubica a 20 minutos de Huancayo; su extracción es fácil de realizar puesto que es accesible. La cantera de la arcilla está junto a una ladrillera artesanal en Palian.



Figura 7. Estratigrafía de la arcilla

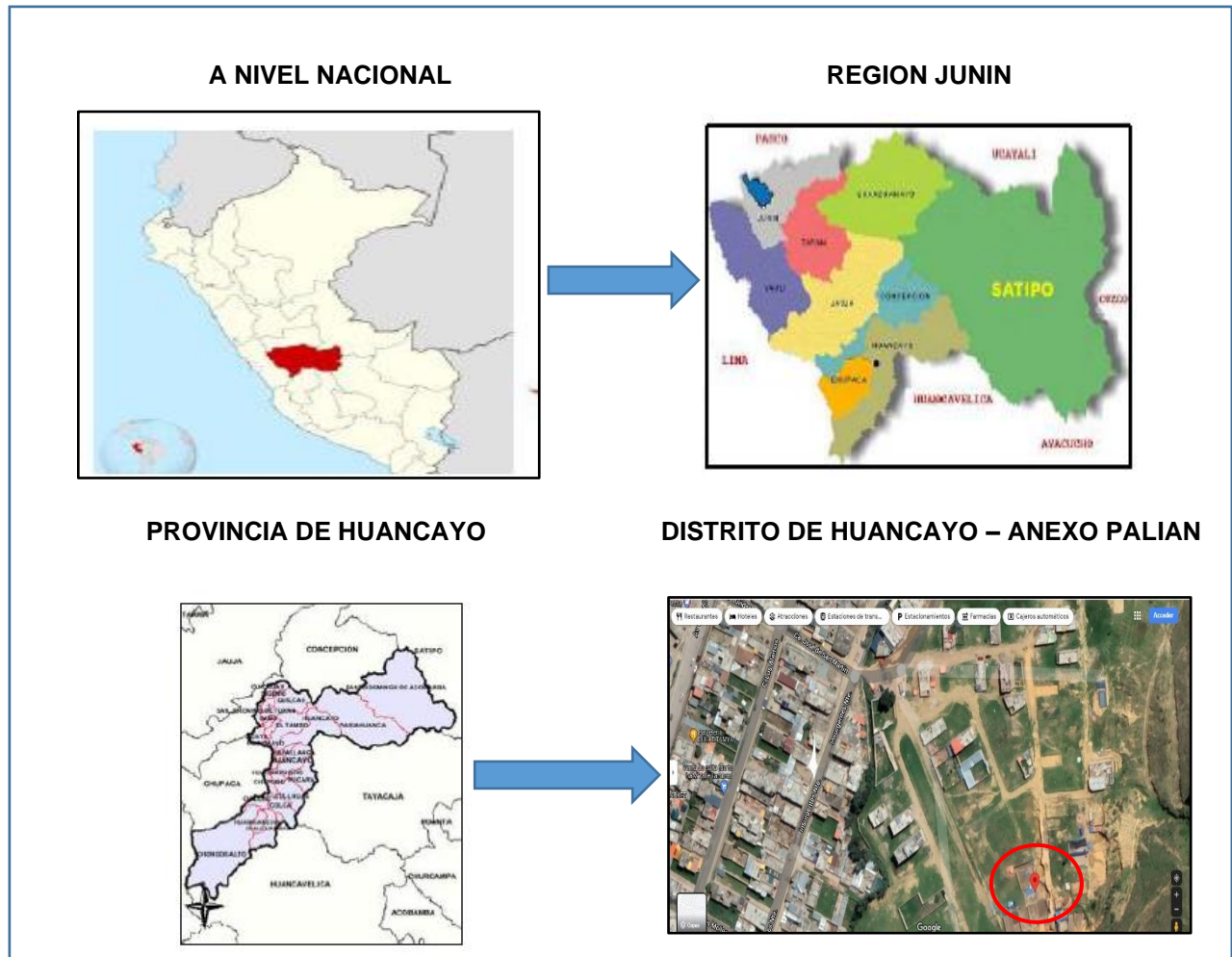
FUENTE: Imagen Propia

#### Ubicación de la cantera de Arcilla - Palian:

- La cantera de la Arcilla, se encuentra ubicada en:
- Anexo: Palian
- Distrito: Huancayo



- Provincia: Huancayo
- Región: Junín
- Coordenadas UTM: 479534.1 E, 8669464.7 N
- Altitud: 3300 msnm.



**Figura 8. Ubicación cantera arcilla**

**FUENTE:** Imagen google maps

**Tipo de Arcilla:**

Según su origen: Arcillas comunes

### **Equipos e instrumentos para recolección de arcilla:**

- Herramientas manuales
- Bolsa de arpillera

#### **3.7.1.2 Recolección de arena de sílice**

##### **Historia:**

La Dirección General de Minería resuelve dictar la R. D. N° 264 del 17 de Abril de 1947 aprobado los títulos de concesión minera “Santa Rosa 94-I” a favor de la comunidad, año en que empezaron a explotarlo durante un periodo de 10 años en el grado de arriendo y posteriormente por la propia comunidad hasta la actualidad. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014)

##### **Propiedad:**

La concesión minera “Santa Rosa 94-I”, es propiedad de la comunidad campesina de Llocllapampa por R.J. Nro. 3692-99-RPM de diciembre de 1999, que aprueba el título de concesión minera con código N° 02-003094, consentida a la fecha, en virtud a la relación de concesiones mineras otorgadas y publicada en el diario oficial “El Peruano” de conformidad con el artículo 124° del T.U.O. de la Ley General de Minería aprobada por D.S. N° 014-92-EM. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014)

##### **Demanda de la sílice en la industria**

La arena de Sílice es un mineral industrial empleada en muchos campos de la industria química orgánica e inorgánica, en este último básicamente en la fabricación de silicatos solubles y derivados, las disoluciones de silicatos sódicos y potásicos, el metasilicato, las zeolitas y la sílice precipitada son productos que tienen una variedad de aplicaciones en sectores, están pinturas, construcción, tratamiento de aguas, papel, fundición, alimentación, electrodos, entre otros. diversos como son los productos de limpieza, cerámica, caucho (suela de calzado, piezas

técnicas y neumáticos ecológicos de última generación), pinturas, construcción, tratamiento de aguas, papel, fundición, alimentación, electrodos, entre otros. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014)

### **Análisis de las Propiedades de la Arena de Sílice (análisis químico):**

Se realizaron análisis químicos para la determinación de los minerales conformantes, porcentajes que éstas se presentan, análisis granulométricos, humedad, así como de la densidad específica para los fines de implementación de la planta de tratamiento integral de arena de sílice y de su posterior comercialización se adjunta la tabla N° 09. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014)

SUSTANCIA	PUREZA (%)
SiO <sub>2</sub>	94.18
FeO <sub>2</sub>	1.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.5
TiO <sub>2</sub>	0.72

**Tabla 9 - Análisis Químico Industrial de material de Cantera**  
Fuente: Laboratorio Cantera "Santa Rosa 94-1"

### **Parámetros Geomecánicos:**

la roca está sometida a unas importantes variaciones de carácter mecánico (impactos, corte, compactación, desplazamiento, etc.), se adjunta la tabla N° 14. (Benito Cuba & Huaman Mendoza, 2014)

Tensión (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.43
Peso específico Aparente	2.65
Porosidad (%)	25.95
Angulo de Fricción Interna (°)	31°
Resistencia a la compresión simple (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.3
Cohesión (KPa)	58

**Tabla 14 - Propiedades físico-mecánicas de la arena de sílice**

Fuente: Laboratorio Cantera "Santa Rosa 94-1"

En la presente tesis se extrajo la arena de sílice de la cantera Santa Rosa 94-I de LLocllapampa – Jauja – Junín, la cantidad de arena de sílice recolectada de la cantera es de 250 kg, la arena de sílice es de color blanco con las características físicas y mecánicas tomadas como fuente de los resultados de la tesis anterior, la cual presenta buenas características; esta se ubica a 1 hora y 30 minutos de Huancayo; su extracción es fácil de realizar puesto que es accesible. La cantera de arena de sílice está a cargo de la comunidad campesina de LLocllapampa.



**Figura 9. Santa Rosa 94-I arena de sílice**

**FUENTE: Imagen Propia**

**Ubicación de la concesión Santa Rosa 94-I LLocllapampa:**

- La concesión Santa Rosa 94-I, se encuentra ubicada en:
- Distrito: LLocllapampa
- Provincia: Jauja
- Región: Junín
- Coordenadas UTM: 431980 E, 8691760 N

- Altitud: 3750 msnm.

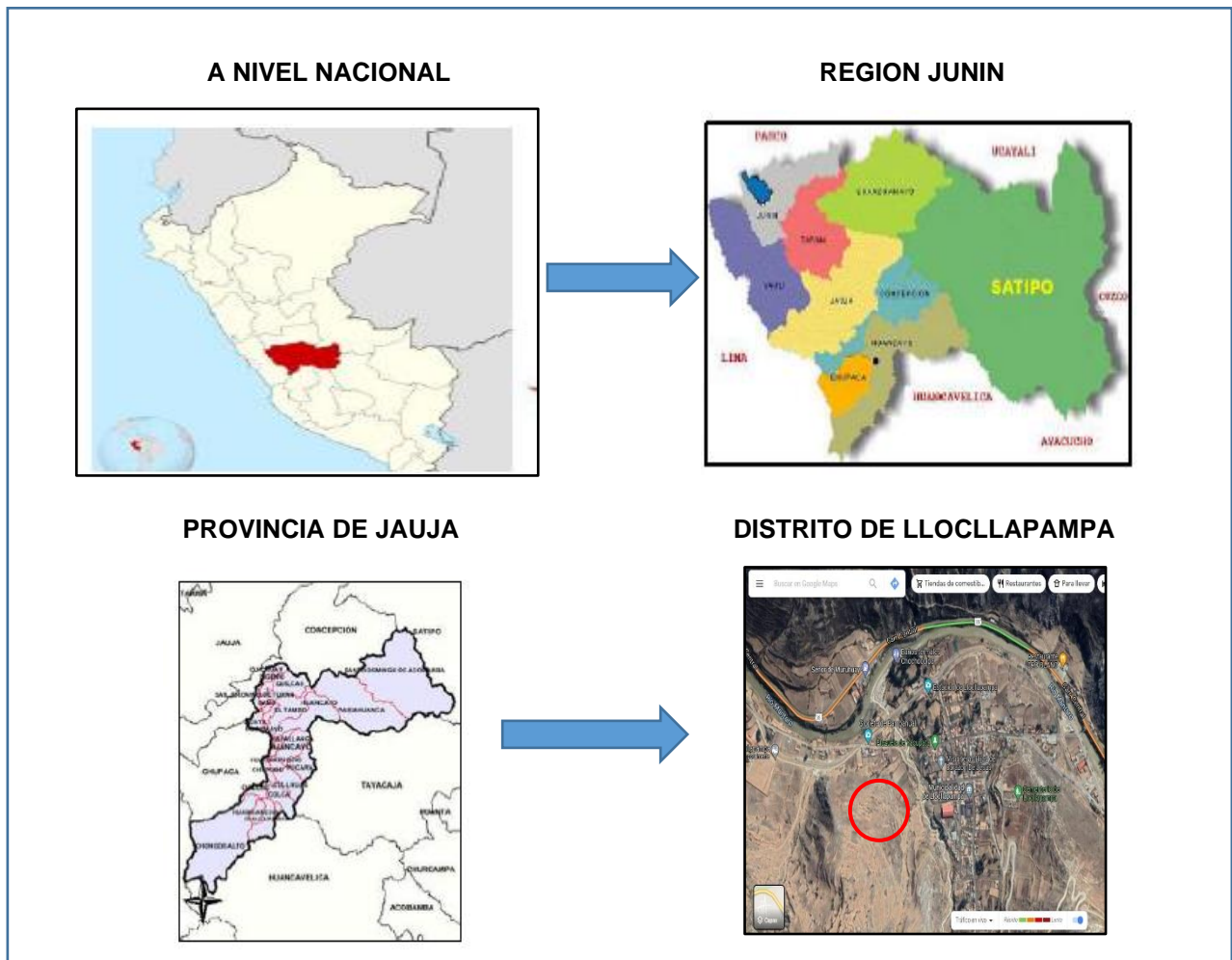


Figura 10. Ubicación cantera arena de sílice

FUENTE: Imagen google maps

### 3.7.2. Elaboración de ladrillos Crudos:

**Elaboración de ladrillos crudos de arcilla - sílice:**

**Elaboración de ladrillos crudos grupo patrón de control:**

Para determinar el ladrillo adecuado que cumpla con las características técnicas se realizó la elaboración de unidades de albañilería en

diferentes proporciones que fueron 4 tipos de ladrillos crudos de arcilla - sílice con proporciones de 20%, 50%, 80% y 90%.

**Materiales usados para la elaboración de ladrillos crudos arcilla – sílice:**

Los materiales utilizados en la presente investigación han sido los siguientes:

- Arcilla
- Arena de sílice
- Arena gruesa zarandeada
- Agua
- Molde de madera cepillada para dos unidades de 24x12x8 cm

**Dosificación del ladrillo crudo de arcilla - sílice:**

Para calcular el porcentaje de insumos de los ladrillos fabricados en el distrito de Huancayo se realizaron 4 unidades con diferentes proporciones que quedó de la siguiente manera:

**Tabla 13. Proporciones de los ladrillos crudos de arcilla - sílice**

<b>LCAS - 01</b>	<b>ARCILLA 20% (gr)</b>	<b>ARENA DE SILICE 80% (gr)</b>	<b>ARENA GRUESA ZARANDEADA 10% (gr)</b>	<b>AGUA 12% (ml)</b>
UND - 01	552.96	2211.84	276.48	331.78
<b>LCAS - 02</b>	<b>ARCILLA 50% (gr)</b>	<b>ARENA DE SILICE 50% (gr)</b>	<b>ARENA GRUESA ZARANDEADA 10% (gr)</b>	<b>AGUA 13% (ml)</b>
UND - 02	1382.4	1382.4	276.48	359.42
<b>LCAS - 03</b>	<b>ARCILLA 80% (gr)</b>	<b>ARENA DE SILICE 20% (gr)</b>	<b>ARENA GRUESA ZARANDEADA 10% (gr)</b>	<b>AGUA 15% (ml)</b>
UND - 03	2211.84	552.96	276.48	414.72

LCAS - 04	ARCILLA 90% (gr)	ARENA DE SILICE 10% (gr)	ARENA GRUESA ZARANDEADA 10% (gr)	AGUA 15% (ml)
UND - 04	2488.32	276.48	276.48	414.72

**FUENTE:** Elaboración Propia

### **Procedimiento de la elaboración del ladrillo patrón de control:**

- Se procedió con la recolección de la arcilla y arena de sílice, la misma que fue extraída de sus canteras respectivas, para su elaboración del ladrillo crudo de arcilla-sílice.
- Se procedió con el triturado y zarandeado de la arcilla.
- Se realizó el pesado de la arcilla y arena de sílice mencionado la proporción de acuerdo al cuadro anterior de proporciones del ladrillo crudo de arcilla-sílice.
- Se realizó el amasado de la arcilla, arena de sílice, arena y agua de acuerdo al cuadro de proporciones, para que la masa de cada tipo de proporción repose por un promedio de 24 horas.
- Se realizó el enrazado o llenado de la masa de arcilla-sílice dentro del molde de madera cepillada o gabera de 24x12x8 cm de cada proporción que resultaron 4 tipos de ladrillos crudos de arcilla-sílice.
- Los ladrillos frescos en masa que recién se fabricaron se pusieron en un lugar protegido de lluvias para el secado a la intemperie la cual es un área segura y con amplia ventilación, para que pueda tener un secado uniforme, el cual será secado durante 7 días y después de ello se llevara a laboratorio al ladrillo que mejor cumpla las características para tomar como tipo y proporción final para la elaboración de las unidades de albañilería.
- Durante los días próximos al secado de los ladrillos crudos de arcilla-sílice se observó lo siguiente:

- De la unidad de albañilería N° 1 de proporción 20% arcilla y 80% de arena de sílice al momento de manipular la unidad de albañilería esta se desmorona y no cumple con las características requeridas siendo una unidad no apta.
- De la unidad de albañilería N° 2 de proporción 50% arcilla y 50% arena de sílice, al manipular la unidad esta se comporta adecuadamente, también se observa que en sus características geométricas es también adecuado.
- De la unidad de albañilería N° 3 de proporción 80% arcilla y 20% arena de sílice, no se puede realizar un vaceado del molde con facilidad debido a que la masa tenía mucha presencia de plasticidad debido al exceso de mayor cantidad de arcilla lo cual resulto una unidad deforme quedando como no apto esta unidad.
- De la unidad de albañilería N° 4 de proporción 90% arcilla y 10% arena de sílice, no se pudo vacear la masa del molde por que el material no era trabajable siendo no apto esta unidad.
- En conclusión, la unidad de albañilería que cumplió con el comportamiento adecuado tanto es sus características técnicas como geométricas fue el ladrillo crudo de arcilla-sílice N° 2 de proporción 50% arcilla y 50% arena de sílice que se dejo secar durante los siete días para que se realice su ensayo en laboratorio del cual se obtuvo un resultado adecuado y así mismo se utilizó esta proporción para la elaboración final de las unidades de albañilería para la presente tesis.
- Para la elección de la unidad de albañilería adecuada se tomo en cuenta las características de los ladrillos que tiene que cumplir.

**Características de los ladrillos:** Del Río (1975), Moreno (1981), Somayaji (2001) y Gallegos (2005), coinciden en que un ladrillo



considerado como bueno, para muros de albañilería, debe poseer las características generales siguientes: (Guadalupe Huamán, 2019)

- Homogeneidad en su masa.
- Ausencia de fisuras y defectos.
- Regularidad tanto en su forma como en las dimensiones de las distintas piezas.
- Dureza suficiente para poder resistir cargas pesadas.
- Resistencia a la compresión y a la flexión.
- Formas regulares para que las hiladas de los muros sean de espesor uniforme
- Aristas vivas y ángulos rectos
- Igualdad de coloración.
- Ser poroso, sin exceso, para poder tomar bien el mortero.
- No contener sales solubles para no propiciar la eflorescencia.
- Poseer un sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar, puesto que cuando se da este sonido es una muestra que el ladrillo es bueno.

**Asimismo, El Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E.070 Albañilería) manifiesta que el ladrillo no tendrá:**

- Materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- No tendrá un color que no sea uniforme y no presentará vitrificaciones.
- No tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.
- No tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

**Resultados de laboratorio ensayo de resistencia a la compresión simple en unidades ladrillos crudos grupo patrón de control (50% arcilla y 50% arena de sílice):**

**Tabla 14. Proporciones grupo patrón de control arcilla - sílice**

EDAD (DIAS)	Porcentaje de adición de arcilla - sílice				
	20% - 80%	50% - 50%	80% - 20%	90% - 10%	TOTAL
07 DIAS	01	01	01	01	04
TOTAL	01 ladrillos	01 ladrillos	01 ladrillos	01 ladrillos	04 ladrillos

FUENTE: Elaboración Propia

**Tabla 15. Resultado laboratorio grupo patrón de control arcilla - sílice**

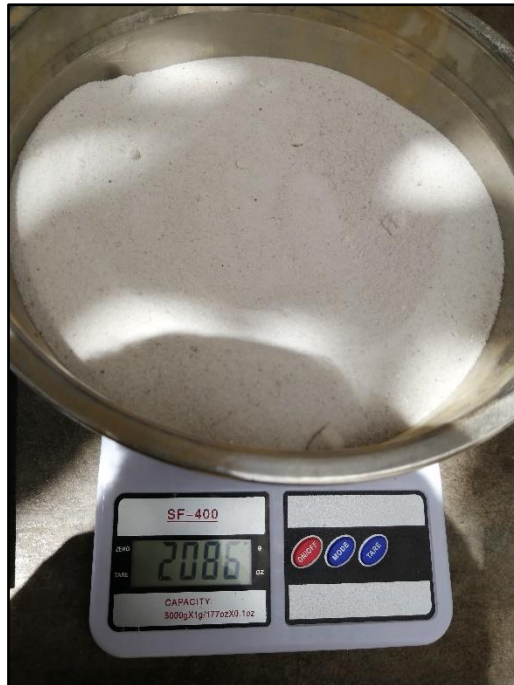
UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg-f)	RESISTENCIA COMPRESION f' b (kg-f/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COMPRESION (MPa)
M-1	24.25	12.30	8.15	298.28	4976.22	16.68	1.64

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 11. Zarandeado de arcilla**

FUENTE: Imagen Propia



**Figura 12. Pesado arena de sílice**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 13. Zarandeado de arena gruesa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 14. Adición de agua**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 15. Mezclado de la masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 16. Masas de las 4 proporciones**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 17. Reposado de 24 horas masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 18. Adición de arena al molde**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 19. Apisonado de la masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 20. Enrasado de la masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 21. Muestra del LCAS**

**FUENTE: Imagen Propia**

### 3.7.3. Preparación de los 38 ladrillos crudos de arcilla-sílice

Se realizó la elaboración de 38 ladrillos crudos de arcilla-sílice, teniendo en cuenta la cantidad de unidades para los ensayos propuestos más el porcentaje de desperdicio.

#### **Materiales usados para la elaboración de ladrillos crudos arcilla – sílice:**

Los materiales utilizados en la presente investigación han sido los siguientes:

- Arcilla
- Arena de sílice
- Arena gruesa zarandeada
- Agua
- Molde de madera cepillada para dos unidades de 24x12x8 cm

#### **Dosificación del ladrillo crudo de arcilla - sílice:**

Se utilizó la proporción de 50% arcilla y 50% arena de sílice.

**Tabla 16. Proporción de ladrillos crudos de arcilla - sílice**

LCAS - 02	ARCILLA 50% (kg)	ARENA DE SILICE 50% (kg)	ARENA GRUESA ZARANDEADA 10% (kg)	AGUA 13% (lt)
UND - 02	52.5	52.5	10.5	13.65

**FUENTE:** Elaboración Propia

#### **Procedimiento de la elaboración de ladrillos crudos de arcilla-sílice:**

- Se procedió con la recolección de la arcilla y arena de sílice, la misma que fue extraída de sus canteras respectivas, para su elaboración del ladrillo crudo de arcilla-sílice.
- Se procedió con el triturado y zarandeado de la arcilla.



- Se realizo el pesado de la arcilla y arena de sílice mencionando la proporción de acuerdo al cuadro anterior de proporciones del ladrillo crudo de arcilla-sílice.
- Se realizo el amasado de la arcilla, arena de sílice, arena y agua de acuerdo al cuadro de proporciones, para que la masa de cada tipo de proporción repose por un promedio de 24 horas.
- Se realizo el enrazado o llenado de la masa de arcilla-sílice dentro del molde de madera cepillada o gabera de 24x12x8 cm de cada proporción que resultaron 38 ladrillos crudos de arcilla-sílice.
- Los ladrillos frescos en masa que recién se fabricaron se pusieron en un lugar protegido de lluvias para el secado a la intemperie la cual es un área segura y con amplia ventilación, para que pueda tener un secado uniforme, el cual será secado durante 21 días y después de ello se llevara a laboratorio para sus ensayos correspondientes.



**Figura 22. Triturado arcilla**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 23. Adición de arena de sílice**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 24. Mezclado masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 25. Reposado masa 24 horas**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 26. Enrasado masa**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 27. Colocado muestra**

**FUENTE: Imagen Propia**

### **3.7.4 Elaboración de pilas**

#### **Materiales para pilas**

Para la construcción de pilas o prismas se utilizaron los siguientes materiales:

- Ladrillos crudos de arcilla-sílice nueve unidades
- Cemento portland tipo I
- Arena gruesa zarandeada
- Agua
- Nivel de mano, plancha de pulir, plomada, badilejo y frotacho

#### **Preparación del mortero para pilas**

La norma E 070 especifica que para la preparación del mortero estará constituido por agregado fino y una mezcla de aglomerantes; a los cuales se les tiene que añadir la cantidad necesaria que proporcione una

mezcla sin segregación del agregado trabajable y adhesiva. Se tuvo en cuenta lo establecido en la NTP 399.607. Para la presente investigación se realizó el mortero para pilas con la proporción cemento portland tipo I – arena fina: 1: 4.

#### **Procedimiento de la elaboración de pilas:**

- Se procedió con la construcción de 3 pilas con junta de mortero de concreto.
- Se empezó a elaborar las pilas de ladrillos crudos de arcilla-sílice de 3 unidades por pila, considerando aspectos de verticalidad, espesor de junta y dimensiones especificadas; estas unidades se asentaron una sobre otra con las superficies limpias de polvo y sin agua libre.
- Las pilas se construyeron verificando su verticalidad con una plomada, nivel de mano y una regla metálica.
- El espesor de las juntas de mortero fue de 1.50 cm y se controló este grosor con una regla de madera (escantillón), previamente a esta regla se le hacen unas marcas que indican la altura de cada una de las hiladas a colocar.
- Luego de terminadas las pilas se procedió con el curado de la junta con una jeringa de 20 ml.
- Pasado los 21 días, se procedió hacer el refrentado con yeso en ambas caras inferior y superior.

#### **Pilas de albañilería:**

Espesor de junta	: 1.5 cm.
Cantidad de unidades	: 3 unidades por pila.
Edad de ensayo	: 21 días.
Curado	: Vía húmeda, 2 veces por día a la junta

Altura

: 28.3 cm



**Figura 28. Asentado de pila**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 29. Control con plomada**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 30. Control con nivel de mano**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 31. Curado de juntas**

**FUENTE: Imagen Propia**

### **3.7.5 Procedimientos por cada tipo de ensayo:**

#### **Variación dimensional del ladrillo crudo de arcilla-sílice:**

Esta prueba se realiza para verificar las dimensiones de los ladrillos, ya que ninguna unidad tiene las dimensiones exactas como se indica en las especificaciones técnicas. También es necesario realizar esta prueba para determinar el espesor de las juntas de la albañilería; ya que el rango aceptable de estas es de 10 mm a 15 mm; porque la variación de la junta lleva a una albañilería con baja resistencia a la compresión y a la fuerza de corte.

#### **Procedimiento:**

El método consiste en medir las tres dimensiones de las unidades de longitud y altura, con un ancho de regla de metal calibrado:

- La longitud, ancho y alto se mide en ambos lados y en ambos extremos a partir de los puntos medios de los bordes que limitan las caras, registra esas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y registra su promedio con una aproximación de 0,5 mm.





**Figura 32. Medición espécimen 1**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 33. Medición espécimen 2**

**FUENTE: Imagen Propia**

### **Alabeo del ladrillo crudo de arcilla-sílice:**

El alabeo es la curvatura cóncava o convexa que está en las caras más grandes del ladrillo. El efecto de alabeo es muy similar a la de la variación dimensional, ya que, al determinar el espesor de las juntas, esto influye en la resistencia a la compresión y la resistencia al corte de albañilería.

La NTP recomienda considerar 4 casos de distorsión en la superficie:

- Superficies Cóncavas
- Bordes Cóncavos
- Superficies Convexas
- Bordes Convexos

### **Procedimiento:**

A continuación, se describirán los procedimientos realizados en las dos caras mayores del ladrillo. (NTP 399.018):

- Para medir la superficie cóncava, coloque la regla metálica milimetrada, esta se coloca en forma diagonal en el centro de las caras paralelas al del asiento.
- Para la medición de la convexidad; con la ayuda de la regla metálica se coloca en forma diagonal de vértice a vértice, en el centro de las caras y se procedió a medir el alabeo.



**Figura 34. Medicion espécimen 1**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 35. Medicion espécimen 2**

**FUENTE: Imagen Propia**

## **Ensayo de erosión por caída de agua del ladrillo crudo de arcilla-sílice:**

### **Método Geelong:**

La característica del Método Geelong es dejar caer agua por goteo. Se deja caer agua a través de una mecha de weltext u otro de 16 mm de ancho colocada unos 6 cm (60mm) por debajo del nivel inicial del agua, desde una altura de 40 cm hacia una muestra inclinada 27° respecto de la horizontal. Se controla un volumen de 100ml de agua mediante la probeta graduada y luego se mide la profundidad de erosión del hoyo que se forma con una varilla de 3 mm de diámetro.

### **Materiales para ensayo método Geelong:**

Para la realización de este ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- Dos unidades de ladrillos crudos de arcilla-sílice de acuerdo a la norma internacional SAZS 724 (Zimbabue)
- Soporte universal
- Vaso de precipitación de 400 ml
- Pinza de laboratorio de tres dedos
- Tubo de vidrio en u de laboratorio de 5mm de diámetro
- Manguera para alimentación de agua de 10mm

### **Procedimiento del ensayo del método Geelong:**

- Se selecciono dos unidades de albañilería para el ensayo de acuerdo a la norma
- Se fijo la altura de acuerdo a la norma en el soporte universal
- Se fijo la pinza de laboratorio de tres dedos con el vaso de precipitación de 400 ml
- Se conecto a través de una manguera la fuente de alimentación a un caño en el laboratorio



Figura 36. Método geelong

FUENTE: Imagen Propia



Figura 37. Verificación de la oquedad

FUENTE: Imagen Propia

### **Método SAET:**

La característica del método SAET es dejar caer agua por escorrentía. Se deja caer una corriente de agua a través de un tubo de 5 mm de diámetro, por un período de 10 minutos, desde un depósito cuyo nivel se mantiene constante a 150 cm (1500 mm) de altura respecto a la muestra, que se encuentra inclinado 27°. Se mide la profundidad de erosión del hoyo formado con una varilla de 3mm de diámetro y se calcula la pérdida de peso por escorrentía.

### **Materiales para ensayo método SAET:**

Para la realización de este ensayo se utilizaron los siguientes materiales:

- Dos unidades de ladrillos crudos de arcilla-sílice de acuerdo a la norma española UNE 41410
- Soporte universal
- Recipiente de 3 Lt
- Pinza de laboratorio de tres dedos
- Tubo de vidrio de laboratorio de 5mm de diámetro
- Manguera para alimentación de agua de 10mm

### **Procedimiento del ensayo del método SAET:**

- Se selecciono dos unidades de albañilería para el ensayo de acuerdo a la norma
- Se fijo la altura de acuerdo a la norma en el soporte universal
- Se fijo la pinza de laboratorio de tres dedos con el recipiente de tres Lt
- Se conecto a través de una manguera la fuente de alimentación a un caño en el laboratorio



Figura 38. Método SAET

FUENTE: Imagen Propia

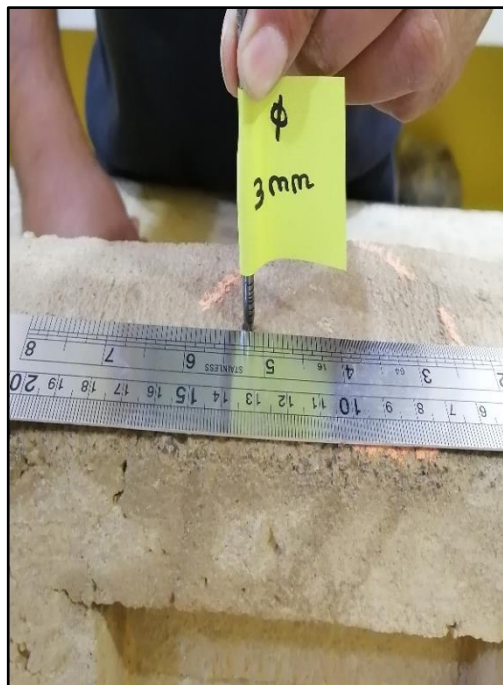


Figura 39. Verificación de la oquedad

FUENTE: Imagen Propia

### **Ensayos de laboratorio para propiedades mecánicas:**

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la NTP 339.613, la NTP 331.018

### **Preparación de los especímenes para unidades y pilas:**

Se utilizaron unidades completas para esta prueba, para la cual las superficies de ladrillos serán refrentados en una capa de 3 mm de espesor, esta capa se aplicará 24 horas antes de la prueba; de modo que la superficie no presente desnivel actual en relación con el cabezal de la máquina compresora para obtener resultados más consistentes. A cada unidad y pila de ladrillo crudo de arcilla-sílice se coloca el capping de yeso para que exista una distribución uniforme de carga en la superficie en donde estará en contacto con la placa metálica.



**Figura 40. Refrentado de espécimen**

**FUENTE: Imagen Propia**





**Figura 41. Nivelado de espécimen**

**FUENTE: Imagen Propia**

**Procedimientos por cada tipo de ensayo:**

**Ensayo de resistencia a la compresión de unidades muestra patrón de control:**

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la Norma ITINTEC 331.018 y 331.019.

**Procedimiento:**

- Se realizó el ensayo de una unidad con dimensiones de 24x12x8 cm
- Las muestras tienen un secado de 7 días
- Se toman las dimensiones del ladrillo para determinar el área de la cara de contacto entre el ladrillo y la máquina compresora.

- Se coloca la muestra a la maquina compresora haciendo coincidir el eje de la maquina con el eje longitudinal de la muestra.
- Se aplicó la carga axial con una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de 1.25 mm/min. Esto para determinar la carga de rotura.
- Las unidades llegaron a la rotura presentando dos tipos de fallas ya previstas: fallas por aplastamiento (de forma más común) y fallas por corte debido a la aplicación de carga vertical.



**Figura 42. Muestra patrón de control 01**

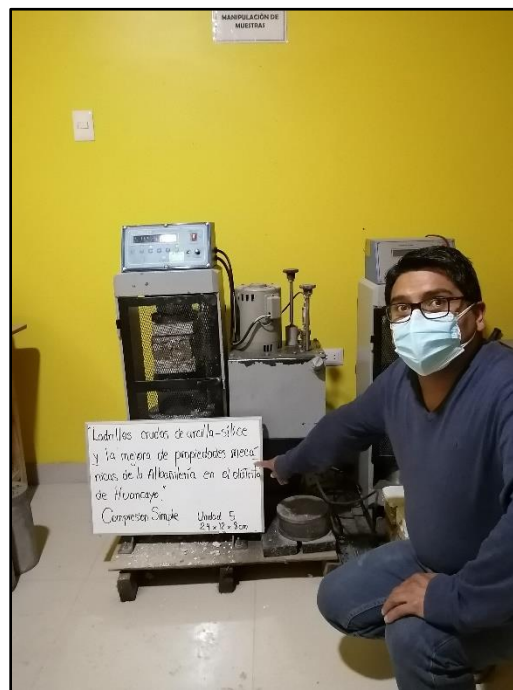
**FUENTE: Imagen Propia**

### **Ensayo de resistencia a la compresión de unidades:**

El ensayo de compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la Norma ITINTEC 331.018 y 331.019.

### Procedimiento:

- Se realizó el ensayo de cinco unidades con dimensiones de 24x12x8 cm
- Las muestras tienen un secado de 21 días
- Se toman las dimensiones del ladrillo para determinar el área de la cara de contacto entre el ladrillo y la máquina compresora.
- Se coloca la muestra a la máquina compresora haciendo coincidir el eje de la máquina con el eje longitudinal de la muestra.
- Se aplicó la carga axial con una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de 1.25 mm/min. Esto para determinar la carga de rotura.
- Las unidades llegaron a la rotura presentando dos tipos de fallas ya previstas: fallas por aplastamiento (de forma más común) y fallas por corte debido a la aplicación de carga vertical.



**Figura 43. Muestra resistencia compresión unidad**

FUENTE: Imagen Propia



Figura 44 Figura 44. Muestra rotura de unidad

FUENTE: Imagen Propia

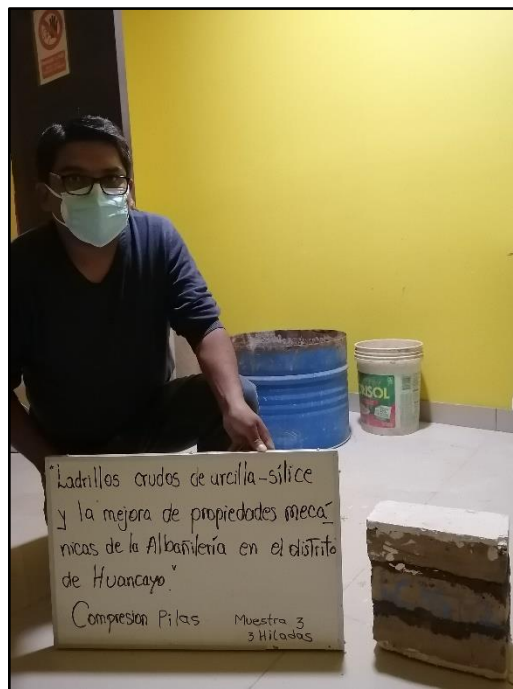
### Ensayo de resistencia a la compresión axial (pilas de ladrillos crudos de arcilla-silíce):

Las pilas son muestras de albañilería compuesto por dos o más hiladas de unidades de albañilería, unidas entre sí con capas horizontales de mortero. Estas al someterlos a carga de rotura nos darán como resultado el  $f_m$  necesarios para el diseño de muros.

#### Procedimiento:

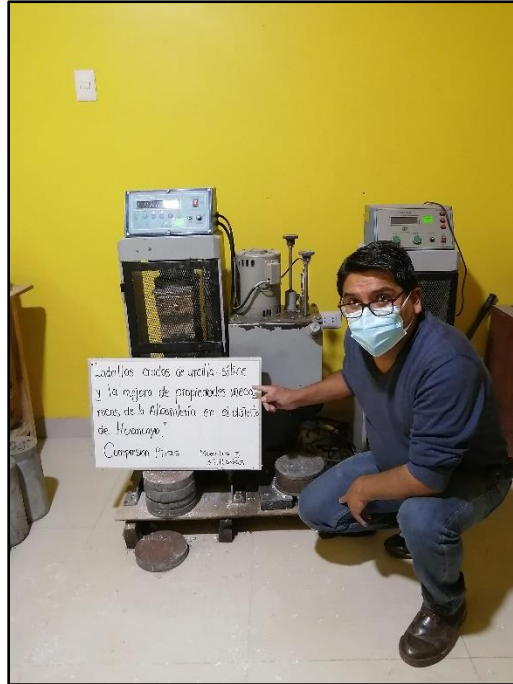
- Se realizó el ensayo de 3 pilas, cada pila de 3 unidades de acuerdo a la norma
- Las pilas tenían un tiempo de secado de 21 días
- Para el ensayo de la tracción de los ladrillos, se realizaron siguiendo las indicaciones de la Norma Técnica Peruana 399.613.

- Con la regla metálica se tomaron las dimensiones del ladrillo, siendo el ancho y el espesor.
- Se procedió a colocar la muestra con la cara mayor más plana sobre los soportes y en la parte superior del ladrillo se colocó la placa de acero.
- El ensayo consistió en someter a la unidad de pilas a la acción de una carga concentrada creciente a una velocidad de desplazamiento de 1.25 mm/min;
- Se aplicó la carga hasta que se produzca rotura por aplastamiento en las pilas. Durante el comportamiento que desempeñó las pilas ante las cargas axiales se analizó la forma en la que fallan estos prismas.



**Figura 45. Muestra de pila**

**FUENTE: Imagen Propia**



**Figura 46. Muestra rotura de pila**

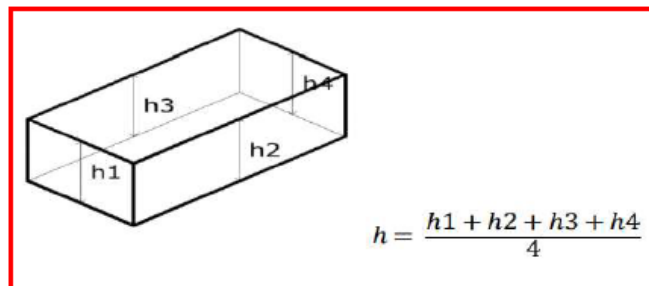
**FUENTE: Imagen Propia**

### **3.8 Técnicas y Análisis de Datos**

#### **3.8.1 Propiedades Físicas:**

##### **Variación Dimensional:**

Para fines de cálculo se tomaron las dimensiones de Largo, Ancho y la Altura para esta última se promedia sus 04 alturas en mm medidos en las superficies, como se muestra en la figura inferior para la altura  $h$ . La variación dimensional se determinó para cada arista de las 10 unidades de albañilería de los ladrillos crudos de arcilla-sílice.



**Figura 47. Altura variación dimensional**

**FUENTE: Imagen google**

**Tabla 17. Variación de dimensional de ladrillos crudos 50% arcilla y 50% de arena de sílice**

N°	LARGO				ANCHO				ESPESOR			
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	E1	E2	E3	E4
M-1	240.6	240.5	239.4	240.5	120.3	120.0	121.1	120.0	79.9	79.8	80.0	80.1
M-2	239.8	240.1	240.2	240.3	120.4	120.0	120.3	120.4	80.1	80.2	79.9	79.6
M-3	240.2	240.1	239.8	240.1	120.0	121.0	120.3	120.0	80.3	80.4	79.8	79.9
M-4	240.1	240.3	240.0	240.0	120.5	120.3	121.0	121.0	80.1	79.9	80.2	80.0
M-5	240.2	240.3	240.1	240.2	121.3	120.4	120.5	120.0	80.1	79.8	79.9	80.0
M-6	240.1	240.5	240.6	239.8	120.0	120.2	120.0	120.1	80.1	79.9	80.4	80.2
M-7	240.1	239.9	240.1	240.1	120.3	121.3	120.5	120.4	79.9	79.8	80.2	80.1
M-8	239.6	239.8	240.1	240.1	120.1	120.0	120.0	120.0	80.4	80.2	80.1	79.9
M-9	239.8	240.2	240.1	240.1	120.2	121.0	120.4	120.5	80.4	80.2	80.1	79.8
M-10	240.1	240.2	239.8	240.1	120.0	120.4	120.0	120.3	80.1	79.9	80.1	80.1

**Fuente: Elaboración Propia**

Para obtener la variación dimensional se calculó primeramente el promedio total del largo, ancho y espesor de cada unidad de ladrillo; así como la desviación estándar de cada una de ellas. Para el cálculo de variación dimensional expresada en porcentaje y según la norma E.070, se obtiene como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100 (coeficiente de variación), tal como se muestra en la ecuación:

$$V\% = \frac{\sigma}{x} 100$$

Donde:  
 $\sigma$  = desviación estándar.                       $x$  = dimensión promedio.

**Figura 48. Variación dimensional**

**FUENTE: Imagen google**

**Tabla 18. Desviación estándar y valor final**

N°	PROMEDIO			PROMEDIO TOTAL			DESVIACION ESTANDAR			VALOR FINAL		
	L	A	E	L	A	E	L	A	E	L	A	E
M-1	240.25	120.35	79.95	240.10	120.36	80.05	0.11	0.23	0.08	239.99	120.13	79.97
M-2	240.10	120.28	79.95									
M-3	240.05	120.33	80.10									
M-4	240.10	120.70	80.05									
M-5	240.20	120.55	79.95									
M-6	240.25	120.08	80.15									
M-7	240.05	120.63	80.00									
M-8	239.90	120.03	80.15									
M-9	240.05	120.53	80.13									
M-10	240.05	120.18	80.05									

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 19. Resultado variación dimensional**

DIMENSION	VARIACION FINAL (%)
L	0.05
A	0.19
E	0.10

Fuente: Elaboración Propia

### Alabeo:

Para la toma de Datos se consideró las medidas tomadas en los ensayos de alabeo de cada una de las unidades de albañilería por tipo de muestra. Como indica la norma E.070, el alabeo de la unidad de albañilería será tomado como el valor promedio. El resultado obtenido en milímetros indica si la unidad es cóncava o convexa.

**Tabla 20. Concavidad y convexidad ladrillo crudo arcilla-sílice**

N°	CARA SUPERIOR		CARA INFERIOR	
	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)	CONCAVIDAD (mm)	CONVEXIDAD (mm)
M-1	1.10	0.00	0.70	0.00
M-2	0.50	0.05	0.02	0.10
M-3	0.00	2.00	1.01	1.50
M-4	1.30	0.03	0.00	1.30
M-5	0.40	1.00	0.00	2.00
M-6	1.10	0.09	0.30	0.00



M-7	0.00	0.07	0.50	0.00
M-8	0.00	1.00	1.10	1.10
M-9	0.30	0.00	0.00	0.20
M-10	1.10	0.00	0.00	2.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21. Resultado alabeo

PROMEDIO	CONCAVIDAD (mm)	0.47
	CONVEXIDAD (mm)	0.62
ALABEO (mm)		1

Fuente: Elaboración Propia

### Ensayo erosión por caída de agua:

#### Método Geelong:

Se realizó este ensayo para ver el comportamiento del ladrillo crudo de arcilla-sílice a través del agua y la oquedad que causa.

Tabla 22. Resultado método de ensayo Geelong

MUESTRA	METODO GEELONG	
	LCAS 1	LCAS 2
Profundidad de perforación	0 mm	0 mm
Pérdida de peso	0%	0%
Condición	APTO	APTO

Fuente: Elaboración Propia

#### Método SAET:

Se realizó este ensayo para ver el comportamiento del ladrillo crudo de arcilla-sílice a través del agua y la oquedad que causa.

Tabla 23. Resultado método de ensayo SAET

MUESTRA	METODO SAET	
	LCAS 1	LCAS 2
Profundidad de perforación	0 mm	0 mm
Pérdida de peso	0%	0%
Condición	APTO	APTO

Fuente: Elaboración Propia

### 3.8.2 Propiedades mecánicas:

#### Resistencia de compresión axial de unidades:

Con los datos de la carga ejercida por la máquina de compresión y mediciones de la cara de contacto de unidad de albañilería que fueron ensayadas por compresión axial, se realizó un análisis con el siguiente procedimiento:

$$A = \text{Largo} * \text{Ancho}$$

$$f'b = \frac{P_{max}}{A}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{prom})^2}{n - 1}}$$

$$RES. CARAC. = Prom. - S$$

Dónde:

L: Largo de la unidad

A: Ancho de la unidad

A: Área bruta del espécimen

f'b: Resistencia a la compresión del espécimen (kg/cm<sup>2</sup>)

Pmax.: Carga máxima

S: Desviación estándar

De lo anterior se desprende que: la resistencia a la compresión axial, se determinó dividiendo la carga de rotura (Pmax), en el área bruta (A) de la unidad y la resistencia característica se obtendrá restando la desviación estándar al valor promedio de la muestra. Para la resistencia de compresión de unidades, se tomaron primeramente las dimensiones

como longitud, altura y espesor; así como la carga de rotura dada en el ensayo, puesto que se nos da en KN, convertimos a Kg-f.

**Tabla 24. Resistencia característica compresión simple en ladrillos crudos de arcilla-sílice**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg-f)	RESISTENCIA COMPRESION f' b (kg-f/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COMPRESION (MPa)
M-1	24.20	12.30	8.10	297.66	15000.39	50.39	4.94
M-2	24.15	12.20	8.30	294.63	15184.00	51.54	5.05
M-3	24.30	12.10	8.20	294.03	14825.43	50.42	4.94
M-4	24.10	12.30	8.10	296.43	14912.29	50.31	4.93
M-5	24.30	12.15	8.25	295.25	14996.12	50.79	4.98
<b>S</b>							0.51
<b>PROM.</b>							50.69
<b>RES. CARAC.</b>							50.18

Fuente: Elaboración Propia

#### Resistencia de Compresión Axial En Pilas:

La resistencia a la compresión f'm está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal. Es una de las principales propiedades de la unidad de albañilería, valores altos indican que son de buena calidad para fines estructurales y de exposición; en cambio valores bajos, indican poca resistencia y poca durabilidad. El cálculo de la resistencia en compresión f'm, se determinó con la ecuación.

$$f'm = C \frac{P_{max}}{Area}$$

Donde:

f'm: Resistencia a la Compresión axial en pilas

Pmax: Carga máxima

A: Área de la unidad de albañilería

C: Coeficiente de corrección por esbeltez

Donde C es un coeficiente de corrección por esbeltez, y toma valores según la Tabla 25, si la esbeltez estuviera entre 2 valores se hace una simple interpolación para asignar el valor de la misma.

**Tabla 25. Factores de corrección de  $f'm$  por Esbeltez**

FACTORES DE CORRECCIÓN DE $f'm$ POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

**FUENTE:** Norma E070

Para la presente investigación se tomó el valor de 1.00, para el coeficiente pues las pilas fueron ensayadas a los 21 días.

**Tabla 26. Incremento de  $f'm$  por Edad**

INCREMENTO DE $f'm$ POR EDAD			
EDAD		14 DÍAS	21 DÍAS
MURETES	LADRILLOS DE ARCILLA	1.15	1.05
	BLOQUES DE CONCRETO	1.25	1.05
PILAS	LADRILLOS DE ARCILLA Y BLOQUES DE CONCRETO	1.10	1.00

**FUENTE:** Tabla de la Norma E070

Para la toma de datos del ladrillo en pilas, se tomaron primeramente las dimensiones como longitud, altura y espesor; así como la carga de rotura dada en el ensayo; puesto que se nos da en KN; convertimos a Kg-f. Se calculó la esbeltez que está dada por la altura entre el espesor, para hallar el factor de corrección se interpola la esbeltez obtenida con el cuadro de factores de corrección. El coeficiente I se halla en base a la edad de los prismas, esta se compara con la tabla de incremento por edad. Y por último la resistencia característica se obtendrá restando la desviación estándar al valor promedio de la muestra.

**Tabla 27. Resistencia a la compresión en pilas en los ladrillos crudos de arcilla-sílice**

PILA	ESPELOR (cm)	LONGITUD (cm)	ALTURA (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	P (kg-F)	ESBELTEZ	FACTOR DE CORRECCION	f'm (P/A) APARENTE	RESIST. CORREG.	COEF. I	RESIST. CARACT.
P-01	12.20	24.30	28.30	296.46	13685.50	2.32	0.775	46.16	35.78	1.00	35.78
P-02	12.30	24.30	28.20	298.89	13700.59	2.29	0.770	45.84	35.30	1.00	35.30
P-03	12.25	24.20	28.25	296.45	13945.12	2.31	0.773	47.04	36.36	1.00	36.36
										<b>S</b>	0.53
										<b>PROMEDIO</b>	35.81
										<b>PROM. - S</b>	35.28

**FUENTE: Elaboración Propia**

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Resultados y clasificación según normas**

Con la obtención de los resultados de los diferentes ensayos tanto físicos como mecánicos se podrán utilizar dichos datos para los diseños estructurales.

##### **4.1.1 Resultados de las propiedades físicas:**

###### **Variación dimensional:**

Como se puede apreciar en el cuadro adjunto, se sacó un promedio final de cada dimensión geométrica y por cada tipo ladrillo, estos se contrastaron con la Norma E070. Clasificación de las unidades para fines estructurales; notamos que los ladrillos crudos de arcilla-sílice califican como ladrillo tipo V.

**Tabla 28. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales**

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f <sub>b</sub> mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

**Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.**

**Tabla 29. Cuadro comparativo de variación dimensional**

MUESTRA	DENO. MUESTRA	L.PROMEDIO (mm)	L(%)	A.PROMEDIO (mm)	A(%)	E.PROMEDIO (mm)	E(%)	SEGÚN NTP E.070
LCAS	LCAS-01	240.10	0.05	120.36	0.19	80.05	0.10	TIPO V

**FUENTE: Elaboración Propia**

**Alabeo:**

Como se puede apreciar en el cuadro adjunto, se sacó un promedio final de concavidad y convexidad de cada dimensión geométrica y por cada tipo ladrillo; contrastándolos con la NORMA E070.; notamos que los ladrillos crudos de arcilla-sílice califican como ladrillo TIPO V.

**Tabla 30. Cuadro comparativo de alabeo**

MUESTRA	DENO. MUESTRA	CONCAVIDAD(mm)	CONVEXIDAD(mm)	ALABEO (mm)	SEGÚN NTP E.070
LCAS	LCAS-01	0.47	0.62	1	TIPO V

**FUENTE: Elaboración Propia**

**Ensayo de erosión por caída de agua:**

**Método Geelong:**

Como se puede apreciar en el cuadro adjunto, se realizó el ensayo no habiendo erosionado el ladrillo crudo, donde no se evidencio una oquedad mayor a los 10 mm; contrastándolos con la norma internacional SAZS 724 (Zimbabue), notamos que las dos unidades de ladrillos crudos de arcilla-sílice califican como APTOS.

**Tabla 31. Cuadro indicador máximo oquedad – Geelong**

MUESTRA	METODO GEELONG		INDICADOR MAXIMO DE OQUEDAD	RESTRICCION
	LCAS 1	LCAS 2		
Profundidad de perforación	0 mm	0 mm	0 mm	≤ 10 mm
Pérdida de peso	0%	0%	0%	≤ 5%
<b>Condición</b>	<b>APTO</b>	<b>APTO</b>	<b>APTO</b>	

FUENTE: Elaboración Propia

#### **Método SAET:**

Como se puede apreciar en el cuadro adjunto, se realizó el ensayo no habiendo erosionado el ladrillo crudo, donde no se evidencio una oquedad mayor a los 10 mm; contrastándolos con la norma española UNE 41410, notamos que las dos unidades de ladrillos crudos de arcilla-sílice califican como APTOS.

**Tabla 32. Cuadro indicador máximo oquedad – SAET**

MUESTRA	METODO SAET		INDICADOR MAXIMO DE OQUEDAD	RESTRICCION
	LCAS 1	LCAS 2		
Profundidad de perforación	0 mm	0 mm	0 mm	≤ 10 mm
Pérdida de peso	0%	0%	0%	≤ 5%
<b>Condición</b>	<b>APTO</b>	<b>APTO</b>	<b>APTO</b>	

FUENTE: Elaboración Propia

#### **4.1.2 Resultados de los ensayos mecánicos:**

##### **Resistencia de compresión de unidades:**

Según los resultados adjuntos por cada tipo de ladrillo se contrasto con la con tabla 1 de la NORMA E070:

**Tabla 33. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales**



CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

Tabla 34. Resultado de clasificación resistencia compresión unidades

MUESTRA	DENO. MUESTRA	$f_b$ RESIS. CARACT.(kg/cm <sup>2</sup> )	RESIS. COMP. (Mpa)	SEGÚN NTP E.070
LCAS	LCAS-01	50.18	4.92	TIPO I

FUENTE: Elaboración Propia

### Resistencia de compresión axial de pilas:

De acuerdo a la Tabla 9 (del RNE E.070) la resistencia de las pilas el ladrillo crudo de arcilla-sílice, calificaría entre las unidades de King Kong Artesanal.

Tabla 35. Resistencias Características de la Albañilería

TABLA 9 (**) RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f_b$	PILAS $f_m$	MURETES $v_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

FUENTE: Norma E070

**Tabla 36. Resumen de resistencia característica pilas**

<b>MUESTRA</b>	<b>DENO. MUESTRA</b>	<b>f<sub>m</sub> RESIS. PROM.(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>RESIS. FINAL (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>SEGÚN NTP E.070</b>
<b>LCAS</b>	LCAS-01	35.81	35.28	King Kong Artesanal

**FUENTE:** Elaboración Propia

## **CAPITULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusión 01:**

El objetivo específico fue verificar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el distrito de Huancayo al adicionar diferentes proporciones de 50% de arcilla y 50% de arena de sílice, al respecto cabe notar que los resultados de este ensayo fueron que para el ladrillo crudo de arcilla-sílice sin estabilizar se obtuvo como resultado de resistencia característica 50.18 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose los ladrillos crudos de arcilla-sílice como ladrillo tipo I respectivamente, mejorando significativamente su resistencia a la compresión simple en unidades de albañilería,

comparados con respecto al resultado de compresión simple de unidades obtenido por los Ingenieros (Carrasco Diaz & Tinoco Orihuela,

2018), en la tesis titulada “Elaboración de Ladrillos Ecológicos a partir de Arena de Sílice y Arcillas Mixtas Procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C. Chacapalpa/Oroya –Yauli – Junín”. Con respecto al ensayo de resistencia a la compresión para los ladrillos estabilizados con 10, 15 y 20 %, los resultados fueron los siguientes: LSE 20%, 123.33 Kg. /cm<sup>2</sup>; LSE 15%, 81.96 Kg. /cm<sup>2</sup>; y LSE 10%, 63.23 Kg. /cm<sup>2</sup>, por ende los ladrillos son aptos porque sí cumplen la resistencia mínima requerida para los ladrillos de tipo I recomendado en la norma E.070.

Comparados además en el moldeo de los ladrillos crudos de arcilla-sílice, en la presente investigación se demostró que se puede optar por el método de vaciado y moldeo a mano en un molde o gubera artesanal con dimensiones de 24x12x8 cm, utilizando también un pisón de concreto dándole así 20 golpes al moldeo para realizar una buena compactación.

Se concluye y se aporta que la elaboración de los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar, es una alternativa de unidad de albañilería por presentar adecuadas características mecánicas que el ladrillo convencional.

## **5.2. Discusión 02:**

El objetivo específico fue Analizar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo al incorporar diferentes proporciones de 50% de arcilla y 50% de arena de sílice. Cuyo resultado fue lo siguiente: para los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar presento como resistencia característica final un f<sub>m</sub>: 35.28 kg/cm<sup>2</sup>. Es así que las resistencias obtenidas con ladrillos crudos de arcilla-sílice cumplen con la Norma E070 y clasifican como KK artesanal,

comparados con respecto al resultado de resistencia a la compresión axial en pilas, el resultado obtenido por la ingeniera (Guadalupe

Huamán, 2019), en su tesis: “Diseño de Ladrillo Artesanal con Vidrio Triturado y Puzolana para Mejorar sus Propiedades Físico – Mecánicas”, Cuyos resultado fueron las siguientes: para el ladrillo con puzolana al 10% presento como resistencia características un f'm: 37.04 kg/cm<sup>2</sup>, con ladrillo mixto al 20% (puzolana y vidrio triturado) un f'm de 44.04 kg/cm<sup>2</sup>, con el ladrillo con 30% de vidrio triturado obtuvo un f'm de 36.28 kg/cm<sup>2</sup>. Es así que las resistencias obtenidas con ladrillos mejorados cumplen con la Norma E070 y clasifican como KK artesanal y en ladrillo mixto incluso como KK industrial y artesanal, a diferencia del ladrillo artesanal de Saños que obtuvo un f'm de 32.62 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se concluye y se aporta que la elaboración de los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar, es una alternativa de unidad de albañilería por presentar adecuadas características mecánicas que el ladrillo convencional y no necesitan ser cocidos en hornos.

### **5.3. Discusión 03:**

El objetivo específico fue Evaluar el uso de la arcilla y arena de sílice en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo, al adicionar diferentes proporciones de 50% de arcilla y 50% de arena de sílice, al respecto cabe notar que los resultados de este ensayo fueron que para el ladrillo crudo de arcilla-sílice sin estabilizar se obtuvieron como resultados del ensayo de erosión por caída de agua (ensayo durabilidad) método Geelong y SAET, para el método Geelong: 0mm de profundidad de perforación y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos y para el método SAET: 0mm de profundidad de perforación y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos. De acuerdo a los parámetros de evaluación de los procedimientos Geelong y SAET, el bloque se considera “apto” si la profundidad de perforación (oquedad) es menor a 10mm y la pérdida de peso menor a 5%. Por lo tanto, los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar se consideran como “aptos” según estos procedimientos.

la razón por la cual no se observó ninguna erosión en los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar, se debe a que los ensayos de erosión por caída de agua Geelong y SAET son más adecuados para materiales de tierra sin estabilizar como el adobe y el tapial (Cid Falceto, 2012).

comparados con respecto al resultado del ensayo de erosión por caída de agua aplicado a ladrillos estabilizados con 20, 15,11 y 7% de cemento, el resultado obtenido por el ingeniero (Meza Lopez , 2018), en su tesis: “Evaluación de Ensayos de Erosión Acelerada Aplicados a Ladrillos de Tierra Comprimida, para la Construcción de Muros Perimétricos en Huancayo”, Cuyos resultados fueron las siguientes: para el método Geelong: 0mm de profundidad máxima de erosión y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos y para el método SAET: 0mm de profundidad máxima de erosión y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos. De acuerdo a los parámetros de evaluación de los procedimientos Geelong y SAET, el bloque se considera “apto” si la profundidad máxima de erosión es menor a 10mm y la pérdida de peso menor a 5%. Por lo tanto, los ladrillos estabilizados con 20, 15,11 y 7% de cemento de consideran como “aptos” según estos procedimientos.

Comparados además en el moldeo de los ladrillos crudos de arcilla-sílice, en la presente investigación se demostró que se puede optar por el método de vaciado y moldeo a mano en un molde o gabela artesanal con dimensiones de 24x12x8 cm, utilizando también un pisón de concreto dándole así 20 golpes al moldeo para realizar una buena compactación.

Se concluye y se aporta que la elaboración de los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar, es una alternativa de unidad de albañilería por presentar adecuadas características en los ensayos de erosión por caída de agua (ensayo durabilidad) método Geelong y SAET.

## CONCLUSIONES

- 1) Se verifico los resultados del uso de la arcilla y arena de sílice (50% arcilla y 50% arena de sílice) en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo ( $f'b$ ) en el Distrito de Huancayo, con respecto a ello se concluye que se obtuvo como resultado una resistencia a la compresión de unidades con un ( $f'b$ ) de 50.18 kg/cm<sup>2</sup> clasificándose como ladrillo tipo I, cumpliendo con la NTE E.070.
- 2) Se analizo los resultados del uso de la arcilla y arena de sílice (50% arcilla y 50% arena de sílice) en la resistencia a la compresión axial en pilas ( $f'm$ ) del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo, se concluye que se obtuvo como resultado un  $f'm$  de 35.28 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose como king kong artesanal de acuerdo a la NTE E.070.

- 3) Se evaluaron los resultados del uso de la arcilla y arena de sílice (50% arcilla y 50% arena de sílice) en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo, ensayos de erosión por caída de agua por el método Geelong y por el método SAET, se concluye obteniéndose como resultado, para el método Geelong: 0mm de profundidad de perforación y 0.00% de pérdida de peso en todos los casos y para el método SAET: 0mm de profundidad de perforación y 0.00% de pérdida de peso de acuerdo a la norma internacional SAZS 724 (Zimbabue) método Geelong y de acuerdo a la norma española UNE 41410 método SAET. Por lo tanto, los ladrillos crudos de arcilla-sílice sin estabilizar se consideran como “aptos” según estos procedimientos.



## **RECOMENDACIONES**

- 1) Se recomienda el uso de arena de sílice de la concesión Santa Rosa 94-I LLoclapampa Jauja - Junín debido a que presenta una gama completa de propiedades físicas y mecánicas óptimas para la obtención de resultados adecuados en la producción de ladrillos crudos de arcilla y sílice. Del mismo modo, no es necesario el uso de una máquina para fabricar ladrillos, el molde de madera pulida es suficiente, pero con el proceso y el asesoramiento correctos obtendrá el bloque de construcción definitivo para la industria de la construcción.
- 2) Para el diseño de una vivienda, es necesario diseñar un muro que pueda soportar cargas estructurales (mampostería confinada y armada), y con el propósito de modelar y analizar la dinámica

estructural de una casa o edificación usando programas de computadora, se recomienda realizar muestras de ensayo de la unidad para determinar el valor de la unidad constructiva, resistencia a la compresión en unidades ( $f'b$ ) y resistencia a la compresión axial en pilas ( $f'm$ ) según NTE E. 070. Para obtener mejores resultados en mampostería estructural, ladrillos tipo IV y V, se requiere el uso de algún tipo de estabilizante.

- 3) Para la mejora de las propiedades mecánicas de la mampostería en el Distrito de Huancayo, con base en este estudio, se recomienda utilizar ladrillos crudos de arcilla y sílice sin estabilizante con 50% de arcilla y 50% de arena de sílice, ya que su indicador máximo de oquedad es cero, garantizando buena resistencia a la exposición a la lluvia y porque el resultado a la resistencia a compresión en unidades  $f'b$  es 50,18 kg/cm<sup>2</sup>, clasificándose como ladrillos de Tipo I según NTE E.070 y la resistencia a compresión axial de pilas el resultado es de  $f'm$  35,28 kg /cm<sup>2</sup>, clasificándose como King Kong artesanal según NTE E.070.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA):

- PEÑA BECERRA , E. T. (2018). *EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO ECOLÓGICO PENSADO MANUALMENTE DE ARCILLA Y ARCILLA/PLÁSTICO EN ALBAÑILERÍA CONFINADA, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2018*. CHICLAYO - LAMBAYEQUE: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN.
- AGUIRRE GASPAR, D. R. (2004). *EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LA ALBAÑILERIA PRODUCIDA CON UNIDADES FABRICADAS EN LA REGIÓN CENTRAL JUNIN*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- ARIAS. (2012). *LA POBLACIÓN ES UN CONJUNTO INFINITO O FINITO DE SUJETOS CON CARACTERÍSTICAS SIMILARES O COMUNES ENTRE SÍ*.
- ARIAS GONZALES. (2020). *PROYECTO DE TESIS: GUIA PARA LA ELABORACION*.
- BEHAR RIVERO. (2008). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- BELLO. (2015). *LA INVESTIGACION TECNOLOGICA: O CUANDO LA SOLUCION ES EL PROBLEMA*.
- BENITO CUBA , O. A., & HUAMAN MENDOZA, I. C. (2014). *OPTIMIZACION Y MODERNIZACION EN EL PROCESO DE OBTENCION DE ARENA DE SILICE PARA INCREMENTAR LA PRODUCCION EN LA CANTERA SANTA ROSA 94-I C.C. LLOCLLAPAMPA*. HUANCAYO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- CAIZA YUNGÁN, K. J. (2017). "ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN ENTRE EL HORMIGÓN ( $F'c = 240 \text{ KG/CM}^2$ ), HORMIGÓN CON ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y HORMIGÓN CON ADICIÓN DE CENIZA DE CÁSCARA DE TRIGO UTILIZANDO AGREGADOS PERTENECIENTES A LA PLANTA DE TRITURACIÓN "JAIME VACA". AMBATO-ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- CARRASCO DIAZ , E. L., & TINOCO ORIHUELA, D. C. (2018). *ELABORACION DE LADRILLOS ECOLOGICOS A PARTIR DE ARENA DE SILICE Y ARCILLAS MIXTAS PROCEDENTES DE LA COMPAÑIA MINERA SIERRA CENTRAL S.A.C. CHACAPALPA/OROYA - YAULI - JUNIN*. HUANCAYO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- CID FALCETO, M. A. (2012). *ENSAYO DE EROSION POR CAIDAD DE AGUA*. ESPAÑA: MADRID.

- ECHEVERRIA GARRO, E. R. (2017). *LADRILLOS DE CONCRETO CON PLÁSTICO PET RECICLADO*. CAJAMARCA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.
- GALLEGOS. (1989). *HISTORIA DE ALBAÑILERÍA EN EL PERÚ Y EL MUNDO*. MEDIO ORIENTE: GALLEGOS.
- GALLEGOS, H. (1989). *ALBAÑILERÍA ESTRUCTURAL*. PERU: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- GUADALUPE HUAMÁN, J. Y. (2019). *DISEÑO DE LADRILLO ARTESANAL CON VIDRIO TRITURADO Y PUZOLANA PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS*. HUANCAYO: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES.
- HERNÁNDEZ ET AL. (2006: 2003). *DISEÑOS CUASI EXPERIMENTALES*.
- HERNÁNDEZ S. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. MEXICO D.F.: MC GRAW HILL EDUCATION.
- HOUBEN, & GUILLARD. (1994). *ANTECEDENTES TIERRA*.
- INEGI. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- MEJIA. (2005). *LA POBLACIÓN ES LA TOTALIDAD DE ELEMENTOS DEL ESTUDIO, ES DELIMITADO POR EL INVESTIGADOR SEGÚN LA DEFINICIÓN QUE SE FORMULE EN EL ESTUDIO. LA POBLACIÓN Y EL UNIVERSO TIENEN LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS POR LO QUE A LA POBLACIÓN SE LE PUEDE LLAMAR UNIVERSO O DE FORMA CONTRARIA, AL UNIVERSO POBLACIÓN*.
- MEZA LOPEZ , J. (2018). *EVALUACIÓN DE ENSAYOS DE EROSIÓN ACELERADA APLICADOS A LADRILLOS DE TIERRA COMPRIMIDA, PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS PERIMÉTRICOS EN HUANCAYO*. HUANCAYO: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- ÑAUPAS PAITÁN. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA CUALITATIVA Y REDACCIÓN DE LA TESIS*.
- SAN BARTALOME, R. (1994). *CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA, COMPORTAMIENTO SÍSMICO Y DISEÑO ESTRUCTURAL*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.
- ZHUNAUULA SACA, C. E. (2016). *CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LAS ARENAS SILÍCEAS CON FINES DE INDUSTRIALIZACIÓN, UBICADAS EN EL SECTOR SAN ROQUE, PARROQUIA PACHICUTZA, CANTÓN EL PANGUI, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE*. LOJA-ECUADOR: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

# **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE LA TESIS: LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA - SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO  
 TESISISTA: BACH. JULIO CESAR CAHUAYA CHOQUE

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General.</b>                      ¿Haciendo uso de la arcilla y arena de sílice, cómo mejora las propiedades mecánicas de albañilería en los ladrillos crudos del Distrito de Huancayo Junín?</p> <p><b>Problemas Específicos.</b>                      ¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?</p> <p>¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?</p> <p>¿En qué medida influye el uso de la arcilla y arena de sílice en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo?</p>	<p><b>Objetivo general.</b>                      Comprobar la mejora en la elaboración de ladrillos crudos de arcilla y arena de sílice de la albañilería para verificar las propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo.</p> <p><b>Objetivos específicos.</b>                      Verificar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p> <p>Analizar el uso de la arcilla y arena de sílice en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p> <p>Evaluar el uso de la arcilla y arena de sílice en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p>	<p><b>Hipótesis general.</b>                      La utilización de arcilla y arena de sílice del ladrillo crudo contribuye positivamente para sus propiedades mecánicas en el Distrito de Huancayo.</p> <p><b>Hipótesis específica.</b>                      El empleo de arcilla y arena de sílice influye significativamente en la resistencia a la compresión del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p> <p>El empleo de arcilla y arena de sílice influye significativamente en la resistencia a la compresión axial en pilas del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p> <p>El empleo de arcilla y arena de sílice influye significativamente en la durabilidad del ladrillo crudo en el Distrito de Huancayo.</p>	<p><b>Variable dependiente.</b>                      Propiedades mecánicas:</p> <p>Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo crudo.</p> <p>Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas.</p> <p>Ensayo de erosión por caída de agua método geelong y saet.</p> <p>Ensayo de variación dimensional y alabeo</p> <p><b>Variable independiente.</b></p> <p>Arcilla.</p> <p>Arena de sílice.</p>	<p><b>Método de investigación</b></p> <p><b>Método general</b>                      Bonilla y Rodríguez (2000), el método científico se entiende como el conjunto de postulados, reglas y normas para el estudio y la solución de los problemas de investigación, institucionalizados por la denominada comunidad científica reconocida.</p> <p><b>Método Especifico</b>                      Este método hipotético deductivo consiste en ir de la hipótesis a la deducción para determinar la verdad o falsedad de los hechos procesos o conocimientos mediante el principio de falsación.</p> <p><b>Tipo de investigación</b>                      El tipo de investigación es tecnológica no necesariamente ameritaría una investigación formulada y pensada de esta manera. El uso formal de la lógica deductiva, o inductiva.</p> <p><b>Nivel de investigación</b></p>

			<p><b>Muestra:</b> La muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a la población. En la presente tesis la muestra fue casi igual a la población puesto que la misma cantidad de ladrillos dada en la población, se utilizaron todas para realizar ensayos físicos y mecánicos. Entonces la muestra fue un total de 38 ladrillos crudos de arcilla-sílice adicionados con el 50% de arcilla y 50% de arena de sílice.</p> <p>Las muestras de los ladrillos crudos serán de 24x12x8 cm.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolector de datos:</b> <b>Técnicas:</b> Observación, Técnica de análisis documental, Técnicas de laboratorio</p> <p><b>Instrumentos de recolector de datos:</b> Ficha de observación de procedimiento de elaboración de ladrillo. Registro de observación de extracción de materia prima, Libros, revistas, tesis y textos especializados en albañilería, Fichas técnicas de ensayos de laboratorio. Norma NTP ITINTEC y ASTM, para procedimiento de ensayos.</p>	<p>El nivel de investigación de la tesis está dado por el Nivel Descriptivo – Explicativo.</p> <p><b>Diseño de la investigación</b> El diseño que se utilizó fue el experimental en su forma de cuasi - experimental, se estudió únicamente con <del>post-prueba</del> prueba que estuvo conformado por un grupo patrón de control y un grupo experimental (8 ensayos correspondientes). Es decir, La manipulación de variables alcanzó dos niveles presencia y ausencia de arcilla y arena de sílice.</p> <p><b>Población y muestra</b> <b>Población:</b> Desde un punto de vista específico, se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. La población de la presente tesis estuvo compuesta por unidades de albañilería manejables con una sola mano (ladrillos crudos de arcilla-sílice), la población total estuvo conformada por 46 unidades de ladrillos crudos artesanales adicionados con 50% de arcilla de la cantera del Anexo de Palian calle San Martín – Huancayo y el 50 % de arena de sílice de la cantera de la concesión Santa Rosa 94 - I <del>LLocllapampa</del> LLocllapampa – Jauja.</p>
--	--	--	--	--

# **ENSAYOS DE LABORATORIO**



Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/D50 -

**Indecopi**



**KLA FER S.A.C.**

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 00122965

**VARIACIÓN DIMENSIONAL**

EXPEDIENTE	: 178-2022
TESIS	: "LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA -SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"
TESISTA	: BACH. ING. JULIO CESAR CARHUAYA CHOQUE
FECHA	: 2022-01-28
LCAS	: 50% -50%

N°	LARGO				ANCHO				ESPESOR			
	L1	L2	L3	L4	A1	A2	A3	A4	E1	E2	E3	E4
M-1	240.6	240.5	239.4	240.5	120.3	120.0	121.1	120.0	79.9	79.8	80.0	80.1
M-2	239.8	240.1	240.2	240.3	120.4	120.0	120.3	120.4	80.1	80.2	79.9	79.8
M-3	240.2	240.1	239.8	240.1	120.0	121.0	120.3	120.0	80.3	80.4	79.8	79.9
M-4	240.1	240.3	240.0	240.0	120.5	120.3	121.0	121.0	80.1	79.9	80.2	80.0
M-5	240.2	240.3	240.1	240.2	121.3	120.4	120.5	120.0	80.1	79.8	79.9	80.0
M-6	240.1	240.5	240.6	239.8	120.0	120.2	120.0	120.1	80.1	79.9	80.4	80.2
M-7	240.1	239.9	240.1	240.1	120.3	121.3	120.5	120.4	79.9	79.8	80.2	80.1
M-8	239.8	239.8	240.1	240.1	120.1	120.0	120.0	120.0	80.4	80.2	80.1	79.9
M-9	239.8	240.2	240.1	240.1	120.2	121.0	120.4	120.5	80.4	80.2	80.1	79.8
M-10	240.1	240.2	239.8	240.1	120.0	120.4	120.0	120.3	80.1	79.9	80.1	80.1

DIMENSION	VARIACION FINAL (%)
LONGITUD	0.05
ANCHO	0.19
ESPESOR	0.10



KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
Ing. María Piedad Dueñas  
ASESORA TECNICA CEN 11500  
Especialidad en Análisis de MUEBLES  
Concreto y Geotecnia.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/D50 - Indecopi.

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE RIAL 441 - HYS CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBÓ: PSE CAMPOS 143 FREYTES U.N.C.P.

RUC 20487134911  
CEL. 945510188

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

SERVICIOS DE INGENIERIA CIVIL ESPECIALIZADA: UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS FÍSICO-MECÁNICOS EN ACQUA, YESOS, etc. ENSAYOS DE  
RESISTENCIAS ELÉCTRICAS, ESTIPESTA FÍSICA, ETC.

Registrada mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

CERTIFICADO N° 00122965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

**ENSAYO DE ALABEO EN LADRILLO CRUDOS DE ARCILLA SILICE**

EXPEDIENTE	: 178-2022
TESIS	: "LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA -SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"
TESISTA	: BACH. ING. JULIO CESAR CAHUAYA CHOCQUE
FECHA	: 2022-01-28
LCAS	: 50% -50%

N°	Cara Superior		Cara inferior	
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
M-1	1.10	0.00	0.70	0.00
M-2	0.50	0.05	0.02	0.10
M-3	0.00	2.00	1.01	1.50
M-4	1.30	0.03	0.00	1.30
M-5	0.40	1.00	0.00	2.00
M-6	1.10	0.09	0.30	0.00
M-7	0.00	0.07	0.50	0.00
M-8	0.00	1.00	1.10	1.10
M-9	0.30	0.00	0.00	0.20
M-10	1.10	0.00	0.00	2.00

PROMEDIO	CONCAVIDAD	0.47	mm
	CONVEXIDAD	0.62	mm
ALABEO		1	mm



KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Mario Peña Duchas  
Ingeniero Titulado CP- 7006  
Especialista en Mecánica de Suelos,  
Concreto y Geotecnia

Registrada mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 443 - 445 CIVILICA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBÓ : PRE CAMPOS 143 FRENTE D.V.C.P.

RUC 20487134911  
TEL. 945510168

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, RUCAS, HORMIGONES, INGENIERÍA DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO  
DE MUELLAS DE CONCRETO, ENSAYOS DE LADRILLOS EN ACER, INSULACIÓN, ENSAYOS DE  
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUEBLO A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N°  
009176 -2020/DSD-



**KLA FER S.A.C.**

**Indecopi**

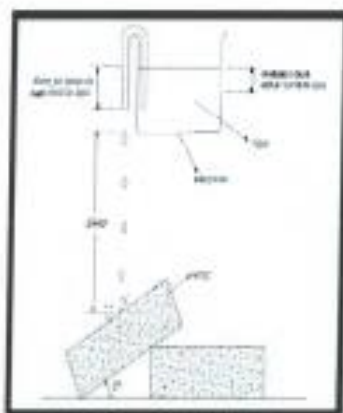
CERTIFICADO N° 00322965

LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

**ENSAYO EROSIÓN POR CAIDA DE AGUA**

EXPEDIENTE	: 176-2022
TESIS	: "LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA -SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"
TESISTA	: BACH. ING. JULIO CESAR CAHUAYA CHOQUE
FECHA	: 2022-01-27

MÉTODO	GEELONG
PESO APROXIMADO	3.765 kg
NORMA	SAZS 724 (Zimbabue)
DIMENSIONES DEL LADRILLO	24X12X8 cm
LCAS	50% -50%



**METODO GEELONG / YTRUP:**

El método Geelong es dejar caer agua por goteo. Se deja caer agua a través de una probeta en U de laboratorio de 5mm de diámetro colocada unos 6 cm (60mm) por debajo del nivel inicial del agua, desde una altura de 40 cm hacia una muestra inclinada 27° respecto de la horizontal. Se controla un volumen de 100ml de agua mediante la probeta graduada y luego se mide la profundidad de erosión del hoyo que se forma con una varilla de 5 mm de diámetro. La muestra ensayada se clasificará como apto si la profundidad de la oquedad (D) se encuentra entre 0-10mm, mientras si la oquedad (D) supera los 30mm se considera como no apto.

MUESTRA	MÉTODO GEELONG	
	LCAS 1	LCAS 2
Profundidad de Perforación	0mm	0mm
Pérdida de peso	0%	0%
Condición	APTO	APTO

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA  
Ing. Marino Peña Dueñas  
Asesor Técnico CIP- 26028  
Especialista en Metodología de Suelos  
Geotecnia y Geotecnia

LOCAL HUANCAYO: AV CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBHO : PSE CAMPOS 143 FRENTE USJ.C.P.

BUC 26487814911  
CEL. 945510188

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ANÁLISIS Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, PISCAS, ACEROS, ENSAYOS EN ALUMINA, MADERA, ACEROS, ENSAYO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE  
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009176 -2020/DSD - Indecopi.

Registrado mediante Resolución N°  
009178 -2020/DSD -

**Indecopi**



**KLA FER S.A.C.**

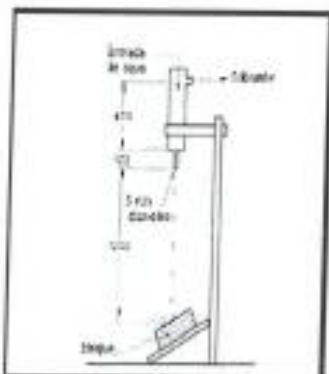
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

CERTIFICADO N° 0022965

### ENSAYO EROSIÓN POR CAIDA DE AGUA

EXPEDIENTE	: 178-2022
TESIS	: "LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA -SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"
TESISTA	: BACH. ING. JULIO CESAR CAHUAYA CHOQUE
FECHA	: 2022-01-27

MÉTODO	SAET
PESO APROXIMADO	3,765 kg
NORMA	UNE 41410
DIMENSIONES DEL LADRILLO	24X12X8 cm
LCAS	50% -50%



#### MÉTODO SAET (Swinburne accelerated Erosion Test)

Se deja caer una corriente continua de agua sobre el bloque durante 30 minutos a través de un tubo de 5 mm de diámetro interior conectado a un tanque de agua de nivel constante, cuya cabecera está a 150 cm (1500 mm) sobre la cara del bloque. Este se mantiene inclinado a 27° respecto a la horizontal. Con una varilla de 3 mm diámetro se mide la profundidad de las oquedades (D) que aparecen y se calcula la pérdida de peso por escorrentía. La muestra ensayada se clasificará como apto si la profundidad de la oquedad (D) se encuentra entre 0-10mm, mientras si la oquedad (D) supera los 10mm se considera como no apto.

MUESTRA	MÉTODO SAET	
	LCAS 1	LCAS 2
Profundidad de Perforación	0mm	0mm
Pérdida de peso	0%	0%
Condición	APTO	APTO

KLA FER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA

Ing. Marcelo Peña Domínguez  
APROBADO POR: [Firma]  
Especialista en Mecánica de Suelos y  
Control de Calidad

LOCAL HUANCAYO : AV CALLE REAL 491 - 493 OROSCA HUANCAYO.  
LOCAL TAMBÓ : PSJE CAMPOS 1-63 FRENTE U.N.C.P.

RRIC 70407134911  
CCL 945581148

SERVICIOS DE LABORATORIOS CERTIFICADOS PARA EL  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA,  
CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES

ESTUDIOS DE SUELOS, BOCAS AGRICADAS, ENTUBOS DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERAC, DISEÑO  
DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, OBSERV, BARRERAS DE  
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

Registrado mediante Resolución N° 009178 -2020/DSD - Indecopi.

**Indecopi**

RESOLUCION N° 099178 -2020/DG-D-INDECOP



CERTIFICADO N° 00122965

**KLAFER S.A.C.**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPERIMENTE N°	178.2021
DIRECCIÓN	FINCH, RÍOJO CERRAS CANTAMAYA CHOCQUE
DIRECCIÓN	44100000
UBICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	"LUGARLOS OVALLOS DE AREOLA - BUCO Y LA MUJER DE PRODIGES METANOS DE LA SUBBURSA DE O. CANTAMAYA DE FINCH"

NÚMERO DE COMPRESIÓN SIMPLE ÚNICO	
CLASIFICACIÓN MATERIA	2012.2071
SERIE	1491022
N° DE OBTENCIÓN	1

UNIDAD	ANCHO (mm)	ALCURA (mm)	ALCURA (mm)	ALCURA (mm)	CARGA DE ROTURA (kgf)	RESISTENCIA COMPRESION (% Rp-Ro)	RESISTENCIA COMPRESION (MPa)
10-1	24.28	12.20	8.15	318.38	4074.23	16.88	2.68



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERÍA

ING. MAYRO PERA DUEÑESE  
ASOCIADO EJECUTIVO 1983  
Especialista en Mecánica de suelos  
Computación y Geotecnia

LOCAL BANCAYO, CALLE REAL 441 - 445 CHILCA BANCAYO.

LOCAL EL TAMBO: PSE CAMPOS N° 143 - FUENTE PLANTONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.R.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE RESISTENCIA DE SUELOS:  
• GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALIZADOS.

RUC 20487134911  
CEL. 943318108

ESTUDIOS DE SUELOS, ENSAYOS, ACRELADOS, UNIFORMES DE ALUMBRERA, BARRIDA, ACEPO,  
PROBOS DE MEZCLAS CONCRETO, ENSAYOS PERFORACION EN AGUA, DENSAGE, ENSAYOS DE  
IDENTIFICACION DE TIPO DE TIERRA, ETC.

**Indecopi**

RESOLUCION N° 869178 -2023/OJOS-INDECOPI



CERTIFICADO N° 00122665

**KLAFER S.A.C.**  
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA  
ESTUDIOS DE SUELOS

EXPOSICIÓN N°	178-2023
TÍTULO	TRABO JULIO CESAR CAJAVIJA CASQUE
FECHA	24/12/2023
NOMBRE DE TIPO	LABORIOS DE SUELOS DE MUELLA - PUENTE Y LA MARCHA DE PROYECTOS MECANICOS DE LA ALMAGRA EN EL DISTRITO DE HUANCAJO

ENSAYO COMPRESION EMPIRIZ UNIFORME	
IDENTIFICACION MUESTRA	1871/2023
ENLACE	271952023
N° DE EJECUCION	21

UNIDAD	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ALTURA (mm)	AREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg-f)	RESISTENCIA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA COMPRESION (MPa)
010001	24.22	12.33	8.18	200.66	13002.38	50.38	4.24
010002	24.15	12.33	8.20	204.50	19184.09	51.34	5.25
010003	24.38	12.33	8.15	204.08	14625.84	50.42	4.34
010004	24.22	12.33	8.18	204.43	14972.19	50.32	4.31
010005	24.40	12.18	8.25	205.15	14996.13	50.39	4.30
				σ			0.31
				FECHA			30/09
				RES. COMARC.			50.38



KLAFER S.A.C.  
UNIDAD DE INGENIERIA  
ING. MARIO PUEBLA DISTRIBUIDOR  
ALMACEN: COMARCO S.A. 2021  
CALLE 100 N° 1000 - 1000  
Cusco, Perú

LOCAL: BRANCAJO; CALLE REAL 441 - 445 CIBOLA HUANCAJO.  
LOCAL EL TAMBO; PSE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - PUENTE PUERTA PRINCIPAL T.U.C.R.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS -  
GEOTECNIA, CONCRETO, ACEROS, Y ENSAYOS SUPLENTE.

RUC: 20487124913  
CCL: 915910108

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, ACEROS, UNIDADES DE ALMAGRA, MAMPALA, ACEROS,  
ENSAYOS DE HERRAJES, CONCRETOS, ENSAYOS DE SUELOS EN AGUA, DISEÑO, ENSAYOS DE  
RESISTENCIA ELÉCTRICA DE PUENTE A TUBERIA, ETC.



**CERTIFICADOS DE  
CALIBRACION DE EQUIPOS DE  
LABORATORIO**





Punto de Precisión

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-1353-2020**

Página 1 de 1

Fecha de emisión : 19/09/2020  
 Fecha de vencimiento : 2023-11-19

1. Solicitante : ELATON S.A.C.  
 Dirección : SALVADOREÑO 446 - MIRAFLORES - HUANCAYO - PERÚ

2. Instrumento : PE DE 80T

Marca : KAWASO

Tip. de instrumento : MO BANDA

Alcance de medición : 100 mm

Clase de precisión : 0.05 mm

Base : 811702

Procedimiento : MO BANDA

Verificación : MO BANDA

El equipo de medición con el número y número de serie abajo indicados ha sido calibrado primario y verificado según normas nacionales calibradas en conformidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. El subsiguiente correspondiente a su momento la duración de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a recomendaciones iguales.

Punto de Precisión S.A.C. es la responsable de los procesos que permite asegurar el uso adecuado de este instrumento, el de sus procesos de inspección de los resultados de la calibración según estándares.

3. Lugar de Calibración:

La calibración se realizó en el laboratorio de Ingeniería de PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. en la ciudad de Huancayo, Perú.  
 Fecha de calibración: 2020-09-19

4. Método de Calibración:

La calibración se realizó por comparación directa según el PROCEDIMIENTO "Procedimiento de calibración de un pé de milímetros (80mm)" Versión 1, 2010.

5. Instrumentos:

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRILINDIENSO
PE DE 80T	KAWASO	LLA-811-2020	INACAL-DR

6. Condiciones de Calibración:

	TEMPERATURA	HUMEDAD
Temperatura	20.0 ± 0.5	21.1
Humedad	61.1	67.0

7. Observaciones:

- El instrumento se encuentra en buen estado de conservación.
- La base del instrumento se encuentra con un nivel de corrosión 4.0, para un nivel de confianza superior al 95%.
- El equipo de medición se utilizó en el área de LABORATORIO.



*[Firma]*  
 Ing. Claudio Cepeda  
 Reg. CP N° 70001

"LADAMOS RUDOS DE ARCA LA SILICIA Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECANICAS DE LA ALBANILERIA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"



Punto de Precisión S.A.C.

6. Mecánica

"LADRILLOS CRUDOS DE ARCILLA-SILICE Y LA MEJORA DE ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO"

**PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.**  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL-1582/2001

Página: 1 de 2

**ERROR DE REFERENCIA METAL**

Valor Nominal (mm)	Resultado (mm)	Error (µm)
100,00	100,00	-1

**ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTENSIONES**

Nominal (mm)	Valor Parcial (mm)	Ubicación del Pto. de Med.			Resultado (mm)	Error (µm)
		Superior (mm)	Centro (mm)	Inferior (mm)		
0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0	
5,000	4,95	4,95	4,95	4,95	-50	
10,000	9,95	9,95	9,95	9,95	-50	
15,000	14,95	14,95	14,95	14,95	-50	
20,000	19,95	19,95	19,95	19,95	-50	
25,000	24,95	24,95	24,95	24,95	-50	
30,000	29,95	29,95	29,95	29,95	-50	
35,000	34,95	34,95	34,95	34,95	-50	
40,000	39,95	39,95	39,95	39,95	-50	
45,000	44,95	44,95	44,95	44,95	-50	
50,000	49,95	49,95	49,95	49,95	-50	
55,000	54,95	54,95	54,95	54,95	-50	
60,000	59,95	59,95	59,95	59,95	-50	
65,000	64,95	64,95	64,95	64,95	-50	
70,000	69,95	69,95	69,95	69,95	-50	
75,000	74,95	74,95	74,95	74,95	-50	
80,000	79,95	79,95	79,95	79,95	-50	
85,000	84,95	84,95	84,95	84,95	-50	
90,000	89,95	89,95	89,95	89,95	-50	
95,000	94,95	94,95	94,95	94,95	-50	
100,000	99,95	99,95	99,95	99,95	-50	

**ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL**

Valor Nominal (mm)	Error (µm)
100,00	100

**ERROR DE REPETIBILIDAD**

Valor Nominal (mm)	Error (µm)
10,00	0

**ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTENSIONES A INTERIORES**

Valor Nominal (mm)	Error (µm)
10,00	17

**ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTENSIONES A PROFUNDIDAD**

Valor Nominal (mm)	Error (µm)
10,00	0



*[Firma]*  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis López Capcha  
 Reg. CP N° 152021

Av. Los Angeles 652 - LIMA 42 - Tel: 201-2141 / 201-2142



Punto de Precisión S.A.C.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION MFL-1953-005

Página 2 de 3

ERROR DE CONTACTO LINEAL

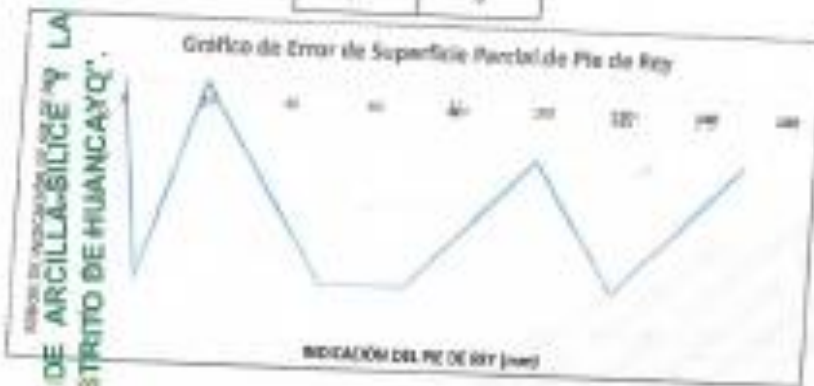
Valor Nominal (mm)	Error (L) (µm)
10.00	38

ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Nominal (mm)	Error (L) (µm)
10.00	30

ERROR DEBIDO A LA OBTUSIDAD DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICION DE INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (K) (µm)
5.00	3



INCERTIDUMBRE DEL PE DE REY

$$U(k=2) = \pm 1.148.607 = 0.007 \text{ a } 10^{-7} \text{ mm}$$

Indicaciones para L = 150 mm	1.148.607
------------------------------	-----------

Firma del Accusado



Firma de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza-Capcha  
Reg. D.P. N° 152801

Av. Los Angeles 852 - LIMA 42 - Tel: 261.5700 - www.punto.de.precision.com

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE ARCILLA-SILICE Y LA MEJORA DE PROPIEDADES MECANICAS EN LA ALBAÑILERIA EN EL DISTRITO DE HUANCAYOC.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Punto de Precisión S.A.C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LPP - 445 - 2020

Página 1 de 2

Expediente : 169-2020  
Fecha de emisión : 2020-11-12  
1. Solicitante : HLAZER S.A.C.  
Dirección : CAL. PERU, 890-445 - CHILCA - HUANCAYO - JUNIN

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido cuidadosamente probado y verificado según protocolos certificados con exactitud a la Dirección de Tecnología del IIRICA, y sus

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXI

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le correspondió disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición e a recomendaciones vigentes.

Marca de Fabricación : PINDAR  
Modelo de Fabricación : NO INDICA  
Serie de Fabricación : NO INDICA  
Capacidad de Carga : 1000 KN  
Código de Identificación : NO INDICA  
Marca de Instrumento : PINDAR  
Modelo de Instrumento : PC-160  
Serie de Instrumento : 128  
Marca de Transmisor : NO INDICA  
Modelo de Transmisor : FT1240-210-414  
Serie de Transmisor : NO INDICA  
Escala de Medición : 2000000

Punto de Precisión S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso indebido de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí descritos.

3. Lugar y Fecha de Calibración : P.O. CALIFORNIA - CALVOS DREO - EL TAMBO - HUANCAYO  
12 - NOVIEMBRE 2020

4. Método de Calibración : La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM 04.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O APROBADO	TRAZABILIDAD
VALOR DE CALIBRACIÓN	1000	NP-LB-200-0219	UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SEAL	INWEIGHT		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	11.5	11.7
Humedad %	42	41

7. Resultados de la Calibración : Los errores de la calibración se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de emisión de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Cepeda  
Reg. CP N° 150831

Av. Los Angeles 852 LIMA 42 Tel: 310-8108 808-0820

www.punto-de-precision.com.pe Email: info@punto-de-precision.com.pe



Punto de Precisión

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° L/P - 440 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DE UNIDADES	SERIE DE VERIFICACIÓN (MM)				PROMEDIO	ERROR	RPT/MLD
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3 (C)				
			%	%			
100	97,818	98,880	2,28	2,75	270	2,14	0,13
200	194,346	195,360	2,33	2,01	195,5	2,32	-0,32
300	291,207	294,664	2,24	1,85	293,8	2,86	-0,38
400	388,104	394,875	1,92	1,28	393,8	1,83	-0,04
500	485,028	492,907	1,49	1,48	487,9	1,87	-0,11
600	581,919	593,720	1,36	1,06	587,9	1,31	-0,30
700	680,348	691,085	1,20	0,88	687,7	1,80	-0,18

### NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- 1-  $R_p$  y  $R_r$  son el Error Percentual y la Repetibilidad definidos en la misma Norma:  
 $R_p = \frac{E_{max} - E_{min}}{100}$      $R_r = \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max}}$
- 2- La medida que  $R_p$  y  $R_r$  no exceden al 1,8 %.
- 3- Coeficiente de Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0000x + 3,2083$

Donde :  $x$  - Lectura de la pantalla  
 $y$  - Fuerza promedio (MM)

GRÁFICO N° 1

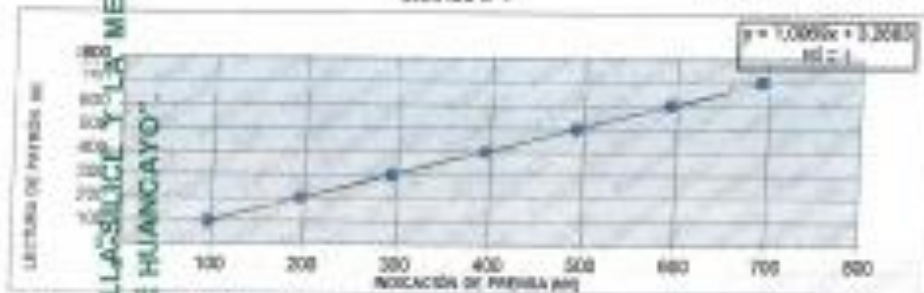
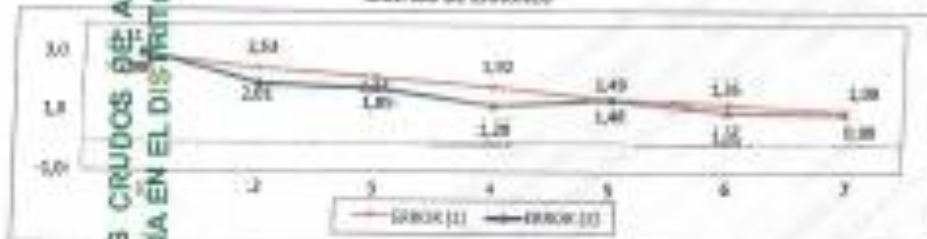


GRÁFICO DE ERRORES



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Cevallos Capcha  
 Reg. OP N° 152031