



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA ARCILLA DE CAOLÍN EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA FABRICADAS CON LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL KING KONG, HUAMACHUCO 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Junior Mijael Cerna Fernández

Asesor:

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2018

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Cerna Fernández, Junior Mijael

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: INFLUENCIA DE LA ARCILLA DE CAOLÍN EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA FABRICADAS CON LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL KING KONG, HUAMACHUCO 2018 para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Junior Mijael Cerna Fernández, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: INFLUENCIA DE LA ARCILLA DE CAOLÍN EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA FABRICADAS CON LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL KING KONG, HUAMACHUCO 2018.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

MS. Ing. Roxana Milagros Aguilar
Villena
Jurado
Presidente

MBA. Ing. Josualdo Carlos Villar
Quiroz
Jurado

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
Jurado

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme regalado la vida y darme la fortaleza para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Lidia

Por su apoyo constante, sus consejos, su amor y por enseñarme que no existe lo imposible. Por brindarme la seguridad de contar siempre con su compañía y porque sin ella yo no estaría aquí.

A mi padre Rafael

Por confiar siempre en mí, por sacrificarse día a día para que sea un buen profesional. Por ser mi compañero, amigo y guía en todas las etapas de mi vida, además de su inmenso amor.

A mis hermanos Fernando y Darwin

Por ser el motivo de todas mis acciones y el impulso para buscar cada día ser mejor, por ser mis mejores amigos y compañeros incomparables, por todo su apoyo y motivación constante.

A mis familiares

A mi adorada abuelita Isabel por formar parte de mis alegrías y tristezas, por sus consejos, su ternura y por brindarme su inmenso amor; a mi abuelito Manuel, mi abuelito Ángel y a mi primo Martín, que aunque ya no se encuentren físicamente con nosotros, siempre estarán presente en mi corazón, por haber creído en mí hasta el último momento.

A mi asesor de tesis

Al ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina, por su orientación y tiempo compartido en la realización de esta investigación; por su apoyo y amistad que me permitió aprender tanto de la profesión como de la vida, impulsándome siempre a seguir adelante.

A mis amigos

Quienes siempre han estado en los momentos en que más lo he necesitado y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré; y, a todos los que me han apoyado y han tenido plena confianza en mí.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por bendecirme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza, por brindarme una vida llena de aprendizajes y porque hizo realidad este sueño anhelado.

Le doy gracias a mis padres Lidia y Rafael, por su apoyo incondicional ante cualquier necesidad que he tenido en mi vida, por los valores que me han inculcado, y por darme la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por formar parte importante en mi vida y ser fuente de inspiración a lograr mis objetivos. A Fernando, por sus consejos y su valioso tiempo brindado en diversas etapas de este proyecto, a Darwin por llenar mi vida de alegría, cariño y amor cuando más lo he necesitado.

A la Universidad Privada del Norte y a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes han contribuido con sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional, y que más allá de ser excelentes docentes, considero grandes amigos para toda la vida.

A mi asesor, Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, por la oportunidad de realizar esta tesis bajo su tutela, por todo el apoyo brindado y por estar siempre en la disposición de ofrecerme su ayuda, para llevar a cabo tan importante tema de investigación.

Al ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz, por su guía en el entendimiento de forma, sus conocimientos impartidos y por proporcionarme la guía necesaria para culminar con éxito el presente proyecto de investigación.

A todos los integrantes del Laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, por el asesoramiento, colaboración y apoyo brindado en los ensayos necesarios para esta tesis.

A mi tío Jorge y a mi tío Diomedes por todo su tiempo, su paciencia y consejos en el desarrollo de este proyecto; y, a toda mi familia que participaron directa e indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A Thalía Salvatierra y Maciel Salvatierra por su apoyo incondicional en la realización de esta tesis y por ser siempre mi apoyo en los buenos y malos momentos. También, a todos mis amigos, compañeros y futuros colegas, quienes desde el inicio de nuestra convivencia académica, me brindaron el coraje necesario para culminar mis estudios profesionales satisfactoriamente.

A todas las personas que de alguna manera han colaborado en esta investigación y en mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	12
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	30
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	57
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE TESIS.....	77
CAPÍTULO V. RESULTADOS	84
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	112
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES	125
CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS	128
ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n.º 2. 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	41
Tabla n.º 2. 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	42
Tabla n.º 2. 3. Granulometría de la arena gruesa.	46
Tabla n.º 2. 4. Tipos de mortero.	47
Tabla n.º 2. 5. Métodos para determinar la resistencia de prismas de albañilería.	48
Tabla n.º 2. 6. Factores de corrección de f'm por esbeltez.	48
Tabla n.º 2. 7. Composición química del Caolín.	50
Tabla n.º 2. 8. Hipótesis general.	53
Tabla n.º 2. 9. Hipótesis específica 1.	54
Tabla n.º 2. 10. Hipótesis específica 2.	55
Tabla n.º 3. 1. Operacionalización de variables.	57
Tabla n.º 3. 2. Datos para un diseño de investigación de experimental puro.	58
Tabla n.º 3. 3. Muestra.	61
Tabla n.º 5. 1. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.	85
Tabla n.º 5. 2. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.	86
Tabla n.º 5. 3. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.	87
Tabla n.º 5. 4. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.	88
Tabla n.º 5. 5. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.	89
Tabla n.º 5. 6. Resultados del ensayo de alabeo.	90
Tabla n.º 5. 7. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.	91
Tabla n.º 5. 8. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.	92
Tabla n.º 5. 9. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.	93
Tabla n.º 5. 10. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.	93
Tabla n.º 5. 11. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.	94
Tabla n.º 5. 12. Resultados del ensayo de succión de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.	95
Tabla n.º 5. 13. Resultados del ensayo de succión de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.	95
Tabla n.º 5. 14. Resultados del ensayo de succión de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.	96
Tabla n.º 5. 15. Resultados del ensayo de succión de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.	96
Tabla n.º 5. 16. Resultados del ensayo de succión de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.	97

Tabla n.º 5. 17. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.	97
Tabla n.º 5. 18. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.	98
Tabla n.º 5. 19. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.	98
Tabla n.º 5. 20. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.	99
Tabla n.º 5. 21. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.	99
Tabla n.º 5. 22. Resultados del ensayo de contenido de humedad natural del agregado fino.	100
Tabla n.º 5. 23. Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	101
Tabla n.º 5. 24. Resultados del ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino.	101
Tabla n.º 5. 25. Análisis granulométrico del agregado fino.	102
Tabla n.º 5. 26. Resultados del ensayo a compresión axial de los morteros.	104
Tabla n.º 5. 27. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 0 % de arcilla de Caolín.	105
Tabla n.º 5. 28. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 5 % de arcilla de Caolín.	105
Tabla n.º 5. 29. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín.	106
Tabla n.º 5. 30. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 15 % de arcilla de Caolín.	106
Tabla n.º 5. 31. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 20 % de arcilla de Caolín.	107
Tabla n.º 5. 32. Normalidad, usando la prueba de Shapiro-Wilk.	108
Tabla n.º 5. 33. Igualdad de varianza, usando la prueba de Levene.	109
Tabla n.º 5. 34. Decisión estadística, usando la prueba T de Student.	109
Tabla n.º 5. 35. Normalidad, usando la prueba de Shapiro-Wilk.	110
Tabla n.º 5. 36. Igualdad de varianza, usando la prueba de Levene.	111
Tabla n.º 5. 37. Decisión estadística, usando la prueba T de Student.	111
Tabla n.º 10. 1. Matriz de consistencia de la investigación.	133
Tabla n.º 10. 2. Guía de observación.	135
Tabla n.º 10. 3. Guía de observación de pilas de albañilería con 0 % de arcilla de Caolín.	136
Tabla n.º 10. 4. Guía de observación de pilas de albañilería con 5 % de arcilla de Caolín.	137
Tabla n.º 10. 5. Guía de observación de pilas de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín.	138
Tabla n.º 10. 6. Guía de observación de pilas de albañilería con 15 % de arcilla de Caolín.	139
Tabla n.º 10. 7. Guía de observación de pilas de albañilería con 20 % de arcilla de Caolín.	140
Tabla n.º 10. 8. Ladrillos artesanales de los centros poblados de Chochoconda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo.	141

Tabla n.º 10. 9. Canteras de arcilla de Caolín de los centros poblados de Chochoconda y Puente Piedra.....	143
Tabla n.º 10. 10. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.....	144
Tabla n.º 10. 11. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.....	144
Tabla n.º 10. 12. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.....	145
Tabla n.º 10. 13. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.....	145
Tabla n.º 10. 14. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.....	146
Tabla n.º 10. 15. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.....	146
Tabla n.º 10. 16. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.....	147
Tabla n.º 10. 17. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.....	147
Tabla n.º 10. 18. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.....	148
Tabla n.º 10. 19. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.....	148
Tabla n.º 10. 20. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.....	149
Tabla n.º 10. 21. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.....	149
Tabla n.º 10. 22. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.....	150
Tabla n.º 10. 23. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.....	150
Tabla n.º 10. 24. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.....	151
Tabla n.º 10. 25. Alabeo de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.....	152
Tabla n.º 10. 26. Alabeo de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.....	152
Tabla n.º 10. 27. Alabeo de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.....	153
Tabla n.º 10. 28. Alabeo de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.....	153
Tabla n.º 10. 29. Alabeo de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.....	154
Tabla n.º 10. 30. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión simple.....	155
Tabla n.º 10. 31. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de succión.....	156
Tabla n.º 10. 32. Dimensiones de los especímenes de mortero.....	157
Tabla n.º 10. 33. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M1.....	158
Tabla n.º 10. 34. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M2.....	160
Tabla n.º 10. 35. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M3.....	162
Tabla n.º 10. 36. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M4.....	164
Tabla n.º 10. 37. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M5.....	166
Tabla n.º 10. 38. Dimensiones de las pilas de albañilería.....	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 3. 1. Valores de la distribución normal estandarizada.	60
Figura n.º 3. 2. Cuadro sinóptico de todo el procedimiento de Tesis.	62
Figura n.º 10. 1. Ladrillera Vásquez Ramos, centro poblado de Chochoconda.	173
Figura n.º 10. 2. Ladrillera Paredes Cosme, centro poblado de Quinta Alta.	174
Figura n.º 10. 3. Ladrillera Petronila Reyes, centro poblado de Sazón Alto.	175
Figura n.º 10. 4. Ladrillera Gil Patricio, centro poblado de Sazón Bajo.	176
Figura n.º 10. 5. Georreferenciación de Ladrillera Cerna Sánchez, centro poblado de Quinta Alta.	177
Figura n.º 10. 6. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 1, centro poblado de Chochoconda.	178
Figura n.º 10. 7. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 2, centro poblado de Puente Piedra.	179
Figura n.º 10. 8. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 3, centro poblado de Puente Piedra.	180
Figura n.º 10. 9. Recolección de arcilla de Caolín, de la cantera Anónimo 1, centro poblado de Chochoconda.	181
Figura n.º 10. 10. Apisonado de la arcilla de Caolín, para su uso en la materia prima del ladrillo artesanal King Kong.	181
Figura n.º 10. 11. Extracción de arcilla para fabricación de los ladrillos artesanales King Kong.	182
Figura n.º 10. 12. Preparación de arcilla roja para fabricación de los ladrillos artesanales King Kong.	183
Figura n.º 10. 13. Uso de la arcilla de Caolín en la mezcla, para la fabricación de ladrillos artesanales King Kong.	183
Figura n.º 10. 14. Preparación de mezcla con arcilla de Caolín, para la fabricación de ladrillos artesanales King Kong.	184
Figura n.º 10. 15. Proceso de moldeado de los ladrillos artesanales King Kong.	184
Figura n.º 10. 16. Extracción del ladrillo de la gavera.	185
Figura n.º 10. 17. Proceso de secado de los ladrillos artesanales King Kong.	185
Figura n.º 10. 18. Proceso de carga de los ladrillos artesanales King Kong en el horno.	186
Figura n.º 10. 19. Cocción de los ladrillos artesanales King Kong en el horno.	187
Figura n.º 10. 20. Ensayo de variación dimensional.	188
Figura n.º 10. 21. Ensayo de alabeo.	188
Figura n.º 10. 22. Ensayo de resistencia a compresión simple, espécimen 10 % - 10.	189
Figura n.º 10. 23. Ensayo de succión, espécimen 5 % - 4.	190
Figura n.º 10. 24. Ensayo de absorción.	190
Figura n.º 10. 25. Peso de la tara más muestra seca del agregado fino.	191
Figura n.º 10. 26. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	191
Figura n.º 10. 27. Peso del recipiente más agregado fino.	192
Figura n.º 10. 28. Ensayo de granulometría.	193
Figura n.º 10. 29. Resistencia a compresión del mortero, espécimen M3.	194
Figura n.º 10. 30. Elaboración de pilas de albañilería.	195
Figura n.º 10. 31. Nivelación de pilas con plomada.	196

Figura n.º 10. 32. Nivelación de pilas con nivel de mano.	197
Figura n.º 10. 33. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.....	198
Figura n.º 10. 34. Norma Técnica Peruana 399.613.....	199
Figura n.º 10. 35. Certificado de calibración de prensa de concreto.	200
Figura n.º 10. 36. Certificado de ensayos.	201

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico n.º 5. 1. Curva granulométrica del agregado fino.	103
Gráfico n.º 6. 1. Variación dimensional.....	114
Gráfico n.º 6. 2. Alabeo.	115
Gráfico n.º 6. 3. Resistencia a compresión simple.	116
Gráfico n.º 6. 4. Succión.	118
Gráfico n.º 6. 5. Absorción.....	119
Gráfico n.º 6. 6. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.	122
Gráfico n.º 10. 1. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M1.	168
Gráfico n.º 10. 2. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M2.	168
Gráfico n.º 10. 3. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M3.	169
Gráfico n.º 10. 4. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M4.	169
Gráfico n.º 10. 5. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M5.	170

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación n.º 3. 1. Tamaño de la muestra.	59
Ecuación n.º 3. 2. Variación dimensional de la unidad.	64
Ecuación n.º 3. 3. Resistencia a compresión de la unidad.	65
Ecuación n.º 3. 4. Resistencia característica a compresión de la unidad.	65
Ecuación n.º 3. 5. Succión de la unidad.	66
Ecuación n.º 3. 6. Absorción de la unidad.	67
Ecuación n.º 3. 7. Contenido de humedad natural del agregado fino.	68
Ecuación n.º 3. 8. Peso específico de masa.	69
Ecuación n.º 3. 9. Peso específico de masa saturada con superficie seca.	69
Ecuación n.º 3. 10. Peso específico aparente.	69
Ecuación n.º 3. 11. Absorción.	69
Ecuación n.º 3. 12. Factor de calibración del recipiente.	70
Ecuación n.º 3. 13. Peso unitario suelto seco del agregado fino.	70
Ecuación n.º 3. 14. Módulo de finura del agregado fino.	72
Ecuación n.º 3. 15. Coeficiente de uniformidad del agregado fino.	72
Ecuación n.º 3. 16. Resistencia a compresión del mortero.	73
Ecuación n.º 3. 17. Resistencia característica a compresión del mortero.	73
Ecuación n.º 3. 18. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.	74
Ecuación n.º 3. 19. Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería.	74

RESUMEN

El objetivo principal es determinar la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, para lo cual se realizó treinta pilas de albañilería conformadas por cuatro unidades, seis pilas por cada porcentaje de arcilla de Caolín, al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %. El diseño de investigación es experimental, del tipo experimental puro, ya que se puede controlar y limitar la cantidad de arcilla de Caolín que se empleará como sustituto de la arcilla común. Los resultados muestran que al aumentar la arcilla de Caolín hasta un 10 %, la resistencia a compresión mejora, hasta llegar a un valor promedio de $65,89 \text{ kg/cm}^2$; sin embargo, al seguir aumentando la arcilla de Caolín, hasta un 20%, la resistencia empieza a decaer, llegando a un valor de $32,58 \text{ kg/cm}^2$. Llegando a la conclusión, de que se determinó la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, mejorando esta propiedad en un 74,73 % con respecto a la muestra patrón.

Palabras clave: Caolín, resistencia a compresión y pilas de albañilería.

ABSTRACT

The main objective is to determine the influence of the Kaolin clay in the resistance to axial compression of masonry piles made with handmade clay King Kong bricks, for which thirty masonry piles formed by four units were made; six piles for each percentage of Kaolin clay, at 0 %, 5 %, 10 %, 15 % and 20 %. The investigation design is experimental, of the pure experimental type, because the amount of Kaolin clay that will be used like substitute of common clay can be controlled and limited. The results show that by increasing the Kaolin clay up to 10%, the compressive strength improves, until reaching an average value of 65,89 kg/cm²; however, when continuing to increase the Kaolin clay, up to a 20 %, the resistance starts to decline, reaching a value of 32,58 kg/cm². Coming to the conclusion, that the influence of the Kaolin clay in the resistance to axial compression of masonry piles made with handmade clay King Kong bricks was determined, improving this property by 74,73 % in relation to the standard sample.

Key words: Kaolin, compressive strength and masonry piles.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las pilas de albañilería se ensayan a compresión axial a una edad de 28 días de curado y los resultados obtenidos son empleados para el diseño estructural de los muros y para contrastar la calidad de la albañilería en las edificaciones. Sin embargo, la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería ($f'm$) dependen del valor de esbeltez de dicha pila. La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), establece un valor nominal de esbeltez igual a cinco y constituye coeficientes de corrección para esbelteces menores a cinco, los cuales se multiplican a la resistencia obtenida del ensayo, para obtener la resistencia con la esbeltez nominal (Bonilla, 2006).

En los Estados Unidos Mexicanos, la Revista Mexicana de Agroecosistemas publicó un artículo donde se estudia el efecto de incorporación de desechos industriales en la resistencia a compresión de ladrillos rojos, con el propósito de obtener unidades ecológicas y una resistencia a compresión óptima para su empleo en la industria de la construcción; para esto se reemplazó el 20 y 40 % de arcilla por cada desecho industrial, los cuales son: Ceniza de Bagazo de Caña, Ceniza Volante y Humo de Sílice. Los resultados obtenidos fueron favorables cuando se empleó Ceniza Volante, puesto que superó en un 20,87 % la resistencia a compresión de la muestra patrón cocidos a 900 °C y en un 19,43 % cocidos a 1000 °C; sin embargo, cuando se usó Humo de Sílice solo se mejoró la resistencia a compresión cuando se cocieron a 900 °C, presentando una disminución considerable a una temperatura de 1000 °C; por último el empleo de Ceniza de Bagazo de Caña presentó una baja resistencia a compresión respecto a los ladrillos control, en ambas temperaturas de cocción (Jiménez, Maza y Ortiz, 2016).

En la República de Costa Rica, un estudio detalla las principales propiedades mecánicas de la mampostería realizada con bloques sólidos de arcilla, empleando los tres tipos de mortero recomendados por el Código Sísmico de Costa Rica 2002. En los resultados se observa que la resistencia promedio a compresión de las pilas de albañilería construidas con el mortero A es un 5 % mayor que los construidos con el

mortero B y un 9 % mayor que los construidos con mortero C; el aumento de las pilas con mortero B respecto a los del mortero C es de un 4 %; estas pilas se fabricaron con un solo tipo de ladrillos para todas las pruebas, por lo que la diferencia se debe a las distintas resistencias a compresión de los morteros, llegando a la conclusión que se debe tener especial cuidado con la selección del mortero que se va a emplear en el diseño. Además, se afirma que el módulo de elasticidad de la mampostería, está relacionada directamente con el resultado de la resistencia a compresión de las pilas de albañilería y el tipo de fallas que presentaron las pilas a compresión fueron frágil y explosiva en la mayoría de veces, caracterizado por el desprendimiento de los bloques unidos al mortero y por las grietas longitudinales (Carballo y Navas, 2004).

En la República de Colombia, la revista *Épsilon* publicó una investigación en donde se caracterizan las arcillas que son empleadas en la elaboración de ladrillos, a fin de diseñar mezclas que puedan mejorar la pasta y la resistencia a compresión de los ladrillos, esto a consecuencia del fisuramiento temprano en paredes solicitadas por efectos gravitacionales, principalmente en viviendas de estratos 1 y 2, y al peligro al que están expuestas si se presentara un evento telúrico. Para la elaboración de los ladrillos, se usó cuatro suelos de distintas propiedades (muestras M1, M2, M3 y M4), los cuales fueron empleados en distintos porcentajes para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de las unidades, llegando a la conclusión de que al variar M4 (Caolín) hasta en un 30 % del peso de la muestra, se obtienen resultados favorables, llegando a aumentar en un 88,20 % la resistencia a compresión (Afanador, Ibarra y López, 2013).

En el pueblo de Chambo, provincia de Chimborazo, a 8 kilómetros de la ciudad de Riobamba, República del Ecuador, se realizó una investigación cuyo propósito es optimizar el proceso de cocción y aumentar la resistencia a compresión de ladrillos de arcilla fabricados de manera artesanal, para lo cual se adicionó carbonato de calcio (CaCO_3) finamente molido en proporciones del 1, 2 y 5 % en peso, obteniéndose un aumento notable en la resistencia a compresión del ladrillo al usar una sustitución del 2 %; pasando de 23,58 MPa de la muestra patrón a 30.09 MPa de la muestra con adición del 2 % de carbonato de calcio (Toctaquiza, 2008).

En la República de Chile, se realizó un estudio donde se analizó los daños y el comportamiento de las edificaciones de albañilería, producto del sismo del 27 de febrero del 2010. Esta investigación señala que la mayoría de viviendas sociales son de 3 y 4 niveles, en donde prevalece la utilización de muros de albañilería confinada construidas con ladrillos artesanales fabricados en la zona, los cuales, generalmente son de baja resistencia a compresión y para usos estéticos se encuentran estucados en ambos lados del muro, aumentando cuantiosamente el peso propio de la construcción. Otro factor relevante es la poca y extremadamente dispersa resistencia a compresión de los ladrillos artesanales, los cuales, en diversos casos estudiados se aprecia problemas considerables por alta permeabilidad y problemas a nivel estático del peso propio. En consecuencia de ello, cerca del 10 % de estas edificaciones presentaron daños severos, llegando incluso algunos al colapso (Alcaíno, Ruiz y Rivera, 2010).

En la República Argentina, un considerable porcentaje de las construcciones que se usa en la mampostería son de ladrillos comunes, constituida por elementos cerámicos de dimensiones pequeñas y unidas por un mortero de asiento. La mayoría de estos ladrillos producidos en la zona, son de fabricación artesanal y no cumplen con los estándares mínimos de calidad en cuanto a dimensiones, resistencia a compresión, calidad, etc., por lo que, no se puede pronosticar su comportamiento y durabilidad durante su vida útil en la construcción, dando como resultado una insuficiente calidad de los mampuestos y una dispersa resistencia a compresión de los ladrillos, por lo que debe hacerse constante mantenimiento y reparación en la mampostería (Cantú, de Mendoza, Gallina y Tempestti, 2007).

En el departamento de Junín, se realizó una investigación en donde se evaluó las características estructurales de la albañilería, construidas con ladrillos artesanales de cuatro zonas: Palián, Cajas, Saño y Jauja, en donde se demostró que la resistencia a compresión de las unidades artesanales de estas zonas, no alcanzan los 50 kg/cm^2 (valor mínimo recomendado por la Norma Técnica de Edificación E.070). En cuanto a la resistencia a compresión de pilas de albañilería, solo la zona de Saño logró obtener un valor de $f'_m = 35,56 \text{ kg/cm}^2$, cumpliendo con el valor mínimo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.070 ($f'_m = 35 \text{ kg/cm}^2$); sin embargo, las zonas de

Pailán, Cajas y Jauja obtuvieron valores por debajo de lo recomendado (Aguirre, 2004).

En la provincia de Huancayo, capital del departamento de Junín, se realizó un estudio en donde se evalúa las ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales, para lo cual se ensayó a compresión estas unidades, observándose que los ladrillos artesanales no clasifican como ningún tipo, pues se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 40,98 kg/cm², y el mínimo establecido por la Norma Técnica de Edificación E 0.70 (2006) es de 50 kg/cm² (Peralta, 2016).

En el departamento de Huánuco, se elaboró una propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales, debido a que se presenta una cocción irregular y la presencia de grietas por contracción de secado, siendo estas imperfecciones las que influyen de forma muy notoria en la resistencia a compresión de las unidades de albañilería. La propuesta consiste en la inclusión de huecos en la cara de asiento (con menos del 30 % de vacíos para mantener la condición de sólido), con la finalidad de tener una cocción más completa en la parte interna de la unidad; y, a su vez incluir aserrín en la composición del crudo, para evitar fisuras o grietas por contracción de secado. Los resultados arrojan valores positivos, pues los ensayos realizados a estas nuevas unidades y pilas de albañilería cumplen con lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.070, clasificándolos por lo menos como tipo II, a diferencia de las unidades control que no llegan ni al mínimo valor estipulado por esta Norma (Arquíñigo, 2011).

En el departamento de Cajamarca, el sistema estructural más usado es la albañilería, en el cual se usa ladrillo artesanal, quien no presenta controles de calidad durante su proceso de fabricación; además, en esta región se presenta un alto peligro de inundaciones, debido a su variada geografía y a un clima impredecible que muestra fuertes precipitaciones pluviales recurrentes todos los años. Por esta razón, se estudió la influencia del periodo de exposición al agua de pilas de albañilería, en su resistencia a compresión; en donde, se observó que las pilas de albañilería pierden un 11,55 % de

resistencia a compresión, al ser expuestas en agua por un periodo de hasta 15 días (Guevara, 2015).

Otro estudio realizado en el departamento de Cajamarca afirma que en la zona existe una alta oferta de ladrillos, por lo que se produce una fuerte demanda del producto, esto queda evidenciado en que solo en el sector Fila Alta, se encuentran cincuenta ladrilleras artesanales. Cada trabajador tiene su forma peculiar de elaborar y fabricar los ladrillos basados en sus experiencias propias, por lo que no siguen criterios técnicos apropiados que respalden que la resistencia a compresión de los ladrillos es la adecuada y pueden ser usados como muros portantes. Además, en laboratorio se comprobó que la resistencia a compresión más alta que se pudo alcanzar es de 38,96 kg/cm², la cual no alcanza el valor mínimo establecido por la Norma Técnica E.070, por tal motivo estos ladrillos artesanales no pueden ser empleados para muros estructurales (García, 2013).

En el departamento de La Libertad, se evaluó la influencia del porcentaje de sedimento y temperatura de cocción sobre la resistencia a compresión de los ladrillos, para ello se empleó sedimento extraído de los canales de irrigación del Proyecto CHAVIMOCHIC y tierra de la Campiña de Moche, dosificándolos en proporciones de 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 % en peso; con respecto a la temperatura de cocción se trabajó con 700 °C, 800 °C y 900 °C. Se obtuvo una resistencia a compresión óptima de 14,95 MPa, para ladrillos con 75 % de adición de sedimento y a una temperatura de cocción de 900 °C, por lo que se clasifica como tipo IV, según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) (Corrales y Ramos, 2016).

En el Perú, la Norma Técnica de Edificación E.070 ([NTE E.070], 2006) afirma que “Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados” (p. 295). A su vez, establece que “los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO” (p. 295).

(Gavilanes y Santellán, 2016) Encontró que el periodo de cocción del ladrillo de arcilla artesanal, varía de treinta y seis a setenta y dos horas, de acuerdo a las fabricas encuestadas, la cual produce una variación entre sus propiedades físicas y mecánicas de cada lote de ladrillos, comprobado en laboratorio al realizar ensayos de resistencia a compresión, flexión y absorción.

(Peralta, 2016) Encontró que los ladrillos artesanales e industriales no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) para ser empleados en la construcción de muros portantes; pues, los ladrillos artesanales no alcanzan la resistencia a compresión mínima (50 kg/cm^2) y los ladrillos industriales presentan un porcentaje de vacíos mayor al 30 %, por lo que no son sólidos. Por lo tanto, estas unidades de albañilería, no cumplen los requisitos indispensables para su uso en muros portantes.

(Sáenz, 2016) Encontró que el espesor de junta para pilas de albañilería más óptima, es de 1 cm, pues se obtuvo una resistencia a compresión de $35,30 \text{ kg/cm}^2$; en cambio, para los espesores de junta de 1,5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm se obtuvieron una resistencia de $33,06 \text{ kg/cm}^2$, $31,36 \text{ kg/cm}^2$, $27,26 \text{ kg/cm}^2$ y $24,46 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente.

(Horna, 2015) Encontró que el tipo de curado en la albañilería, influye en su resistencia a compresión axial; pues al usar como muestra patrón pilas de albañilería sin curar, y otras muestras curadas con agua y antisol, se obtuvo un incremento del 13,18 % y 17,74 % respectivamente, señalando de esta manera, que la albañilería mejora su respuesta ante sollicitaciones de resistencia a compresión, al realizarse un curado efectivo del mortero.

(Guevara, 2015) Encontró que las pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal, disminuyen un 11,55 % de su resistencia a compresión axial, al ser expuestas en agua por un periodo de hasta quince días.

(Urbina, 2015) Encontró que al aumentar la temperatura de cocción de los ladrillos, aumenta considerablemente la resistencia a compresión axial y contracción de los lados de estas unidades, haciéndolos más compactos y duraderos; a su vez, disminuye el porcentaje de absorción presentada en estas unidades de arcilla.

(Muñoz, 2014) Encontró que la resistencia a compresión de pilas de albañilería fabricadas con ladrillos de arcilla artesanal, no cumplen con lo establecido en la Norma Técnica de Edificación E.070, pues ninguna llega al valor mínimo de 35 kg/cm^2 ; esto se debe a la presencia de una dispersión alta en los resultados de la resistencia a compresión de las unidades de albañilería.

(García, 2013) Encontró que un inadecuado tamizado, rellenos no registrados ni controlados, hornos intermitentes mal contruidos y el no empleo de equipos mecánicos, influyen directamente en la calidad de los ladrillos artesanales King Kong, viéndose reflejado en la resistencia a compresión obtenidas de cada ladrillera, siendo la más alta $38,96 \text{ kg/cm}^2$, por lo que estos ladrillos no pueden ser empleados en la construcción de muros portantes, ya que no cumple con la exigencia mínima establecida en la Norma Técnica de Edificación E.070.

Como se puede apreciar, los ladrillos fabricados de manera artesanal, son elaborados en base a la experiencia del artesano y sin la consideración de ninguna normativa. Lo que trae consigo en muchos de los casos, es que estos ladrillos incumplen con los requisitos mínimos e indispensables de la Norma Técnica de Edificación E.070, para poder ser considerados como muros portantes. A su vez, se debe tener en cuenta que existen muchos factores que influyen en la resistencia a compresión de estos ladrillos, como es el caso de las prácticas de fabricación, en donde las etapas de mezclado, moldeo y cocción son deficientes.

El Ministerio de la Producción (2010) elaboró una guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales con el objetivo de ayudar a los empresarios ladrilleros artesanales para establecer medidas concretas en la minimización de costos de

producción, incremento de la productividad y mejora de la gestión comercial, utilizando técnicas productivas de menor impacto ambiental.

El Programa Regional de Aire Limpio en conjunto con el Ministerio de la Producción (s.f.) realizaron un estudio sobre el diagnóstico de las ladrilleras artesanales en el Perú, en donde se detalla información de la industria ladrillera artesanal en los departamentos de Puno, Cajamarca, Trujillo, Lambayeque, Piura, Ayacucho, Lima, Tacna, Arequipa y Cusco, con el objetivo de especificar aspectos socioeconómicos de cada ladrillera, acerca de la producción, inclusión en la cadena del negocio y organizaciones que participan en la gestión de los ladrillos.

El Instituto Peruano de Energía Nuclear presentó un informe científico tecnológico desarrollado por Tamayo, Guzmán, López y Sacari (2012) en donde se reporta el aumento de la resistencia a la compresión y reducción de la temperatura de cocción en los ladrillos de arcilla, fortificados con vidrio reciclado de sodo-cálcico; en donde, se alcanzó una resistencia máxima a compresión de 28 MPa, al mezclar 30 % de vidrio, 50 % de tierra de chacra y 20 % de greda, calcinados a 900 °C.

La ONG Intermediate Technology Development Group – Perú desarrolló un proyecto piloto, elaborado por Sánchez y Ramírez (1991) en donde la cascarilla de arroz reemplaza la leña de algarrobo como combustible, para la fabricación de ladrillos artesanales en Piura. Logrando una sustitución aproximada de mil setecientas toneladas de leña, por dos mil setecientas toneladas de cascarilla de arroz al año; lo cual, evita la tala de bosques de algarrobo y la emisión aproximada de 2 400 toneladas de dióxido de carbono al año.

Las ladrilleras artesanales en el Perú presentan una gama de problemas, tales como: La baja eficiencia de los hornos que se emplean para la cocción, el empleo de combustibles inadecuados, la baja calidad de las unidades de albañilería producidas y un proceso de comercialización deficiente, generando la economía precaria de los fabricantes artesanales (Programa Regional de Aire Limpio [PRAL], 2009).

La fabricación de ladrillos artesanales de manera empírica y desordenada, sin ningún conocimiento en la composición química de las arcillas que lo conforman y los procesos de cocción que se emplean, originan una unidad de albañilería sin homogeneidad, sin la resistencia a compresión necesaria, sin una densidad y peso adecuado. En consecuencia se tiene un porcentaje de merma alto por cada lote de quema y una baja calidad del ladrillo (PRAL, 2009).

Los ladrillos artesanales no presentan un nivel de calidad alto en sus propiedades, tales como la absorción y resistencia a compresión (Soriano, s.f.). La presencia de raíces, piedras, pedazos de madera y otras impurezas durante la preparación de la mezcla, afecta en la disminución de la resistencia del ladrillo a la fractura (Ministerio de la Producción, 2010).

Un buen grado de cocción, sin la necesidad de vitrificar la unidad, permite que el ladrillo artesanal logre una mejor resistencia a compresión y a su vez una mayor durabilidad frente a las inclemencias del clima (Arquíñigo, 2011).

Además, se debe procurar emplear leña madura en vez de fresca, para la cocción de los ladrillos, de esta manera ayuda al tiempo de cocción y distribuye de una manera más eficiente el calor en todo el horno, obteniéndose una mejor calidad en las propiedades físicas de los ladrillos, mejorando así su resistencia a compresión (Gavilanes y Santellán, 2016).

El tipo de arcilla constituye una parte primordial en la fabricación de ladrillos artesanales, pues de acuerdo a esta será la calidad del ladrillo. El tipo de arcilla influye directamente en la contracción volumétrica de la unidad, en el tiempo de secado, tiempo de quemado y resistencia a compresión del ladrillo (Cún, 2010).

La arcilla de Caolín es un silicato de aluminio hidratado, que procede especialmente de la descomposición de rocas feldespáticas. El término Caolín se designa a las arcillas donde el mineral más abundante es la Caolinita (Díaz y Ramírez, 2009). A sí mismo, esta arcilla es muy pura, blanca o ligeramente manchada, y que frecuentemente esta

mezclada con otros componentes, tales como feldespato, cuarzo y minerales ferruginosos procedentes de la roca matriz (Moraño, Guillén, Martínez, Martínez y Díaz, s.f.).

Las cantidades de los principales componentes mineralógicos de arcillas caoliníticas, varían dentro de grandes márgenes, teniéndose así la caolinita, que va del 20 % hasta el 95 %, mica e illita del 5 % al 45 % y cuarzo del 1 % a más del 50 %; en ciertas arcillas, se encuentran sustancias orgánicas, en cantidades bajas, que por lo general dan un color gris oscuros a negro, los cuales desaparecen durante la cocción (Díaz y Ramírez, 2009).

La arcilla de Caolín, por sí mismo, presenta valores cementantes escasos; pero, al ser finamente molido, activado térmicamente y en presencia de humedad, reacciona químicamente con hidróxido de sodio a temperatura común, formando compuestos de propiedades cementantes (Lainfiesta, 2010).

De acuerdo con la información estadística reunida del MEM e INGEMMET, en donde se establece un total de 54 canteras de Caolín en el Perú, se afirma que la mayor cantidad de canteras se encuentran en la región La Libertad, en un porcentaje del 37 % del total, luego se encuentra Cajamarca con un 20 %, Lima 18 %, Pasco 15 % y el 10 % restante en las demás regiones del país. Cabe resaltar que esta información aún está por completar y que a su vez faltan estudios geológicos para determinar el potencial caolinífero del Perú (Díaz y Ramírez, 2009).

La minería de arcilla de Caolín en el Perú es reducido, siendo a la fecha explotada por medianos productores. Sin embargo, presenta grandes posibilidades de desarrollarse aún más y aprovechar la demanda actual, particularmente en la industria de la cerámica (Díaz y Ramírez, 2009).

El uso de Caolín está circunscrito principalmente al subsector cerámico, donde ciertas empresas productoras de ladrillos, baldosas, azulejos, etc., poseen una gran capacidad instalada, en donde la obtención de este producto va incorporándose en el mercado

externo y a su vez compite en el mercado interno con sus similares importados (Díaz y Ramírez, 2009).

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong del distrito de Huamachuco en el año 2018?

1.3. Justificación

Los hogares construidos con ladrillos o bloques de cemento han presentado un crecimiento en el año 2016, con respecto al 2007, al pasar de un 48,2 % a un 51,9 % del total de viviendas particulares en el Perú (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2016). Lo cual, trae consigo el incremento de ladrilleras artesanales y la alta demanda de su principal producto, el ladrillo King Kong. Los artesanos elaboran ladrillos de manera manual y sin contar con ningún control de calidad que certifique el óptimo desempeño de sus productos; pues estos presentan fallas en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, debilitando el comportamiento de los muros de albañilería. Por esta razón se elaboró la presente investigación, con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal King Kong a través de la implementación de Caolín en sus componentes, ensayando pilas de albañilería.

El distrito de Huamachuco se encuentra en la Zona Sísmica 3, según la Norma E.030 Diseño sismorresistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, agudizando el problema pues es considerada como zona sísmica alta, por lo que las viviendas deben estar construidas con materiales resistentes y de buena calidad; por tal motivo, el presente proyecto fabricará ladrillos artesanales King Kong empleando Caolín como uno de sus componentes, para beneficiar a los pobladores que construyen sus viviendas con este material, y a su vez beneficiar a los ladrilleros artesanales haciendo su producto más competitivo en el mercado y manteniendo su bajo costo, para la sustentación económica en sus hogares.

Esta investigación se realiza con el propósito de generar nueva información respecto a la resistencia a compresión de pilas de albañilería, elaboradas con ladrillo artesanal King Kong del distrito de Huamachuco, pues los estudios realizados o normas existentes están basados en valores obtenidos de ensayos con ladrillos de zonas distintas, que en muchos casos el proceso constructivo, técnicas y calidad difieren a la del distrito. A sí mismo en el distrito de Huamachuco no se tienen investigaciones que traten acerca de la calidad de ladrillos que se producen en la zona y mucho menos de la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. Por lo que, esta investigación se realizó con la intención de generar información que nos permita tener la resistencia de pilas de albañilería (f^m) y de esta manera tener datos que se puedan emplear como referencia para mejorar el diseño de la albañilería en futuras edificaciones.

En el distrito de Huamachuco se puede observar que casi la totalidad de construcciones se realizan con el sistema de albañilería y en muchas de ellas se emplean ladrillos artesanales, las cuales no cumplen con la resistencia mínima especificada en la NTE E.070 “Albañilería” vigente desde el año 2006, esto se ve reflejado en la eflorescencia y grietas que se producen en los muros de albañilería, debilitando así el sistema constructivo. Por esta razón se pretende dar solución a este problema, mediante la incrustación de Caolín a los componentes del ladrillo artesanal, para mejorar sus propiedades mecánicas y con ello sus propiedades físicas, haciéndolo más resistente a las cargas y a los agentes externos que lo deterioran.

La presente investigación es de considerable importancia, ya que permite disponer de un método o técnica adecuada para usar Caolín, pues este es una arcilla muy abundante en el distrito de Huamachuco, y a través de su empleo en la fabricación de ladrillos de arcilla artesanal King Kong, se puede aumentar su resistencia a compresión axial de la unidad mejorando así la calidad del sistema constructivo en edificaciones de albañilería. A su vez, se mantiene su condición de producción artesanal, ya que la industrialización implica grandes inversiones y eleva su precio de venta.

Esta investigación contribuirá a futuras investigaciones y tesis que persigan objetivos similares, brindándoles una base técnica acerca del comportamiento de pilas de albañilería realizadas con ladrillos artesanales King Kong y sometidas a resistencia a compresión axial, al mismo tiempo se pretende desarrollar como una fuente de información a los alumnos de la carrera de ingeniería civil para complementar y ampliar sus conocimientos.

1.4. Limitaciones

- Durante el estudio de ladrilleras artesanales en Huamachuco, la mayoría de artesanos se negaron a brindar información de las características de su producto y del proceso de fabricación de sus ladrillos, restringiéndonos ensayar en laboratorio sus unidades de albañilería.

Se comparó la información brindada por las ladrilleras artesanales dispuestas a trabajar con su producto, en donde se tuvo en cuenta el número de unidades producidas y la demanda que presenta cada ladrillera, descartando así, aquellas que por temporada de invierno en el distrito, no fabricarán sus productos y también aquellas ladrilleras que nos brindan un limitado acceso a su información y proceso de fabricación. Concluyendo de esta manera que la ladrillera artesanal óptima a trabajar, es la ladrillera Cerna Sánchez.

- Una de las limitaciones de la investigación experimental es el transporte del material de ladrillos artesanales, puesto que este se encuentra en el distrito de Huamachuco, y los ensayos físicos mecánicos se realizaron en la Universidad Privada del Norte sede San Isidro de Trujillo.

Se contratará un camión particular para el transporte de los materiales, verificando que este se encuentre en buenas condiciones para no perjudicar la calidad de los ladrillos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong.

1.5.2. Objetivos específicos

- Obtener ladrillos artesanales de arcilla cocida King Kong que cumplan con las exigencias de la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), en cuanto a resistencia a compresión de unidades y pilas de albañilería.
- Elaborar pilas de albañilería, acorde con lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).
- Realizar los ensayos clasificatorios del ladrillo, tales como variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión, según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).
- Realizar los ensayos no clasificatorios del ladrillo, tales como succión y absorción, de acuerdo con la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Título: **“NORMALIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS Y TEJAS DEL CANTÓN CHAMBO”**.

(Gavilanes y Santellán, 2016), Definir y optimizar el proceso de fabricación del ladrillo artesanal macizo tipo C del cantón Chambo. El tipo de razonamiento a utilizar es racional y empírico, debido a que la investigación acerca de la fabricación de un ladrillo artesanal de calidad; va a ser, como los elementos que emplean los artesanos empíricamente, y a su vez, con una postura racional, cimentada principalmente en teorías y ensayos que se emplean para desarrollar la investigación. El total de las probetas ensayadas de cada una de las fábricas investigadas, no cumplen con la resistencia mínima a compresión (8 MPa) establecida en la NTE INEN 294 (1978). La elaboración del ladrillo en el cantón Chambo se realiza de una manera artesanal, sin considerar ninguna normativa y basada en su experiencia, aunque en la actualidad cuentan con mezcladoras a motor que han permitido disminuir el tiempo de elaboración del producto.

Este estudio aportará con el desarrollo de una propuesta para mejorar la calidad de los ladrillos artesanales, a través del aumento del polvo de ladrillo, el cual servirá de base para describir mejor la incorporación de arcilla de Caolín en la materia prima de los ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

- Título: **“CARACTERIZACIÓN DE LAS ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES”**.

(Zea, 2005), Evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos que conforman la mezcla utilizada en la producción del ladrillo cocido artesanalmente, en el área del Tejar Chimaltemango. Para determinar la calidad del ladrillo cocido hecho a mano y la caracterización de la materia prima (arcilla) utilizada en la mezcla, se realizó un muestreo al azar de las plantas artesanales que se dedican a la producción de este elemento constructivo, para ser sometidos a ensayos, y conocer

de esta manera sus características físicas, químicas y propiedades mecánicas. La resistencia a compresión de las unidades de albañilería de las cuatro ladrilleras artesanales estudiadas son muy bajos, siendo la ladrillera Morazán quien dio mejores resultados, con una resistencia mínima de $43,15 \text{ kg/cm}^2$ y una máxima de $61,75 \text{ kg/cm}^2$. No existe un control de calidad en la producción del ladrillo artesanal, se realiza de manera empírica, utilizando los métodos heredados de generación tras generación, esto provoca que no se ofrezca al usuario un producto de confianza, uniforme, de propiedades químicas y físicas fijas con formas y acabados definidos.

Este estudio cooperará con la caracterización de la materia prima empleada para la fabricación de ladrillos artesanales, el cual servirá de base para una mejor descripción de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las arcillas que conforman la unidad de albañilería.

- Título: **“ESTUDIO, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE PUZOLANAS LOCALES EN LA MASA CERÁMICA DEL LADRILLO”.**

(Mella, 2004), Investigar los beneficios de la incorporación de puzolana a la masa cerámica del ladrillo. La fabricación de los ladrillos de arcilla se compone de los dos materiales base (arcilla y caolín) y el aditivo que estamos usando (puzolana), la proporción usada es de un 90 % de mezcla de arcilla – caolín, del cual el 20 % es Caolín y el 80 % arcilla; además, el 10 % faltante es puzolana. La incorporación de Puzolana en la pasta cerámica disminuye la resistencia a compresión de los ladrillos, cualquiera sea su granulometría. La incorporación de Puzolana a la masa cerámica del ladrillo artesanal en porcentajes cerca al 10 %, conlleva a una reducción significativa de la Conductividad Térmica de la masa, sin implicar la absorción, ni la resistencia a compresión de la unidad de albañilería.

Este estudio aportará con la dosificación óptima para elaborar ladrillos compuestos de arcilla roja y Caolín; el porcentaje de Caolín usado en esta investigación es del 18 %, mientras que el de arcilla roja es un 72 % y el 10% restante está conformado

por el aditivo de puzolana. Por lo que, nos servirá de referencia para variar los porcentajes de arcilla de Caolín en la composición del ladrillo artesanal King Kong.

- **Título: “INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA JUNTA DE MORTERO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA”.**

(Sáenz, 2016), Determinar la influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. Se seleccionaron los ladrillos artesanales de un mismo lote de acuerdo a la NTP 399.613, luego se construyó doce pilas por cada espesor de junta de mortero (1,0 cm; 1,5 cm; 2,0 cm; 3,0 cm y 4,0 cm) y todas las pilas se dejaron a la intemperie hasta el día del ensayo el cual se realizó después de 28 días de elaboradas las muestras. La resistencia a la compresión axial de una pila de albañilería disminuye hasta un 15 % por cada incremento de 1 cm en el espesor de la junta de mortero. Se determinó la influencia entre los cinco espesores de junta, disminuyendo 6,35 % al pasar de 1,0 cm a 1,5 cm; 5,15 % de 1,5 cm a 2,0 cm; 13,07 % de 2,0 cm a 3,0 cm; y 10,26 % de 3,0 cm a 4,0 cm.

Este estudio contribuirá con el espesor de junta en la construcción de pilas de albañilería fabricadas con ladrillos de arcilla King Kong, viéndose que el espesor de junta óptimo es de 1,0 cm, y a medida que se va aumentando, disminuye su resistencia a compresión. A su vez, nos servirá de base para el tipo y resistencia de diseño del mortero, en donde se usó un mortero tipo P2 y se obtuvo una resistencia promedio de 122,08 kg/cm², por lo que se usará una resistencia de diseño de 120 kg/cm² para las probetas de mortero.

- **Título: “DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA”.**

(Lulichac, 2015), Determinar las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. Los ladrillos artesanales seleccionados para

la presente investigación, son elaborados en cuatro ladrilleras de la provincia de Cajamarca y han sido seleccionadas de acuerdo a criterios de presencia en el mercado, ubicación, materia prima y técnica empleada. La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería de todas las ladrilleras en estudio, no alcanzan ni a la mínima resistencia que exige la Norma E.070 que es de 50 kg/cm^2 para un ladrillo Tipo I, siendo la resistencia más alta $41,50 \text{ kg/cm}^2$ de la ladrillera Rumipampa y la resistencia más baja de $34,71 \text{ kg/cm}^2$ en Cerrillo parte baja. Se determinó las propiedades físico – mecánico de las unidades de albañilería de las ladrilleras artesanales Cerrillo parte alta, Cerrillo parte baja, Santa Bárbara y Rumipampa, con la finalidad de obtener una base de datos referencial que nos pueda servir cuando se requiera utilizar en la construcción a cualquiera de estas ladrilleras artesanales.

Este estudio aportará con el desarrollo de los ensayos en laboratorio de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales de arcilla King Kong, el cual servirá de base para describir mejor el procedimiento de cada ensayo a ejecutar, teniendo en cuenta las recomendaciones brindadas en esta investigación. Además, contribuirá con el número de ladrillos que conforma cada pila de albañilería, siendo de cuatro unidades, cada una de ellas.

- Título: **“DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO A COMPRESIÓN AXIAL Y EL FACTOR DE CORRECCIÓN POR ESBELTEZ EN PRISMAS DE ALBAÑERÍA CON LADRILLOS ARTESANALES DE ARCILLA EN LA CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA”.**

(Muñoz, 2014), Determinar el comportamiento a compresión axial (f_m) y el factor de corrección por esbeltez (C_{ce}), en prismas de albañilería con ladrillos artesanales de arcilla fabricados en el sector Fila Alta - tercera Etapa de la ciudad de Jaén. Se construyó 180 prismas de albañilería en diferentes espesores con juntas de 1 cm, 1,5 cm y 2 cm con variación de la esbeltez en 2, 3 y 4 hiladas y se realizó su resistencia a la compresión a los 28 días de construidas; determinándose también las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo. La resistencia a compresión de los ladrillos que se

realizó en las muestras de las 4 ladrilleras, se encontró el promedio de la resistencia a la compresión que son: Ladrillera A es $37,37 \text{ kg/cm}^2$, ladrillera B es $58,70 \text{ kg/cm}^2$, ladrillera C es $55,53 \text{ kg/cm}^2$, ladrillera D es $56,24 \text{ kg/cm}^2$, el cual la ladrillera A no cumple según la Norma E 0.70 (2014), que indica una resistencia mínima de 55 kg/cm^2 . Comparando la resistencia de los prismas de albañilería con ladrillos artesanales de arcilla (f'm) con la Norma E 0.70, se puede apreciar que ninguna cumple el requisito mínimo de 35 kg/cm^2 , que existe una diferencia mínima de 22,21 %, esto se debe a que existe una dispersión alta en los resultados a la resistencia de compresión como unidad de ladrillo (f'b).

Este estudio contribuirá con un mejor entendimiento del uso del factor de corrección por esbeltez en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, construidas con ladrillos de arcilla artesanal King Kong, y a su vez servirá de base para una mejor descripción de los ensayos realizados a pilas de albañilería.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Definición de albañilería

La Albañilería o Mampostería es un material estructural, presentada en su forma tradicional por unidades de albañilería asentadas en base a mortero, generando que estas se encuentren débilmente unidas. Este suceso, está corroborado por ensayos y por la experiencia, permitiendo afirmar que se trata de un material heterogéneo y anisotrópico, que por naturaleza presenta una alta resistencia a compresión, dependiendo principalmente de la unidad de albañilería, y una baja resistencia a la tracción, la cual es provocada por la adhesión que existe entre el mortero y la unidad (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.2.2. Clasificación de la albañilería por su función estructural

2.2.2.1. Muros portantes

Los Muros Portantes se usan como elementos estructurales de una edificación, los cuales están sometidos a todo tipo de solicitaciones, tanto de manera perpendicular

como contenida en su plano, tanto lateral como vertical y tanto eventual como permanente (San Bartolomé, 1994).

2.2.2.2. Muros no portantes

Los Muros No Portantes deben diseñarse fundamentalmente ante cargas perpendiculares a su plano, que son causados por los vientos, sismos u otras cargas de empuje; ya que estos muros no soportan carga vertical, ejemplo de ello son los cercos, los parapetos y los tabiques (San Bartolomé, 1994).

2.2.3. Clasificación de la albañilería por la distribución de refuerzo

2.2.3.1. Albañilería no reforzada o albañilería simple

Muros sin refuerzo o con refuerzo que no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe presentar todo muro reforzado, y aunque la Norma Técnica de Edificación E.070 no lo señale, se recomienda que estas construcciones se edifiquen sobre suelos de buena calidad, pues la albañilería es muy frágil ante los asentamientos diferenciales. La resistencia al corte y la rigidez son semejantes tanto en los muros no reforzados como en los reforzados; sin embargo, la Norma Técnica de Edificación E.070 adopta factores de seguridad iguales al doble de las que corresponden a los muros reforzados, debido a que los muros no reforzados son de falla frágil, ya que no existe refuerzo que controle el tamaño de las grietas (San Bartolomé, 1994).

2.2.3.2. Albañilería reforzada o albañilería estructural

2.2.3.2.1. Albañilería armada

La Albañilería Armada o muros armados se distinguen por presentar el refuerzo en el interior de la albañilería distribuidas de forma vertical y horizontal. Para la construcción de estos muros se requiere la fabricación de unidades con alveolos, para poder colocar el refuerzo vertical; mientras que para la colocación del refuerzo horizontal depende de su diámetro, si el diámetro del acero es mayor de $\frac{1}{4}$ " este se coloca en los canales de la unidad, y si el diámetro es menor o igual a $\frac{1}{4}$ " se coloca en la junta horizontal. El diámetro del refuerzo

horizontal depende directamente de la magnitud de la fuerza cortante, la cual tiene que ser resistida por el acero (San Bartolomé, 1994).

2.2.3.2.2. Albañilería confinada

La Albañilería Confinada es el sistema tradicional que se usa en casi toda Latinoamérica para construir hasta 5 pisos, el cual se constituye por un muro de albañilería simple, reforzado por una cadena de concreto armado, vaciado después de su construcción. En el Perú, se ha convertido en una tradición emplear una conexión dentada entre la albañilería y las columnas, ya que en Chile se emplea una conexión prácticamente a ras, y el cual obtuvo un buen comportamiento en el terremoto de 1985 (San Bartolomé, 1994).

El pórtico de concreto armado, que rodea al muro, actúa como elemento de arriostre en el momento que la albañilería está sujeta a acciones perpendiculares a su plano; a su vez, tiene como principal función hacer dúctil el sistema; brindándole la capacidad de deformación inelástica, aumentando de forma muy leve su resistencia, por el hecho de que la viga y las columnas tienen dimensiones pequeñas y con poco refuerzo (San Bartolomé, 1994).

2.2.4. Unidad de albañilería

Las unidades de albañilería que se usan en las edificaciones están hechas fundamentalmente de arcilla (cerámicas), arena-cal (sílico-calcáreo) y de concreto. Con respecto a su tamaño, las unidades se califican como Ladrillos o Bloques; se les nombra ladrillos cuando se pueden manipular y asentar con una sola mano, y reciben el nombre bloques cuando por su peso y dimensiones requieren ambas manos para su manipulación (San Bartolomé, 1994).

2.2.4.1. Materia prima de la unidad de albañilería de arcilla

La materia prima fundamental es la arcilla, quien está compuesta de sílice y alúmina con proporciones variantes de óxidos metálicos y otras sustancias. Las arcillas se clasifican de acuerdo a su composición básica, en calcáreas y no

calcáreas, las primeras tienen aproximadamente 15 % de carbonato de calcio y ocasionan el color amarillento en los ladrillos, las arcillas no calcáreas están formadas de silicato de alúmina, presentan de 2 a 10 % de óxidos de hierro y feldespato, y dependiendo del contenido de óxido de hierro, producen un color rojo o salmón (Gallegos y Casabonne, 2005).

Las arcillas provienen de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos, y de los depósitos aluviales o eólicos, los cuales presentan cantidades considerables de arena y limos. Las arcillas impuras están compuestas de arena y limo aproximadamente en un 33 %, las cuales lo hacen ideales para fabricar los mejores ladrillos, ya que estas arcillas disminuyen las contracciones y agrietamientos en la etapa de secado y quema (Gallegos y Casabonne, 2005).

Para la fabricación de ladrillos, es necesario que las arcillas al ser mezcladas con agua, presenten una consistencia plástica, de manera tal que tomen la forma del molde. Además, sus partículas deben presentar una suficiente adhesión, como para mantenerse estable después del quitado del molde, y ser capaces de mantenerse estables y consistentes cuando se funden a temperaturas elevadas, por último, la unidad no debe presentar grietas. Las arcillas superficiales cumplen con estas condiciones y al pertenecer a una formación sedimentaria reciente son más sencillas de explotar (Gallegos y Casabonne, 2005).

2.2.4.2. Proceso de fabricación artesanal de la unidad de albañilería de arcilla

De acuerdo con el Ministerio de la Producción (2010), las etapas del proceso de fabricación para ladrillos artesanales son los siguientes:

- a) **Extracción de arcilla y tierras.-** La extracción de arcilla y tierra arenosa se puede hacer de lugares lejanos o en la misma zona de fabricación y el procedimiento de extracción usado en las ladrilleras artesanales es a través de la excavación manual de canteras (Ministerio de la Producción, 2010). En donde se emplean picos, lampas y carretillas; luego, se tamiza a través de

mallas metálicas con el objetivo de excluir las piedras y materias extrañas (San Bartolomé, 1994).

- b) **Mezcla.-** Algunos artesanos además de arcilla, agua y arena, añaden otros agregados a la mezcla tales como cenizas, aserrín y cáscaras de arroz o de café. Dejan reposar esta masa por un día, con la finalidad de que los terrones más pequeños se deshagan, así la mezcla se vuelve más consistente y adquiere la textura solicitada para el moldeo. Las impurezas tales como raíces, restos de arbustos y piedras son separadas de forma manual y en pocas ocasiones se tamiza la arena para eliminar sus impurezas o lograr un grano más homogéneo. Además, la materia prima no se escoge ni está sujeto a molienda para una inspección granulométrica. Las propiedades finales de la mezcla son determinadas en base a su consistencia, conforme a las necesidades, experiencia, o disponibilidad de cada artesano (Ministerio de la Producción, 2010).
- c) **Moldeado o labranza.-** El material mezclado se moldea para dar forma al ladrillo requerido, ya sea sólido o hueco. Los moldes pueden ser metálicos o de madera, los cuales no presentan tamaños estandarizados y difieren dependiendo a la región y al artesano. Habitualmente se emplea arena muy fina para facilitar el retiro de mezcla del molde (Ministerio de la Producción, 2010).
- d) **Secado.-** Los ladrillos crudos recién moldeados se colocan en tendales, los cuales son espacios de terreno planos preparados para este fin, frecuentemente se ubican lo más cercano posible al lugar de moldeo. Las unidades se secan por la acción natural del viento y el sol, cuando llueve se cubre con mantas de plástico. El proceso de secado culmina cuando el ladrillo ha perdido un 13 % de humedad aproximadamente y está listo para ser cargado al horno; el tiempo de secado puede variar de cinco a siete días, dependiendo del clima. A partir del tercer o cuarto día se van volteando las

caras para un secado más uniforme, raspando los lados en contacto con el suelo para quitar la tierra capturada. En la parte final del secado, se forman pequeñas torres con los ladrillos en canto y de un ladrillo por lado, llegando a una altura de 1 m a 1,20 m aproximadamente (Ministerio de la Producción, 2010).

- e) **Carga del horno.-** En un inicio se arma el “malecón” o arreglo de encendido, acoplando los ladrillos secos de manera tal, que formen una bóveda sobre el canal de encendido a todo lo largo del horno. En la quema con carbón, se construye una especie de parrilla en la base de esta bóveda, con ladrillos enteros y tallados manualmente. Por arriba de la bóveda armada como malecón de encendido, los ladrillos se colocan en capas horizontales continuas, cada una cruzada respecto de la anterior, hasta ocupar toda la altura del horno. La separación entre los ladrillos es de tres a cinco milímetros para posibilitar el flujo aire y de los gases calientes resultado de la combustión, así como para transmitir el calor durante la cocción (Ministerio de la Producción, 2010).
- f) **Cocción.-** El quemado es un trabajo netamente artesanal que el Maestro Hornero va adaptando de acuerdo con el producto que se va consiguiendo. Los canales de encendido están hechos a la altura del suelo, traspasan el horno de extremo a extremo y sus aperturas están en las caras de mayor longitud. Las características y magnitudes de las aperturas obedecen al tipo de combustible a que se a emplear para la quema (Ministerio de la Producción, 2010).
- g) **Descarga de horno.-** Cuando el calor de cocción ha llegado a la parte superior y se ha consumido todo el carbón, se deja enfriar por un periodo de cuatro a seis días. Por consecuencias de las corrientes aire durante la combustión, el enfriamiento se da de abajo hacia arriba. En épocas de alta demanda, a los artesanos no les importa el tiempo de enfriamiento normal, y

descargan los ladrillos cuando aún están calientes (Ministerio de la Producción, 2010).

- h) Clasificación y despacho.-** Los ladrillos artesanales se descargan y depositan cerca del horno, clasificándolos en ladrillos bien cocidos, medianamente cocidos y crudos. Los ladrillos adquiridos por los compradores, se pagan de acuerdo al quemado del producto, mientras más cocidos, mayor es su precio; mientras que, los ladrillos crudos se volverán a cocer. Las ladrilleras artesanales no hacen ensayos de calidad (Ministerio de la Producción, 2010).

2.2.5. Clasificación de la unidad de albañilería según su porcentaje de huecos

A nivel internacional, las unidades de albañilería se organizan de acuerdo al porcentaje de huecos presentados en la superficie de asiento y por la disposición que estos posean. (San Bartolomé, 1994).

- a) 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” (NTE E.070, 2006, p. 296).
- b) Unidad de Albañilería Hueca.-** “Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70 % del área bruta en el mismo plano” (NTE E.070, 2006, p. 296).
- c) Unidad de Albañilería Alveolar.-** “Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados” (NTE E.070, 2006, p. 296).

d) **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).**- “Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento” (NTE E.070, 2006, p. 296).

2.2.6. Clasificación de la unidad de albañilería para fines estructurales

“Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1” (NTE E.070, 2006, p. 297).

Tabla n.º 2. 1. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1					
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en Mpa (kg/cm ²) 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 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

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

Fuente: NTE E.070, 2006.

2.2.7. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería

“El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2” (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla n.º 2. 2. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 2 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 más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 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: NTE E.070, 2006.

2.2.8. Pruebas de la unidad de albañilería

2.2.8.1. Muestreo

La NTE E.070 (2006) indica que:

El 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. (p. 298).

2.2.8.2. Resistencia a compresión

La NTE E.070 (2006) establece que:

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (f'_b) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. (p. 298).

2.2.8.3. Variación dimensional

“Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604” (NTE E.070, 2006, p. 298).

2.2.8.4. Alabeo

“Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613” (NTE E.070, 2006, p. 298).

2.2.8.5. Absorción

“Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613” (NTE E.070, 2006, p. 298).

2.2.9. Aceptación de la unidad de albañilería

La NTE E.070 (2006) establece los siguientes requisitos para las unidades de arcilla.

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 sílico calcáreas no será mayor que 22 %.

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. (p. 298).

2.2.10. Mortero

La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) define al mortero de la siguiente manera:

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. (p. 298).

2.2.11. Componentes del mortero

2.2.11.1. Cemento

Se emplea fundamentalmente el Cemento Portland tipo I y ocasionalmente el Cemento Portland tipo II. Cuando se use Cemento Puzolánico IP, se sugiere preparar una mezcla de mejor calidad, disminuyendo la mitad del volumen de arena, para conseguir una resistencia igual que con el cemento tipo I. El cemento tiene un peso volumétrico de 1500 kg/m^3 , y su venta es en bolsas de 1 pie cúbico con un peso de 42.5 kg. (San Bartolomé, 1994).

2.2.11.2. Cal hidratada normalizada

La cal empleada en el mortero debe de estar hidratada y normalizada; la causa por la que la cal debe estar normalizada se debe a que puede tener partículas muy finas, los cuales son residuos inertes que no funcionan como aglomerante. El peso volumétrico de la cal es de 640 kg/m^3 . (San Bartolomé, 1994).

La cal a diferencia del cemento permite que el mortero endurezca muy lentamente al reaccionar con el anhídrido carbónico del ambiente, en un proceso llamado Carbonatación, la cual es muy beneficiosa para el mortero por 2 razones: La primera es porque las fisuras tienden a sellarse a través del tiempo, pues se forman

cristales de carbonato de calcio, los que proporcionan cierta resistencia adicional sobre la dada por el cemento y la segunda es que al endurecer lentamente beneficia la retentividad de la mezcla. (San Bartolomé, 1994).

2.2.11.3. Agregado fino

“El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3” (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla n.º 2. 3. Granulometría de la arena gruesa.

TABLA 3	
GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
Nº 4 (4,75 mm)	100
Nº 8 (2,36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1,18 mm)	70 a 100
Nº 30 (0,60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0,30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0,15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Fuente: NTE E.070, 2006.

Además, se deben cumplir las siguientes características:

- “No deberá quedar retenido más del 50 % de arena entre dos mallas consecutivas” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- “El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- “El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1 % en peso” (NTE E.070, 2006, p. 298).
- “No deberá emplearse arena de mar” (NTE E.070, 2006, p. 298).

2.2.11.4. Agua

La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) menciona que “el agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica” (p. 298).

2.2.12. Clasificación del mortero para fines estructurales

La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) clasifica al mortero para fines estructurales en “tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (ver la Tabla 4)” (p. 298).

2.2.13. Proporciones de los componentes del mortero

“Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4” (NTE E.070, 2006, p. 298).

Tabla n.º 2. 4. Tipos de mortero.

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

Fuente: NTE E.070, 2006.

2.2.14. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería

La Norma Técnica de Edificación E.070 (2006) establece dos métodos para determinar la resistencia a compresión axial de la albañilería, el cual se indica en la Tabla 7.

Tabla n.º 2. 5. Métodos para determinar la resistencia de prismas de albañilería.

TABLA 7 MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y v'_m									
Resistencia característica	Edificios de 1 a 2 pisos			Edificios de 3 a 5 pisos			Edificios de más 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

Fuente: NTE E.070, 2006.

A: “Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero” (NTE E.070, 2006, p. 301).

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” (NTE E.070, 2006, p. 301).

La NTE E.070 (2006) establece que las pilas de albañilería tendrán una resistencia a compresión mínima de 35 kg/cm². Además, “los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10° C durante 28 días” (NTE E.070, 2006, p. 301).

Por último, la NTE E.070 (2006) establece los factores de corrección de f'_m por esbeltez, indicados en la Tabla 10.

Tabla n.º 2. 6. Factores de corrección de f'_m por esbeltez.

TABLA 10 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: NTE E.070, 2006.

2.2.15. Definición de Caolín

El Caolín es una arcilla muy pura, blanca o levemente manchada, que deriva especialmente de la descomposición de rocas feldespáticas y que acostumbra venir mezclada con feldespato, cuarzo y minerales ferruginosos procedentes de la roca matriz; siendo básicamente, la caolinita, la dikita y la nacrita los minerales que componen el Caolín (Moraño et al., s.f.). El término caolín se refiere a arcillas en las que predomina el mineral caolinita (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.16. Composición mineralógica del Caolín

La composición mineralógica de las arcillas caoliníticas varía dentro de amplios márgenes, siendo los componentes principales la caolinita, presente en un margen del 20 % al 95 %, mica/illita del 5 % al 45 % y cuarzo del 1 % a más del 50 %; en contenidos menores se encuentran las sustancias orgánicas, las cuales dan colores grises oscuros a negros a ciertas arcillas, sin embargo, desaparecen durante la cocción (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.17. Composición química del Caolín

La composición química del Caolín se muestra en la Figura n.º 2. 7., en dicha figura puede observarse que los óxidos predominantes en la muestra de Caolín son silicio (49,60 %), aluminio (36,30 %) y potasio (0,44 %), y como elementos minoritarios están presentes Fe, Ca, Mg, Na, Ti, Mn y P (Moraño et al, s.f.).

Tabla n.º 2. 7. Composición química del Caolín.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
SiO ₂	49,60
Al ₂ O ₃	36,30
Fe ₂ O ₃	0,44
CaO	0,11
MgO	0,11
Na ₂ O	<0,01
K ₂ O	0,44
TiO ₂	0,15
MnO ₂	<0,01
P ₂ O ₅	0,08
Pérdida por calcinación a 1000 °C	12,80

Fuente: Moraño et al., s.f.

Entre los elementos mayoritarios están el Al, Si, O y K, los cuales constituyen los componentes mineralógicos encontradas en la muestra, que corresponde a caolinita (Al₂Si₂O₅(OH)₂), illita (K_{0,8}Al₂(Si,Al)₄O₁₀(OH)₂) y cuarzo (SiO₂) (Martínez, 2012).

2.2.18. Clasificación del Caolín por su origen

2.2.18.1. Caolines residuales

Se forman en la superficie terrestre por una fuerte meteorización química en ambientes tropicales y subtropicales, húmedos y cálidos. La profundidad de la meteorización depende de las fallas, disyunción y porosidad, en donde la transición continúa hacia la roca de origen (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.18.2. Caolines hidrotermales

El agua meteórica está siempre implicado y están formados por la transformación hidrotermal de la roca de origen, por lo general rocas magmáticas, ácidas e intrusivas. Se encuentran habitualmente asociados tanto a filones, como a zonas de stock work-alteración, estableciendo cuerpos irregulares o estructuras

filonianas con extensiones laterales menores respecto a su profundización, de dimensión e importancia variable (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.19. Propiedades físicas del Caolín

El Caolín es higroscópico (absorbe agua), plasticidad de baja a moderada, su peso específico es de 2,58 a 2,60 y presenta una dureza de 1 a 2 en la escala de Mohs. Es de color blanco o casi blanco, con matiz amarillo, pardusco, rojizo, a veces verdusco o azulenco, debido a impurezas; con un brillo nacarado en escamas y láminas sueltas, terroso mate en masas continuas. El Caolín es refractaria (punto de fusión cercano a 1,850 °C) y el tamaño de grano es muy fino (63 micrones). Tiene una baja conductividad eléctrica, conductibilidad térmica y una baja carga eléctrica superficial (Díaz y Ramírez, 2009).

El Caolín resiste altas temperaturas, no es tóxico ni abrasivo y presenta facilidad para la dispersión en agua; además, es absorbente y tiene baja viscosidad en altos porcentajes de sólidos. Es compacto, suave al tacto y difícilmente fusible; asimismo, es inodoro, moldeable y de fácil extracción (Moraño et al., s.f.).

2.2.20. Unidades geológicas favorables en el Perú

En las franjas de la cordillera Occidental e Interandina, se ubican los depósitos reconocidos y explotados de Caolín, también se encuentran pocos depósitos en la llanura Pre-andina. En la cordillera Occidental, el Caolín está usualmente asociado con el vulcanismo cenozoico. Los líquidos o gases procedentes del magma, han colocado los metales pesados como oro, cobre y zinc; y, han lixiviado los volcánicos ácidos. Por esta razón, los depósitos de Caolín de origen magmático se ubican cerca de yacimientos metálicos (Díaz y Ramírez, 2009).

En el departamento de La Libertad, cerca de Huamachuco, se encuentran numerosos mantos de caolines redepositados en la Formación Chimú, los caolines están conformados de caolinitas y cuarzo con muy escasas impurezas, la cantidad de

aluminio en la generalidad de los casos es mayor al veinticinco por ciento y llega en algunos casos al treinta y seis por ciento (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.21. Usos del Caolín

El Caolín presenta una serie de propiedades inherentes a su naturaleza, entre las que sobresalen principalmente su inercia ante los agentes químicos, su ausencia de toxicidad, su blancura y tamaño de partícula; producto de ello, se ha registrado más de un centenar de aplicaciones en productos industriales, muy distintos entre sí (Díaz y Ramírez, 2009).

El Caolín y las arcillas caoliníticas tienen muchísimos y muy variados campos de aplicación, tales como en el papel, plásticos, pinturas, barnices, detergentes, moldes de fundición, porcelana, loza blanca y colorada, cerámica refractaria, cerámica eléctrica, cemento blanco, cemento refractario, cemento acidorresistente, entre otros (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.22. Mercado nacional del Caolín

En el Perú, la minería del Caolín es pequeña, estando en la actualidad explotada por medianos productores. Su consumo está delimitado principalmente al subsector cerámico, donde determinadas empresas productoras de ladrillos, baldosas, azulejos, sanitarios, entre otros, presentan una gran capacidad instalada, en donde su producción compite en el mercado nacional con sus similares importados y a su vez van incorporándose rápidamente en el mercado externo (Díaz y Ramírez, 2009).

2.2.23. Canteras de Caolín en el Perú

El 37 % de las canteras de Caolín en el Perú se localizan en La Libertad, el 20 % en Cajamarca, el 18 % en Lima, el 15 % en Pasco y en las demás regiones el 10 %. Esta información no está completa y además se necesitan estudios geológicos para señalar el potencial caolinífero en el país (Díaz y Ramírez, 2009).

2.3. Hipótesis

Tabla n.º 2. 8. Hipótesis general.

HIPÓTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La sustitución de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en la Universidad Privada del Norte en el año 2018.	Arcilla de Caolín	Ladrillos artesanales del distrito de Huamachuco	Aumento	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2018
	Resistencia a compresión axial				

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 2. 9. Hipótesis específica 1.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La sustitución de hasta el 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en la Universidad Privada del Norte en el año 2018.	VARIABLES	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Hasta el 10 % de sustitución de arcilla de Caolín	Ladrillos artesanales del distrito de Huamachuco	Aumento	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2018
Resistencia a compresión axial					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 2. 10. Hipótesis específica 2.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2	COMPONENTES METODOLÓGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
La sustitución de más del 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en la Universidad Privada del Norte en el año 2018.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Más del 10 % de sustitución de arcilla de Caolín	Ladrillos artesanales del distrito de Huamachuco	Disminución	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte	Año 2018
Resistencia a compresión axial					

Fuente: Elaboración propia, 2018.

2.4. Definición de términos básicos

Absorción: Fluido que es retenido en un determinado tiempo de exposición por cualquier material (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Arcilla común: El Perú es rico en arcilla común, y es generalmente usada en la fabricación de productos para la construcción (Díaz y Ramírez, 2009).

Arcilla de Caolín: Esta arcilla es muy pura, blanca o ligeramente manchada, y que habitualmente se encuentra mezclada con diferentes componentes, tales como el feldespatos, cuarzo y minerales que contienen hierro procedentes de la roca matriz (Moraño, Guillén, Martínez, Martínez y Díaz, s.f.).

Contracción volumétrica: Disminución de las dimensiones de un material (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Densidad: Relación entre el volumen y la masa de una materia (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Ladrilleras artesanales: Son pequeñas empresas distribuidas a nivel nacional, la mayoría de ellas son informales y emplean técnicas artesanales para la elaboración de sus productos (Ministerio de la Producción, 2010).

Pilas de albañilería: Son prismas formados por más de dos unidades de albañilería, asentados mediante mortero una sobre de otra (Bonilla, 2006).

Resistencia a compresión: Ensayo en donde una prensa aplica una determinada fuerza a un espécimen, hasta llegar a su rotura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2008).

Unidad de albañilería: “Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular” (NTE E.070, 2006, p. 296).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla n.º 3. 1. Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Resistencia a compresión axial.	La resistencia a la compresión es, por si sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. 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 (Gallegos y Casabonne, 2005).	Se usará para aumentar las propiedades mecánicas en las unidades de albañilería y por ende mejorar la calidad de los muros de albañilería.	Peso de pilas.	Peso.	kg.
			Esbeltez de pilas.	Largo.	mm.
				Altura.	mm.
			Área bruta del asiento de carga de pilas.	Largo.	mm.
				Ancho.	mm.
			Resistencia a compresión axial de pilas.	Carga máxima de rotura.	kgf.
			Deformación unitaria de pilas.	Deformación unitaria cada 100 kgf.	mm.
			Tiempo de ensayo a compresión axial de pilas.	Tiempo.	s.
Tipo de falla.	Falla frágil.	Grieta vertical que atraviesa al mortero y a todas las unidades.			
	Falla explosiva.	Falla por trituración			

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación es del tipo experimental, porque se basa en la fabricación artesanal de ladrillos de arcilla cocida, en la que se mejorará su resistencia a compresión axial, y manipulando nuestra variable independiente, arcilla de Caolín, se estudiará su influencia en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.

El diseño de investigación es experimental, del tipo experimental puro, ya que se puede controlar y limitar la cantidad de arcilla de Caolín que se empleará como sustituto de la arcilla común empleada para la fabricación de ladrillos artesanales.

Tabla n.º 3. 2. Datos para un diseño de investigación de experimental puro.

Grupo	Asignación	Pre prueba	Tratamiento	Post prueba
GE1	R	O1	Sustituir 5 % de la arcilla común por arcilla de Caolín, en volumen.	O2
GE2	R	O3	Sustituir 10 % de la arcilla común por arcilla de Caolín, en volumen.	O4
GE3	R	O5	Sustituir 15 % de la arcilla común por arcilla de Caolín, en volumen.	O6
GE4	R	O7	Sustituir 20 % de la arcilla común por arcilla de Caolín, en volumen.	O8
GC	R	O9	-	O10

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Dónde:

- GE1, GE2, GE3, GE4: Grupo estudio.
- GC: Grupo control.
- R: Indica asignación aleatoria de los sujetos a cada grupo.
- O1, O3, O5, O7, O9: Pre test.
- O2, O4, O6, O8, O10: Post test.

3.3. Unidad de estudio

La unidad de estudio es la pila de albañilería elaborada con cuatro ladrillos de arcilla artesanal King Kong y unida con un mortero cemento arena de 1:5, con un espesor de junta de 1 cm y curado por 28 días.

3.4. Población

La población en estudio está constituida por todas las pilas de albañilería, que serán construidas para ser ensayadas a compresión axial, y las cuales estarán formadas por ladrillos de arcilla artesanal King Kong fabricado con arcilla común y arcilla de Caolín en porcentajes del 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

El muestreo será probabilístico, del tipo muestreo aleatorio simple, de tal manera que cada elemento tenga la misma probabilidad de ser seleccionada.

Para determinar el tamaño de la muestra de pilas de albañilería, se debe tener en cuenta que no se conoce el tamaño de la población (N) y que se tiene una variable cuantitativa, por tal motivo se empleara la formula siguiente:

$$n_0 = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Ecuación n.º 3. 1. Tamaño de la muestra.

En donde:

n_0 : Tamaño de la muestra.

Z: Es el valor de la distribución normal estandarizada (bilateral), para un nivel de confianza adoptado por el investigador.

S: Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador, obtenida por estudios anteriores.

E: Error de estimación del muestreo en % o en absoluto (unidades), fijada por el investigador.

VALORES DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDARIZADA			
ERROR (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza (1- α)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90%	0.10	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
ERROR (Tipo II): Siempre es unilateral			
Poder (1- β)	Error (β)	Valor Z	
0.80	0.20	0.842	
0.90	0.10	1.282	
0.95	0.05	1.645	
0.99	0.01	2.326	

Figura n.º 3. 1. Valores de la distribución normal estandarizada.

Fuente: Rubio, 2014.

Para la presente investigación se usará un nivel de confianza del 95 %, obteniendo un valor de $Z = 1,96$; según los valores de la Distribución Normal Estandarizada. Además, Sáenz (2016) encontró que para pilas de albañilería elaborados con ladrillos de arcilla artesanal con junta de mortero de un centímetro, su resistencia a compresión promedio es de $38,02 \text{ kg/cm}^2$ y una desviación estándar de $2,73$; las cuales serán tomadas como antecedentes y serán para determinar el tamaño de muestra. Por último, se usará un error del 6 %.

Entonces, se valor de “E” será:

$$E = 0,06 * 38,02$$

$$E = 2,28$$

Reemplazando en la ecuación 3.1, se tiene:

$$n_0 = \frac{1,96^2 * 2,73^2}{2,28^2}$$

$$n_0 = 5,50$$

$$n_0 \approx 6$$

Por lo tanto, se obtiene una muestra de seis pilas de albañilería por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. En la Tabla n.º 3. 4., se expresa el número total de la muestra para esta investigación.

Tabla n.º 3. 3. Muestra.

Clasificación	Ensayo	Resistencia a compresión axial
Sustitución de arcilla de Caolín por arcilla común al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % en volumen.		5
Unidades de ensayo, obtenidas de una ladrillera artesanal.		1
Edad de curado a 28 días.		1
Tamaño muestral del número de pilas de albañilería, por cada tipo.		6
Población/Muestra		30

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El número total de pilas de albañilería a construir será de treinta, los cuales tendrán un espesor de junta de un centímetro y serán curados por un periodo de veintiocho días.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos

La técnica empleada para la recolección de datos es la observación, ya que durante la realización de los ensayos, la observación es fundamental, pues a través de esta se puede dar cuenta de detalles muy importantes, tales como el peso, la esbeltez, dimensiones y tipo de falla de pilas de albañilería, entre otros.

3.6.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento empleado para la recolección de datos fue la Guía de Observación, validado por el M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, el cual permite recolectar información necesaria al momento de realizar los ensayos (ver ANEXO n.º 2).

3.6.3. Procedimiento de recolección de datos

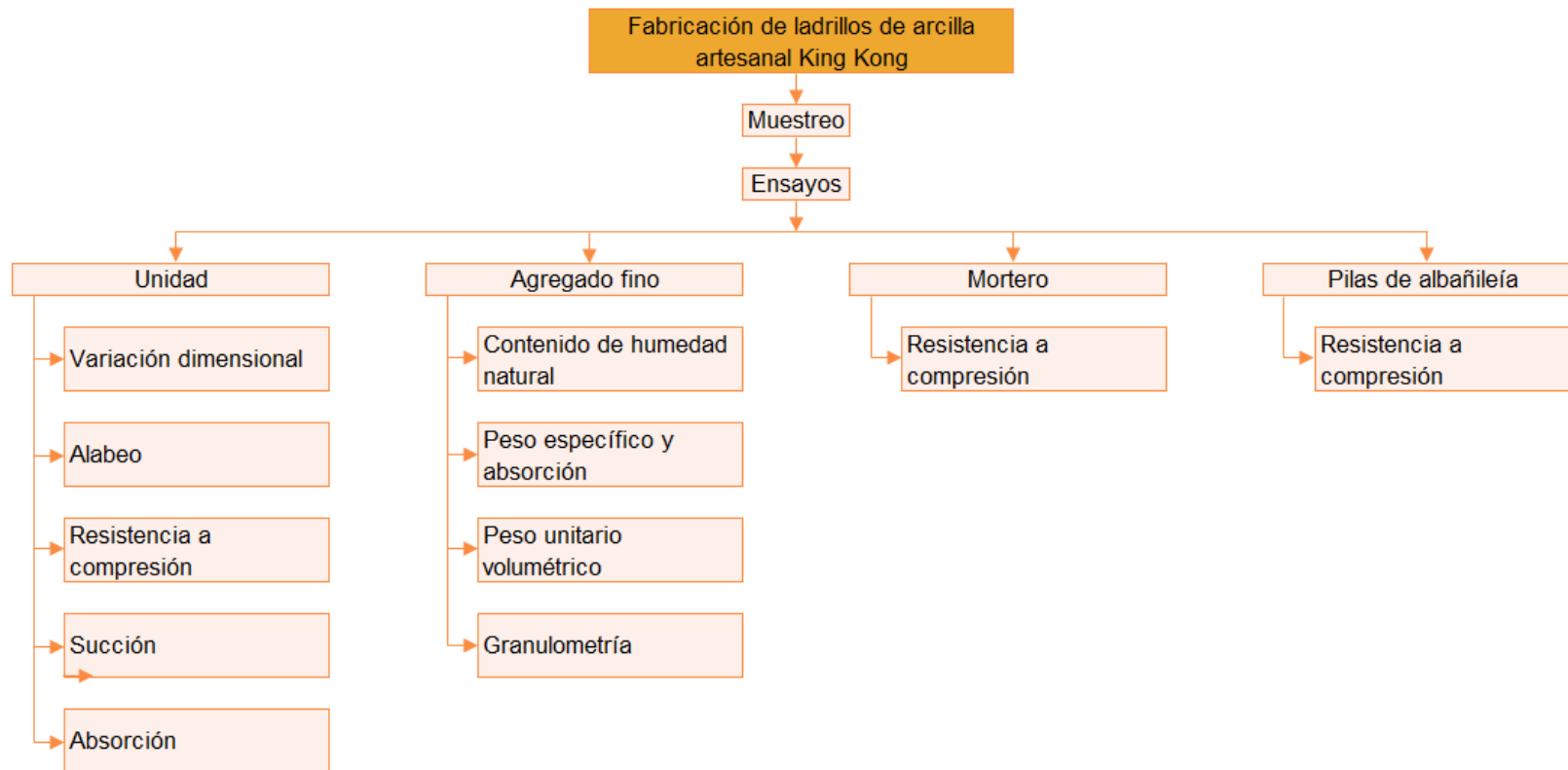


Figura n.º 3. 2. Cuadro sinóptico de todo el procedimiento de Tesis.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

3.6.3.1. Fabricación de ladrillos de arcilla artesanal King Kong

Para la preparación de mezcla se empleó picotas y palanas, en donde se realizó una mezcla diferente por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín, al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %. La dosificación se elaboró en proporción de volumen, debido a que los artesanos no cuentan con equipos de pesaje para la fabricación de sus unidades; y además, el uso de estos equipos retrasaría su labor, haciendo más lenta su producción.

Con una carretilla, se transportó la mezcla hacia un espacio plano, en donde se procedió a moldear los ladrillos con una gavera de madera. Una vez que se moldearon todas las unidades de albañilería requeridas para el estudio, se procedió con la etapa de secado al sol, en donde tardó tres días.

Luego, se procedió a cargar el horno con ladrillos, en donde se usa carbón para un quemado más parejo y uniforme; las unidades fabricadas para los ensayos se colocaron al centro del horno. Posteriormente, se procedió a cocer las unidades, la cual duró quince días y por último se descargó del horno en un campo abierto y plano.

3.6.3.2. Muestreo

Se seleccionan unidades enteras que sean representativas del lote al cual pertenecen. Se debe considerar especímenes representativos del rango completo de colores, texturas y tamaños, libres de impurezas, limos u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación.

Se marca cada espécimen de manera que pueda ser identificado en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del cinco por ciento del área superficial de la cara del espécimen.

3.6.3.3. Variación dimensional de la unidad

- Se mide el largo, ancho y alto de diez unidades enteras y secas, representativas de cada lote, con un vernier de acero graduado.
- Sus dimensiones son medidas a través de los dos extremos y en ambas caras desde el punto medio de los bordes que limitan las caras. Se registran estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y se registra el promedio de cada dimensión con una aproximación de 0,5 mm.
- Se determina las dimensiones especificadas por el fabricante del ladrillo, al cual se le conoce como dimensión nominal.
- La variación dimensional se determina utilizando la Ecuación n.º 3. 2.

$$\% V = \frac{DN - DP}{DN} \times 100$$

Ecuación n.º 3. 2. Variación dimensional de la unidad.

En donde:

% V : Variación dimensional, en %.

DN : Dimensión nominal, en cm.

DP : Dimensión promedio, en cm.

3.6.3.4. Alabeo de la unidad

- Se usa como especímenes las diez unidades seleccionadas para el ensayo de variación dimensional.
- Se emplea una cuña de madera de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho y por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.
- Para medir la concavidad, el borde recto de la regla se coloca sobre una diagonal de uno de los lados mayores del ladrillo. Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima. Luego, se realiza la lectura con la precisión de un milímetro y se registra el valor obtenido.

- Para medir la convexidad, el borde recto de la regla se coloca sobre una diagonal de uno de los lados mayores del ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, en donde ambas cuñas deben registrar la misma medida.

3.6.3.5. Resistencia a compresión de la unidad

- Se prepara una capa de base para cada espécimen, a través de un mortero de yeso, de un espesor máximo de cuatro milímetros.
- Se determina las dimensiones promedio de las unidades, es decir el valor promedio de su largo, ancho y alto, por lo menos con la lectura de tres valores. Los valores de sus tres dimensiones, dará el valor más probable del área resistente, así como de las dimensiones que se van a deformar.
- Se ensayan los especímenes del ladrillo sobre su mayor dimensión y se centran debajo del apoyo esférico superior con un margen de dos milímetros.
- La resistencia característica a compresión del ladrillo (f'_b) se determina utilizando la Ecuación n.º 3. 4.

$$f_b = \frac{P_u}{A}$$

Ecuación n.º 3. 3. Resistencia a compresión de la unidad.

$$f'_b = f_b - S$$

Ecuación n.º 3. 4. Resistencia característica a compresión de la unidad.

En donde:

P_u : Carga de rotura, en kg.

A : Área de contacto, en cm^2 .

f_b : Resistencia a compresión, en kg/cm^2 .

S : Desviación estándar, en kg/cm^2 .

f'_b : Resistencia característica a compresión, en kg/cm^2 .

3.6.3.6. Succión de la unidad

- Se pesa cada ladrillo con precisión de 0,1 g.
- Se seca a una temperatura comprendida entre 110 °C y 115 °C hasta peso constante.
- Se mide el área de la cara del ladrillo que estará en contacto con el agua, descontando el área de los taladros o perforaciones en la cara de asiento en caso tuvieran.
- En una bandeja nivelada, se añade agua hasta que quede cubierto a unos diez milímetros de la base de los ladrillos, manteniendo el nivel constante durante todo el ensayo.
- Cada unidad se coloca en posición de asiento sobre los apoyos, y se mantiene así durante un minuto. Se saca el ladrillo y se lo seca superficialmente con ayuda de un paño y se obtiene su peso en gramos.
- La succión de cada unidad se expresa en gramos por centímetro cuadrado y minuto, con precisión de 0.01 g/cm²/min, la cual viene dada por la Ecuación n.º 3. 5.

$$Succión = \frac{(W_h - W_s)}{A} \times 200$$

Ecuación n.º 3. 5. Succión de la unidad.

En donde:

W_h : Peso húmedo, en g.

W_s : Peso seco, en g.

A : Área bruta, en cm².

3.6.3.7. Absorción de la unidad

- Se secan las muestras en el horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C, durante veinticuatro horas, luego se retiran los ladrillos del horno y se les deja enfriar a temperatura ambiente, para registrar el peso seco.
- Se colocan los ladrillos secos en un recipiente con agua, manteniéndose completamente sumergidos durante veinticuatro horas, asegurando que la temperatura del agua esté entre 15 °C y 30 °C.
- Se retiran los ladrillos del recipiente y se quita el agua superficial con un paño húmedo, para registrar el peso saturado.
- Los ladrillos deben ser pesados dentro de los cinco minutos a partir del momento que se extraen del recipiente.
- La absorción del ladrillo se determina utilizando la Ecuación n.º 3. 6.

$$\text{Absorción \%} = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100$$

Ecuación n.º 3. 6. Absorción de la unidad.

En donde:

W_h : Peso húmedo.

W_s : Peso seco.

3.6.3.8. Contenido de humedad natural del agregado fino

- Se Pesa la tara en la balanza electrónica con capacidad de 6000 gramos \pm 0,1 gramos y luego verter el agregado en la tara y se pesa nuevamente en la balanza eléctrica con una precisión de 0,1 gramos.
- Se coloca las muestras en la estufa eléctrica a 110 °C \pm 5 °C por veinticuatro horas, pasado ese periodo de tiempo se saca la muestra del horno para obtener el porcentaje de humedad por cada muestra de material.
- El contenido de humedad natural del agregado fino se determinó utilizando la Ecuación n.º 3. 7.

$$\omega \% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Ecuación n.º 3. 7. Contenido de humedad natural del agregado fino.

En donde:

P_h: Peso húmedo, en g.

P_s: Peso seco, en g.

3.6.3.9. Peso específico y absorción del agregado fino

- Se coloca una muestra de quinientos gramos aproximadamente, obtenido del cuarteo y se seca a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C en la estufa eléctrica. Después de haber secado la muestra, se retira de la estufa eléctrica y se cubre la muestra con agua, dejando reposar por veinticuatro horas.
- Se descarta el exceso de agua de la muestra y se esparce el material en una bandeja la cual estará expuesta a calor (cocina eléctrica), para garantizar un secado uniforme y que la muestra se encuentre en el estado saturado superficialmente seco.
- Para saber si el agregado se encuentra en ese estado se realiza la prueba de humedad superficial, la cual consiste en llenar un molde cónico metálico de 40 mm ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm ± 3 mm de altura (medidas establecidas por la norma) y se compacta la muestra en tres capas apisonando suavemente veinticinco veces con una barra compactadora de metal de 340 gramos ± 15 gramos de peso con un extremo de superficie plana circular de 24 mm ± 3 mm de diámetro (datos establecidos por la norma).
- Se remueve el exceso de agregado fino y se levanta el cono; si el cono mantiene su forma, todavía no está listo, pero si tiene un asentamiento aproximadamente de un tercio de la altura total es indicativo que el material se encuentra en estado saturado superficialmente seco, por lo tanto, se procede a pesar el frasco volumétrico vacía con capacidad de quinientos centímetros cúbicos, luego se llena con agua y se pesa nuevamente.

- Se introduce el material en el frasco una muestra de quinientos gramos y se vuelve a pesar, se llena con agua hasta alcanzar la marca de quinientos centímetros cúbicos, luego se deja reposar durante una hora para eliminar el aire que pueda existir y se vuelve a llenar con agua hasta los quinientos centímetros cúbicos y se pesa con la muestra introducida.
- Finalmente se remueve el material del frasco y se deja secar en la estufa eléctrica a 110 °C por veinticuatro horas y se determina su masa seca.
- El peso específico de masa se calcula empleando la Ecuación n.º 3. 8.

$$P_{em} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

Ecuación n.º 3. 8. Peso específico de masa.

- El peso específico de masa saturada con superficie seca se calcula usando la Ecuación n.º 3. 9.

$$P_{eSSS} = \frac{500}{V - V_a}$$

Ecuación n.º 3. 9. Peso específico de masa saturada con superficie seca.

- El peso específico aparente se calcula a través de la Ecuación n.º 3. 10.

$$P_{ea} = \frac{(W_o)}{(V - V_a) - (500 - W_o)}$$

Ecuación n.º 3. 10. Peso específico aparente.

- La absorción se calcula a través de la Ecuación n.º 3. 11.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Ecuación n.º 3. 11. Absorción.

En donde:

- P_{em} : Peso específico de masa, en g/cm^3 .
- P_{eSSS} : Peso específico de masa saturada, en g/cm^3 .
- P_{ea} : Peso específico aparente, en g/cm^3 .
- A_b : Absorción, en %.
- W_o : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, en g.
- V : Volumen del frasco, en cm^3 .
- V_a : Volumen de agua añadida al frasco, en cm^3 .

3.6.3.10. Peso unitario volumétrico del agregado fino

- Se emplea una muestra representativa de treinta kilogramos.
- Se pesa el molde vacío.
- Se llena con agua y conociendo su temperatura se determina su densidad, con la cual se halla el volumen del recipiente.
- Luego, se seca el recipiente y se vierte la muestra a una altura aproximada de quince centímetros sobre el borde superior del recipiente, hasta llenarlo y se enraza la superficie con una varilla de 5/8”.
- Por último, se pesa el molde con la muestra; este procedimiento se repite tres veces verificando una variación menor del uno por ciento.
- Para determinar el peso unitario suelto seco del agregado fino, se utiliza la Ecuación n.º 3. 12 y la Ecuación n.º 3. 13.

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

Ecuación n.º 3. 12. Factor de calibración del recipiente.

$$PUSS = W_s \times f$$

Ecuación n.º 3. 13. Peso unitario suelto seco del agregado fino.

En donde:

PUSSS: Peso unitario suelto seco, en kg/m^3 .

W_s : Peso neto del agregado, en kg.

f : Factor de calibración del recipiente.

W_a : Peso del agua para llenar el recipiente a $16,7^\circ\text{C}$, en kg.

3.6.3.11. Granulometría del agregado fino

- Se selecciona la cantidad de muestra a ensayar, para el agregado fino (arena gruesa) será de trescientos gramos mínimo.
- La muestra a ensayar se llevará por el tamiz N° 200 para eliminar todos los finos y/o impurezas que existan en el material, luego secar el material lavado en la estufa eléctrica por veinticuatro horas a una temperatura de 110°C .
- Después se retira el material de la estufa, se registra el peso seco y se toma datos de la serie de tamices a emplear, registrando el peso del tamiz, el número y abertura de la malla.
- Se coloca la serie de tamices de 8" de diámetro en el orden correspondiente, para cada serie a usar en el agregado fino.
- Se ordena descendiendo desde la abertura más gruesa hacia la más fina, en el fondo la malla ciega y en la parte superior la tapa.
- Se coloca la muestra sobre el tamiz superior, se zarandea por un tiempo de cinco minutos. Luego se pesan los tamices y la bandeja para obtener las cantidades retenidas de la muestra, los pesos para el agregado fino (arena gruesa) se deben registrar en una balanza con precisión de 0,1 gramos.
- Finalmente se anotan los pesos retenidos en cada tamiz y se limpian con una brocha, se tabulan y grafican, determinando así el análisis granulométrico por tamizado.
- Para la gráfica de los resultados se debe tener en cuenta que en el eje Y van las aberturas y en el eje X los tamices, esta gráfica es logarítmica.
- Para determinar el módulo de finura y el coeficiente de uniformidad (C_u) del agregado fino se emplea la Ecuación n.º 3. 14. y la Ecuación n.º 3. 15. respectivamente.

$$\text{Módulo de finura} = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulado en mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50 \text{ y } 100)}{100}$$

Ecuación n.º 3. 14. Módulo de finura del agregado fino.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Ecuación n.º 3. 15. Coeficiente de uniformidad del agregado fino.

En donde:

C_u : Coeficiente de uniformidad.

D_{60} : Diámetro por debajo del cual queda el sesenta por ciento del agregado en peso.

D_{10} : Diámetro por debajo del cual queda el diez por ciento del agregado en peso.

3.6.3.12. Resistencia a compresión del mortero

Antes del ensayo:

- Marcar y codificar cada espécimen.
- Determinar la dimensión de la probeta, a fin de acercarnos en lo posible a un valor real de cada una de las dimensiones. El valor promedio de sus tres dimensiones nos acercarán al mismo tiempo a un valor cercano que corresponda al área resistente así como la dimensión de deformación.
- Se deber verificar que las caras que van a ser comprimidas, estén paralelas, caso contrario uniformizarlas.
- Llevar cada espécimen a la prensa hidráulica.
- Colocar papel en la base y en la parte superior del espécimen.

Durante el ensayo:

- Medir la carga y deformación longitudinal en la máquina de compresión.
- Registrar el tiempo de ensayo, ya que esto tiene que ver con la velocidad de ensayo (kg/min).

- Se aplica de una manera ascendente una carga a compresión y se observan las fallas que se van produciendo.

Después del ensayo:

- Se extrae la probeta de la máquina y luego se registra la carga de rotura y la deformación máxima.
- El esfuerzo a compresión de los morteros se determina usando la Ecuación n.º 3. 16 y la Ecuación n.º 3. 17.

$$f_c = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

Ecuación n.º 3. 16. Resistencia a compresión del mortero.

$$f'_c = f_c - S$$

Ecuación n.º 3. 17. Resistencia característica a compresión del mortero.

En donde:

$P_{m\acute{a}x}$: Carga máxima, en kg/cm^2 .

A : Área bruta, en cm^2 .

S : Desviación estándar, en kg/cm^2 .

f_c : Resistencia a compresión en kg/cm^2 .

f'_c : Resistencia característica a compresión, en kg/cm^2 .

3.6.3.13. Resistencia a compresión de pilas de albañilería

Antes del ensayo:

- Se marca y codifica cada pila de albañilería.
- Se determina las dimensiones promedio de las pilas, es decir, el valor promedio del largo, ancho y alto, por lo menos con la lectura de tres valores para garantizar el valor más cercano a la realidad que tiene cada una de sus dimensiones.

- Los valores de sus tres dimensiones da el valor más probable del área resistente, así como de la dimensión que se va a deformar.
- Se debe verificar el paralelismo de las caras que van a ser comprimidas.
- Se coloca las pilas de albañilería entre los platillos de la prensa hidráulica y se procede a someter a carga.

Durante el ensayo:

- Medir la carga y deformación longitudinal en la máquina de compresión.
- Se procede a anotar cada una de las deformaciones producidas por al incremento de carga, cada mil kilogramos.
- Finalmente, se retira la pila de albañilería y se procede a preparar la máquina para la siguiente prueba.

Después del ensayo:

- Se extrae la probeta de la máquina y luego se registra la carga de rotura y la deformación máxima.
- El esfuerzo a la compresión de cada pila se determina utilizando la Ecuación n.º 3. 18 y la Ecuación 3. 19.

$$f_m = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

Ecuación n.º 3. 18. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.

$$f'_m = f_m - S$$

Ecuación n.º 3. 19. Resistencia característica a compresión de pilas de albañilería.

En donde:

$P_{\text{máx}}$: Carga máxima, en kg/cm^2 .

A : Área bruta, en cm^2 .

S : Desviación estándar, en kg/cm^2 .

f_m : Resistencia a compresión en kg/cm^2 .

f'_m : Resistencia característica a compresión, en kg/cm^2 .

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Método de análisis de datos

En la presente investigación, el análisis estadístico de datos se realizará con el método de Inferencia Estadística, ya que a partir de la información obtenida por una muestra, nos permite inducir el comportamiento en una población específica con un margen de error medible en probabilidad.

3.7.2. Instrumento de análisis de datos

El instrumento que se utilizará es la Prueba T de Student pues nos ayudará a identificar las diferencias entre dos poblaciones de muestras independientes, con el tamaño de una muestra pequeña, cuyos datos obtenidos sean medidos en escala ordinal. Para ello, se realizara la prueba de Shapiro-Wilk, para comprobar si se cumple con el criterio de Normalidad, y luego se usará la prueba de Levene, para corroborar el cumplimiento de Igualdad de Varianza.

Para el análisis de datos de la presente investigación se usará el software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

Para la prueba se considerarán como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** Es una afirmación tentativa que se realiza acerca del valor de un parámetro poblacional.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Es una afirmación contraria a la presentada en la hipótesis nula.

3.7.3. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento de análisis de datos será la misma para la prueba de hipótesis específica 1 y la prueba de hipótesis específica 2, en donde primero se redactará la hipótesis, y se establecerá las afirmaciones correspondientes para la hipótesis nula (H_0) y para la hipótesis alterna (H_1); luego, se determinará el porcentaje de error (α) que se está dispuesto a correr en la realización de la prueba estadística. Seguidamente, se debe de cumplir con dos criterios para poder calcular el P-Valor (valor de la prueba), estos son el de Normalidad y el de Igualdad de Varianza, para lo cual se usará el software estadístico SPSS.

Para el criterio de Normalidad, se debe corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, para ello se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que el tamaño de la muestra es de doce, y esta es menor de treinta.

El criterio para determinar si la variable aleatoria se distribuye normalmente es:

- **P-Valor $\geq \alpha$** , se acepta H_0 , los datos provienen de una distribución normal.
- **P-Valor $< \alpha$** , se acepta H_1 , los datos no provienen de una distribución normal.

Para el criterio de Igualdad de Varianza, se debe corroborar que la varianza sea igual entre ambos grupos, para lo cual se empleará la prueba de Levene.

El criterio para determinar si las varianzas son iguales, es la siguiente:

- **P-Valor $\geq \alpha$** , se acepta H_0 , las varianzas son iguales.
- **P-Valor $< \alpha$** , se acepta H_1 , existe diferencia significativa entre las varianzas.

Por último se calcula el P-Valor con la prueba T de Student para muestras independientes y se toma la decisión estadística.

El criterio para la decisión estadística es la siguiente:

- Si la probabilidad obtenida **P-valor $\leq \alpha$** , se rechaza H_0 (Se acepta H_1).
- Si la probabilidad obtenida **P-valor $> \alpha$** , no se rechaza H_0 (Se acepta H_0).

CAPÍTULO IV. DESARROLLO DE TESIS

Se eligieron los centros poblados con mayor cantidad de ladrilleras artesanales y los más cercanos a la ciudad de Huamachuco, para georreferenciarlos y obtener información precisa de sus actividades; estas fueron las ubicadas en Chochoconda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo. Luego de la información obtenida (ver ANEXO n.º 3), se eligió trabajar con aquella ladrillera con más producción mensual de ladrillos artesanales King Kong, puesto que esta sería la más demandante por los pobladores, y aquella que esté dispuesta a brindar toda la información necesaria para esta investigación, además de estar operativa todo el año.

Es así, que se llegó a la conclusión, que la ladrillera artesanal más óptima para elaborar nuestros especímenes era la ladrillera “Cerna Sánchez”; quienes además, nos brindaron todas las facilidades del caso, para tomar fotografías del proceso de fabricación de los ladrillos y el tiempo necesario para trabajar con la arcilla de Caolín, como materia prima de las unidades de albañilería.

Las canteras de Caolín en el distrito de Huamachuco, fueron ubicados en los centros poblados de Chochoconda y Puente Piedra (ver ANEXO n.º 4); de los cuales se eligió trabajar con la cantera ubicada en Chochoconda, por ser la más accesible y cercana a las ladrilleras artesanales. Para su extracción se empleó una picota y una pala; luego, se le introdujo en ocho baldes de veinte litros, para su posterior traslado a la ladrillera artesanal Cerna Sánchez.

Toda la arcilla de Caolín, se dejó remojar en agua por veinticuatro horas; luego, se lo extendió en el suelo y pulverizo con un pisón de madera, hasta quedar lista para ser usada en la elaboración de ladrillos artesanales King Kong. Simultáneamente se procedió a extraer la arcilla roja o arcilla común, con la que normalmente se elabora las unidades de albañilería, para lo cual, se usó una barreta de acero, y dejó reposar en agua por veinticuatro horas; con la finalidad, de adquirir sus propiedades plásticas y ser más trabajable al momento de la preparación.

Se realizó una mezcla por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín, al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %. La dosificación se hizo en proporción de volumen, puesto que los artesanos no cuentan con equipos de pesaje para la fabricación de sus unidades; y además, el uso de estos equipos retrasaría su labor, haciendo más lenta su producción.

Se transportó la mezcla en una carretilla, hacia un espacio plano, en donde se procedió a moldear los ladrillos, con una gavera de madera, la cual trae un compartimiento para cuatro unidades. Una vez moldeado todas las unidades de albañilería requeridas para el estudio, se procedió a la etapa de secado al sol, la que duró tres días; al finalizar el proceso de secado, se levantan los ladrillos y se limpian las aristas con un machete.

Se elaboraron doscientos ladrillos por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %), haciendo un total de mil ladrillos, de las cuales se usarán treinta y nueve unidades por cada tipo, para los ensayos de laboratorio, requeridos por la Norma Técnica de Edificaciones E.070 (2006)

Luego, se procedió a cargar el horno con ladrillos, en donde el maestro ladrillero usa carbón mezclado con arcilla roja en forma de ladrillos, para un quemado más parejo y uniforme; cabe resaltar, que las unidades de prueba para la presente investigación se colocaron al centro del horno; ya que, debido a la experiencia de los artesanos, se tiene, que los ladrillos ubicados en la parte inferior del horno, presentan vitrificaciones, por el excesivo calor al cual esta expuestos; y los ladrillos de la parte superior, en la mayoría de los casos, no salen bien cocidos.

Una vez ubicados todos los ladrillos en el horno, se procedió a cocer las unidades, para lo cual se empleó dos cientos de leña. El proceso de quemado duró quince días y luego se procedió a descargar del horno en un campo abierto y plano.

Una vez separados los ladrillos, de acuerdo a su porcentaje de arcilla, se realizó la prueba de muestreo, en donde se seleccionados cien unidades por cada tipo, haciendo un total de quinientos ladrillos, los cuales fueron enviados a la ciudad de Trujillo, para ser ensayados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, sede en San Isidro.

Los ladrillos artesanales, se apilaron en grupos de acuerdo a su porcentaje de arcilla de Caolín, y se procedió hacer una prueba de muestreo, seleccionándose treinta y nueve unidades por cada tipo, de la mejor calidad, haciendo un total de ciento noventa y cinco ladrillos; en donde, se observó que estas unidades no tengan materias extrañas en su superficie, que estén bien cocidas, con un color uniforme, ausente de vitrificaciones y que al ser golpeados con un martillo produzcan un sonido metálico. Además, de no presentar grietas, resquebrajaduras u otros defectos similares que degraden su resistencia.

Para determinar la variación dimensional de los ladrillos, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613. En donde primero se obtuvieron las medidas de fábrica del ladrillo, teniendo un largo de 22,40 cm, un ancho de 13,20 cm y una altura de 8,30 cm. Luego con ayuda de un vernier, se tomaron las dimensiones de cada arista del ladrillo, en las cuales se determinaron cuatro medidas en la parte intermedia de la superficie de las unidades. Los resultados fueron expresados en porcentaje, y se calculó mediante la Ecuación n.º 3. 2.

Para el ensayo de alabeo de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en la NTP 399.613, en el cual se midió la concavidad y convexidad del ladrillo. Para la medición de la concavidad, se colocó el borde recto de la regla sobre una diagonal de los lados del ladrillo, en donde se introdujo una cuña de madera, en el punto de flecha máxima. Para medir la convexidad, se colocó el borde recto de la regla encima de una diagonal de uno de los lados del ladrillo, luego se introdujo en cada vértice una cuña y se buscó el punto de apoyo de la regla metálica en donde se obtenga la misma medida para ambas cuñas.

En la resistencia a compresión de las unidades de albañilería, se realizó el ensayo de acuerdo a lo indicado en la NTP 399.613. En la cara de asiento del ladrillo, se aplicó una capa delgada de yeso con un espesor máximo de cuatro milímetros, expandiéndola hasta lograr una superficie plana y uniforme, luego se repitió el procedimiento en la cara opuesta del recubrimiento. Se comprobó que ambas caras sean paralelas y se determinaron las dimensiones promedio de cada espécimen para determinar el área neta que soportará la carga, luego se esperó por lo menos tres horas antes de efectuar el ensayo. Se colocó la unidad con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se maniobró suavemente la rótula hasta lograr un contacto perfecto con el lado superior del espécimen, verificando

que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal de la unidad. La resistencia característica a compresión del ladrillo (f'_b) se determinó restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Para determinar el ensayo de succión del ladrillo, se usó la NTP 399.613. Se secaron las unidades en el horno a una temperatura entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Se midió con una precisión de un milímetro, el largo y ancho de la superficie del ladrillo que estaría en contacto con el agua. El tiempo de contacto fue de 1 min \pm 1s, y durante el cual se mantuvo el nivel de agua del original, adicionando líquido según fuese necesario. Al terminar el tiempo de contacto, se secó el agua superficial del espécimen con un trapo húmedo y se pesó en un lapso no mayor de dos minutos, con una precisión de 0,5 g. Los resultados fueron expresados en gramos, y se calculó a través de la Ecuación n.º 3. 5.

Para el ensayo de absorción, se siguió lo indicado en la NTP 399.613. Se calentaron los ladrillos en el horno entre 110 °C y 115 °C, y se pesaron luego de enfriarse a temperatura ambiente, repitiéndose el procedimiento hasta no tener variaciones en el peso. Luego se metieron las unidades secas en un recipiente lleno de agua destilada por un periodo de veinticuatro horas. Al pasar el tiempo indicado, se retiraron los ladrillos y se secó con un paño húmedo el agua superficial, pesándolos dentro de los cinco minutos desde que se extrajeron del recipiente. Los resultados se expresaron en porcentajes, mediante la Ecuación n.º 3. 6.

La cantera de donde se extrajo la muestra de arena gruesa, para los ensayos y elaboración del mortero, tiene como razón social Transportes y Agregados Barreto S.A.C., ubicada a tres kilómetros y medio del eje de la Panamericana Norte (a diez minutos en auto del Óvalo Huanchaco). Se eligió esta cantera, por contar con la disponibilidad de transporte y extracción, producción del agregado solicitado, por su personal calificado para brindarnos la información requerida y tener una razón social establecida.

La cantera Transportes y Agregados Barreto S.A.C., cuyo número de RUC es 20481348073, cuenta con un área de doce hectáreas, y tiene productos como arena fina, arena gruesa,

hormigón TMN 1'', piedra chancada de $\frac{3}{4}$ '' y $\frac{1}{2}$ '', gravilla y afirmado. Cuenta con una producción diaria de noventa metros cúbicos de hormigón TMN 1'', sesenta metros cúbicos de piedra chancada de $\frac{1}{2}$ '' y cincuenta metros cúbicos de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ''.

Para el ensayo de contenido de humedad natural de la arena, se pesó una muestra de dos mil gramos en estado natural, luego se colocó en el horno a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por veinticuatro horas, hasta peso constante para determinar el peso seco de la muestra, por último se halló el contenido de humedad natural, a través de la Ecuación n.º 3. 7.

Para determinar el peso específico y absorción del agregado fino, se preparó la muestra de ensayo por cuarteo, de la cual se seleccionó aproximadamente mil gramos y se le lavó. Después se sumergió la muestra en agua y se dejó saturar hasta peso constante, luego se decantó con mucho cuidado sobre una bandeja y se expuso a una corriente suave de aire tibio, removiéndose con frecuencia, para garantizar un secado uniforme; se continuó con esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se colocó en el molde cónico y se relleno con tres capas, compactando con veinticinco golpes por capa con el pisón metálico, al levantar el molde verticalmente, el cono de agregado fino mantuvo su forma, por lo que se siguió secando y revolviendo constantemente; en el segundo intento el cono de arena se derrumbó al quitar el molde, por lo que el agregado fino había alcanzado una condición de superficie seca. De inmediato se introdujo una muestra de quinientos gramos en una fiola y se agregó agua hasta cubrir con un centímetro y medio el material; luego, se hizo rodar la fiola sobre una superficie plana, para eliminar las burbujas de aire. Después de un minuto se llenó con agua hasta la marca de quinientos centímetros cúbicos y se determinó el peso total de agua introducida en el frasco de ensayo. Se sacó con cuidado el agregado fino del frasco y se secó en un horno a una temperatura de cien grados centígrados, hasta peso constante, en donde se obtuvo su peso seco.

Para el ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino se usó treinta kilogramos de muestra. Primero se pesó el molde vacío, luego se llenó con agua y conociendo su temperatura se determinó su densidad, con lo cual se pudo hallar el volumen del recipiente metálico, se secó el molde y se vertió la muestra a una altura aproximada de quince centímetros sobre el borde superior del recipiente, hasta llenarlo, se enrazó la superficie con

ayuda de una varilla de 5/8” y por último se pesó el molde con la muestra; este procedimiento se repitió tres veces, verificando una variación menor del uno por ciento. Para determinar el peso unitario volumétrico se usó la Ecuación n.º 3. 12. y la Ecuación n.º 3. 13.

Para el ensayo granulométrico se usó una muestra aproximada de un kilo setecientos gramos, este material se tamizó por los tamices estándar y se pesó el material retenido en cada malla, luego se determinó el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado y porcentaje que pasa de cada malla, posterior se verificó que la sumatoria parcial tenga un error menor al uno por ciento. Para este ensayo se empleó lo establecido por la NTP 400.012. Para determinar el módulo de finura y el coeficiente de uniformidad (C_u) del agregado fino se empleó la Ecuación n.º 3. 14. y la Ecuación n.º 3. 15., respectivamente.

El mortero fue diseñado para una resistencia a compresión de ciento veinte kilogramos por centímetro cuadrado, con una proporción cemento: arena de 1: 5. Para su ensayo se determinó las dimensiones promedio de la probeta, con la finalidad de tener un valor del área resistente, así como la dimensión de deformación. Se verificó el paralelismo de los lados que van hacer comprimidos y se le colocó entre los platillos de la prensa hidráulica. Durante el ensayo se midió la carga, la deformación longitudinal y el tiempo de ensayo, a su vez se observaron las fallas que se van generando. Cada tipo de mortero tiene una peculiar forma de romperse, para el caso de morteros duros y compactos, se rompen formando prismas rectos; en cambio, los morteros blandos se rompen formando planos inclinados de ángulos menores a 45° con sus caras. Para hallar resistencia característica a compresión del mortero se determinó mediante la Ecuación n.º 3. 17.

Para el ensayo de resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, se construyeron treinta pilas en total, cinco por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %) por arcilla común, en la composición de la materia prima del ladrillo. Cada pila fue identificada por una “P” al inicio de la nomenclatura, luego el porcentaje de Caolín (n %) y un dígito ($i = 1$ a 6); por ejemplo, la pila P - 5 % - 2 es una pila con cinco por ciento de arcilla de Caolín, siendo la segunda de un grupo compuesto por seis pilas.

Debido a la alta succión de los ladrillos de arcilla, se sumergió las unidades por cinco minutos el mismo día antes del asentado. El mortero se preparó de acuerdo a lo indicado en la NTE E.070, mortero tipo P2 (cemento: arena de 1: 5). En el instante de la construcción se controló la altura con una wincha, y la verticalidad con un nivel y plomada. Se curó por un periodo de veintiocho días y luego se ensayaron a compresión, durante el ensayo se registró la deformación unitaria de las pilas, el tiempo de ensayo y la carga máxima. Se calculó la resistencia característica a compresión axial con la Ecuación n.º 3. 18.

Luego se corrigió f_m , de acuerdo al factor de corrección por esbeltez, expresados en la Norma Técnica de Edificación E.070, y por último se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio, de acuerdo con la Ecuación n.º 3. 19.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1. Ensayos clasificatorios del ladrillo

5.1.1. Variación dimensional

Este ensayo permitió determinar la variación porcentual de las dimensiones de cada muestra, para desarrollar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos de cada grupo. El proceso se basa en la NTP 399.613, la cual permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

Se emplearon diez unidades de ladrillo artesanal por cada porcentaje de reemplazo de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla n.º 5. 1. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.

Especimen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
0 % - 1	22,40	21,96	1,96	13,20	12,97	1,72	8,30	8,25	0,63
0 % - 2	22,40	22,21	0,85	13,20	13,11	0,70	8,30	8,26	0,54
0 % - 3	22,40	22,22	0,80	13,20	13,06	1,06	8,30	8,23	0,84
0 % - 4	22,40	22,17	1,03	13,20	13,31	-0,83	8,30	8,09	2,50
0 % - 5	22,40	22,11	1,32	13,20	13,01	1,44	8,30	8,19	1,30
0 % - 6	22,40	22,19	0,94	13,20	13,33	-1,00	8,30	8,07	2,77
0 % - 7	22,40	22,06	1,51	13,20	12,99	1,59	8,30	8,27	0,33
0 % - 8	22,40	22,00	1,79	13,20	12,97	1,76	8,30	8,25	0,66
0 % - 9	22,40	22,20	0,90	13,20	13,07	1,02	8,30	8,32	-0,24
0 % - 10	22,40	22,21	0,87	13,20	13,04	1,25	8,30	8,19	1,39
Promedio		22,13	1,20		13,09	0,87		8,21	1,07
Desviación estándar		0,09			0,13			0,08	
Coefficiente de variación (%)		0,43			1,01			0,96	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 1., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín, presentan una variación dimensional de 1,20 %, 0,87 % y 1,07 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla n.º 5. 2. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
5 % - 1	22,40	22,37	0,15	13,20	13,19	0,06	8,30	8,32	-0,21
5 % - 2	22,40	22,36	0,17	13,20	13,22	-0,17	8,30	8,25	0,63
5 % - 3	22,40	22,28	0,54	13,20	13,11	0,72	8,30	8,24	0,69
5 % - 4	22,40	22,54	-0,64	13,20	13,34	-1,06	8,30	8,15	1,84
5 % - 5	22,40	22,71	-1,36	13,20	13,22	-0,15	8,30	8,41	-1,33
5 % - 6	22,40	22,59	-0,85	13,20	13,22	-0,15	8,30	8,14	1,96
5 % - 7	22,40	22,74	-1,50	13,20	13,20	0,04	8,30	8,43	-1,54
5 % - 8	22,40	22,29	0,48	13,20	13,25	-0,38	8,30	8,35	-0,63
5 % - 9	22,40	22,27	0,59	13,20	13,31	-0,80	8,30	8,36	-0,66
5 % - 10	22,40	22,38	0,08	13,20	13,12	0,64	8,30	8,21	1,05
Promedio		22,45	-0,23		13,22	-0,13		8,29	0,18
Desviación estándar		0,18			0,07			0,10	
Coefficiente de variación (%)		0,79			0,55			1,24	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 2., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín, presentan una variación dimensional de -0,23 %, -0,13 % y 0,18 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla n.º 5. 3. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
10 % - 1	22,40	22,23	0,76	13,20	13,15	0,40	8,30	8,25	0,63
10 % - 2	22,40	22,46	-0,27	13,20	13,16	0,28	8,30	8,31	-0,09
10 % - 3	22,40	22,30	0,45	13,20	13,21	-0,09	8,30	8,37	-0,81
10 % - 4	22,40	22,57	-0,75	13,20	13,18	0,15	8,30	8,35	-0,60
10 % - 5	22,40	22,20	0,90	13,20	13,25	-0,36	8,30	8,24	0,69
10 % - 6	22,40	22,28	0,55	13,20	13,26	-0,47	8,30	8,25	0,60
10 % - 7	22,40	22,55	-0,67	13,20	13,17	0,25	8,30	8,25	0,66
10 % - 8	22,40	22,50	-0,42	13,20	13,19	0,09	8,30	8,27	0,42
10 % - 9	22,40	22,20	0,90	13,20	13,17	0,21	8,30	8,31	-0,06
10 % - 10	22,40	22,28	0,55	13,20	13,14	0,49	8,30	8,45	-1,81
Promedio		22,36	0,20		13,19	0,09		8,30	-0,04
Desviación estándar		0,15			0,04			0,07	
Coefficiente de variación (%)		0,66			0,31			0,83	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 3., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín, presentan una variación dimensional de 0,20 %, 0,09 % y -0,04 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla n.º 5. 4. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
15 % - 1	22,40	22,47	-0,31	13,20	13,12	0,64	8,30	8,33	-0,30
15 % - 2	22,40	22,41	-0,06	13,20	13,21	-0,06	8,30	8,28	0,30
15 % - 3	22,40	22,24	0,74	13,20	12,96	1,82	8,30	8,29	0,09
15 % - 4	22,40	22,38	0,11	13,20	13,13	0,57	8,30	8,32	-0,27
15 % - 5	22,40	22,18	0,98	13,20	13,10	0,76	8,30	8,43	-1,57
15 % - 6	22,40	22,22	0,83	13,20	13,11	0,72	8,30	8,30	0,03
15 % - 7	22,40	22,24	0,73	13,20	13,00	1,52	8,30	8,29	0,09
15 % - 8	22,40	22,20	0,88	13,20	13,15	0,38	8,30	8,39	-1,11
15 % - 9	22,40	22,48	-0,36	13,20	13,13	0,55	8,30	8,13	2,05
15 % - 10	22,40	22,30	0,47	13,20	13,17	0,23	8,30	8,19	1,30
Promedio		22,31	0,40		13,11	0,71		8,30	0,06
Desviación estándar		0,11			0,07			0,09	
Coefficiente de variación (%)		0,51			0,57			1,04	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 4., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín, presentan una variación dimensional de 0,40 %, 0,71 % y 0,06 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

Tabla n.º 5. 5. Resultados del ensayo de variación dimensional de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo (cm)			Ancho (cm)			Alto (cm)		
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)	Dimensión nominal (cm)	Dimensión promedio (cm)	Variación dimensional (%)
20 % - 1	22,40	22,28	0,54	13,20	13,29	-0,68	8,30	8,15	1,84
20 % - 2	22,40	22,60	-0,87	13,20	13,31	-0,80	8,30	8,17	1,60
20 % - 3	22,40	22,51	-0,49	13,20	13,13	0,53	8,30	8,41	-1,30
20 % - 4	22,40	22,62	-0,98	13,20	13,37	-1,25	8,30	8,35	-0,60
20 % - 5	22,40	22,60	-0,88	13,20	13,41	-1,55	8,30	8,26	0,48
20 % - 6	22,40	22,61	-0,95	13,20	13,25	-0,38	8,30	8,29	0,18
20 % - 7	22,40	22,64	-1,05	13,20	13,35	-1,10	8,30	8,45	-1,84
20 % - 8	22,40	22,34	0,29	13,20	13,42	-1,67	8,30	8,30	0,00
20 % - 9	22,40	22,58	-0,78	13,20	13,33	-0,95	8,30	8,11	2,29
20 % - 10	22,40	22,50	-0,45	13,20	13,18	0,15	8,30	8,25	0,66
Promedio		22,53	-0,56		13,30	-0,77		8,27	0,33
Desviación estándar		0,12			0,09			0,11	
Coefficiente de variación (%)		0,55			0,70			1,35	

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 5., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín, presentan una variación dimensional de -0,56 %, -0,77 % y 0,33 % en su largo, ancho y alto respectivamente.

5.1.2. Alabeo

Este ensayo permitió determinar la mayor concavidad y convexidad del ladrillo. Su desarrollo se basa en la Norma NTP 399.613.

Se utilizaron diez unidades de ladrillo artesanal por cada sustitución de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %) por arcilla común. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa, luego se tomaron las medidas de concavidad y convexidad, respectivamente, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla n.º 5. 6. Resultados del ensayo de alabeo.

Muestra	Alabeo promedio	
	Cara superior (mm)	Cara inferior (mm)
Unidades con 0 % de arcilla de Caolín	0,38	2,15
Unidades con 5 % de arcilla de Caolín	0,30	1,68
Unidades con 10 % de arcilla de Caolín	0,08	1,35
Unidades con 15 % de arcilla de Caolín	0,13	1,70
Unidades con 20 % de arcilla de Caolín	0,18	1,90

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 6., se señala que el alabeo promedio de las unidades con 0 % de arcilla de Caolín, son de 0,38 mm y 2,15 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- ✓ En la Tabla n.º 5. 6., se señala que el alabeo promedio en las unidades con 5 % de arcilla de Caolín, son de 0,30 mm y 1,68 mm para la cara superior e inferior respectivamente.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 6., se señala que el alabeo promedio en las unidades con 10 % de arcilla de Caolín, son de 0,08 mm y 1,35 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- ✓ En la Tabla n.º 5. 6., se señala que el alabeo promedio en las unidades con 15 % de arcilla de Caolín, son de 0,13 mm y 1,70 mm para la cara superior e inferior respectivamente.
- ✓ En la Tabla n.º 5. 6., se señala que el alabeo promedio en las unidades con 20 % de arcilla de Caolín, son de 0,18 mm y 1,90 mm para la cara superior e inferior respectivamente.

5.1.3. Resistencia a compresión simple

En este ensayo se emplearon cinco unidades de ladrillo artesanal secos por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %), los cuales fueron evaluados de acuerdo a la NTP 399.613. Las unidades fueron elegidas aleatoriamente con la finalidad de obtener una muestra representativa. La resistencia característica a compresión axial (f'_b) fue calculada restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

Tabla n.º 5. 7. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Unidades con 0% de arcilla de Caolín	0 % - 6	15370,00	297,34	51,69
	0 % - 7	16284,00	287,05	56,73
	0 % - 8	15606,00	285,42	54,68
	0 % - 9	14016,00	290,52	48,24
	0 % - 10	16246,00	291,97	55,64
Resistencia promedio (kg/cm ²)				53,40
Desviación estándar				3,44
Coeficiente de variación (%)				6,44
Resistencia característica a compresión f'_b (kg/cm ²)				49,96

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 7., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín presentan una resistencia característica a compresión promedio de 49,96 kg/cm².

Tabla n.º 5. 8. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Unidades con 5 % de arcilla de Caolín	5 % - 6	15770,00	298,96	52,75
	5 % - 7	15753,00	300,04	52,50
	5 % - 8	16353,00	295,79	55,29
	5 % - 9	16071,00	296,10	54,28
	5 % - 10	16746,00	294,26	56,91
Resistencia promedio (kg/cm ²)				54,35
Desviación estándar				1,83
Coeficiente de variación (%)				3,37
Resistencia característica a compresión f _b (kg/cm ²)				52,52

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 8., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín presentan una resistencia característica a compresión promedio de 52,51 kg/cm².

Tabla n.º 5. 9. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Unidades con 10 % de arcilla de Caolín	10 % - 6	20187,00	295,52	68,31
	10 % - 7	22965,00	296,53	77,45
	10 % - 8	20442,00	296,04	69,05
	10 % - 9	21277,00	291,62	72,96
	10 % - 10	22938,00	292,81	78,34
Resistencia promedio (kg/cm ²)				73,22
Desviación estándar				4,63
Coeficiente de variación (%)				6,32
Resistencia característica a compresión f_b (kg/cm ²)				68,59

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 9., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín presentan una resistencia característica a compresión promedio de 68,59 kg/cm².

Tabla n.º 5. 10. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Unidades con 15 % de arcilla de Caolín	15 % - 6	17434,00	290,82	59,95
	15 % - 7	17158,00	288,68	59,44
	15 % - 8	16844,00	293,75	57,34
	15 % - 9	17050,00	297,62	57,29
	15 % - 10	18704,00	294,31	63,55
Resistencia promedio (kg/cm ²)				59,51
Desviación estándar				2,56
Coeficiente de variación (%)				4,30
Resistencia característica a compresión f_b (kg/cm ²)				56,95

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 10., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56,95 kg/cm².

Tabla n.º 5. 11. Resultados del ensayo a compresión simple de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
Unidades con 20 % de arcilla de Caolín	20 % - 6	13850,00	298,69	46,37
	20 % - 7	12518,00	300,31	41,68
	20 % - 8	12726,00	299,85	42,44
	20 % - 9	12343,00	300,14	41,12
	20 % - 10	12500,00	297,15	42,07
Resistencia promedio (kg/cm ²)				42,74
Desviación estándar				2,09
Coeficiente de variación (%)				4,89
Resistencia característica a compresión f _b (kg/cm ²)				40,65

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 11., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín presentan una resistencia característica a compresión promedio de 40,65 kg/cm².

5.2. Ensayos no clasificatorios del ladrillo

5.2.1. Succión

Para este ensayo se utilizaron cinco ladrillos enteros, seleccionados aleatoriamente, teniendo en cuenta el tiempo de ensayo de un minuto.

La NTE E.070 (2006) recomienda que la succión de los ladrillos de arcilla esté comprendida entre los 10 y 20 g/200cm²/min. Cuando excede este valor es necesario regar los ladrillos de arcilla antes de ser asentados.

Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, aparecen en las siguientes tablas:

Tabla n.º 5. 12. Resultados del ensayo de succión de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Área bruta (cm ²)	Succión (g/200cm ² /min)
0 % - 1	3886,50	4064,50	284,20	125,26
0 % - 2	3869,50	4096,00	290,87	155,74
0 % - 3	3838,00	4027,50	291,27	130,12
0 % - 4	3865,00	4102,00	295,84	160,22
0 % - 5	3855,50	4036,00	287,40	125,61
Succión promedio (g/200cm ² /min)				139,39

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 12., se aprecia que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín presentan una succión promedio de 139,39 g/200cm²/min.

Tabla n.º 5. 13. Resultados del ensayo de succión de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Área bruta (cm ²)	Succión (g/200cm ² /min)
5 % - 1	3919,50	4083,00	294,57	111,01
5 % - 2	3917,00	4071,00	295,65	104,18
5 % - 3	3929,00	4098,00	293,79	115,05
5 % - 4	3956,50	4152,50	300,87	130,29
5 % - 5	3944,50	4129,50	300,19	123,26
Succión promedio (g/200cm ² /min)				116,76

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 13., se aprecia que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín presentan una succión promedio de 116,76 g/200cm²/min.

Tabla n.º 5. 14. Resultados del ensayo de succión de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Área bruta (cm ²)	Succión (g/200cm ² /min)
10 % - 1	3963,50	4082,50	292,05	81,49
10 % - 2	3960,00	4076,00	294,92	78,67
10 % - 3	3965,50	4075,50	294,40	74,73
10 % - 4	3945,00	4085,00	296,25	94,51
10 % - 5	3959,50	4063,00	293,93	70,42
Succión promedio (g/200cm ² /min)				79,96

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 14., se aprecia que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín presentan una succión promedio de 79,96 g/200cm²/min.

Tabla n.º 5. 15. Resultados del ensayo de succión de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Área bruta (cm ²)	Succión (g/200cm ² /min)
15 % - 1	3979,50	4119,50	296,47	94,44
15 % - 2	3950,00	4078,00	294,53	86,92
15 % - 3	3977,00	4086,00	287,79	75,75
15 % - 4	3983,50	4106,00	292,48	83,77
15 % - 5	3943,50	4083,00	292,51	95,38
Succión promedio (g/200cm ² /min)				87,25

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 15., se aprecia que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín presentan una succión promedio de 87,25 g/200cm²/min.

Tabla n.º 5. 16. Resultados del ensayo de succión de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Área bruta (cm ²)	Succión (g/200cm ² /min)
20 % - 1	3991,50	4155,50	294,99	111,19
20 % - 2	4006,50	4146,00	300,45	92,86
20 % - 3	3993,00	4163,00	297,23	114,39
20 % - 4	3980,00	4132,50	301,26	101,24
20 % - 5	4062,50	4197,50	301,59	89,53
Succión promedio (g/200cm ² /min)				101,84

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 16., se aprecia que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín presentan una succión promedio de 101,84 g/200cm²/min.

5.2.2. Absorción

Para este ensayo, se utilizaron cinco unidades de ladrillo artesanal seleccionadas aleatoriamente, por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín. Se obtuvo el peso seco en un horno a 100 °C y se les sumergió en agua por un tiempo de veinticuatro horas, para obtener el peso saturado. La NTE E.070 (2006) señala que la absorción para ladrillos de arcilla no debe ser mayor que 22 %.

Tabla n.º 5. 17. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 0 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
0 % - 1	3886,50	4546,50	16,98
0 % - 2	3869,50	4561,50	17,88
0 % - 3	3838,00	4526,50	17,94
0 % - 4	3865,00	4512,50	16,75
0 % - 5	3855,50	4496,50	16,63
Absorción promedio (%)			17,24
Desviación estándar			0,63
Coeficiente de variación (%)			0,04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 17., se indica que la absorción promedio del ladrillo artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín es de 17,24 %.

Tabla n.º 5. 18. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 5 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
5 % - 1	3919,50	4510,50	15,08
5 % - 2	3917,00	4539,50	15,89
5 % - 3	3929,00	4513,00	14,86
5 % - 4	3956,50	4504,50	13,85
5 % - 5	3944,50	4484,50	13,69
Absorción promedio (%)			14,67
Desviación estándar			0,91
Coeficiente de variación (%)			0,06

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 18., se indica que la absorción promedio del ladrillo artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín es de 14,67 %.

Tabla n.º 5. 19. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 10 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
10 % - 1	3963,50	4438,50	11,98
10 % - 2	3960,00	4441,50	12,16
10 % - 3	3965,50	4455,00	12,34
10 % - 4	3945,00	4424,50	12,15
10 % - 5	3959,50	4454,50	12,50
Absorción promedio (%)			12,23
Desviación estándar			0,20
Coeficiente de variación (%)			0,02

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 19., se indica que la absorción promedio del ladrillo artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín es de 12,23 %.

Tabla n.º 5. 20. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 15 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
15 % - 1	3979,50	4479,00	12,550
15 % - 2	3950,00	4439,00	12,380
15 % - 3	3977,00	4509,50	13,390
15 % - 4	3983,50	4511,00	13,240
15 % - 5	3943,50	4467,00	13,280
Absorción promedio (%)			12,97
Desviación estándar			0,47
Coeficiente de variación (%)			0,04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 20., se indica que la absorción promedio del ladrillo artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín es de 12,97 %.

Tabla n.º 5. 21. Resultados del ensayo de absorción de unidades con 20 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Absorción (%)
20 % - 1	3991,50	4550,00	13,99
20 % - 2	4006,50	4569,50	14,05
20 % - 3	3993,00	4572,00	14,50
20 % - 4	3980,00	4508,50	13,28
20 % - 5	4062,50	4627,00	13,90
Absorción promedio (%)			13,94
Desviación estándar			0,44
Coeficiente de variación (%)			0,03

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 21., se indica que la absorción promedio del ladrillo artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín es de 13,94 %.

5.3. Ensayos del agregado fino

5.3.1. Contenido de humedad natural del agregado fino

Para este ensayo, se usó en total seis kilogramos de arena gruesa húmeda, y se ensayó de acuerdo a la NTP 400.010. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, aparecen en la Tabla n.º 5. 22.

Tabla n.º 5. 22. Resultados del ensayo de contenido de humedad natural del agregado fino.

Ensayo	1	2	3
Peso de tara (g)	225	145	175
Peso de tara + muestra húmeda (g)	2225	2145	2175
Peso de tara + muestra seca (g)	2190	2110	2145
Peso de muestra húmeda (g)	2000	2000	2000
Peso de muestra seca (g)	1965	1965	1970
Contenido de humedad natural (%)	2,00%	2,00%	2,00%
Contenido de humedad natural promedio (%)	2,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 12., se aprecia que el contenido de humedad natural promedio de la arena gruesa es del 2,00 %.

5.3.2. Peso específico y absorción del agregado fino

Para calcular el peso específico y absorción se usó un kilogramo de arena gruesa húmeda por cada ensayo, y se trabajó de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.022. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, aparecen en la Tabla n.º 5. 23.

Tabla n.º 5. 23. Resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Ensayo	1	2	3	Promedio
Wo = Peso en el aire de la muestra seca en el horno (g)	492,50	492,00	492,50	492,33
V = Volumen del frasco (cm ³)	500,00	500,00	500,00	500,00
Va = Volumen del agua añadida al frasco (cm ³)	310,10	310,90	310,30	310,43
Pem = Peso específico de masa (g/cm ³)	2,59	2,60	2,60	2,60
PeSSS = Peso específico de masa saturado con superficie seca (g/cm ³)	2,63	2,64	2,64	2,64
Pea = Peso específico aparente (g/cm ³)	2,70	2,72	2,70	2,71
Ab = Absorción (%)	1,52	1,63	1,52	1,56

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De acuerdo a la Tabla n.º 5. 23., el peso específico de masa promedio es de 2,60 g/cm³, el peso específico de masa saturado con superficie seca promedio es de 2,64 g/cm³, el peso específico aparente promedio es de 2,71 g/cm³ y la absorción promedio de 1,56 %.

5.3.3. Peso unitario volumétrico del agregado fino

Para este ensayo se usó treinta kilogramos de agregado fino por cada ensayo, y se trabajó de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.017. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, aparecen en la Tabla n.º 5. 24.

Tabla n.º 5. 24. Resultados del ensayo de peso unitario volumétrico del agregado fino.

Ensayo	1	2	3
Peso del recipiente (kg)	5,502		
Peso del recipiente más material (kg)	28,028	27,690	27,946
Peso del material (kg)	22,526	22,188	22,444
Peso de recipiente más agua (kg)	19,404		
Peso de agua (T - 24°C)	13,902		
Factor de calibración del recipiente	71,7440		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1616,105	1591,856	1610,222
Peso unitario suelto seco promedio (kg/m ³)	1606,061		
Desviación estándar (kg/m ³)	12,649		
Coefficiente de variación (%)	1,00%		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De acuerdo a la Tabla n.º 5. 24., el peso unitario suelto seco promedio de la arena gruesa es de 1 606,061 kg/m³.

5.3.4. Granulometría del agregado fino

Para este ensayo se usó mil setecientos gramos de arena gruesa, y se trabajó de acuerdo a lo especificado en la NTP 400.012. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se muestran en la Tabla n.º 5. 25.

Tabla n.º 5. 25. Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz N°	Abertura (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	% que pasa
4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,360	70,00	4,14	4,14	95,86
16	1,180	235,00	13,90	18,04	81,96
30	0,600	633,00	37,43	55,47	44,53
50	0,300	238,00	14,07	69,54	30,46
100	0,150	390,00	23,06	92,61	7,39
200	0,075	100,00	5,91	98,52	1,48
Cazoleta	0,000	25,00	1,48	100,00	0,00
Total		1691,00	100,00		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

$$\text{Pérdida de muestra} = \frac{1700 - 1691}{1700} \times 100 = 0,53 \%$$

$$\text{Módulo de finura} = \frac{0 + 4,14 + 18,04 + 55,47 + 69,54 + 92,61}{100} = 2,40$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,84}{0,17} = 4,49$$

La pérdida de muestra es de un 0,53 %, el módulo de finura de 2,40 y el coeficiente de uniformidad de 4,49.

En el Gráfico n.º 5. 1., se muestra la curva granulométrica del agregado fino, la cual se encuentra dentro de los márgenes establecidos por la NTE E.070 (2006).

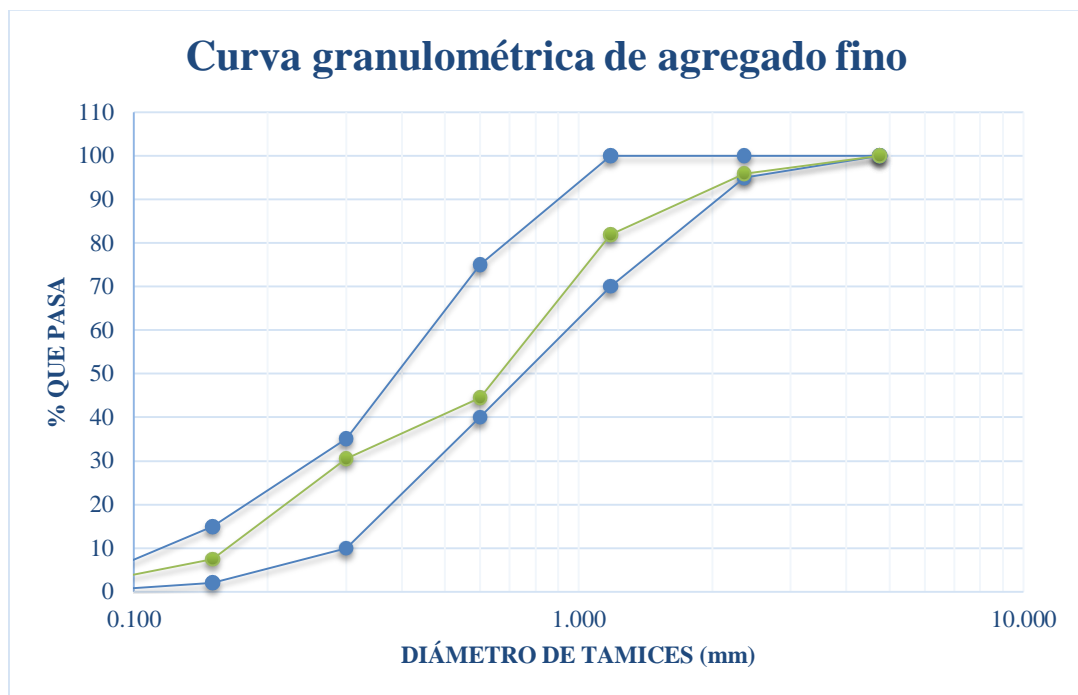


Gráfico n.º 5. 1. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.4. Ensayo del mortero

Se elaboraron cinco probetas cúbicas de mortero, de cinco centímetros de arista, con una mezcla cemento: arena en proporción de 1: 5. Estas probetas fueron curadas en agua y después de cumplir veintiocho días de edad fueron ensayadas a compresión axial. Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se muestran en la Tabla n.º 5. 26.

Tabla n.º 5. 26. Resultados del ensayo a compresión axial de los morteros.

Espécimen	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia a compresión (kg/cm ²)
M1	3108,50	24,75	125,60
M2	3177,03	24,30	130,74
M3	2955,85	24,50	120,65
M4	3213,43	25,05	128,28
M5	3058,74	24,80	123,34
Resistencia promedio (kg/cm ²)			125,72
Desviación estándar			3,97
Coeficiente de variación (%)			3,16
Resistencia característica a compresión f_b (kg/cm ²)			121,75

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ En la Tabla n.º 5. 26., se indica que la resistencia característica a compresión promedio del ensayo de los morteros es de 121,75 kg/cm².

5.5. Ensayo de pilas de albañilería

Para este ensayo se hizo seis pilas de albañilería por cada muestra de ladrillos, obteniéndose pilas con unidades al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de arcilla de Caolín, las cuales tuvieron un tiempo de curado de veintiocho días de acuerdo con la NTE E.070 (2006), para luego ser ensayadas a compresión axial y calcular su esfuerzo máximo promedio. Además la NTE E.070 (2006) indica que la resistencia característica mínima a compresión axial de pilas de albañilería es de 35 kg/cm² para ladrillos de arcilla artesanal King Kong. La resistencia característica a compresión axial se calculó como el promedio de los esfuerzos máximos menos la desviación estándar.

Tabla n.º 5. 27. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 0 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Esbeltez	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia corregida (kg/cm ²)
Unidades con 0 % de arcilla de Caolín	P - 0 % - 1	2,86	13661,00	285,33	47,88	0,88	42,13
	P - 0 % - 2	2,85	14635,00	281,34	52,02	0,88	45,78
	P - 0 % - 3	2,88	11897,00	280,89	42,35	0,88	37,27
	P - 0 % - 4	2,82	12442,00	289,34	43,00	0,87	37,41
	P - 0 % - 5	2,97	16281,00	279,68	58,21	0,90	52,39
	P - 0 % - 6	2,89	14495,00	279,57	51,85	0,89	46,15
Resistencia promedio (kg/cm ²)							43,52
Desviación estándar							5,81
Coeficiente de variación (%)							13,35
Resistencia característica a compresión f'_m (kg/cm ²)							37,71

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 27., la resistencia característica promedio a compresión de pilas de albañilería (f'_m) con 0 % de arcilla de Caolín es de 37,71 kg/cm².

Tabla n.º 5. 28. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 5 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Esbeltez	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia corregida (kg/cm ²)
Unidades con 5 % de arcilla de Caolín	P - 5 % - 1	2,73	16595,00	290,18	57,19	0,85	48,61
	P - 5 % - 2	2,81	16415,00	286,13	57,37	0,87	49,91
	P - 5 % - 3	2,90	16362,00	282,63	57,89	0,89	51,52
	P - 5 % - 4	2,74	15122,00	289,76	52,19	0,85	44,36
	P - 5 % - 5	2,83	16723,00	291,33	57,40	0,87	49,94
	P - 5 % - 6	2,84	17921,00	285,82	62,70	0,87	54,55
Resistencia promedio (kg/cm ²)							49,82
Desviación estándar							3,36
Coeficiente de variación (%)							6,74
Resistencia característica a compresión f'_m (kg/cm ²)							46,46

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 28., la resistencia característica promedio a compresión de pilas de albañilería (f'_m) con 5 % de arcilla de Caolín es de 46,46 kg/cm².

Tabla n.º 5. 29. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Esbeltez	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia corregida (kg/cm ²)
Unidades con 10 % de arcilla de Caolín	P - 10 % - 1	2,92	24451,00	272,54	89,72	0,89	79,85
	P - 10 % - 2	2,78	21605,00	279,59	77,27	0,86	66,45
	P - 10 % - 3	2,80	24353,00	283,14	86,01	0,87	74,83
	P - 10 % - 4	2,87	21808,00	282,41	77,22	0,88	67,95
	P - 10 % - 5	2,99	20040,00	268,04	74,76	0,91	68,03
	P - 10 % - 6	2,80	22860,00	286,84	79,70	0,87	69,34
Resistencia promedio (kg/cm ²)							71,08
Desviación estándar							5,19
Coeficiente de variación (%)							7,30
Resistencia característica a compresión f_m (kg/cm ²)							65,89

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 29., la resistencia característica promedio a compresión de pilas de albañilería (f_m) con 10 % de arcilla de Caolín es de 65,89 kg/cm².

Tabla n.º 5. 30. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 15 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Esbeltez	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia corregida (kg/cm ²)
Unidades con 15 % de arcilla de Caolín	P - 15 % - 1	2,77	18484,00	287,35	64,33	0,86	55,32
	P - 15 % - 2	2,93	20706,00	276,53	74,88	0,89	66,64
	P - 15 % - 3	2,76	20878,00	287,41	72,64	0,86	62,47
	P - 15 % - 4	2,81	18953,00	279,16	67,89	0,87	59,06
	P - 15 % - 5	2,84	20453,00	205,55	99,50	0,87	86,57
	P - 15 % - 6	2,86	18218,00	283,88	64,18	0,88	56,48
Resistencia promedio (kg/cm ²)							64,42
Desviación estándar							11,61
Coeficiente de variación (%)							18,02
Resistencia característica a compresión f_m (kg/cm ²)							52,81

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 30., la resistencia característica promedio a compresión de pilas de albañilería (f_m) con 15 % de arcilla de Caolín es de 52,81 kg/cm².

Tabla n.º 5. 31. Resultados del ensayo a compresión axial de pilas de albañilería con 20 % de arcilla de Caolín.

Muestra	Espécimen	Esbeltez	Carga máxima (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia corregida (kg/cm ²)
Unidades con 20 % de arcilla de Caolín	P - 20 % - 1	2,81	11577,00	283,09	40,90	0,87	35,58
	P - 20 % - 2	2,94	10632,00	273,78	38,83	0,90	34,95
	P - 20 % - 3	2,77	11960,00	280,84	42,59	0,86	36,63
	P - 20 % - 4	2,80	10630,00	282,75	37,60	0,87	32,71
	P - 20 % - 5	2,80	11300,00	292,43	38,64	0,87	33,62
	P - 20 % - 6	2,85	13480,00	280,76	48,01	0,88	42,25
Resistencia promedio (kg/cm ²)							35,96
Desviación estándar							3,38
Coeficiente de variación (%)							9,40
Resistencia característica a compresión f_m (kg/cm ²)							32,58

Fuente: Elaboración propia, 2018.

- ✓ De la Tabla n.º 5. 31., la resistencia característica promedio a compresión de pilas de albañilería (f_m) con 20 % de arcilla de Caolín es de 32,58 kg/cm².

5.6. Prueba de hipótesis específica 1

5.6.1. Redacción de hipótesis

La sustitución de hasta el 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2018.

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 0 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín.

Hipótesis alterna (H_1): Existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 0 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín.

5.6.2. Porcentaje de error (α)

El porcentaje de error que se está dispuesto a correr en la realización de la prueba estadística es del cinco por ciento ($\alpha = 5 \%$).

5.6.3. Normalidad

Para corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (para muestras menores a treinta), debido a que la muestra es de doce.

Se introdujo los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,535 para las pilas con 0 % de arcilla de Caolín; y, un nivel de significancia de 0,143 para las pilas con 10 % de arcilla de Caolín.

Tabla n.º 5. 32. Normalidad, usando la prueba de Shapiro-Wilk.

Normalidad		
P-Valor (0% de arcilla de Caolín) = 0,535	>	$\alpha = 0,05$
P-Valor (10% de arcilla de Caolín) = 0,143	>	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> La variable resistencia a compresión en ambos grupos se comporta normalmente, por lo que se cumple con esta condición.		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.6.4. Igualdad de varianza

Para la igualdad de varianza se usó la prueba de Levene, en donde se introdujeron los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo los siguientes valores, especificados en la Tabla n.º 5. 33.

Tabla n.º 5. 33. Igualdad de varianza, usando la prueba de Levene.

Igualdad de varianza		
P-Valor = 0,798	>	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> Se asume que la varianza de la resistencia a compresión de ambos grupos son iguales.		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.6.5. Prueba T de Student

Se calculó el P-Valor, con la prueba T de Student, usando el software estadístico SPSS, obteniéndose los valores especificados en la Tabla n.º 5. 34.

Tabla n.º 5. 34. Decisión estadística, usando la prueba T de Student.

Decisión estadística		
P-Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> Existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 0 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín.		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.7. Prueba de hipótesis específica 2

5.7.1. Redacción de hipótesis

La sustitución de más del 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, disminuirá la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2018.

Hipótesis nula (H_0): No existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 20 % de arcilla de Caolín.

Hipótesis alterna (H_1): Existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 20 % de arcilla de Caolín.

5.7.2. Porcentaje de error (α)

El porcentaje de error que se está dispuesto a correr en la realización de la prueba estadística es del cinco por ciento ($\alpha = 5 \%$).

5.7.3. Normalidad

Para corroborar que la variable aleatoria en ambos grupos se distribuye normalmente, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk (para muestras menores a treinta), debido a que la muestra es de doce.

Se introdujo los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,143 para las pilas con 10 % de arcilla de Caolín; y, un nivel de significancia de 0,207 para las pilas con 20 % de arcilla de Caolín.

Tabla n.º 5. 35. Normalidad, usando la prueba de Shapiro-Wilk.

Normalidad		
P-Valor (10% de arcilla de Caolín) = 0,143	>	$\alpha = 0,05$
P-Valor (20% de arcilla de Caolín) = 0,207	>	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> La variable resistencia a compresión en ambos grupos se comporta normalmente, por lo que se cumple con esta condición.		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.7.4. Igualdad de varianza

Para la igualdad de varianza se usó la prueba de Levene, en donde se introdujeron los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo los siguientes valores, especificados en la Tabla n.º 5. 36.

Tabla n.º 5. 36. Igualdad de varianza, usando la prueba de Levene.

Igualdad de varianza		
P-Valor = 0,200	>	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> Se asume que la varianza de la resistencia a compresión de ambos grupos son iguales.		

Fuente: Elaboración propia, 2018.

5.7.5. Prueba T de Student

Se calculó el P-Valor, con la prueba T de Student, usando el software estadístico SPSS, obteniéndose los valores especificados en la Tabla n.º 5. 37.

Tabla n.º 5. 37. Decisión estadística, usando la prueba T de Student.

Decisión estadística		
P-Valor = 0,000	<	$\alpha = 0,05$
<u>Conclusión:</u> Existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 20 % de arcilla de Caolín.		

CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN

6.1. Ensayos clasificatorios del ladrillo

6.1.1. Variación dimensional

En la Tabla n.º 5. 1., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación en su largo, ancho y alto de 0,43 %, 1,01 % y 0,96 % respectivamente, por lo que se acepta el lote de fabricación, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 1,20 % en el largo, 0,87 % de ancho y 1,07 % de alto, clasificando como ladrillos de Tipo I, pudiendo llegar hasta ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 2., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación en su largo, ancho y alto de 0,79 %, 0,55 % y 1,24 % respectivamente, por lo que se acepta el lote de fabricación, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de -0,23 % en el largo, -0,13 % de ancho y 0,18 % de alto, clasificando como ladrillos de Tipo I, pudiendo llegar hasta ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 3., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación en su largo, ancho y alto de 0,66 %, 0,31 % y 0,83 % respectivamente, por lo que se acepta el lote de fabricación, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0,20 % en el largo, 0,09 % de ancho y -0,04 % de alto, clasificando como ladrillos de Tipo I, pudiendo llegar hasta ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 4., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación en su largo, ancho y alto de 0,51 %, 0,57 % y 1,04 % respectivamente, por lo que se acepta el lote de fabricación, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0,40 % en el largo, 0,71 % de ancho y 0,06 % de alto, clasificando como ladrillos de Tipo I, pudiendo llegar hasta ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 5., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín, presentan un coeficiente de variación en su largo, ancho y alto de 0,55 %, 0,70 % y 1,35 % respectivamente, por lo que se acepta el lote de fabricación, ya que está por debajo del 40 % exigido por la NTE E.070 (2006); además, estas unidades tienen una variación dimensional promedio de 0,40 % en el largo, 0,71 % de ancho y 0,06 % de alto, clasificando como ladrillos de Tipo I, pudiendo llegar hasta ladrillos Tipo V, de acuerdo con lo estipulado en la NTE E.070 (2006).

En el Gráfico n.º 6. 1., se visualiza de una manera más óptima los resultados del ensayo de variación dimensional, donde los valores obtenidos se muestran en valor absoluto, para una mejor representación del cambio de porcentajes del presente ensayo.

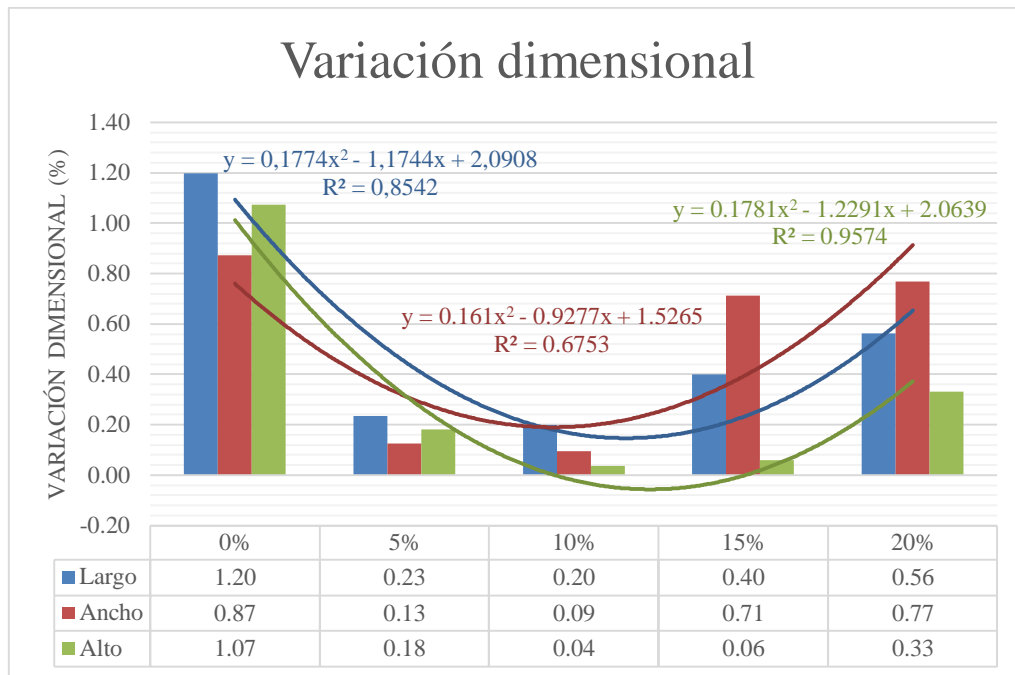


Gráfico n.º 6. 1. Variación dimensional.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Del Gráfico n.º 6. 1., se infiere que el porcentaje de variación dimensional en el largo, ancho y alto es más óptimo en los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín; puesto que, la variación dimensional aumenta en aquellas unidades con menor y mayor porcentaje de arcilla de Caolín.

6.1.2. Alabeo

En la Tabla n.º 5. 6., las unidades con un porcentaje de arcilla de Caolín del 0 %, clasifican como ladrillos Tipo I, pudiendo clasificar hasta como ladrillos Tipo IV, debido a que se tiene un alabeo promedio comprendido entre 2 mm y 4 mm; sin embargo, las unidades con 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de arcilla de Caolín clasifican como ladrillos Tipo I, pudiendo clasificar hasta como ladrillos Tipo V, pues presentaron un alabeo promedio máximo de 2 mm. Por lo que se deduce que la incorporación de arcilla de Caolín en la masa cerámica del ladrillo, disminuye el alabeo presentado en estas unidades de albañilería.

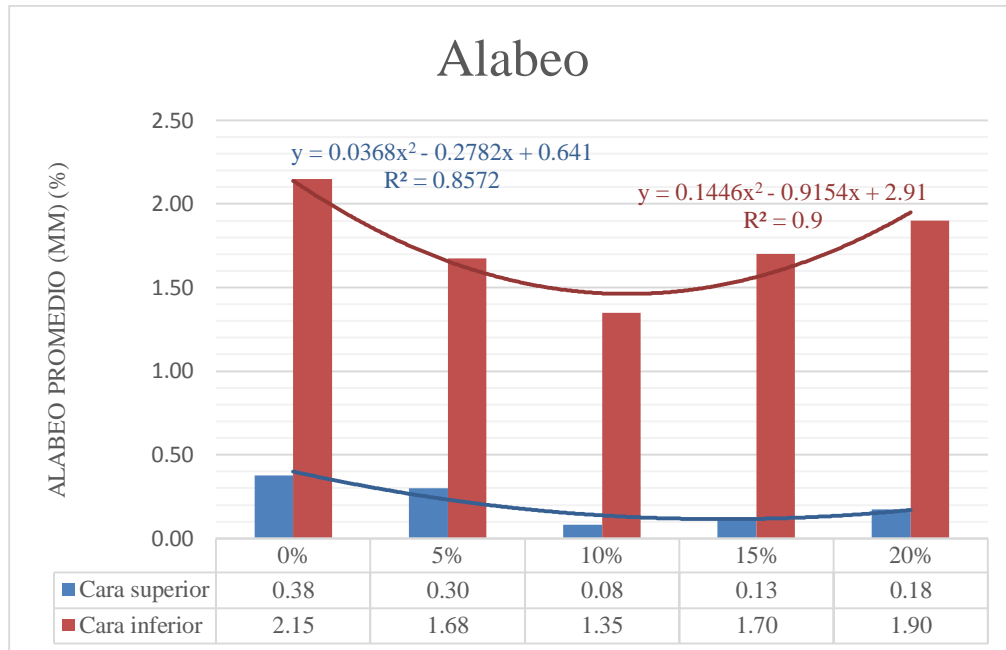


Gráfico n.º 6. 2. Alabeo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico n.º 6. 2., se observa que la cara inferior de los ladrillos presentan un mayor alabeo, a comparación de la cara superior de estos. Además, se infiere que las unidades de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín presentan el menor alabeo, con respecto a las unidades de 0 %, 5 %, 15 % y 20 % de arcilla de Caolín.

6.1.3. Resistencia a compresión simple

En la Tabla n.º 5. 7., se observa que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 49,96 kg/cm², clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 8., se observa que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 52,51 kg/cm², clasificándose como ladrillos Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 9., se observa que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 68,59 kg/cm², clasificándose como ladrillos Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 10., se observa que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 56,95 kg/cm², clasificándose como ladrillos Tipo I para fines estructurales, de acuerdo a la NTE E.070 (2006).

En la Tabla n.º 5. 11., se observa que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín, presentan una resistencia característica a compresión promedio de 40,65 kg/cm², clasificándose como no apto para fines estructurales, de acuerdo a la NTE E.070 (2006).

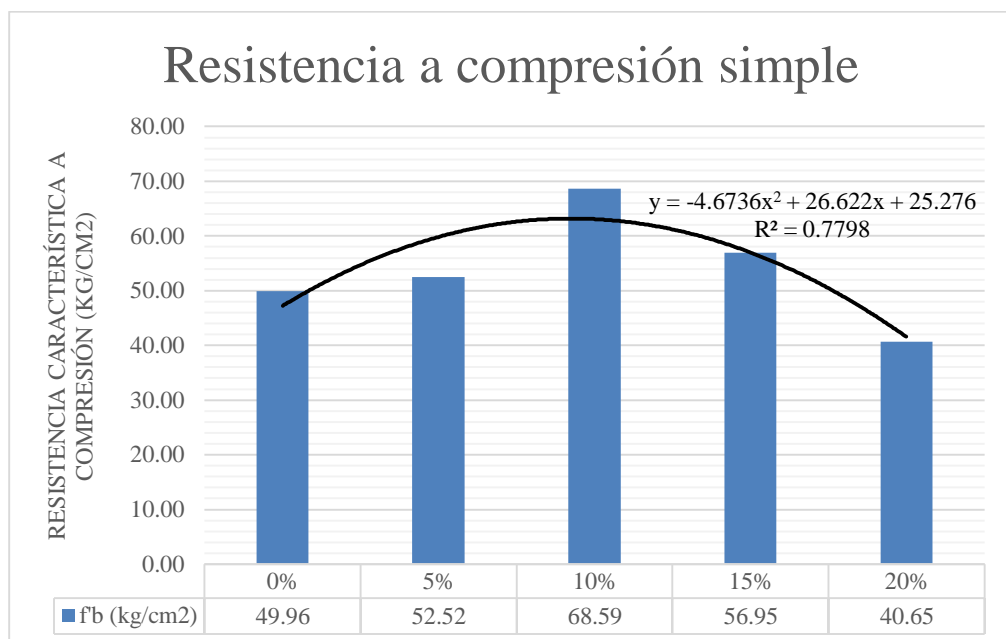


Gráfico n.º 6. 3. Resistencia a compresión simple.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico n.º 6. 3., se observa que los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín presentaron una mejor resistencia a compresión; además, las unidades con 0 % y

20 % de arcilla de Caolín, no cumplen con la resistencia mínima (50 kg/cm^2) requerida por la NTE E.070 (2006), sin embargo, las unidades con 5 %, 10 % y 15 % de arcilla de Caolín clasifican como ladrillos Tipo I.

6.2. Ensayos no clasificatorios del ladrillo

6.2.1. Succión

En la Tabla n.º 5. 12., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de $139,39 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, sobrepasando los $20 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla n.º 5. 13., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de $116,76 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, sobrepasando los $20 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla n.º 5. 14., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de $79,96 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, sobrepasando los $20 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla n.º 5. 15., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de $87,25 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, sobrepasando los $20 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

En la Tabla n.º 5. 16., se indica que los ladrillos de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín, presentan una succión promedio de $101,84 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$, sobrepasando los $20 \text{ g/200cm}^2/\text{min}$ recomendado por la NTE E.070 (2006), por lo que estas unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

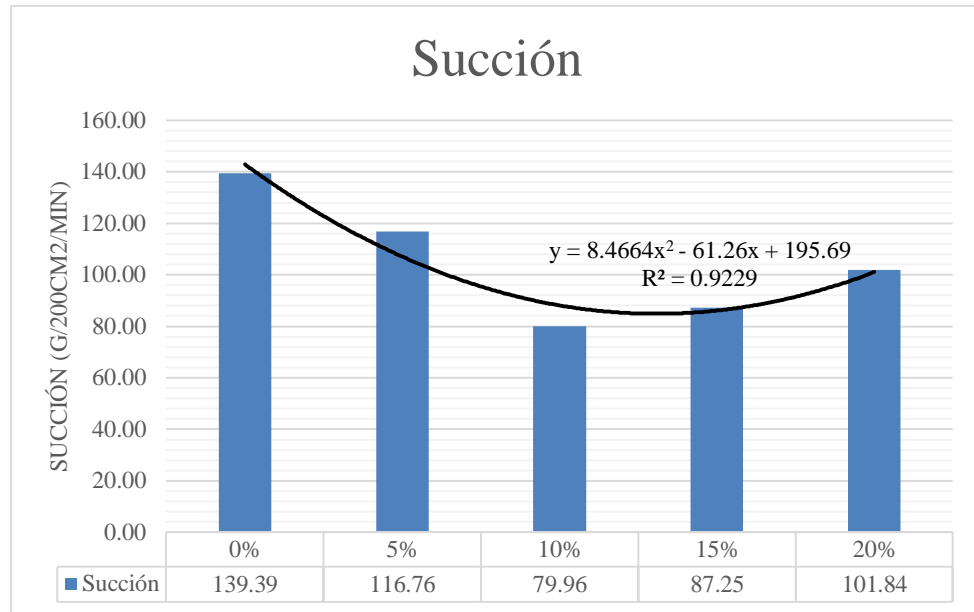


Gráfico n.º 6. 4. Succión.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico n.º 6. 4., se contempla que los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín presentaron la succión más baja, sin embargo, sigue sin cumplir con el mínimo establecido por la NTE E.070 (2006), por lo que todas las unidades deben de ser regadas antes de su asentado.

6.2.2. Absorción

En la Tabla n.º 5. 17., se establece que la absorción promedio del ladrillo de arcilla artesanal King Kong con 0 % de arcilla de Caolín es de 17,24 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo que se acepta la unidad.

En la Tabla n.º 5. 18., se establece que la absorción promedio del ladrillo de arcilla artesanal King Kong con 5 % de arcilla de Caolín es de 14,67 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo que se acepta la unidad.

En la Tabla n.º 5. 19., se establece que la absorción promedio del ladrillo de arcilla artesanal King Kong con 10 % de arcilla de Caolín es de 12,23 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo que se acepta la unidad.

En la Tabla n.º 5. 20., se establece que la absorción promedio del ladrillo de arcilla artesanal King Kong con 15 % de arcilla de Caolín es de 12,97 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo que se acepta la unidad.

En la Tabla n.º 5. 21., se establece que la absorción promedio del ladrillo de arcilla artesanal King Kong con 20 % de arcilla de Caolín es de 13,94 %, la cual está por debajo del 22 % exigido por la NTE E.070 (2006), por lo que se acepta la unidad.

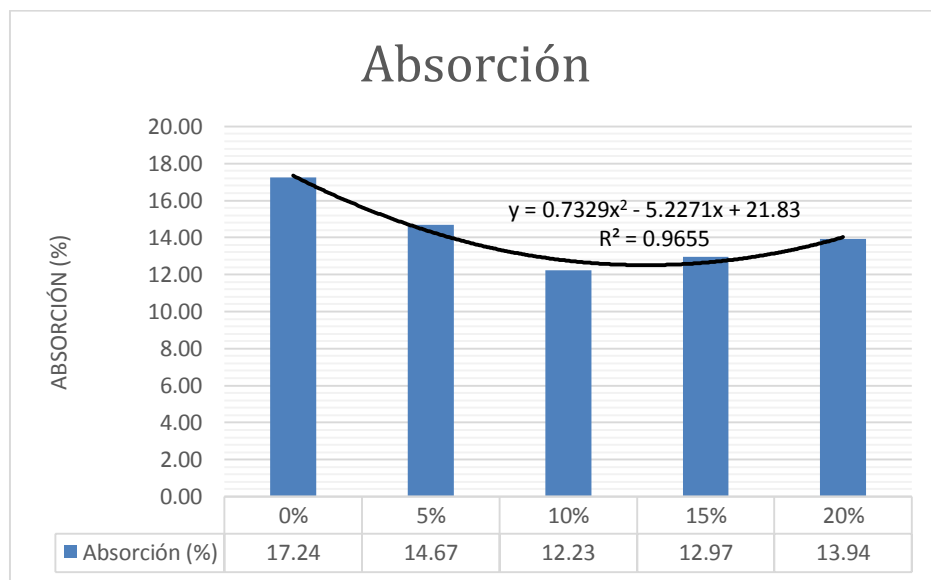


Gráfico n.º 6. 5. Absorción.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico n.º 6. 5., se contempla que los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín presentan una absorción más baja, a diferencia de las otras unidades; sin embargo, todas las muestras cumplen con lo establecido por la NTE E.070 (2006), al no sobrepasar el 22 % de absorción.

6.3. Ensayos del agregado fino

La cantera de donde se extrajo la muestra de arena gruesa, para los ensayos y elaboración del mortero, tiene como razón social Transportes y Agregados Barreto S.A.C., ubicada a tres kilómetros y medio del eje de la Panamericana Norte (a diez minutos en auto del

Óvalo Huanchaco). Se eligió esta cantera, por contar con la disponibilidad de transporte y extracción, producción del agregado solicitado, por su personal calificado para brindarnos la información requerida y tener una razón social establecida.

La cantera Transportes y Agregados Barreto S.A.C., cuyo número de RUC es 20481348073, cuenta con un área de doce hectáreas, y tiene productos como arena fina, arena gruesa, hormigón TMN 1'', piedra chancada de ¾'' y ½'', gravilla y afirmado. Cuenta con una producción diaria de noventa metros cúbicos de hormigón TMN 1'', sesenta metros cúbicos de piedra chancada de ½'' y cincuenta metros cúbicos de piedra chancada de ¾''.

6.3.1. Contenido de humedad natural del agregado fino

La humedad presente en los agregados puede inducir a la reducción de cantidades de agua en los diseños de mezcla, estos aportes alteran la relación agua/cemento y por ende influye en la resistencia a compresión del mortero diseñado.

En la Tabla n.º 5. 22., se indica que el contenido de humedad natural de la arena gruesa es del 2 %, la cual significa que es relativamente baja; por lo que se infiere que los poros de este agregado estaban parcialmente secos, y que el agregado fino nos aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla.

6.3.2. Peso específico y absorción del agregado fino

De acuerdo con la Tabla n.º 5. 23., el agregado fino presenta un peso específico de masa de 2,60 g/cm³, un peso específico de masa saturado con superficie seca de 2,64 g/cm³, un peso específico aparente de 2,71 g/cm³ y una absorción de 1,56 %. En donde el peso específico es una de las propiedades que se usan como indicador de calidad, teniendo en cuenta que los valores elevados corresponden a agregados de buen comportamiento, mientras que los valores bajos generalmente corresponde a los absorbentes y débiles; además, la absorción junto con el contenido de humedad, determinará la cantidad de agua que se debe de añadir a la mezcla, para llegar a la resistencia requerida.

6.3.3. Peso unitario volumétrico del agregado fino

De la Tabla n.º 5. 24., se establece que el peso unitario suelto seco del agregado fino es de 1606,061 kg/m³. Este ensayo se utiliza para determinar el valor de peso unitario empleado en el diseño de mezcla del mortero.

6.3.4. Granulometría del agregado fino

De la Tabla n.º 5. 25., se obtienen los resultados del módulo de finura, coeficiente de uniformidad y pérdida de muestra del agregado fino, siendo 2,40; 4,49 y 0,53 % respectivamente. Además, en el Gráfico n.º 5. 1. se observa el análisis granulométrico del agregado fino, una arena gruesa con una buena gradación apta para ser usada en la mezcla del mortero proyectado, porque el porcentaje que pasa por cada malla, se encuentra dentro de los límites del rango proporcionado por la NTE E.070 (2006).

6.4. Ensayo de mortero

Según la Tabla n.º 5. 26, se determinó la resistencia a compresión del mortero, utilizado en las pilas de albañilería con una dosificación en peso de 1: 5 (cemento: arena), cuya resistencia característica a compresión es 121,75 kg/cm², la cual cumple con la resistencia de 120 kg/cm² para la cual fue diseñada.

6.5. Ensayo de pilas de albañilería

De la Tabla n.º 5. 27., se establece que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería (f_m^p) con 0 % de arcilla de Caolín es de 37,71 kg/cm², el cual es superior a 35 kg/cm², cumpliendo con lo establecido en la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

De la Tabla n.º 5. 28., se establece que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería (f_m^p) con 5 % de arcilla de Caolín es de 46,46 kg/cm², el cual es superior a 35 kg/cm², cumpliendo con lo establecido en la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

De la Tabla n.º 5. 29., se establece que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería (f_m) con 10 % de arcilla de Caolín es de 65,89 kg/cm², el cual es superior a 35 kg/cm², cumpliendo con lo establecido en la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

De la Tabla n.º 5. 30., se establece que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería (f_m) con 15 % de arcilla de Caolín es de 52,81 kg/cm², el cual es superior a 35 kg/cm², cumpliendo con lo establecido en la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

De la Tabla n.º 5. 31., se establece que la resistencia característica promedio a compresión axial de las pilas de albañilería (f_m) con 20 % de arcilla de Caolín es de 32,58 kg/cm², el cual es inferior a 35 kg/cm², incumpliendo con lo establecido en la NTE E.070 (2006) para ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

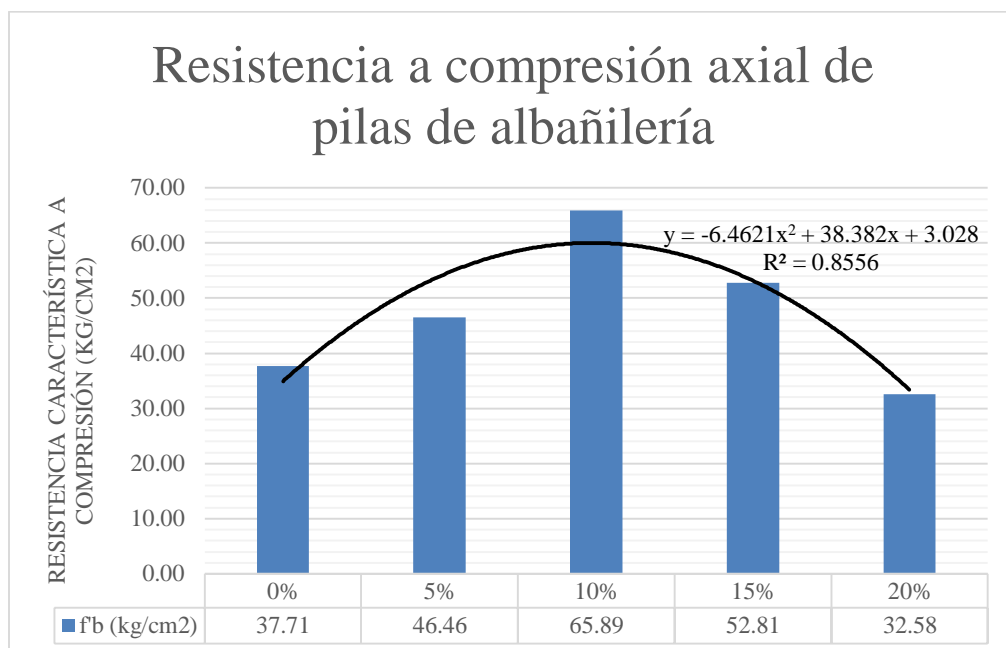


Gráfico n.º 6. 6. Resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Gráfico n.º 6. 6., se observa que las pilas de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín presentan una mayor resistencia a compresión axial, sin embargo, a medida que

se aumenta la arcilla de Caolín, la resistencia empieza a decaer. Además, se establece que las pilas conformadas por unidades de 0 %, 5 %, 10 % y 15 % de arcilla de Caolín cumplen con la resistencia característica de la albañilería, al sobrepasar los 35 kg/cm^2 impuestos por la NTE E.070 (2006); sin embargo, las pilas con unidades del 20 % de arcilla de Caolín, no cumplen con la resistencia mínima, siendo no aptos para ser usados como muros de albañilería.

6.6. Prueba de hipótesis específica 1

Para la prueba de hipótesis específica 1, se usó un porcentaje de error del 5%, y antes de emplear la prueba T de Student, se debe corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente y que la varianza en ambos grupos, sean iguales.

Para la comprobación de Normalidad, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, puesto que esta prueba es usada para muestras menores a treinta, y en la presente investigación se usa una muestra de doce. Se introdujo los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,535 para las pilas con 0 % de arcilla de Caolín; y, un nivel de significancia de 0,143 para pilas con 10 % de arcilla de Caolín. Ambos valores son mayores que 0,05 (porcentaje de error), por lo que se concluye que la variable resistencia a compresión en ambos grupos se comportan normalmente.

Para corroborar la igualdad de varianza, se usó la prueba de Levene, en donde se introdujeron los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,798, siendo mayor a 0,05 (porcentaje de error); por lo que, se asume que la varianza de la resistencia a compresión de ambos grupos son iguales.

Por último, se calculó el P-Valor con la prueba T de Student, usando el software estadístico SPSS, obteniéndose un valor de 0,000, siendo menor que 0,05 (porcentaje de error); por lo que se rechaza H_0 , y se acepta H_1 . De esta manera se concluye que, existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 0 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín.

6.7. Prueba de hipótesis específica 2

Para la prueba de hipótesis específica 2, se usó un porcentaje de error del 5%, y antes de emplear la prueba T de Student, se debe corroborar que la variable aleatoria se distribuye normalmente y que la varianza en ambos grupos, sean iguales.

Para la comprobación de Normalidad, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk, puesto que esta prueba es usada para muestras menores a treinta, y en la presente investigación se usa una muestra de doce. Se introdujo los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,143 para las pilas con 10 % de arcilla de Caolín; y, un nivel de significancia de 0,207 para pilas con 20 % de arcilla de Caolín. Ambos valores son mayores que 0,05 (porcentaje de error), por lo que se concluye que la variable resistencia a compresión en ambos grupos se comportan normalmente.

Para corroborar la igualdad de varianza, se usó la prueba de Levene, en donde se introdujeron los datos al software estadístico SPSS, y se obtuvo un nivel de significancia de 0,200, siendo mayor a 0,05 (porcentaje de error); por lo que, se asume que la varianza de la resistencia a compresión de ambos grupos son iguales.

Por último, se calculó el P-Valor con la prueba T de Student, usando el software estadístico SPSS, obteniéndose un valor de 0,000, siendo menor que 0,05 (porcentaje de error); por lo que se rechaza H_0 , y se acepta H_1 . De esta manera se concluye que, existe una diferencia significativa, entre la media de los valores de la resistencia a compresión axial de las pilas de albañilería, del grupo con 10 % de arcilla de Caolín y la media de valores de la resistencia a compresión axial, del grupo con 20 % de arcilla de Caolín.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong, mejorando esta propiedad en un 74,73 % al emplear unidades con un 10 % de arcilla de Caolín, con respecto a la muestra patrón.
- ✓ Se obtuvieron ladrillos artesanales de arcilla cocida King Kong que cumplen con las exigencias de la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), clasificando a las nuevas unidades como Tipo I, y mejorando significativamente la resistencia característica de las pilas de albañilería.
- ✓ Se elaboraron treinta pilas de albañilería acorde con la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006).
- ✓ Se realizaron los ensayos clasificatorios del ladrillo artesanal según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), tales como la variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión; indicándose que las unidades de albañilería con un 10 % de arcilla de Caolín presentaron una menor variación dimensional y un menor alabeo, además se obtuvo la mejor resistencia a compresión promedio, llegando a un valor de 68,59 kg/cm².
- ✓ Las unidades de albañilería con 0 % y 20 % de arcilla de Caolín, clasifican como no aptos para fines estructurales; y, aquellas con 5 %, 10 % y 15 % de arcilla de Caolín, clasifican como ladrillos Tipo I.
- ✓ Se realizaron los ensayos no clasificatorios del ladrillo artesanal según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), tales como succión y absorción; contemplándose que las unidades de albañilería con un 10 % de arcilla de Caolín presentaron los valores más óptimos, al obtener una succión de 79,96 g/200cm²/min y una absorción de 12,23 %.

CAPÍTULO VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ La investigación se centra en los ladrillos de arcilla artesanal King Kong, trabajados en la ladrillera Cerna Sánchez, del centro poblado Quinta Alta, distrito de Huamachuco; si se requiere tener un mayor conocimiento de diversos lugares de producción, se debe analizar de manera específica cada ladrillera artesanal donde se fabrican estas unidades de albañilería.
- ✓ Solo se ha investigado una clase de ladrillo artesanal, como es el King Kong, se recomienda investigar los demás ladrillos que fabrican estas empresas artesanales, como es el caso del ladrillo de techo y pandereta; para examinar la influencia de la arcilla de Caolín en estas unidades.
- ✓ A futuras investigaciones realizar ensayos de albañilería con arcilla de Caolín a un lote conformado por unidades de ladrillos industriales de diversas marcas expandidas en el mercado de la localidad, a fin de contrastar los resultados obtenidos con las especificaciones dadas por el fabricante.
- ✓ Realizar una comparación entre la resistencia a compresión de pilas de ladrillos artesanales con pilas de ladrillos industriales, fabricadas con arcilla de Caolín en distintos porcentajes.
- ✓ Tener más muestras de experimentación, diversificando aún más la cantidad de arcilla de Caolín en la composición del ladrillo de arcilla artesanal, para visualizar de una forma más amplia su comportamiento y los beneficios que aporta a esta unidad.
- ✓ Realizar ensayos de adhesión y de corte en morteros, para determinar si las unidades de albañilería con arcilla de Caolín, también mejora estas propiedades.
- ✓ Realizar muros a escala natural sometidos a diferentes tipos de fuerza, con estas unidades de albañilería, fabricados con arcilla de Caolín al 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % para medir su interacción a una escala más real.

- ✓ Realizar estudios sobre la temperatura adecuada en el proceso de cocción del ladrillo, ya que influye bastante en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería.
- ✓ Durante los ensayos de laboratorio, se debe de contar en todo momento con equipo de seguridad personal.
- ✓ Se recomienda a los maestros artesanos de las ladrilleras, tener un control de calidad durante el proceso y post proceso de fabricación de los ladrillos, para ofrecer un producto uniforme y de calidad a sus clientes.
- ✓ Durante el proceso de extracción de arcilla, mezcla, moldeado, carga al horno, cocción y descarga del horno se debe contar con equipos de seguridad personal como guantes de cuero curtido al cromo, zapatos de seguridad, cascos, chalecos, mascarilla, purificadores de aire, fajas y lentes de seguridad.

REFERENCIAS

- Afanador, N., Ibarra, A. C. & López, C. A. (2013). Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña, Norte de Santander. *Épsilon* (20), 101 -119. Recuperado de <http://oaji.net/articles/2015/2065-1432479456.pdf>
- Aguirre, D. R. (2004). Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Alcaíno, P., Ruiz, T. & Rivera, R. (2010). Análisis de daños y comportamiento de edificios de albañilería producto del sismo del 27 de febrero de 2010. In Memoria Congreso Iberomet XI, X CONAMET/SAM. Recuperado de http://iberomet2010.260mb.com/pdfcongreso/t4/T4-07_Alcaino-P_n1.pdf?i=1
- Arquínigo, W. N. (2011). Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco. (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Bonilla, D. E. (2006). Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez. (Tesis de Licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Cantú, A. D., de Mendoza, M. L., Gallina, M. & Tempestti, J. M. (2007). Determinación de los estándares mínimos de calidad a cumplir por los ladrillos cerámicos macizos de fabricación artesanal. Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería 2007. Recuperado de <http://cetarq.com/wp-content/uploads/2016/05/ladrillones.pdf>

- Carballo, G. & Navas, A. (2004). Propiedades mecánicas de la mampostería con bloques sólidos de arcilla. (Tesis de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Corrales, P. A. & Ramos, K. C. (2016). Influencia del porcentaje de sedimento y temperatura de cocción sobre la resistencia a la compresión, contracción lineal y absorción de agua en la fabricación de ladrillos de construcción. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Cún, M. F. (2010). Mejoramiento y tecnificación de extrusora para la elaboración de ladrillos artesanales. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Díaz, A. & Ramírez, J. (2009). Compendio de rocas y minerales industriales en el Perú. INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica, 19, 482 p.
- Gallegos, H. & Casabonne, C. (2005). Albañilería estructural. (3.a ed.). Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García, C. A. (2013). Evaluación de la calidad de ladrillos artesanales King Kong según prácticas de fabricación en el sector Fila Alta de la ciudad de Jaén. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Gavilanes, C. F. & Santellán, G. C. (2016). Normalización y estandarización de la fabricación de ladrillos y tejas del Cantón Chambo. (Trabajo de Graduación). Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Guevara, G. (2015). Influencia del periodo de exposición al agua en la resistencia a compresión ($f'm$) de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo artesanal. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Horna, M. V. (2015). Influencia del tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2016). Infraestructura física de las viviendas particulares. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Jiménez, V., Maza, O. & Ortiz, M. (2016). Efecto de la incorporación de desechos industriales en la resistencia a compresión de ladrillos rojos cocidos. En Revista Mexicana de Agroecosistemas, 3 (2) pp. 232-238. Recuperado de http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%203_2_2016/16%20RMAE_C2016-63-Desechos-4a%20versi%C3%B3n-20edit.pdf

Lainfiesta, R. A. (2010). Análisis mediante termogravimetría (640mm Hg) de dos caolines, para la obtención de metacaolín por activación térmica. (Trabajo de graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Lulichac, F. C. (2015). Determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.

Mella, A. (2004). Estudio, caracterización y evaluación de puzolanas locales en la masa cerámica del ladrillo. (Tesis de Licenciatura). Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.

Ministerio de la Producción (2010). Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. Perú: Despacho Viceministerial de MYPE e Industria.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Moraño, A. J., Guillén, J. L., Martínez, J. A., Martínez, M. & Díaz, J. (s.f.). El caolín y la arena silíceas como materiales de construcción. En IX Jornadas Iberoamericanas de materiales de Construcción, 09/08/2011 – 10/08/2011, Quito, Ecuador. pp. 374 - 439.

Muñoz, Y. R. (2014). Determinación del comportamiento a compresión axial y el factor de corrección por esbeltez en prismas de albañilería con ladrillos artesanales de arcilla en la ciudad de Jaén – Cajamarca. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). Albañilería. Perú: MACRO.

Peralta, A. J. (2016). Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo. (Tesis de Licenciatura). Universidad Continental, Huancayo, Perú.

Programa Regional de Aire Limpio (2009). Detrás de los ladrillos: Una gestión integral para el sector informal. Lima, Perú.

Programa Regional de Aire Limpio & Ministerio de la Producción (s.f.). Estudio diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú. Perú.

Rubio, L. A. (2014). Manual de estadística. Perú: Universidad Privada del Norte.

Sáenz, M. C. (2016). Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería. (Tesis de Licenciatura). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

Sánchez, T. & Ramírez, S. (1991). Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en ladrilleras. Lima, Perú: ITDG.

San Bartolomé, A. (1994). Construcciones de albañilería. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Soriano, C. (s.f.). Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal. Perú.

Tamayo, R., Guzmán, R., López, A. & Sacari, E. (2012). Efecto reforzante del vidrio reciclado en la elaboración de ladrillos artesanales. En Informe Científico Tecnológico, vol. 12 pp. 111–116. Recuperado de http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/IPEN_962d05220be78cb12a44d89c1078e85a/Description#tabnav

Toctaquiza, O. I. (2008). Optimización del proceso de cocción en la producción de ladrillos de cerámica roja en el Cantón Chambo. (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Urbina, C. J. (2015). Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.

Zea, N. L. (2005). Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

ANEXOS

ANEXO n.º 1. Matriz de consistencia de la investigación.

Tabla n.º 10. 1. Matriz de consistencia de la investigación.

Problema general	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
¿De qué manera influye la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong del distrito de Huamachuco en el año 2018?	<p>O. General: Determinar la influencia de la arcilla de Caolín en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería fabricadas con ladrillo de arcilla artesanal King Kong.</p> <p>O. Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener ladrillos artesanales de arcilla cocida King Kong que cumplan con las exigencias de la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006), en cuanto a resistencia a compresión de 	<p>A nivel internacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Gavilanes y Santellán, 2016) en su tesis titulada “normalización y estandarización de la fabricación de ladrillos y tejas del cantón chambo”. • (Zea, 2005) en su tesis titulada “caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales”. • (Mella, 2004) en su tesis titulada “estudio, caracterización y evaluación de puzolanas locales en la masa cerámica del ladrillo”. 	<p>H. General: La sustitución de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2018.</p> <p>H. Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sustitución de hasta el 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales 	<p>V. Independiente: Arcilla de Caolín, a partir de este componente en los ladrillos de arcilla artesanal King Kong, se obtendrá una mejor resistencia a compresión axial de pilas de albañilería.</p> <p>V. Dependiente: Resistencia a compresión axial, el aumento o disminución de</p>	<p>Diseño de investigación: Experimental puro.</p> <p>Unidad de estudio: Es la pila de albañilería elaborada con cuatro ladrillos de arcilla artesanal King Kong y unida con un mortero cemento arena de 1:5, con un espesor de junta de un centímetro y curado a veintiocho días.</p> <p>Población: Está constituida por todas las pilas de</p>

	<p>unidades y pilas de albañilería.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar pilas de albañilería, acorde con lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). • Realizar los ensayos clasificatorios del ladrillo, tales como variación dimensional, alabeo y resistencia a compresión, según la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). • Realizar los ensayos no clasificatorios del ladrillo, tales como succión y absorción, de acuerdo con la Norma Técnica de Edificación E.070 (2006). 	<p>A nivel nacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Sáenz, 2016) en su tesis titulada “influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería”. • (Lulichac, 2015) en su tesis titulada “determinación de las propiedades físico – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de 2Cajamarca”. • (Muñoz, 2014) en su tesis titulada “determinación del comportamiento a compresión axial y el factor de corrección por esbeltez en prismas de albañilería con ladrillos artesanales de arcilla en la ciudad de Jaén - Cajamarca”. 	<p>King Kong del distrito de Huamachuco, aumentará la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2018.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sustitución de más del 10 % de arcilla de Caolín por arcilla común en la fabricación de ladrillos artesanales King Kong del distrito de Huamachuco, disminuirá la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, ensayadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte en el año 2018. 	<p>esta propiedad en las pilas de albañilería dependerá del porcentaje de adición de la arcilla de Caolín.</p>	<p>albañilería, que serán construidas para ser ensayadas a compresión axial, y las cuales estarán formadas por ladrillos de arcilla artesanal King Kong fabricado con arcilla común y arcilla de Caolín en porcentajes del 0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 %.</p> <p>Muestra:</p> <p>Son seis pilas de albañilería por cada porcentaje de sustitución de arcilla de Caolín en la composición de la materia prima del ladrillo artesanal, haciendo un total de treinta pilas.</p>
--	---	---	--	--	---

Fuente: Elaboración propia, 2018.







ANEXO n.º 2. Guía de observación.

Tabla n.º 10. 2. Guía de observación.

1. Datos informativos						
1.1.	Nombre del investigador:					
1.2.	Fecha de observación:					
1.3.	Ubicación de laboratorio:					
1.5.	Característica:					
2. Espécimen:						
2.1.	Peso de pila (kg):					
2.2.	Largo (cm):					
2.3.	Ancho (cm):					
2.4.	Altura (cm):					
2.5.	Esbeltez de pila:					
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):					
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):					
2.8.	Tiempo de ensayo (min):					
2.9.	Tipo de falla:					
2.10.	Fotografía:					







Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 3. Guía de observación de pilas de albañilería con 0 % de arcilla de Caolín.

1. Datos informativos							
1.1.	Nombre del investigador:	Junior Mijael Cerna Fernández					
1.2.	Fecha de observación:	13/03/2018					
1.3.	Ubicación de laboratorio:	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da etapa, Trujillo, La Libertad					
1.5.	Característica:	Observación					
2.	Espécimen:	P - 0 % - 1	P - 0 % - 2	P - 0 % - 3	P - 0 % - 4	P - 0 % - 5	P - 0 % - 6
2.1.	Peso de pila (kg):	19,88	20,38	20,46	20,22	20,40	19,91
2.2.	Largo (cm):	22,17	21,98	22,10	22,07	22,50	21,91
2.3.	Ancho (cm):	12,87	12,80	12,71	13,11	12,43	12,76
2.4.	Altura (cm):	36,76	36,47	36,61	37,00	36,90	36,92
2.5.	Esbeltez de pila:	2,86	2,85	2,88	2,82	2,97	2,89
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):	285,33	281,34	280,89	289,34	279,68	279,57
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):	13661,00	14635,00	11897,00	12442,00	16281,00	14495,00
2.8.	Tiempo de ensayo (min):	02:34	02:42	02:30	02:33	02:52	02:43
2.9.	Tipo de falla:	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil
2.10.	Fotografía:						





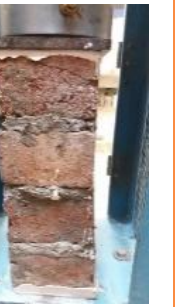

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 4. Guía de observación de pilas de albañilería con 5 % de arcilla de Caolín.

1. Datos informativos							
1.1.	Nombre del investigador:	Junior Mijael Cerna Fernández					
1.2.	Fecha de observación:	13/03/2018					
1.3.	Ubicación de laboratorio:	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da etapa, Trujillo, La Libertad					
1.5.	Característica:	Observación					
2.	Espécimen:	P - 5 % - 1	P - 5 % - 2	P - 5 % - 3	P - 5 % - 4	P - 5 % - 5	P - 5 % - 6
2.1.	Peso de pila (kg):	20,76	20,55	20,56	20,59	20,55	20,47
2.2.	Largo (cm):	22,00	22,01	22,15	22,17	22,29	22,02
2.3.	Ancho (cm):	13,19	13,00	12,76	13,07	13,07	12,98
2.4.	Altura (cm):	35,99	36,50	36,97	35,77	36,96	36,80
2.5.	Esbeltez de pila:	2,73	2,81	2,90	2,74	2,83	2,84
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):	290,18	286,13	282,63	289,76	291,33	285,82
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):	16595,00	16415,00	16362,00	15122,00	16723,00	17921,00
2.8.	Tiempo de ensayo (min):	02:52	02:54	02:51	02:48	02:55	02:56
2.9.	Tipo de falla:	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil
2.10.	Fotografía:						







Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 5. Guía de observación de pilas de albañilería con 10 % de arcilla de Caolín.

1. Datos informativos							
1.1.	Nombre del investigador:	Junior Mijael Cerna Fernández					
1.2.	Fecha de observación:	13/03/2018					
1.3.	Ubicación de laboratorio:	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da etapa, Trujillo, La Libertad					
1.5.	Característica:	Observación					
2.	Espécimen:	P - 10 % - 1	P - 10 % - 2	P - 10 % - 3	P - 10 % - 4	P - 10 % - 5	P - 10 % - 6
2.1.	Peso de pila (kg):	20,98	20,52	20,63	20,71	20,85	20,51
2.2.	Largo (cm):	22,05	21,54	22,00	22,29	21,81	21,78
2.3.	Ancho (cm):	12,36	12,98	12,87	12,67	12,29	13,17
2.4.	Altura (cm):	36,07	36,02	35,99	36,39	36,76	36,91
2.5.	Esbeltez de pila:	2,92	2,78	2,80	2,87	2,99	2,80
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):	272,54	279,59	283,14	282,41	268,04	286,84
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):	24451,00	21605,00	23053,00	21808,00	20040,00	22860,00
2.8.	Tiempo de ensayo (min):	03:13	03:06	03:18	03:04	03:01	03:11
2.9.	Tipo de falla:	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil
2.10.	Fotografía:						







Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 6. Guía de observación de pilas de albañilería con 15 % de arcilla de Caolín.

1. Datos informativos							
1.1.	Nombre del investigador:	Junior Mijael Cerna Fernández					
1.2.	Fecha de observación:	13/03/2018					
1.3.	Ubicación de laboratorio:	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da etapa, Trujillo, La Libertad					
1.5.	Característica:	Observación					
2.	Espécimen:	P - 15 % - 1	P - 15 % - 2	P - 15 % - 3	P - 15 % - 4	P - 15 % - 5	P - 15 % - 6
2.1.	Peso de pila (kg):	21,06	21,03	21,12	20,97	20,63	20,63
2.2.	Largo (cm):	22,07	21,86	21,94	21,54	15,86	22,04
2.3.	Ancho (cm):	13,02	12,65	13,10	12,96	12,96	12,88
2.4.	Altura (cm):	36,02	37,08	36,10	36,41	36,80	36,82
2.5.	Esbeltez de pila:	2,77	2,93	2,76	2,81	2,84	2,86
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):	287,35	276,53	287,41	279,16	205,55	283,88
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):	18484,00	20706,00	20878,00	18953,00	20453,00	18218,00
2.8.	Tiempo de ensayo (min):	02:58	03:05	03:03	02:56	03:07	02:55
2.9.	Tipo de falla:	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil
2.10.	Fotografía:						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 7. Guía de observación de pilas de albañilería con 20 % de arcilla de Caolín.

1. Datos informativos							
1.1.	Nombre del investigador:	Junior Mijael Cerna Fernández					
1.2.	Fecha de observación:	13/03/2018					
1.3.	Ubicación de laboratorio:	Calle 31 s/n Urb. San Isidro 2da etapa, Trujillo, La Libertad					
1.5.	Característica:	Observación					
2.	Espécimen:	P - 20 % - 1	P - 20 % - 2	P - 20 % - 3	P - 20 % - 4	P - 20 % - 5	P - 20 % - 6
2.1.	Peso de pila (kg):	21,09	21,11	21,04	20,61	20,60	21,01
2.2.	Largo (cm):	22,03	21,99	21,67	21,65	22,34	22,02
2.3.	Ancho (cm):	12,85	12,45	12,96	13,06	13,09	12,75
2.4.	Altura (cm):	36,17	36,61	35,88	36,59	36,65	36,30
2.5.	Esbeltez de pila:	2,81	2,94	2,77	2,80	2,80	2,85
2.6.	Área bruta de asiento (cm ²):	283,09	273,78	280,84	282,75	292,43	280,76
2.7.	Carga máxima de rotura (kgf):	11577,00	10632,00	11960,00	10630,00	11300,00	13480,00
2.8.	Tiempo de ensayo (min):	02:13	02:14	02:13	02:11	02:15	02:26
2.9.	Tipo de falla:	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil	Frágil
2.10.	Fotografía:						

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 3. Ladrilleras artesanales de los centros poblados de Chochoconda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo.

Tabla n.º 10. 8. Ladrillos artesanales de los centros poblados de Chochoconda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo.

Nº	Centro poblado	Nombre de ladrillera	Tipo de ladrillera	Acceso a información	Labora todo el año	Número de trabajadores	Producción mensual	Implementos de seguridad	Formalidad	Control de calidad	Coordenadas UTM		Altitud
											Este	Norte	
1	Chochoconda	Anónimo 1	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827507	9135213	3176
2	Chochoconda	Anónimo 2	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827603	9135494	3207
3	Chochoconda	Anónimo 3	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827676	9135518	3215
4	Chochoconda	Guillermo Polo	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827752	9135607	3213
5	Chochoconda	Vásquez Ramos	Artisanal	Aceptada	Sí	4	25 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827690	9135077	3184
6	Quinta Alta	Alvarado Alfaro	Artisanal	Aceptada	Sí	1	5 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827547	9133860	3272
7	Quinta Alta	Anónimo 4	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826763	9133765	3294
8	Quinta Alta	Anónimo 5	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827291	9133494	3345
9	Quinta Alta	Anónimo 6	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827363	9133346	3349
10	Quinta Alta	Anónimo 7	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827119	9133775	3282
11	Quinta Alta	Anónimo 8	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827587	9133821	3273
12	Quinta Alta	Anónimo 9	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827575	9133825	3274
13	Quinta Alta	Anónimo 10	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827509	9133491	3323
14	Quinta Alta	Anónimo 11	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827520	9133501	3321
15	Quinta Alta	Anónimo 12	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827557	9133544	3315
16	Quinta Alta	Anónimo 13	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827584	9133576	3308
17	Quinta Alta	Anónimo 14	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827562	9133548	3311
18	Quinta Alta	Anónimo 15	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827306	9134311	3220
19	Quinta Alta	Anónimo 16	Artisanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827276	9134330	3219
20	Quinta Alta	Aranda	Artisanal	Aceptada	Sí	2	12 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827366	9133428	3332
21	Quinta Alta	Aranda Henríquez	Artisanal	Aceptada	Sí	2	8 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827624	9133619	3300

22	Quinta Alta	Bailón Otiniano	Artesanal	Aceptada	Sí	2	6 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827460	9133516	3326
23	Quinta Alta	Briceño	Artesanal	Aceptada	Sí	2	8 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827534	9133851	3277
24	Quinta Alta	Carrión Benites	Artesanal	Aceptada	Sí	3	15 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826729	9133807	3291
25	Quinta Alta	Carrión Gómez	Artesanal	Aceptada	Sí	1	6 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827594	9133985	3255
26	Quinta Alta	Cerna Nolzaco	Artesanal	Aceptada	No en invierno	2	10 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826755	9133585	3335
27	Quinta Alta	Cerna Sánchez	Artesanal	Aceptada	Sí	4	25 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826787	9133673	3308
28	Quinta Alta	Escobedo Ríos	Artesanal	Aceptada	Sí	2	10 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827553	9133780	3286
29	Quinta Alta	Flores Cerna	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826884	9133608	3314
30	Quinta Alta	García	Artesanal	Aceptada	No en invierno	3	15 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826817	9133720	3300
31	Quinta Alta	Marcelino García	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826866	9133852	3290
32	Quinta Alta	Paredes Cosme	Artesanal	Aceptada	No en invierno	1	5 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827016	9133528	3326
33	Quinta Alta	Ríos Pizán	Artesanal	Aceptada	Sí	1	4 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827605	9133806	3274
34	Quinta Alta	Ruiz Pizán	Artesanal	Aceptada	Sí	2	10 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827161	9133660	3306
35	Sazón Alto	Alfaro Pérez	Artesanal	Aceptada	Sí	2	8 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827163	9135617	3217
36	Sazón Alto	Anónimo 17	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827390	9135486	3189
37	Sazón Alto	Petronila Reyes	Artesanal	Aceptada	Sí	4	15 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827128	9135655	3220
38	Sazón Alto	Villanueva Escobedo	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827298	9135534	3200
39	Sazón Bajo	Anónimo 18	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826857	9135321	3173
40	Sazón Bajo	Anónimo 19	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826849	9135330	3172
41	Sazón Bajo	Anónimo 20	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826510	9135394	3177
42	Sazón Bajo	Anónimo 21	Artesanal	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826212	9135394	3174
43	Sazón Bajo	Gil Patricio	Artesanal	Aceptada	Sí	4	18 millares	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826461	9135383	3176

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 4. Canteras de arcilla de Caolín de los centros poblados de Chochoconda y Puente Piedra.

Tabla n.º 10. 9. Canteras de arcilla de Caolín de los centros poblados de Chochoconda y Puente Piedra.

Nº	Centro poblado	Nombre de cantera	Sustancia	Acceso a información	Labora todo el año	Número de trabajadores	Producción mensual	Implementos de seguridad	Formalidad	Control de calidad	Coordenadas UTM		Altitud
											Este	Norte	
1	Chochoconda	Anónimo 1	Caolín	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827194	9135875	3223
2	Puente Piedra	Anónimo 2	Caolín	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	826450	9138656	3060
3	Puente Piedra	Anónimo 3	Caolín	Denegada	-	-	-	No tienen	Sin RUC	Ninguna	827826	9138094	3421

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 5. Variación dimensional de los ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

Tabla n.º 10. 10. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
0% - 1	22,00	21,90	22,05	21,89	21,96
0% - 2	22,17	22,24	22,20	22,23	22,21
0% - 3	22,17	22,22	22,29	22,20	22,22
0% - 4	22,16	22,19	22,18	22,15	22,17
0% - 5	22,04	22,19	22,04	22,15	22,11
0% - 6	22,14	22,22	22,19	22,21	22,19
0% - 7	22,01	22,14	22,00	22,10	22,06
0% - 8	22,03	21,95	22,09	21,93	22,00
0% - 9	22,17	22,21	22,23	22,18	22,20
0% - 10	22,20	22,22	22,21	22,19	22,21
Promedio (cm)					22,13
Desviación estándar					0,09
Coeficiente de variación (%)					0,43

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 11. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Ancho				Promedio (cm)
	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	
0% - 1	12,95	13,19	12,80	12,95	12,97
0% - 2	13,12	13,23	13,08	13,00	13,11
0% - 3	13,13	13,13	13,09	12,89	13,06
0% - 4	13,38	13,40	13,24	13,22	13,31
0% - 5	13,09	13,06	13,04	12,85	13,01
0% - 6	13,42	13,41	13,27	13,23	13,33
0% - 7	13,02	13,01	13,01	12,92	12,99
0% - 8	12,96	13,14	12,81	12,96	12,97
0% - 9	13,11	13,11	13,08	12,96	13,07
0% - 10	13,15	12,94	13,12	12,93	13,04
Promedio (cm)					13,09
Desviación estándar					0,13
Coeficiente de variación (%)					1,01

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 12. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Altura				Promedio (cm)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	
0% - 1	8,29	8,14	8,31	8,25	8,25
0% - 2	8,30	8,23	8,37	8,12	8,26
0% - 3	8,30	8,14	8,33	8,15	8,23
0% - 4	8,07	8,14	8,10	8,06	8,09
0% - 5	8,20	8,14	8,15	8,28	8,19
0% - 6	8,02	8,13	8,11	8,02	8,07
0% - 7	8,33	8,24	8,34	8,18	8,27
0% - 8	8,31	8,17	8,18	8,32	8,25
0% - 9	8,33	8,25	8,36	8,34	8,32
0% - 10	8,22	8,17	8,29	8,06	8,19
Promedio (cm)					8,21
Desviación estándar					0,08
Coeficiente de variación (%)					0,96

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 13. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
5% - 1	22,35	22,48	22,29	22,35	22,37
5% - 2	22,35	22,42	22,30	22,38	22,36
5% - 3	22,25	22,30	22,27	22,30	22,28
5% - 4	22,53	22,65	22,54	22,45	22,54
5% - 5	22,69	22,71	22,71	22,71	22,71
5% - 6	22,59	22,69	22,57	22,51	22,59
5% - 7	22,74	22,75	22,73	22,72	22,74
5% - 8	22,29	22,42	22,20	22,26	22,29
5% - 9	22,25	22,29	22,24	22,29	22,27
5% - 10	22,38	22,44	22,31	22,40	22,38
Promedio (cm)					22,45
Desviación estándar					0,18
Coeficiente de variación (%)					0,79

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 14. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Ancho				Promedio (cm)
	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	
5% - 1	13,20	13,31	13,12	13,14	13,19
5% - 2	13,25	13,22	13,20	13,22	13,22
5% - 3	13,20	13,18	13,02	13,02	13,11
5% - 4	13,38	13,34	13,30	13,34	13,34
5% - 5	13,24	13,26	13,20	13,18	13,22
5% - 6	13,25	13,20	13,19	13,24	13,22
5% - 7	13,22	13,28	13,14	13,14	13,20
5% - 8	13,27	13,28	13,23	13,22	13,25
5% - 9	13,34	13,28	13,25	13,35	13,31
5% - 10	13,16	13,15	13,00	13,15	13,12
Promedio (cm)					13,22
Desviación estándar					0,07
Coeficiente de variación (%)					0,55

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 15. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Altura				Promedio (cm)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	
5% - 1	8,29	8,35	8,34	8,29	8,32
5% - 2	8,21	8,35	8,12	8,31	8,25
5% - 3	8,36	8,14	8,30	8,17	8,24
5% - 4	7,92	8,25	8,26	8,16	8,15
5% - 5	8,40	8,44	8,30	8,50	8,41
5% - 6	8,01	8,19	8,22	8,13	8,14
5% - 7	8,40	8,46	8,30	8,55	8,43
5% - 8	8,32	8,40	8,40	8,29	8,35
5% - 9	8,42	8,33	8,37	8,30	8,36
5% - 10	8,22	8,29	8,10	8,24	8,21
Promedio (cm)					8,29
Desviación estándar					0,10
Coeficiente de variación (%)					1,24

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 16. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
10% - 1	22,24	22,25	22,25	22,18	22,23
10% - 2	22,40	22,50	22,50	22,44	22,46
10% - 3	22,31	22,30	22,25	22,34	22,30
10% - 4	22,59	22,54	22,54	22,60	22,57
10% - 5	22,20	22,20	22,20	22,19	22,20
10% - 6	22,30	22,28	22,21	22,32	22,28
10% - 7	22,56	22,53	22,54	22,57	22,55
10% - 8	22,42	22,54	22,53	22,49	22,50
10% - 9	22,21	22,19	22,20	22,19	22,20
10% - 10	22,27	22,28	22,29	22,27	22,28
Promedio (cm)					22,36
Desviación estándar					0,15
Coeficiente de variación (%)					0,66

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 17. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Ancho				Promedio (cm)
	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	
10% - 1	13,12	13,15	13,18	13,14	13,15
10% - 2	13,19	13,18	13,16	13,12	13,16
10% - 3	13,21	13,22	13,17	13,25	13,21
10% - 4	13,16	13,22	13,14	13,20	13,18
10% - 5	13,27	13,22	13,24	13,26	13,25
10% - 6	13,28	13,24	13,26	13,27	13,26
10% - 7	13,17	13,21	13,14	13,15	13,17
10% - 8	13,24	13,17	13,15	13,19	13,19
10% - 9	13,16	13,19	13,14	13,20	13,17
10% - 10	13,16	13,13	13,10	13,15	13,14
Promedio (cm)					13,19
Desviación estándar					0,04
Coeficiente de variación (%)					0,31

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 18. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Altura				Promedio (cm)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	
10% - 1	8,20	8,30	8,24	8,25	8,25
10% - 2	8,30	8,32	8,30	8,31	8,31
10% - 3	8,39	8,31	8,40	8,37	8,37
10% - 4	8,31	8,45	8,30	8,34	8,35
10% - 5	8,26	8,20	8,21	8,30	8,24
10% - 6	8,21	8,33	8,22	8,24	8,25
10% - 7	8,26	8,23	8,27	8,22	8,25
10% - 8	8,29	8,22	8,21	8,34	8,27
10% - 9	8,26	8,34	8,30	8,32	8,31
10% - 10	8,47	8,37	8,47	8,49	8,45
Promedio (cm)					8,30
Desviación estándar					0,07
Coefficiente de variación (%)					0,83

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 19. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
15% - 1	22,48	22,46	22,45	22,49	22,47
15% - 2	22,35	22,45	22,44	22,41	22,41
15% - 3	22,27	22,20	22,24	22,23	22,24
15% - 4	22,31	22,41	22,42	22,36	22,38
15% - 5	22,23	22,18	22,12	22,19	22,18
15% - 6	22,21	22,23	22,19	22,23	22,22
15% - 7	22,24	22,23	22,23	22,25	22,24
15% - 8	22,21	22,21	22,16	22,23	22,20
15% - 9	22,52	22,45	22,45	22,50	22,48
15% - 10	22,32	22,29	22,29	22,28	22,30
Promedio (cm)					22,31
Desviación estándar					0,11
Coefficiente de variación (%)					0,51

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 20. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Ancho				Promedio (cm)
	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	
15% - 1	13,20	13,16	13,00	13,10	13,12
15% - 2	13,21	13,24	13,35	13,03	13,21
15% - 3	12,92	12,96	13,06	12,90	12,96
15% - 4	13,12	13,20	13,00	13,18	13,13
15% - 5	13,19	13,16	13,05	13,00	13,10
15% - 6	13,10	13,18	12,96	13,18	13,11
15% - 7	12,97	12,99	13,11	12,93	13,00
15% - 8	13,21	13,19	13,05	13,15	13,15
15% - 9	13,22	13,21	13,05	13,03	13,13
15% - 10	13,17	13,20	13,29	13,02	13,17
Promedio (cm)					13,11
Desviación estándar					0,07
Coeficiente de variación (%)					0,57

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 21. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Altura				Promedio (cm)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	
15% - 1	8,34	8,32	8,21	8,43	8,33
15% - 2	8,27	8,36	8,14	8,33	8,28
15% - 3	8,39	8,14	8,37	8,27	8,29
15% - 4	8,29	8,40	8,21	8,39	8,32
15% - 5	8,47	8,34	8,43	8,31	8,43
15% - 6	8,26	8,39	8,20	8,34	8,30
15% - 7	8,21	8,35	8,38	8,23	8,29
15% - 8	8,40	8,43	8,42	8,32	8,39
15% - 9	8,12	8,07	8,17	8,16	8,13
15% - 10	8,04	8,26	8,27	8,20	8,19
Promedio (cm)					8,30
Desviación estándar					0,09
Coeficiente de variación (%)					1,04

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 22. Variación dimensional del largo de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Largo				Promedio (cm)
	L1 (cm)	L2 (cm)	L3 (cm)	L4 (cm)	
20% - 1	22,22	22,30	22,31	22,29	22,28
20% - 2	22,59	22,62	22,60	22,57	22,60
20% - 3	22,51	22,41	22,60	22,52	22,51
20% - 4	22,60	22,62	22,58	22,68	22,62
20% - 5	22,58	22,69	22,60	22,52	22,60
20% - 6	22,60	22,70	22,61	22,54	22,61
20% - 7	22,61	22,63	22,60	22,70	22,64
20% - 8	22,33	22,33	22,33	22,35	22,34
20% - 9	22,57	22,59	22,58	22,56	22,58
20% - 10	22,51	22,40	22,58	22,51	22,50
Promedio (cm)					22,53
Desviación estándar					0,12
Coeficiente de variación (%)					0,55

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 23. Variación dimensional del ancho de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.

Espécimen	Ancho				Promedio (cm)
	A1 (cm)	A2 (cm)	A3 (cm)	A4 (cm)	
20% - 1	13,30	13,36	13,24	13,26	13,29
20% - 2	13,32	13,46	13,23	13,21	13,31
20% - 3	13,21	13,18	13,06	13,07	13,13
20% - 4	13,35	13,53	13,21	13,37	13,37
20% - 5	13,42	13,30	13,50	13,40	13,41
20% - 6	13,28	13,38	13,18	13,16	13,25
20% - 7	13,32	13,48	13,24	13,34	13,35
20% - 8	13,45	13,35	13,54	13,34	13,42
20% - 9	13,34	13,36	13,28	13,32	13,33
20% - 10	13,24	13,21	13,11	13,16	13,18
Promedio (cm)					13,30
Desviación estándar					0,09
Coeficiente de variación (%)					0,70

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 24. Variación dimensional de la altura de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Altura				Promedio (cm)
	H1 (cm)	H2 (cm)	H3 (cm)	H4 (cm)	
20% - 1	8,22	8,13	8,14	8,10	8,15
20% - 2	8,19	8,22	8,06	8,20	8,17
20% - 3	8,39	8,32	8,40	8,52	8,41
20% - 4	8,50	8,31	8,29	8,30	8,35
20% - 5	8,34	8,19	8,29	8,22	8,26
20% - 6	8,37	8,28	8,24	8,25	8,29
20% - 7	8,45	8,36	8,43	8,57	8,45
20% - 8	8,38	8,24	8,33	8,25	8,30
20% - 9	8,14	8,15	8,02	8,13	8,11
20% - 10	8,26	8,14	8,27	8,31	8,25
Promedio (cm)					8,27
Desviación estándar					0,11
Coeficiente de variación (%)					1,35

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 6. Alabeo de los ladrillos de arcilla artesanal King Kong.

Tabla n.º 10. 25. Alabeo de los ladrillos con 0 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Cara superior				Cara inferior				Alabeo	
	A (mm)		B (mm)		A (mm)		B (mm)		Cara superior	Cara inferior
0% - 1	CV	0,00	CV	0,00	CV	3,00	CV	2,50	0,00	2,75
0% - 2	CC	0,00	CV	0,00	CV	3,00	CV	2,00	0,00	2,50
0% - 3	CC	2,50	CV	1,00	CV	2,00	CV	3,50	1,75	2,75
0% - 4	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,50	CV	2,00	0,00	1,75
0% - 5	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,00	CV	1,00	0,00	1,00
0% - 6	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,00	CV	2,50	0,00	2,25
0% - 7	CC	1,00	CC	1,00	CV	3,50	CV	4,00	1,00	3,75
0% - 8	CC	1,00	CV	0,00	CV	2,00	CV	2,00	0,50	2,00
0% - 9	CC	1,00	CV	0,00	CV	0,50	CC	1,50	0,50	1,00
0% - 10	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,50	CV	2,00	0,00	1,75
Promedio (mm)									0,38	2,15
Desviación estándar									0,59	0,84

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 26. Alabeo de los ladrillos con 5 % de arcilla de Caolín.

Especímen	Cara superior				Cara inferior				Alabeo	
	A (mm)		B (mm)		A (mm)		B (mm)		Cara superior	Cara inferior
5% - 1	CV	1,00	CV	1,00	CV	1,00	CV	1,00	1,00	1,00
5% - 2	CC	1,00	CC	0,00	CV	1,00	CV	1,00	0,50	1,00
5% - 3	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,50	CV	1,50	0,00	1,50
5% - 4	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,00	CV	1,50	0,00	1,25
5% - 5	CV	0,00	CV	0,50	CC	1,50	CV	1,00	0,25	1,25
5% - 6	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,50	CV	2,00	0,00	2,25
5% - 7	CV	0,50	CV	0,00	CV	2,50	CV	2,50	0,25	2,50
5% - 8	CC	0,50	CC	0,50	CV	1,50	CV	1,50	0,50	1,50
5% - 9	CV	0,00	CV	0,50	CV	1,00	CV	2,00	0,25	1,50
5% - 10	CV	0,50	CV	0,00	CC	3,00	CC	3,00	0,25	3,00
Promedio (mm)									0,30	1,68
Desviación estándar									0,31	0,68

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 27. Alabeo de los ladrillos con 10 % de arcilla de Caolín.

Especimen	Cara superior				Cara inferior				Alabeo	
	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	Cara superior	Cara inferior
10% - 1	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,50	CV	1,50	0,00	1,50
10% - 2	CC	0,50	CC	0,00	CV	1,50	CV	1,50	0,25	1,50
10% - 3	CC	0,50	CV	0,00	CC	1,00	CC	1,00	0,25	1,00
10% - 4	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,50	CV	1,50	0,00	2,00
10% - 5	CV	0,00	CC	0,50	CV	1,50	CV	2,00	0,25	1,75
10% - 6	CC	0,00	CC	0,00	CV	0,50	CC	1,50	0,00	1,00
10% - 7	CC	0,10	CV	0,00	CV	1,50	CV	2,00	0,05	1,75
10% - 8	CC	0,00	CC	0,00	CV	1,00	CC	1,00	0,00	1,00
10% - 9	CV	0,00	CV	0,00	CV	0,50	CV	0,50	0,00	0,50
10% - 10	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,00	CV	1,00	0,00	1,50
Promedio (mm)									0,08	1,35
Desviación estándar									0,12	0,46

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 28. Alabeo de los ladrillos con 15 % de arcilla de Caolín.

Especimen	Cara superior				Cara inferior				Alabeo	
	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	Cara superior	Cara inferior
15% - 1	CV	0,00	CV	0,50	CV	2,50	CV	1,50	0,25	2,00
15% - 2	CV	0,00	CV	0,00	CV	0,50	CV	1,50	0,00	1,00
15% - 3	CV	0,00	CV	0,00	CC	1,00	CC	0,50	0,00	0,75
15% - 4	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,50	CC	3,00	0,00	2,25
15% - 5	CV	0,25	CV	0,25	CC	0,50	CC	1,00	0,25	0,75
15% - 6	CV	0,00	CV	0,00	CC	1,00	CC	0,50	0,00	0,75
15% - 7	CC	0,50	CC	0,50	CV	3,00	CV	1,50	0,50	2,25
15% - 8	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,00	CV	2,00	0,00	2,00
15% - 9	CV	0,00	CV	0,00	CV	2,50	CV	1,50	0,00	2,00
15% - 10	CV	0,50	CV	0,00	CV	3,50	CV	3,00	0,25	3,25
Promedio (mm)									0,13	1,70
Desviación estándar									0,18	0,85

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 29. Alabeo de los ladrillos con 20 % de arcilla de Caolín.

Especimen	Cara superior				Cara inferior				Alabeo	
	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	A (mm)	B (mm)	Cara superior	Cara inferior
20% - 1	CV	0,00	CV	0,00	CV	1,00	CV	2,50	0,00	1,75
20% - 2	CC	0,00	CC	0,00	CV	1,50	CV	2,00	0,00	1,75
20% - 3	CV	0,00	CV	0,00	CV	0,50	CV	2,50	0,00	1,50
20% - 4	CV	0,00	CV	0,00	CC	1,50	CC	2,00	0,00	1,75
20% - 5	CV	0,00	CV	0,00	CC	2,50	CC	2,00	0,00	2,25
20% - 6	CV	0,00	CC	1,00	CC	0,50	CC	0,00	0,50	0,25
20% - 7	CC	1,00	CC	0,50	CV	2,50	CV	3,00	0,75	2,75
20% - 8	CV	0,00	CV	0,00	CC	3,00	CC	1,50	0,00	2,25
20% - 9	CV	0,00	CV	0,00	CC	2,00	CC	3,50	0,00	2,75
20% - 10	CC	1,00	CV	0,00	CC	2,00	CC	2,00	0,50	2,00
Promedio (mm)									0,18	1,90
Desviación estándar									0,29	0,72

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 7. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión simple.

Tabla n.º 10. 30. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de resistencia a compresión simple.

Espécimen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Área bruta (cm ²)
0 % - 6	22,13	22,14	22,14	22,14	13,43	13,42	13,45	13,43	297,34
0 % - 7	22,07	22,01	22,00	22,03	13,05	13,02	13,01	13,03	287,05
0 % - 8	22,04	22,03	22,05	22,04	12,94	12,96	12,96	12,95	285,42
0 % - 9	22,16	22,17	22,14	22,16	13,11	13,11	13,12	13,11	290,52
0 % - 10	22,21	22,20	22,24	22,22	13,13	13,15	13,14	13,14	291,97
5 % - 6	22,56	22,59	22,60	22,58	13,25	13,25	13,23	13,24	298,96
5 % - 7	22,74	22,74	22,71	22,73	13,19	13,22	13,20	13,20	300,04
5 % - 8	22,31	22,29	22,28	22,29	13,27	13,27	13,28	13,27	295,79
5 % - 9	22,24	22,25	22,21	22,23	13,31	13,34	13,30	13,32	296,10
5 % - 10	22,36	22,38	22,35	22,36	13,17	13,16	13,14	13,16	294,26
10 % - 6	22,26	22,30	22,24	22,27	13,23	13,28	13,29	13,27	295,52
10 % - 7	22,58	22,56	22,51	22,55	13,13	13,17	13,16	13,15	296,53
10 % - 8	22,43	22,42	22,37	22,41	13,19	13,24	13,21	13,21	296,04
10 % - 9	22,22	22,21	22,19	22,21	13,10	13,16	13,14	13,13	291,62
10 % - 10	22,24	22,27	22,23	22,25	13,16	13,16	13,15	13,16	292,81
15 % - 6	22,20	22,21	22,19	22,20	13,11	13,10	13,10	13,10	290,82
15 % - 7	22,24	22,24	22,23	22,24	12,99	12,97	12,98	12,98	288,68
15 % - 8	22,24	22,21	22,22	22,22	13,25	13,21	13,19	13,22	293,75
15 % - 9	22,56	22,52	22,52	22,53	13,22	13,22	13,20	13,21	297,62
15 % - 10	22,31	22,32	22,35	22,33	13,17	13,17	13,19	13,18	294,31
20 % - 6	22,53	22,60	22,54	22,56	13,24	13,28	13,20	13,24	298,69
20 % - 7	22,59	22,61	22,54	22,58	13,30	13,32	13,29	13,30	300,31
20 % - 8	22,28	22,33	22,32	22,31	13,42	13,45	13,45	13,44	299,85
20 % - 9	22,56	22,57	22,51	22,55	13,29	13,34	13,31	13,31	300,14
20 % - 10	22,45	22,51	22,43	22,46	13,20	13,24	13,24	13,23	297,15

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 8. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de succión.

Tabla n.º 10. 31. Dimensiones de los ladrillos para el ensayo de succión.

Especímen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Área bruta (cm ²)
0% - 1	21,94	22,00	21,99	21,98	12,94	12,95	12,91	12,93	284,20
0% - 2	22,18	22,17	22,17	22,17	13,13	13,12	13,11	13,12	290,87
0% - 3	22,13	22,17	22,14	22,15	13,15	13,13	13,16	13,15	291,27
0% - 4	22,15	22,16	22,18	22,16	13,34	13,38	13,32	13,35	295,84
0% - 5	22,04	22,04	22,05	22,04	13,01	13,09	13,02	13,04	287,40
5% - 1	22,37	22,35	22,34	22,35	13,14	13,20	13,19	13,18	294,57
5% - 2	22,31	22,35	22,33	22,33	13,24	13,25	13,23	13,24	295,65
5% - 3	22,24	22,25	22,23	22,24	13,23	13,20	13,21	13,21	293,79
5% - 4	22,50	22,53	22,54	22,52	13,37	13,38	13,32	13,36	300,87
5% - 5	22,69	22,69	22,70	22,69	13,23	13,24	13,21	13,23	300,19
10% - 1	22,26	22,24	22,27	22,26	13,11	13,12	13,14	13,12	292,05
10% - 2	22,43	22,40	22,40	22,41	13,17	13,19	13,12	13,16	294,92
10% - 3	22,34	22,31	22,30	22,32	13,19	13,21	13,16	13,19	294,40
10% - 4	22,58	22,59	22,57	22,58	13,11	13,16	13,10	13,12	296,25
10% - 5	22,20	22,20	22,21	22,20	13,24	13,27	13,22	13,24	293,93
15% - 1	22,47	22,48	22,44	22,46	13,22	13,20	13,19	13,20	296,47
15% - 2	22,32	22,35	22,31	22,33	13,20	13,21	13,17	13,19	294,53
15% - 3	22,20	22,27	22,26	22,24	12,93	12,92	12,98	12,94	287,79
15% - 4	22,30	22,31	22,33	22,31	13,11	13,12	13,09	13,11	292,48
15% - 5	22,21	22,23	22,19	22,21	13,19	13,19	13,14	13,17	292,51
20% - 1	22,23	22,22	22,24	22,23	13,3	13,30	13,2	13,27	294,99
20% - 2	22,57	22,59	22,60	22,59	13,3	13,32	13,3	13,30	300,45
20% - 3	22,50	22,51	22,49	22,50	13,2	13,21	13,2	13,21	297,23
20% - 4	22,60	22,60	22,59	22,60	13,3	13,35	13,3	13,33	301,26
20% - 5	22,51	22,58	22,54	22,54	13,4	13,42	13,3	13,38	301,59

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 9. Dimensiones de los especímenes de mortero para el ensayo de resistencia a compresión.

Tabla n.º 10. 32. Dimensiones de los especímenes de mortero.

Especímen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Área bruta (cm ²)
M1	4,96	4,98	4,97	4,97	4,96	4,99	4,98	4,98	24,75
M2	4,91	4,93	4,91	4,92	4,91	4,92	4,99	4,94	24,30
M3	4,90	4,93	4,92	4,92	4,98	4,98	4,97	4,98	24,50
M4	5,01	5,03	5,00	5,01	4,99	5,01	5,00	5,00	25,05
M5	4,95	4,97	4,96	4,96	5,00	5,01	4,99	5,00	24,80

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 10. Resistencia a compresión de los especímenes de mortero.

Tabla n.º 10. 33. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M1.

Especímen	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación Unitaria (mm)
M1	0,000	0,00	0,000
	4,895	0,20	0,060
	10,095	0,41	0,113
	20,598	0,83	0,166
	29,062	1,17	0,219
	29,164	1,18	0,273
	43,746	1,77	0,325
	66,384	2,68	0,378
	97,893	3,96	0,432
	136,438	5,51	0,484
	182,631	7,38	0,537
	241,265	9,75	0,590
	305,813	12,36	0,643
	375,052	15,15	0,696
	449,491	18,16	0,749
	528,519	21,35	0,802
	614,175	24,82	0,855
	703,910	28,44	0,908
	794,869	32,12	0,961
	883,584	35,70	1,014
	977,296	39,49	1,068
	1070,090	43,24	1,121
	1160,845	46,90	1,175
	1249,356	50,48	1,229
	1335,318	53,95	1,282
	1417,303	57,26	1,336
	1498,983	60,56	1,390
	1576,889	63,71	1,444
	1656,019	66,91	1,497
	1727,603	69,80	1,550
1805,917	72,97	1,603	
1876,991	75,84	1,655	
1946,434	78,64	1,707	
2017,712	81,52	1,758	
2084,401	84,22	1,809	

2152,111	86,95	1,858
2213,294	89,43	1,907
2277,944	92,04	1,955
2341,370	94,60	2,002
2397,760	96,88	2,049
2453,131	99,12	2,094
2514,110	101,58	2,138
2560,201	103,44	2,181
2606,802	105,33	2,224
2649,426	107,05	2,266
2704,593	109,28	2,305
2745,891	110,95	2,345
2773,118	112,05	2,385
2820,229	113,95	2,421
2848,169	115,08	2,460
2866,524	115,82	2,495
2907,414	117,47	2,529
2934,029	118,55	2,565
2954,831	119,39	2,597
2989,297	120,78	2,630
3009,998	121,62	2,661
3025,497	122,24	2,693
3063,329	123,77	2,722
3064,858	123,83	2,750
3073,220	124,17	2,778
3098,713	125,20	2,807
3108,502	125,60	2,833
3106,769	125,53	2,857
3130,120	126,47	2,881
3127,877	126,38	2,908
3120,943	126,10	2,931
3132,058	126,55	2,952

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 34. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M2.

Espécimen	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deformación Unitaria (mm)
M2	0,000	0,00	0,000
	64,140	2,64	0,060
	115,330	4,75	0,112
	168,661	6,94	0,165
	223,522	9,20	0,217
	282,461	11,62	0,268
	340,483	14,01	0,319
	398,913	16,42	0,369
	461,320	18,98	0,419
	525,460	21,62	0,469
	591,945	24,36	0,518
	662,306	27,26	0,565
	739,804	30,44	0,613
	817,200	33,63	0,659
	904,182	37,21	0,706
	991,470	40,80	0,749
	1082,021	44,53	0,793
	1178,894	48,51	0,837
	1273,931	52,43	0,878
	1368,765	56,33	0,919
	1468,187	60,42	0,959
	1565,366	64,42	0,999
	1657,039	68,19	1,035
	1745,448	71,83	1,071
	1832,124	75,40	1,106
	1911,866	78,68	1,138
	1999,357	82,28	1,172
	2077,263	85,48	1,203
	2156,088	88,73	1,234
	2227,060	91,65	1,263
	2303,946	94,81	1,294
	2363,702	97,27	1,320
2432,329	100,10	1,349	
2492,900	102,59	1,375	
2538,073	104,45	1,397	
2590,385	106,60	1,421	
2646,469	108,91	1,445	

2703,165	111,24	1,472
2740,691	112,79	1,493
2773,730	114,15	1,512
2820,738	116,08	1,535
2852,146	117,37	1,554
2889,671	118,92	1,576
2928,115	120,50	1,597
2951,466	121,46	1,614
2995,008	123,25	1,636
3018,053	124,20	1,655
3035,287	124,91	1,671
3074,546	126,52	1,693
3091,065	127,20	1,710
3106,055	127,82	1,726
3117,476	128,29	1,742
3131,446	128,87	1,759
3142,153	129,31	1,776
3152,350	129,73	1,792
3157,245	129,93	1,807
3177,027	130,74	1,828
3157,857	129,95	1,841
3146,334	129,48	1,856
3135,525	129,03	1,872
3126,551	128,66	1,891
3097,897	127,49	1,909

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 35. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M3.

Espécimen	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deformación Unitaria (mm)
M3	0,000	0,00	0,000
	8,260	0,34	0,060
	18,355	0,75	0,113
	28,144	1,15	0,166
	29,062	1,19	0,219
	36,608	1,49	0,272
	57,410	2,34	0,324
	84,229	3,44	0,377
	118,287	4,83	0,430
	160,095	6,53	0,483
	204,351	8,34	0,537
	239,837	9,79	0,591
	280,524	11,45	0,644
	325,799	13,30	0,698
	385,963	15,75	0,751
	443,576	18,11	0,805
	497,825	20,32	0,859
	548,199	22,38	0,912
	605,507	24,71	0,965
	651,395	26,59	1,018
	699,423	28,55	1,070
	752,652	30,72	1,122
	810,266	33,07	1,174
	868,492	35,45	1,225
	933,346	38,10	1,276
	1003,197	40,95	1,326
	1074,373	43,85	1,377
	1147,384	46,83	1,426
	1220,906	49,83	1,475
	1289,431	52,63	1,524
1360,811	55,54	1,571	
1431,681	58,44	1,619	
1501,838	61,30	1,666	
1567,813	63,99	1,712	
1638,888	66,89	1,758	
1709,860	69,79	1,803	
1775,020	72,45	1,847	

1851,396	75,57	1,890
1914,619	78,15	1,933
1981,002	80,86	1,974
2050,751	83,70	2,014
2116,523	86,39	2,055
2178,725	88,93	2,094
2239,806	91,42	2,133
2302,315	93,97	2,171
2359,011	96,29	2,206
2420,500	98,80	2,243
2477,706	101,13	2,275
2528,488	103,20	2,308
2575,599	105,13	2,342
2612,614	106,64	2,375
2664,314	108,75	2,406
2700,514	110,23	2,436
2738,447	111,77	2,468
2774,851	113,26	2,495
2809,420	114,67	2,524
2849,596	116,31	2,553
2871,316	117,20	2,580
2890,181	117,97	2,606
2913,329	118,91	2,630
2929,644	119,58	2,658
2942,085	120,09	2,681
2955,851	120,65	2,706
2953,200	120,54	2,728
2952,384	120,51	2,751
2946,265	120,26	2,776
2934,131	119,76	2,798
2918,529	119,12	2,818

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 36. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M4.

Espécimen	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deformación Unitaria (mm)
M4	0,000	0,00	0,000
	18,661	0,74	0,060
	40,789	1,63	0,113
	72,094	2,88	0,166
	109,721	4,38	0,218
	154,793	6,18	0,270
	206,798	8,26	0,322
	268,491	10,72	0,373
	339,260	13,54	0,423
	413,189	16,49	0,474
	490,789	19,59	0,523
	569,715	22,74	0,572
	649,253	25,92	0,620
	733,278	29,27	0,666
	818,934	32,69	0,713
	906,018	36,17	0,758
	994,325	39,69	0,802
	1082,225	43,20	0,846
	1169,410	46,68	0,888
	1254,761	50,09	0,929
	1343,476	53,63	0,969
	1429,336	57,06	1,008
	1512,749	60,39	1,045
	1601,260	63,92	1,083
	1687,936	67,38	1,120
	1771,349	70,71	1,156
	1852,926	73,97	1,190
	1928,181	76,97	1,223
	2006,189	80,09	1,256
	2078,895	82,99	1,288
2149,255	85,80	1,318	
2216,149	88,47	1,348	
2276,822	90,89	1,376	
2330,459	93,03	1,404	
2381,751	95,08	1,431	
2431,105	97,05	1,457	
2483,722	99,15	1,484	

2533,994	101,16	1,510
2576,007	102,83	1,534
2612,308	104,28	1,555
2650,140	105,79	1,577
2698,372	107,72	1,602
2728,760	108,93	1,624
2760,983	110,22	1,645
2795,347	111,59	1,666
2821,656	112,64	1,684
2861,629	114,24	1,706
2887,530	115,27	1,726
2904,457	115,95	1,741
2940,351	117,38	1,762
2961,867	118,24	1,780
2979,202	118,93	1,795
3005,613	119,98	1,814
3031,514	121,02	1,833
3052,724	121,87	1,850
3064,145	122,32	1,864
3085,151	123,16	1,882
3096,368	123,61	1,897
3110,746	124,18	1,912
3122,472	124,65	1,926
3138,584	125,29	1,943
3140,011	125,35	1,955
3151,228	125,80	1,968
3175,090	126,75	1,984
3182,840	127,06	1,998
3207,109	128,03	2,015
3208,434	128,08	2,023
3213,431	128,28	2,035
3207,211	128,03	2,051
3204,152	127,91	2,065
3201,602	127,81	2,077
3200,175	127,75	2,088
3191,303	127,40	2,101

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Tabla n.º 10. 37. Resistencia a compresión del espécimen de mortero M5.

Espécimen	Carga (kg)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deformación Unitaria (mm)
M5	0,000	0,00	0,000
	85,452	3,45	0,058
	149,592	6,03	0,109
	219,749	8,86	0,159
	295,106	11,90	0,209
	372,910	15,04	0,258
	454,182	18,31	0,306
	535,861	21,61	0,353
	620,803	25,03	0,399
	709,314	28,60	0,445
	797,520	32,16	0,490
	881,952	35,56	0,533
	971,076	39,16	0,577
	1057,445	42,64	0,619
	1146,059	46,21	0,659
	1228,350	49,53	0,699
	1315,944	53,06	0,740
	1399,152	56,42	0,777
	1487,664	59,99	0,815
	1575,665	63,53	0,851
	1654,591	66,72	0,885
	1735,047	69,96	0,921
	1811,729	73,05	0,953
	1891,675	76,28	0,987
	1963,361	79,17	1,018
	2032,600	81,96	1,048
	2100,513	84,70	1,077
	2169,548	87,48	1,106
	2231,037	89,96	1,134
	2290,180	92,35	1,160
2345,449	94,57	1,186	
2398,678	96,72	1,211	
2451,193	98,84	1,235	
2507,482	101,11	1,259	
2565,503	103,45	1,284	
2609,963	105,24	1,307	
2660,949	107,30	1,330	

2704,593	109,06	1,352
2739,671	110,47	1,371
2782,703	112,21	1,393
2817,373	113,60	1,413
2839,195	114,48	1,428
2885,694	116,36	1,450
2907,210	117,23	1,467
2930,766	118,18	1,483
2962,887	119,47	1,502
2993,478	120,70	1,520
3002,860	121,08	1,535
3017,850	121,69	1,550
3030,902	122,21	1,566
3038,958	122,54	1,581
3049,563	122,97	1,598
3052,520	123,09	1,613
3058,740	123,34	1,631
3053,540	123,13	1,646
3042,731	122,69	1,664
3036,612	122,44	1,680

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 11. Esfuerzo vs deformación de las muestras de mortero.

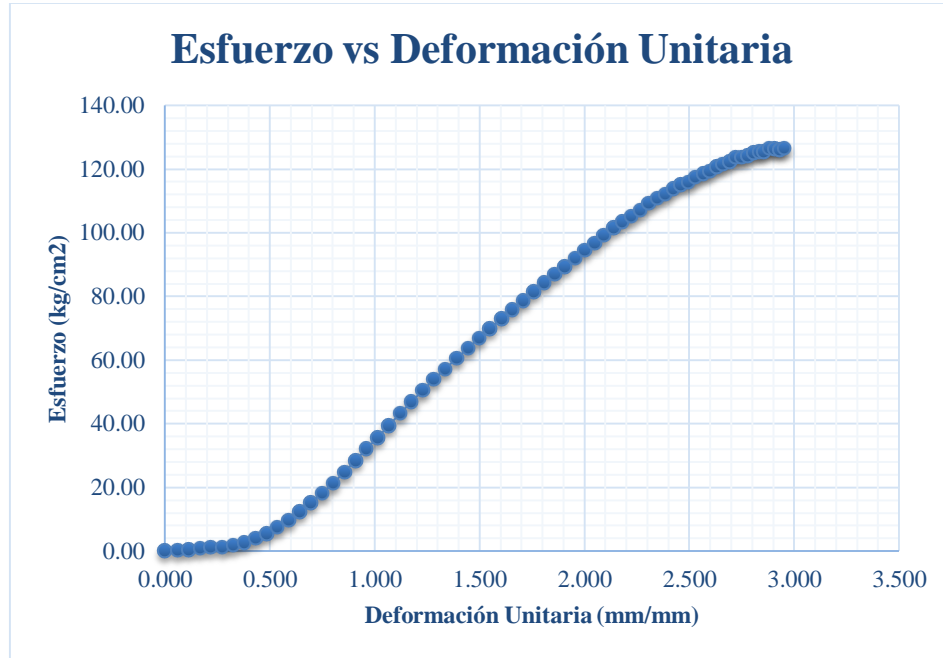


Gráfico n.º 10. 1. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M1.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

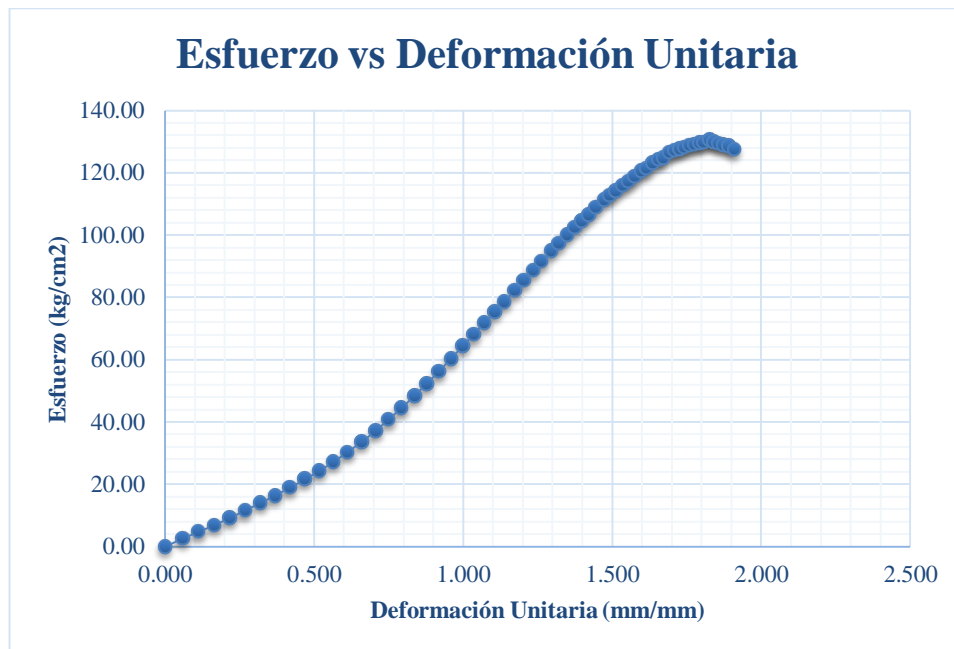


Gráfico n.º 10. 2. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M2.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

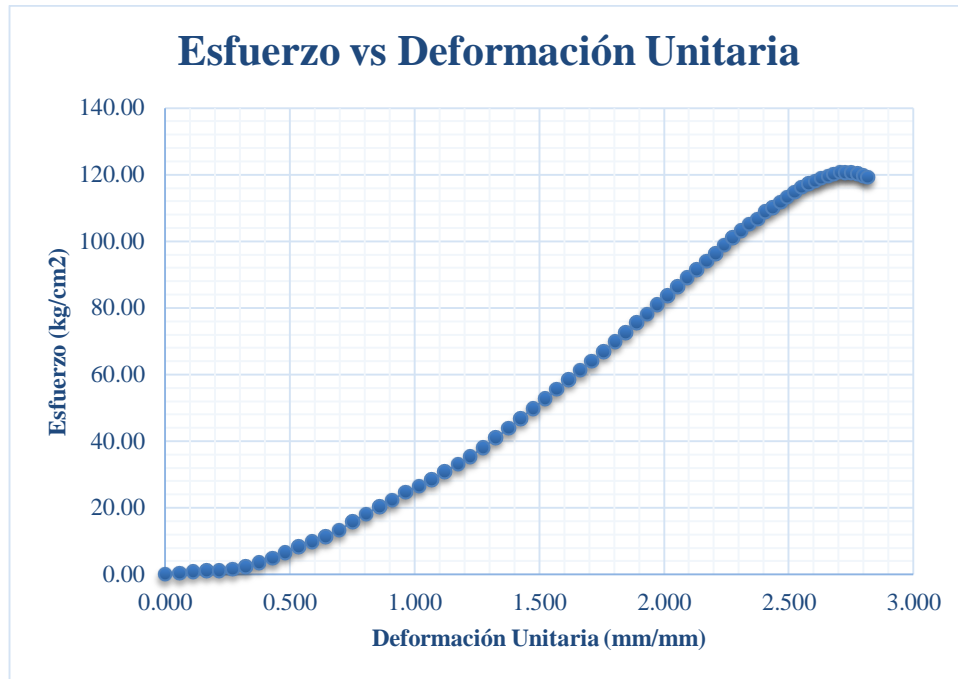


Gráfico n.º 10. 3. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M3.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

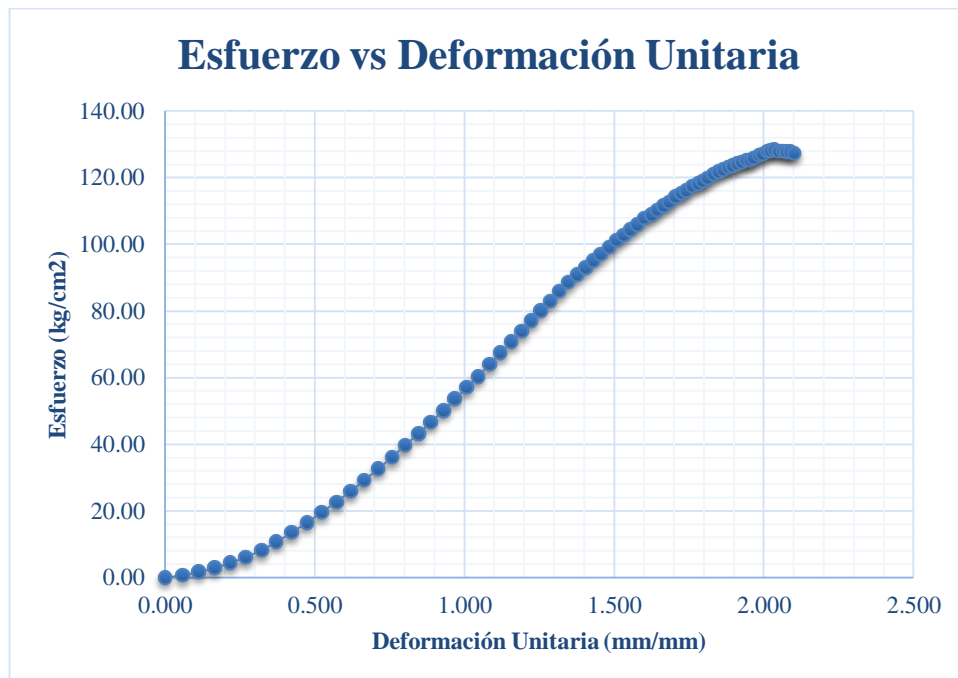


Gráfico n.º 10. 4. Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M4.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

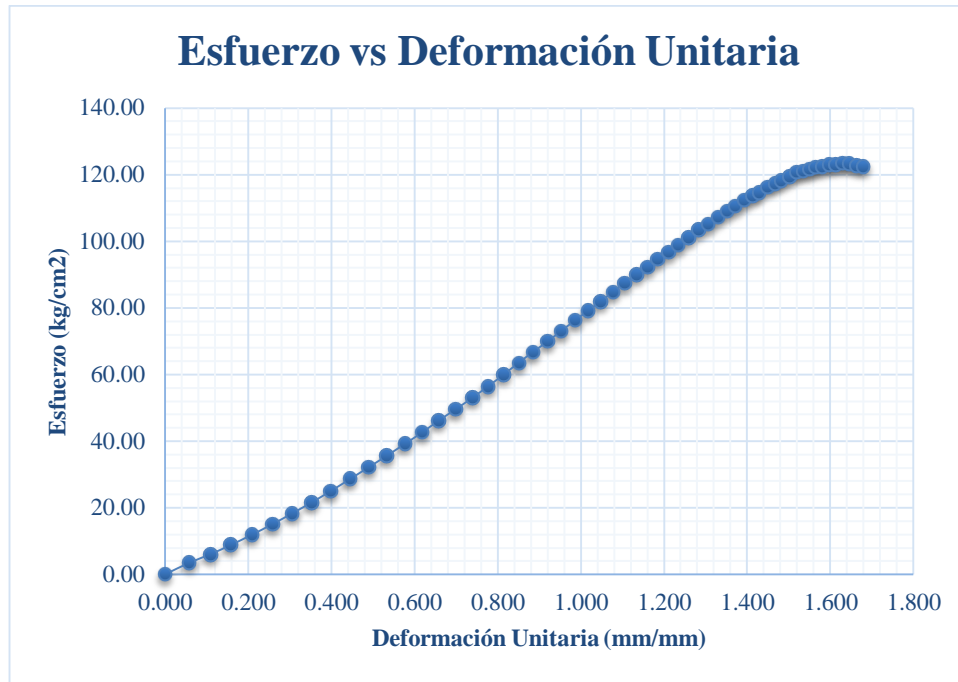


Gráfico n.º 10. 5. *Esfuerzo vs Deformación Unitaria del espécimen de mortero M5.*

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 12. Dimensiones de las pilas de albañilería para el ensayo de resistencia a compresión axial.

Tabla n.º 10. 38. Dimensiones de las pilas de albañilería.

Espécimen	Largo (cm)			Largo promedio (cm)	Ancho (cm)			Ancho promedio (cm)	Alto (cm)			Alto promedio (cm)	Esbeltez	Área bruta (cm ²)
P - 0 % - 1	22,15	22,21	22,16	22,17	12,89	12,89	12,84	12,87	36,75	36,79	36,74	36,76	2,86	285,33
P - 0 % - 2	21,95	21,98	22,00	21,98	12,78	12,81	12,80	12,80	36,46	36,48	36,47	36,47	2,85	281,34
P - 0 % - 3	22,10	22,11	22,08	22,10	12,70	12,68	12,75	12,71	36,62	36,60	36,60	36,61	2,88	280,89
P - 0 % - 4	22,04	22,10	22,06	22,07	13,08	13,15	13,09	13,11	37,00	37,01	36,98	37,00	2,82	289,34
P - 0 % - 5	22,48	22,51	22,52	22,50	12,41	12,47	12,42	12,43	36,90	36,91	36,88	36,90	2,97	279,68
P - 0 % - 6	21,87	21,98	21,87	21,91	12,73	12,78	12,76	12,76	36,92	36,91	36,94	36,92	2,89	279,57
P - 5 % - 1	22,01	22,03	21,95	22,00	13,18	13,21	13,17	13,19	35,98	36,01	35,99	35,99	2,73	290,18
P - 5 % - 2	22,00	22,04	21,99	22,01	12,97	13,02	13,01	13,00	36,48	36,51	36,51	36,50	2,81	286,13
P - 5 % - 3	22,14	22,19	22,11	22,15	12,74	12,79	12,75	12,76	36,98	37,00	36,94	36,97	2,90	282,63
P - 5 % - 4	22,15	22,20	22,16	22,17	13,06	13,10	13,04	13,07	35,74	35,81	35,76	35,77	2,74	289,76
P - 5 % - 5	22,28	22,31	22,27	22,29	13,09	13,08	13,04	13,07	36,95	36,99	36,94	36,96	2,83	291,33
P - 5 % - 6	22,00	22,04	22,01	22,02	12,96	13,02	12,97	12,98	36,80	36,81	36,78	36,80	2,84	285,82
P - 10 % - 1	22,05	22,03	22,06	22,05	12,36	12,35	12,38	12,36	36,06	36,05	36,09	36,07	2,92	272,54
P - 10 % - 2	21,54	21,57	21,52	21,54	12,96	12,98	13,01	12,98	36,05	36,00	36,02	36,02	2,78	279,59
P - 10 % - 3	22,02	22,03	21,96	22,00	12,86	12,89	12,87	12,87	36,01	36,00	35,97	35,99	2,80	283,14
P - 10 % - 4	22,92	21,99	21,95	22,29	12,68	12,68	12,66	12,67	36,39	36,40	36,38	36,39	2,87	282,41
P - 10 % - 5	21,83	21,79	21,80	21,81	12,29	12,27	12,30	12,29	36,75	36,79	36,74	36,76	2,99	268,04
P - 10 % - 6	21,75	21,81	21,77	21,78	13,18	13,19	13,14	13,17	36,94	36,89	36,91	36,91	2,80	286,84
P - 15 % - 1	22,08	22,03	22,09	22,07	13,06	12,98	13,03	13,02	36,02	36,00	36,05	36,02	2,77	287,35

P - 15 % - 2	21,85	21,89	21,84	21,86	12,65	12,68	12,63	12,65	37,08	37,10	37,06	37,08	2,93	276,53
P - 15 % - 3	21,91	21,97	21,95	21,94	13,08	13,10	13,11	13,10	36,11	36,10	36,08	36,10	2,76	287,41
P - 15 % - 4	21,51	21,59	21,53	21,54	12,94	12,98	12,97	12,96	36,40	36,42	36,40	36,41	2,81	279,16
P - 15 % - 5	12,85	21,89	12,84	15,86	12,94	12,98	12,97	12,96	36,79	36,80	36,82	36,80	2,84	205,55
P - 15 % - 6	22,04	22,08	22,01	22,04	12,85	12,92	12,87	12,88	36,82	36,80	36,85	36,82	2,86	283,88
P - 20 % - 1	22,01	22,05	22,02	22,03	12,81	12,90	12,84	12,85	36,15	36,20	36,17	36,17	2,81	283,09
P - 20 % - 2	22,01	21,97	22,00	21,99	12,45	12,42	12,47	12,45	36,63	36,61	36,60	36,61	2,94	273,78
P - 20 % - 3	21,66	21,69	21,65	21,67	12,95	12,98	12,94	12,96	35,87	35,90	35,86	35,88	2,77	280,84
P - 20 % - 4	21,65	21,68	21,63	21,65	13,06	13,09	13,03	13,06	36,57	36,60	36,60	36,59	2,80	282,75
P - 20 % - 5	22,34	22,37	22,31	22,34	13,07	13,12	13,09	13,09	36,63	36,69	36,64	36,65	2,80	292,43
P - 20 % - 6	22,02	21,99	22,06	22,02	12,73	12,78	12,75	12,75	36,28	36,32	36,29	36,30	2,85	280,76

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 13. Recopilación de información de ladrilleras artesanales, de los centros poblados de Chochoconda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo.



Figura n.º 10. 1. Ladrillera Vásquez Ramos, centro poblado de Chochoconda.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 2. Ladrillera Paredes Cosme, centro poblado de Quinta Alta.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 3. Ladrillera Petronila Reyes, centro poblado de Sazón Alto.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 4. Ladrillera Gil Patricio, centro poblado de Sazón Bajo.

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO n.º 14. Georreferenciación de ladrilleras artesanales, de los centros poblados de
Chococonda, Quinta Alta, Sazón Alto y Sazón Bajo.



Figura n.º 10. 5. Georreferenciación de Ladrillera Cerna Sánchez, centro poblado de Quinta Alta.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 15. Georreferenciación de las canteras de arcilla de Caolín, de los centros
poblados de Chochoconda y Puente Piedra.



Figura n.º 10. 6. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 1, centro poblado de Chochoconda.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 7. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 2, centro poblado de Puente Piedra.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 8. Georreferenciación de la cantera de arcilla de Caolín Anónimo 3, centro poblado de Puente Piedra.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 16. Arcilla de Caolín, de la cantera Anónimo 1, centro poblado de
Chuchoconda.



Figura n.º 10. 9. Recolección de arcilla de Caolín, de la cantera Anónimo 1, centro poblado de Chuchoconda.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 10. Apisonado de la arcilla de Caolín, para su uso en la materia prima del ladrillo artesanal King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 17. Proceso de fabricación de los ladrillos artesanales King Kong.



Figura n.º 10. 11. Extracción de arcilla para fabricación de los ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 12. Preparación de arcilla roja para fabricación de los ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 13. Uso de la arcilla de Caolín en la mezcla, para la fabricación de ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 14. Preparación de mezcla con arcilla de Caolín, para la fabricación de ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 15. Proceso de moldeado de los ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 16. Extracción del ladrillo de la gavera.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 17. Proceso de secado de los ladrillos artesanales King Kong.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 18. Proceso de carga de los ladrillos artesanales King Kong en el horno.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 19. Cocción de los ladrillos artesanales King Kong en el horno.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 18. Ensayos de laboratorio.



Figura n.º 10. 20. Ensayo de variación dimensional.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 21. Ensayo de alabeo.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 22. Ensayo de resistencia a compresión simple, espécimen 10 % - 10.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 23. Ensayo de succión, espécimen 5 % - 4.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 24. Ensayo de absorción.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 25. Peso de la tara más muestra seca del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 26. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 27. Peso del recipiente más agregado fino.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 28. Ensayo de granulometría.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 29. Resistencia a compresión del mortero, espécimen M3.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 30. Elaboración de pilas de albañilería.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 31. Nivelación de pilas con plomada.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 32. Nivelación de pilas con nivel de mano.

Fuente: Elaboración propia, 2018.



Figura n.º 10. 33. Resistencia a compresión de pilas de albañilería.

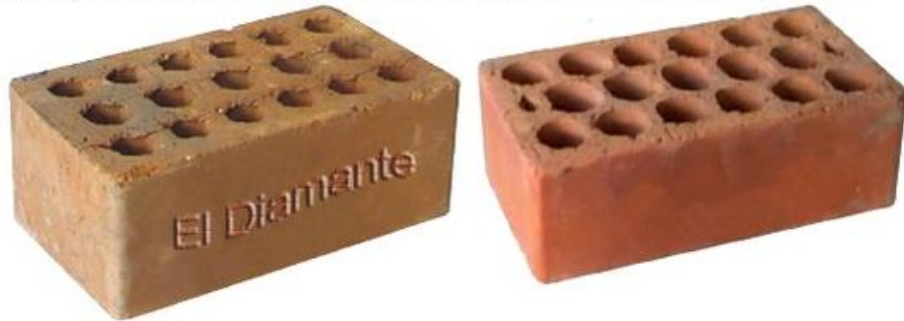
Fuente: Elaboración propia, 2018.

ANEXO n.º 19. Norma Técnica Peruana 399.613.

NORMAS DE UNIDADES

NTP 399.613

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 399.613 2005
Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 135	Lima, Perú



UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work

2005-06-14
1ª Edición



R.0055-2005/INDECOPI-CRT. Publicada el 2005-07-13
I.C.S.: 91.100.01

Precio basado en 36 páginas

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Absorción, Resistencia a la compresión, eflorescencia, congelamiento y descongelamiento, cambio inicial de absorción, cambio de longitud, módulo de rotura, *descaudre*, muestreo, tamaño, área de vacíos, distorsión

Figura n.º 10. 34. Norma Técnica Peruana 399.613.

Fuente: INDECOPI, 2005.

ANEXO n.º 20. Certificado de calibración de prensa de concreto.

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 097 - 2017

Página 1 de 3

1. Expediente	17086	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	<p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p>
3. Dirección	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	250000 lbf	<p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
Marca	FORNEY	
Modelo	F-25EX-F-CPIL0T	
Número de Serie	12117	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	FORNEY	
Modelo	TA-1252	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	1 lbf	
Ubicación	LABORATORIO DE CONCRETO - PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.	
5. Fecha de Calibración	2017-04-25	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología	Sello
2017-04-28	 JUAN C. QUISPE MORALES	

Metrología & Técnicas S.A.C.
 Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERU
 Telf.: (511) 540-0642
 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
 RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
 ventas@metrologiatecnicas.com
 WEB: www.metrologiatecnicas.com

Figura n.º 10. 35. Certificado de calibración de prensa de concreto.

Fuente: Universidad Privada del Norte, 2017.

ANEXO n.º 21. Certificado de ensayos.



CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Sr. Junior Mijael Cerna Fernandez, identificado con D.N.I N° 76432193, ha realizado los ensayos de granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico, absorción, alabeo, variación dimensional, succión, resistencia a la compresión de unidades y pilas de albañilería en las instalaciones del **Laboratorio de Concreto y Estructuras** de esta universidad, requeridos para la tesis ***"Influencia de la Arcilla de Caolín en la Resistencia a Compresión Axial de Pilas de Albañilería Fabricadas con Ladrillo de Arcilla Artesanal King Kong, Huamachuco 2018"***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 15 de mayo del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio