



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Análisis del performance de 3 tipos de muros de mampostería de ladrillo  
sometidos a carga axial.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Maurad Sánchez, Andrés Paul

DIRECTOR: Zúñiga Suárez, Alonso Rodrigo, Mgs

LOJA - ECUADOR

2017



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2017

## APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister

Alonso Rodrigo Zúñiga Suárez

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: *Análisis del performance de 3 tipos de muros de mampostería de ladrillo sometidos a carga axial*, realizado por *Maurad Sánchez Andrés Paul*, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre del 2017

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Maurad Sánchez Andrés Paul, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Análisis del performance de 3 tipos de muros de mampostería de ladrillo sometidos a carga axial, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo el Mgs. Alonso Rodrigo Zúñiga Suárez director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

f) .....

Autor: Andrés Paul Maurad Sánchez

Cédula: 1104321789

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a mis padres, Pepe Maurad y Jackeline Sánchez, por haberme guiado y apoyado durante todo el proceso de mis estudios, a mi esposa Jessenia por estar siempre a mi lado y por el apoyo que me ha brindado y a mi querida hija Paulita, así como a mis hermanos y mi familia, ya que han sido todos un apoyo y una inspiración para la obtención de este título.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por darme la fuerza y sabiduría que me permitieron llegar a este punto de mi carrera estudiantil.

A mis padres, a mi esposa e hija y mi familia por apoyarme en todos mis altibajos durante toda mi carrera estudiantil.

A todos los docentes de la Titulación de Ingeniería Civil de la Utpl, especialmente al Ing. Mgs. Alonso Zúñiga por todo el apoyo y la paciencia para impartirme sus conocimientos y guiarme en esta investigación.

Finalmente agradezco a todos mi amigos y familia que me ayudaron y apoyaron en la culminación de este proyecto.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	i
Aprobación del director del trabajo de fin de titulación .....	ii
Declaración de autoría y cesión de derechos .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas .....	viii
Índice de figuras .....	ix
Resumen .....	1
Abstract.....	2
Introducción .....	3
<b>Capítulo 1. Marco Teórico .....</b>	<b>4</b>
1.1 Definición .....	7
1.2 Historia .....	7
1.2.1 Mampostería de roca .....	9
1.2.2 Mampostería de arcilla .....	10
1.2.3 Mampostería de silicato de calcio .....	11
1.2.4 Mampostería de concreto .....	11
1.2.5 Morteros .....	11
1.3 Tipos de mampostería .....	12
1.3.1 Mampostería reforzada.....	12
1.3.2 Mampostería parcialmente reforzada.....	12
1.3.3 Mampostería simple.....	12
1.3.4 Mampostería de muros confinados .....	12
1.4 Ensayo de compresión diagonal de muretes de mampostería .....	13
1.4.1 Aparatos y equipos .....	14
1.4.2 Procedimiento de ensayo .....	16
1.4.3 Cálculos .....	18
1.5 Estudio de la Norma Ecuatoriana y otros trabajos afines.....	18
1.5.1 Propiedades mecánicas de los muros de mampostería .....	19
<b>Capítulo 2. Área de estudio .....</b>	<b>21</b>
2.1 Generalidades.....	22
2.1.1 Ladrillo tipo 1 .....	22
2.1.1.1 Localización geográfica .....	22
2.1.1.2 Mina Ceibopamba.....	22
2.1.1.3 Mina Cangahua .....	23

2.1.2 Ladrillo tipo 2.....	24
2.1.2.1 Localización geográfica .....	24
2.1.2.2 Mina La Vega .....	25
2.1.2.3 Mina Indiucho .....	25
2.1.3 Ladrillo tipo 3 .....	26
<b>Capítulo 3. Materiales y métodos .....</b>	<b>28</b>
3.1 Materiales.....	29
3.1.2 Características físicas y químicas de las arcillas de las minas de Ceibopamba y Cangahua .....	29
3.1.3 Características físicas y químicas de las arcillas de las minas de La Vega e Indiucho .....	31
3.2 Metodología .....	35
3.2.1 Primera Etapa: Recolección de materiales .....	35
3.2.2 Segunda Etapa: Elaboración de ladrillos .....	37
3.2.3 Tercera Etapa: Fabricación de muros de mampostería .....	48
3.2.4 Cuarta Etapa: Ensayo de compresión diagonal .....	54
3.2.5 Quinta Etapa: Aplicación del software de Análisis Estructural .....	61
<b>Capítulo 4. Resultados y discusión .....</b>	<b>79</b>
4.1 Resultados de los ensayos de muretes de mampostería.....	82
4.2 Resultados de la modelación del software de Análisis Estructural .....	84
4.3 Análisis de resultados y discusión.....	86
<b>Conclusiones</b>	
<b>Recomendaciones</b>	
<b>Bibliografía</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de resistencia a compresión diagonal. ....	20
Tabla 2. Resistencia al corte de muretes de ladrillo de arcilla. ....	21
Tabla 3. Resistencia al corte de muretes de ladrillo de concreto.....	22
Tabla 4. Resultados de los ensayos por atributos.....	30
Tabla 5. Resumen de los resultados del ensayo de granulometría, límites de Atterberg y densidad de los suelos. ....	31
Tabla 6. Clasificación de los suelos de acuerdo a la SUCS y la ASSTHO.....	31
Tabla 7. Resultados del ensayo de pH y .....	31
Tabla 8. Resumen del ensayo de fluorescencia de rayos X para cada muestra. Elementos destacados. ....	31
Tabla 9. Resumen de los resultados del análisis de difracción de rayos X. ....	32
Tabla 10. Peso específico mina La Vega. ....	33
Tabla 11. Peso específico mina Indiucho. ....	33
Tabla 12. Resultados de difracción de rayos X de las minas La Vega e Indiucho.....	35
Tabla 13. Resultados de resistencias ladrillo tipo 1 y 2.....	40
Tabla 14. Resultados de resistencias ladrillo tipo 3. ....	46
Tabla 15. Resultados de pesos.....	49
Tabla 16. Resultados de densidades.....	50
Tabla 17. Resultados de morteros. ....	51
Tabla 18. Resultados de ensayo de compresión diagonal.....	60
Tabla 19. Shear Stress.....	69
Tabla 20. Shear Stress.....	74
Tabla 21. Shear Stress.....	79
Tabla 22. Resultados de resistencias ladrillo tipo 1, 2 y 3. ....	82
Tabla 24. Resultados de pesos de ladrillos. ....	82
Tabla 25. Resultados de densidades de ladrillos. ....	83
Tabla 26. Densidades vs Resistencia a compresión de los tipos de ladrillo.....	83
Tabla 27. Resultados de compresión diagonal y tipo de falla. ....	84
Tabla 28. Resultados de compresión simple de cubos de mortero. ....	84
Tabla 31. Tabla de resistencia de compresión de muros de tampostería tipo 1,2 y 3. ....	87
Tabla 32. Resultados de las resistencias de muros de mampostería.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zigurat de la ciudad de Ur.....	7
Figura 2. Vivienda y tipo de pared .....	8
Figura 3. Mampostería de roca .....	9
Figura 4. Ladrillos Romanos .....	10
Figura 5. Tipos de falla de muros de mampostería .....	13
Figura 6. Falla típica en muretes de arcilla. ....	14
Figura 7. Carga en dirección de la diagonal. ....	15
Figura 8. Resistencia a la compresión diagonal. ....	18
Figura 10. Resistencia a la compresión diagonal. ....	20
Figura 11. Distribución de esfuerzos.....	21
Figura 14. Ubicación geográfica de la Mina Ceibopamba y ruta desde la parroquia Malacatos. ....	25
Figura 15. Ubicación geográfica de la Mina de Cangahua y ruta desde la parroquia Malacatos. ....	26
Figura 16. Ubicación geográfica de la Cantera La Vega.....	27
Figura 17. Ubicación geográfica de la Cantera Indiucho. ....	28
Figura 18. Recolección material mina Ceibopamba.....	30
Figura 19. Recolección material mina Indiucho.....	32
Figura 20. Curva Granulométrica mina La Vega. ....	33
Figura 21. Curva Granulométrica mina Indiucho. ....	34
Figura 22. Resultados de fluorescencia mina La Vega.....	34
Figura 23. Resultados de fluorescencia mina Indiucho.....	35
Figura 25. Etapas de la metodología. ....	36
Figura 26. Dimensiones del molde para fabricar ladrillos artesanales.....	37
Figura 27. Confección de moldes para ladrillos.....	38
Figura 28. Confección de moldes para ladrillos.....	38
Figura 29. Fabricación y prueba de resistencia de ladrillos. ....	39
Figura 30. Construcción de pared modelo.....	40
Figura 31. Construcción de pared modelo.....	41
Figura 32. Mezcla en seco. ....	42
Figura 33. Amasado. ....	43
Figura 34. Moldeo.....	43
Figura 35. Programa de secado de ladrillos producidos con la mezcla óptima.....	44
Figura 36. Secado al ambiente. ....	45
Figura 37. Secado al horno.....	45

Figura 38. Gráfica de temperatura de cocción de ladrillos producidos con mezcla óptima ...	46
Figura 39. Adquisición de ladrillo artesanal de Catamayo. ....	47
Figura 40. Adquisición de ladrillo artesanal de Catamayo. ....	47
Figura 41. Peso de ladrillo antes de quemar. ....	48
Figura 42. Peso de ladrillo quemado. ....	48
Figura 43. Mezcla de arena fina y cemento.....	51
Figura 44. Ensayo de cubos de mortero.....	51
Figura 45. Desencofrado de cubos de mortero. ....	52
Figura 46. Curado de especímenes de cubos de mortero. ....	52
Figura 47. Ensayo de compresión de cubos de mortero.....	53
Figura 48. Moldes para muros. ....	54
Figura 49. Mortero de pega.....	54
Figura 50. Ladrillo Tipo 1.....	54
Figura 51. Ladrillo Tipo 2.....	55
Figura 52. Ladrillo Tipo 3.....	55
Figura 53. Muros de mampostería. ....	55
Figura 54. Prensa de ensayo. ....	57
Figura 55. Confección de cabezales de aplicación de carga. ....	58
Figura 56. Confección de cabezales de aplicación de carga. ....	58
Figura 57. Ensayo de compresión diametral. ....	60
Figura 58. Ensayo de compresión diametral. ....	60
Figura 59. Falla ladrillo Tipo 1. ....	61
Figura 60. Falla ladrillo Tipo 2. ....	61
Figura 61. Falla ladrillo Tipo 3. ....	61
Figura 62. Modelación en AutoCAD 3D.....	62
Figura 63. Modelación en AutoCAD 3D.....	63
Figura 64. Ingreso de datos de materiales. ....	64
Figura 65. Ingreso de datos de materiales. ....	64
Figura 66. Modelo listo para analizar. ....	65
Figura 67. Modelo corrido. ....	65
Figura 68. Shear Stress ....	68
Figura 69. Shear stress ....	73
Figura 70. Shear Stress ....	78
Figura 71. Resistencia ladrillo tipo 1. ....	85
Figura 72. Resistencias ladrillo tipo 2. ....	86
Figura 73. Resistencias ladrillo tipo 3. ....	86

## RESUMEN

Esta investigación tiene como propósito analizar el performance (comportamiento de muros una vez aplicada una fuerza de compresión) de tres tipos de muros de mampostería, contruidos con tres tipos de ladrillo diferentes, dos de los cuales son ladrillos estudiados por parte de tesis de la Universidad Técnica Particular de Loja, y el tercer tipo de ladrillo es el artesanal de Catamayo.

Esta investigación se desarrolló en la provincia de Loja, en los cantones Catamayo y Loja, así como en la parroquia Malacatos y en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja.

Se analizó el comportamiento de los muros, realizando el ensayo de resistencia a la compresión diagonal; esto en base a los criterios establecidos en la norma Ecuatoriana de Mampostería Estructural NEC – SE – MP; además, se estudió el comportamiento de dichos muros en un software de Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos.

Una vez concluidos los estudios, se hizo un análisis de los resultados, y de esta manera se supo que tipo de muro obtuvo mejores resultados en el momento que sea expuesto a condiciones desfavorables.

**Palabras clave:** ladrillo, muros, mampostería, materia prima, ensayo de resistencia, resistencia a compresión diagonal.

## ABSTRACT

This investigation has as purpose to analyze the performance (behavior of walls once the compression force is applied) of three types of masonry walls, built with three types of different bricks, two of which are bricks studied by thesis students of the Universidad Técnica Particular of Loja, and the third type of brick is the handmade of Catamayo.

This investigation was developed in the province of Loja, in the cantons of Catamayo and Loja, as well as in the parish Malacatos, and in the laboratories of the Universidad Técnica Particular of Loja.

I analyzed the behavior of the walls realizing the test of resistance to the diagonal compression, this based on the criteria established in the Ecuadorian Norm of Estructural Masonry (Norma Ecuatoriana de Mampostería Estructural) NEC - SE - MP; I also analyzed the behavior of these walls in a Structural Analysis Software using the Finite Element Method.

Once the studies were completed, I performed an analysis of the results, and in this way I knew what kind of brick gives me better results when exposed to unfavorable conditions.

**Keywords:** brick, wall, masonry, raw material, test of resistance, resistance to diagonal compression.

## INTRODUCCIÓN

Los muros de mampostería son elementos estructurales que están formados por elementos naturales o artificiales que a su vez están unidos por un mortero de pega, a lo largo de la historia hemos visto que los muros de mampostería son utilizados en diferentes tipos de construcciones y están sometidos a diferentes cargas, una de ellas y la cual se analizará en esta investigación es la carga de compresión diagonal, la cual nos puede dar tres tipos de fallas; 1) falla por compresión diagonal en bloques: se produce una grieta diagonal que atraviesa predominantemente las piezas, su trayectoria es aproximadamente recta; 2) falla por tensión diagonal en juntas: se produce por la falla por adherencia bloque-mortero, su trayectoria es en forma escalonada aproximadamente al centro del murete; 3) falla por deslizamiento: se produce la falla entre las piezas y el mortero, produciéndose el desprendimiento de una junta horizontal (Baquero, Gómez, Rivera, & Marín, 2009).

Debido a los recientes movimientos sísmicos que se han dado en nuestro país y en base a los efectos adversos que han tenido en los muros mampuestos, se realizará un estudio del comportamiento de estos muros cuando están sometidos a carga de compresión, ya que estos muros son utilizados en casi la totalidad de las construcciones en nuestro país y su comportamiento en lo que corresponde a adherencia ladrillo-mortero es mejor que los bloques estructurales de hormigón (Angles Pari, 2008).

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo general la elaboración, análisis y comparación de resultados de muros de mampostería fabricados con tres materiales diferentes, sometidos a carga de compresión diagonal, y modelar su performance con un software de Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos.

Para dar cumplimiento al objetivo general se planteó los siguientes objetivos específicos: fabricar 3 tipos de ladrillos, 2 de ellos basados en investigaciones recientes de la Universidad Técnica Particular de Loja, y el restante es el ladrillo convencional utilizado en las construcciones en la región, analizar los diferentes tipos de ladrillos para obtener sus características principales, realizar un diseño del mortero de pega, elaborar muros de mampostería que serán sometidos a carga axial, y, con los datos obtenidos realizar la modelación en el software de Análisis Estructural.

En esta investigación se estudiará el performance (comportamiento de muros de mampostería una vez aplicada una fuerza de compresión) de tres tipos de muros de mampostería que serán sometidos a compresión diagonal, se analizará las variables que afectan la resistencia a la compresión diagonal de la mampostería tales como: el tipo de ladrillo, el tipo de mortero, y la adherencia bloque-mortero; las variables que afectan la adherencia ladrillo-mortero son: la cantidad de cemento y agua del mortero, el porcentaje de absorción de agua y la rugosidad

de los ladrillos, así como la mano de obra, entre otros (Baqueiro et al., 2009). La elaboración y ensayo de los muretes se realizará de acuerdo a la norma ASTM E 519 y a la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Mampostería Estructural (NEC – SE – MP). Para complementar el estudio se ejecutará la modelación de los muros en el software de Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos, de esta manera se establecerá el comportamiento de los compuestos tanto de manera digital como práctica.

Con el desarrollo de este proyecto se realizará un importante avance en el estudio de los efectos de aplicar cargas a los muros de mampostería de ladrillo de diferentes materiales que se encuentran en la provincia de Loja, lo que permitirá dar una alternativa a la sociedad con respecto a los diferentes mampuestos, ya que se tendrá un respaldo científico de los materiales que tienen mejor comportamiento en el momento que estén expuestos a un movimiento telúrico o a cargas inesperadas.

La metodología empleada en el proyecto se basa inicialmente en la investigación y consulta de información científica del tema, empezando por el estudio y manufacturación de ladrillos, análisis y diseño de muros de mampostería, tipos de muros y los usos más comunes en nuestro país, las normas vigentes en el país para dichos muros y las normas para el ensayo de los mismos; así mismo se estudia e investiga el software de Análisis Estructural para la respectiva modelación de los muros. Se construirá muros con los diferentes tipos de ladrillo y serán ensayados en el laboratorio, y con los datos de los diferentes ladrillos como el peso específico, densidades, resistencia del mortero de pega, se modelará en el software, finalmente se comparará los resultados tanto del laboratorio como los de la modelación y se definirá cuál de los tres muros es el que refleja mejor comportamiento ante la aplicación de las cargas, de esta manera se dará una mejor alternativa en el momento de la construcción de los diferentes proyectos en los que se utilizarán los muros de mampostería.

En el capítulo primero se realizará una descripción de la mampostería, de los elementos que la forman y los tipos de mampostería, se examinará también la normativa ecuatoriana para su construcción y para su ensayo en el laboratorio; el capítulo segundo enmarcará el análisis de las áreas de estudio, en el tercer capítulo constará del estudio de la materia prima y la metodología a utilizar, en el capítulo cuarto se efectuará el análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio para determinar cuál de los tres muros obtiene mejores resultados en el momento de aplicarles carga y también se analizará los resultados de la modelación en el software, para finalmente establecer una comparación y discusión de los resultados de los ensayos de laboratorio con los resultados del análisis en el software.

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**



## **1.1. Definición**

La mampostería es un material de construcción elaborado con piezas, que pueden ser de distintos materiales y tipos, unidas entre sí por medio de juntas de mortero. Las piezas y el mortero tienen propiedades mecánicas, físicas y químicas distintas, además, las superficies de unión entre ellos presentan características que influyen de una manera muy importante en el comportamiento mecánico del conjunto. Aunque la mampostería es un material no homogéneo, para muros que contienen a un gran número de piezas, y desde un punto de vista macroscópico, se puede considerar como homogénea. La forma rectangular y prismática de las piezas, su colocación en patrones generalmente regulares, y la presencia de las juntas de mortero que actúan como planos de debilidad en direcciones bien definidas, sugieren que la mampostería es un material ortótropo con direcciones principales normal y paralela a las juntas horizontales(Orduña & Ayala, 2001).

Desde el punto de vista estructural, la mampostería puede ser: estructural, cuando los muros que conforma deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos; y no estructural, cuando los muros deben soportar tan solo su propio peso y servir como división entre dos espacios. La mampostería estructural también sirve como divisoria(Herrea, Angelica Maria, 2010).

## **1.2. Historia**

Desde el apareamiento del hombre han surgido diversas necesidades y una de ellas ha sido encontrar un lugar adecuado donde habitar y protegerse de las inclemencias de la naturaleza. Es así, como surge la idea primitiva de la vivienda, que pasó desde simples cuevas, hasta el apilamiento de piedras para formar una estructura que sirviera como unidad habitacional, pero debido a la lenta transmisión de técnicas o procesos adecuados de construcción, la invención era repetida una y otra vez.

La mampostería se comienza a desarrollar probablemente con la utilización del mortero de barro, el cual permitió no solo apilar, sino acomodar o asentar con mayor facilidad las piedras que se utilizaban como unidades.

La unidad de mampostería fabricada por el hombre a partir de una masa de barro secada al sol, para sustituir a la piedra natural, debió ocurrir en lugares donde esta última no podía

encontrarse. El vestigio más antiguo se encontró realizando excavaciones arqueológicas en Jericó, en el medio oriente.

Durante el cuarto milenio A.C. en el sur de Mesopotamia se instalaron los sumerios, pueblo que se piensa es originario de Asia Central. Los sumerios se caracterizaron por su inteligencia y su laboriosidad, dando a Mesopotamia el merecido nombre de cuna de la civilización. Considerados también como iniciadores de la ingeniería, inventaron el molde que posibilitaba la producción rápida de unidades prácticamente iguales, es así como pudieron desarrollar grandes templos como los zigurats, siendo el de ciudad de Ur (2,125 a.C.) uno de los más importantes, con una base de 62 m por 43 m y una altura de 21 m, tenían un núcleo de adobe y un forro de mampostería de 2.4 m de espesor, hecho de ladrillos cerámicos asentados con mortero de betún, en el que se incorporó tejidos de caña (ver figura 1).

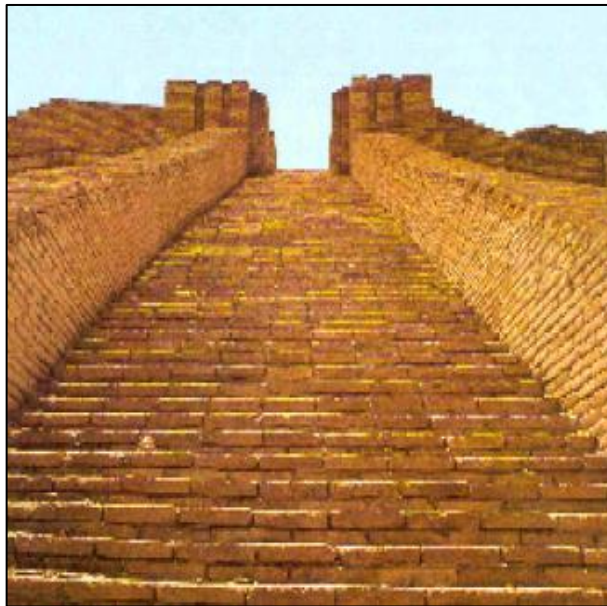


Figura 1. Zigurat de la ciudad de Ur.

Fuente: (Ardón García, Dardón Orellana, & Torres Turcios, 2007)

Elaboración: (Ardón García, Dardón Orellana, & Torres Turcios, 2007)

De ahí en adelante el adobe fue utilizado a lo largo de la historia, por muchas civilizaciones, y fue traído al nuevo mundo por los europeos. Y no fue, sino hasta los años comprendidos entre 1850 y 1870 cuando se inventa y patenta el bloque de concreto (Ardón García et al., 2007).

Una gran cantidad de materiales han sido utilizados como mampostería. Cuando las civilizaciones se desarrollaban en las riberas de los ríos, los depósitos aluviales eran utilizados para formar ladrillos. La cultura mesopotámica se ubicó entre los ríos Tigris y Éufrates, y creó

toda una arquitectura con ladrillos. Por su parte, los pueblos que existieron en las vecindades de las montañas utilizaron rocas. A lo largo de las montañas del valle del Nilo, los egipcios construyeron una gran cantidad de monumentos de roca. En las regiones árticas se han utilizado los bloques de hielo para formar iglúes, mientras que en las ciudades modernas el vidrio es utilizado con frecuencia para formar muros de mampostería. Ahora, los materiales comunes de mampostería se hacen con rocas, arcilla, silicato de calcio y concreto.

En el Ecuador, el ladrillo y el bloque de hormigón en su presentación alivianada, o bloque de pómez, son utilizados como pieza de mampostería para la construcción de paredes divisorias y de cerramiento, es así que, según los datos del último censo de población y vivienda, realizado por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Estadísticas y Censos INEC, la construcción de paredes utilizando mampostería supera rotundamente a las demás técnicas constructivas, como se puede apreciar en la figura 2. A nivel nacional el porcentaje es del 68,89% y a nivel regional el 74,72%(Crespo Muñoz, 2012).

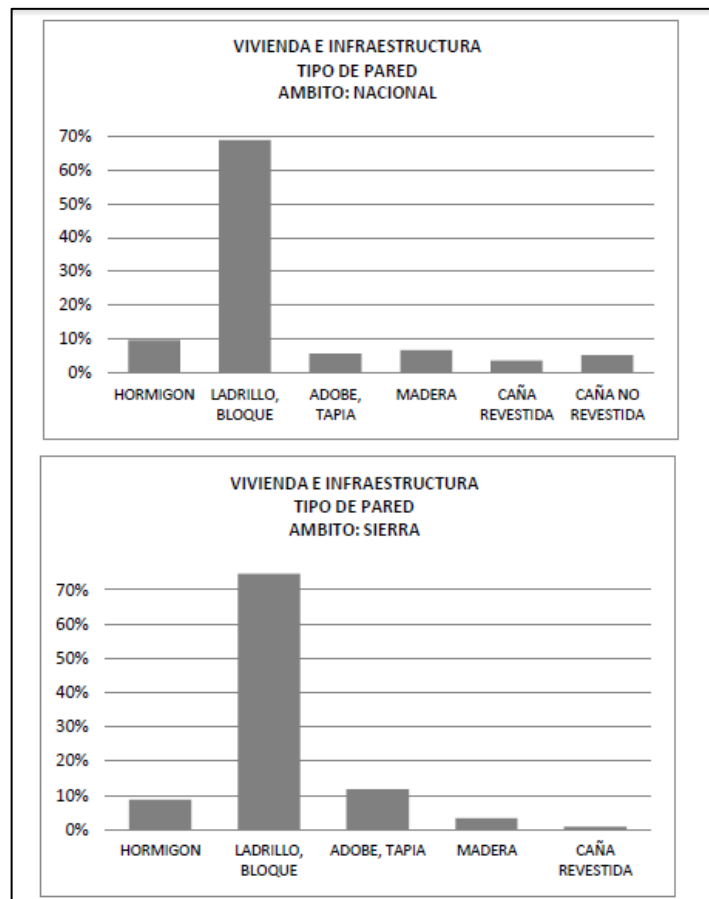


Figura 2. Vivienda y tipo de pared

Fuente: (Crespo Muñoz, 2012)

Elaboración: (Crespo Muñoz, 2012)

### 1.2.1 Mampostería de roca.

La primera mampostería fue un conjunto de agregados naturales que eran seleccionados y se apilaban utilizando tierra como mortero entre ellos. Actualmente el uso que se da a las rocas no es de tipo estructural, sino más bien como fachada. El basalto y el granito son algunos tipos comunes de roca utilizados en las construcciones de mampostería (Anónimo, n.d.).



Figura 3. Mampostería de roca

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

### 1.2.2 Mampostería de arcilla.

El uso de los ladrillos de arcilla en las construcciones se inició hace poco más de 10000 años. Los ladrillos secados al sol fueron utilizados en las ciudades de Babilonia, Egipto, España, Centro y Sudamérica, así como en las reservaciones indias de los Estados Unidos, por citar algunos ejemplos. La palabra adobe, que proviene del árabe “atob” significa ladrillo secado al sol. El proceso de fabricación de ladrillos en Europa, por lo menos en Roma, tomaba un largo tiempo, ya que se requería que los ladrillos secados al sol tuvieran al menos cinco años antes de ser utilizados en las construcciones(Anónimo, n.d.).

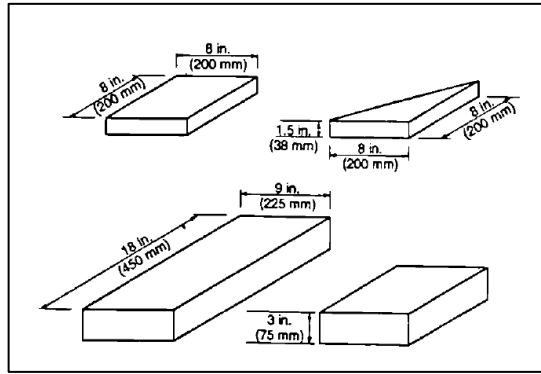


Figura 4. Ladrillos Romanos

Fuente: Autor

Elaboración: Autor

A pesar de que la primera máquina para fabricar ladrillos fue patentada en 1619, la producción mecanizada de ladrillos se inició en 1858 con la introducción del horno Hoffimankiln, el cual permitió que el curado de ladrillos formara parte del proceso continuo de producción. En la actualidad, el proceso completo de producción de ladrillos (mezclado, vaciado en moldes, secado, curado, almacenamiento y entrega) está altamente mecanizado, y puede realizarse en menos de una semana (Anónimo, n.d.).

### 1.2.3 Mampostería de silicato de calcio.

En el pasado, los ladrillos de silicato de calcio se hacían moldeando al mortero de limo en forma de ladrillo y permitiendo que se secase al sol. En los Estados Unidos, en 1866, con la introducción del vapor, el proceso de producción se aceleró grandemente, pero continuó siendo muy lento. En Alemania, en 1894, la presión de vapor fue utilizada para el curado de las unidades de silicato de calcio, y el resultado de ello fue la producción rápida de unidades modernas de mampostería de silicato de calcio (Anónimo, n.d.).

### 1.2.4 Mampostería de concreto.

Las primeras unidades de mampostería de concreto aparecieron casi al mismo tiempo que el proceso de curado a vapor de las unidades de silicato de calcio y del desarrollo de cementos de mejor calidad. Los primeros bloques de concreto no fueron muy populares, debido a que eran sólidos, y por lo tanto bastante pesados. Las técnicas para fabricar bloques de concreto con huecos en moldes de madera se desarrollaron alrededor de 1866. En 1914, el vaciado mecánico reemplazó al proceso manual y en 1924 se introdujo la primera máquina mezcladora al proceso de producción. Un avance aún mayor se logró en 1939 con la introducción del

mezclado por medio de vibración. Las técnicas de curado también progresaron; se reemplazó el curado al aire con: curado con vapor de agua, curado con vapor de presión atmosférica, curado con vapor a alta presión y sistemas de curado con calor.

### **1.2.5 Morteros.**

Los primeros morteros fueron utilizados principalmente como relleno en grietas y para proveer una superficie de contacto uniforme entre las unidades de mampostería, sus características dependían en gran medida, de las condiciones de exposición y espesor de las juntas, los egipcios utilizaron yeso calcinado como mortero, y un par de siglos después, los griegos y los romanos añadieron limo al agua, y con la adición de arena, rocas o ladrillos, produjeron los primeros tipos de concreto. Los romanos encontraron que los morteros de limo no eran resistentes al agua, pero al mezclar el limo con ceniza volcánica produjeron lo que hoy se conoce como cemento puzolánico. El nombre puzolánico se deriva de la villa de Pozzuoli cerca del volcán Vesubio, donde se encontró la ceniza volcánica. El coliseo de Roma es un ejemplo de una estructura construida con cemento puzolánico como mortero.

Los desarrollos importantes en mortero y cemento se dieron en el siglo dieciocho, cuando Jhon Smeaton, durante la reconstrucción del faro de Eddystone, mezcló puzolana con piedras de limo que contenían una alta proporción de arcilla, hecho que produjo un mortero durable, que podía pegar y endurecer aun en presencia de agua. Smeaton reconoció la importancia de la arcilla y fue el primero en entender las propiedades químicas del limo hidráulico. El siguiente desarrollo importante fue en la patente y producción del cemento portland que Joseph Aspdin realizó en Inglaterra en la primera mitad del siglo diecinueve. Aspdin combinó cemento portland con arena, limo y agua, lo cual produjo un mortero mucho más resistente, que podía pegar y endurecer aun en presencia de agua.

El propósito principal del mortero de pega en la mampostería, es el de unir las unidades en un ensamblaje que actúa como un elemento integral que posee características de comportamiento deseadas. El mortero de pega influye en las propiedades estructurales del ensamblaje de mampostería(Crespo Muñoz, 2012).

### **1.3 Tipos de mampostería.**

#### **1.3.1 Mampostería reforzada.**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero. El mortero de relleno puede colocarse en todas las celdas verticales o solamente en aquellas donde está ubicado el refuerzo (Camicon & Miduvi, 2014).

#### **1.3.2 Mampostería parcialmente reforzada.**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero.

#### **1.3.3 Mampostería simple (No reforzada).**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero y que no cumplen las cuantías mínimas de refuerzo establecidas para la mampostería parcialmente reforzada.

#### **1.3.4 Mampostería de Muros Confinados.**

Es la estructura conformada por piezas de mampostería unidas por medio de mortero, reforzada de manera principal con elementos de concreto reforzado construidos alrededor del muro o piezas de mampostería especiales donde se vacíe el hormigón de relleno logrando un confinamiento a la mampostería. Cuando se empleen estas piezas especiales, éstas pueden ser consideradas como parte del recubrimiento de los elementos de concreto reforzado.

### **1.4 Ensayo de compresión diagonal de muretes de mampostería.**

El ensayo de compresión diagonal de muretes de mampostería se efectúa aplicando una carga de compresión según una diagonal del murete, hasta llegar a la rotura (Camicon & Miduvi, 2014).

Las fallas típicas de los muretes de mampostería sujetos a compresión diagonal pueden ser de tres tipos (Figura 5): (1) falla por tensión diagonal en bloques; se produce una grieta

diagonal que atraviesa predominantemente las piezas, su trayectoria es aproximadamente recta; (2) falla por tensión diagonal en juntas; se produce por la falla por adherencia bloque-mortero, su trayectoria es en forma escalonada aproximadamente al centro del murete; (3) falla por deslizamiento; se produce la falla entre las piezas y el mortero, produciéndose el desprendimiento de una junta horizontal.

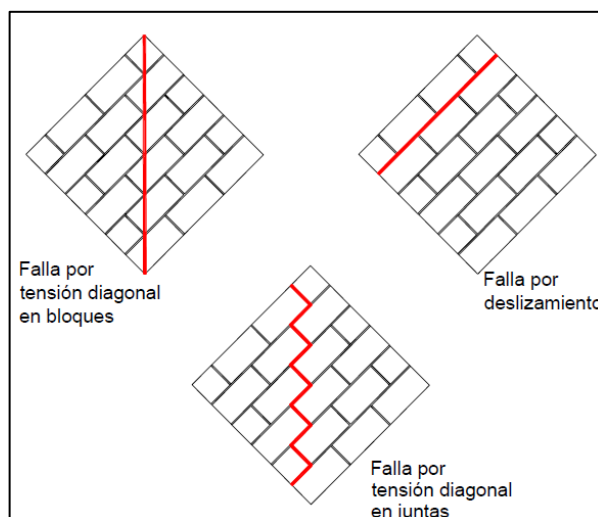


Figura 5. Tipos de falla de muros de mampostería

Fuente. (Camicon & Miduvi, 2014)

Elaboración: (Camicon & Miduvi, 2014)

Las variables que afectan la resistencia a compresión diagonal y el correspondiente módulo de cortante de la mampostería son: el tipo de bloque, el tipo de mortero y la adherencia bloque-mortero. Las variables que afectan la adherencia bloque-mortero son: la cantidad de cemento y agua del mortero, el porcentaje de absorción de agua y la rugosidad de los bloques, así como la mano de obra, entre otros (San Bartolomé, Mirlene, & Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014). La adherencia bloque-mortero incrementa con una mayor cantidad de cemento en el mortero. Asimismo, la adherencia incrementa también con una mayor cantidad de agua en el mortero, sin embargo, dicha cantidad debe ser la necesaria para obtener una buena trabajabilidad y garantizar la permanencia de agua en el mortero después del primer contacto con el bloque. Para obtener una buena adherencia bloque-mortero se recomienda usar bloques con un porcentaje de absorción de agua comprendido entre 10 y 20% y un porcentaje inicial de absorción de agua (PIA) menor a 30 g/min/cm<sup>2</sup>. El valor anterior se refiere a la cantidad de agua absorbida en un minuto por una cara de un bloque con un área de 194 cm<sup>2</sup>. La adherencia bloque-mortero se reduce si se tienen bloques con superficies poco rugosas o con capas de polvo. Asimismo, la adherencia se reduce si se tiene una mano de obra deficiente caracterizada por periodos de tiempo prolongados entre la colocación del



mortero y los bloques, juntas de mortero incompletas, movimientos para plomar y nivelar los bloques, y el uso de mortero endurecido (Baqueiro et al., 2009).

A continuación, se muestra la falla típica de los muretes de ladrillo de arcilla:



Figura 6. Falla típica en muretes de arcilla.

Fuente. (Baqueiro et al., 2009).

Elaboración: (Baqueiro et al., 2009).

#### **1.4.1 Aparatos y equipo.**

##### **1.4.1.1 Prensa de ensayo.**

Las características que debe cumplir la prensa en la que serán ensayados los especímenes de mampostería están tomados del Manual de Mampostería Estructural NEC – SE – MP.

- Debe tener rigidez suficiente para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de la carga.
  
- Debe tener un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con la diagonal cargada del murete.
  
- Las superficies de aplicación de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano, mayores que 0.015 mm en 100 mm, medidas en cualquier dirección.
  
- Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores que las dimensiones del cabezal de aplicación de la carga.

- La exactitud de la prensa debe tener una tolerancia de  $\pm$  el 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escala de lectura.
- La prensa debe contar con dispositivos de regulación de la carga (Camicon & Miduvi, 2014).

#### **1.4.1.2 Regla graduada.**

La regla graduada o cinta metálica de medir debe contar con una escala graduada en mm, y debe estar completamente visible su numeración, con el fin de realizar las mediciones correctamente.

#### **1.4.1.3 Cabezales para aplicar la carga.**

Estos aparatos de acero se utilizan para aplicar la carga en la dirección de la diagonal del murete, como se muestra en la Figura 7. La longitud  $r$  de repartición de la carga aplicada debe ser menor o igual a 150 mm para evitar los efectos de confinamiento en el murete. El ancho del cabezal debe ser igual al espesor del murete más 25 mm.

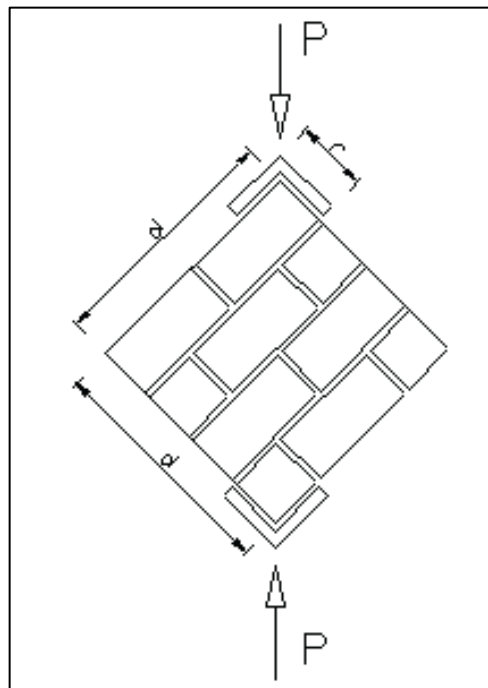


Figura 7. Carga en dirección de la diagonal.

Fuente. (Camicon & Miduvi, 2014)

Elaboración: (Camicon & Miduvi, 2014)

#### **1.4.1.3 Dimensiones del murete.**

- **Espesor.** El espesor del murete debe ser igual al espesor de los muros de la estructura.
- **Longitud de la arista del murete.** La longitud de la arista del murete debe ser mayor o igual a 60 cm, debiendo tener el murete por lo menos cuatro hiladas.

#### **1.4.2 Procedimiento de ensayo.**

El procedimiento de ensayo se deberá realizar teniendo todos los cuidados necesarios con el fin de que no se alteren las muestras o los muretes de mampostería (Añasco Yllpa, 1996).

##### **1.4.2.1 Colocación de la probeta**

Para ello se seguirá lo indicado en la Norma Mexicana NMX-C-083-1996. Se debe tener precaución en el transporte de la probeta a la máquina de prueba; se debe considerar la conveniencia de flejarla para evitar daño a la misma durante su transportación. Los ensayos se deben realizar a los 28 días de la fabricación de las probetas.

##### **1.4.2.2 Velocidad de aplicación de la carga**

La carga se debe aplicar con una velocidad uniforme y continua, sin producir impacto ni pérdida de carga. La velocidad de carga debe estar dentro del intervalo de 1,6 a 3,2 KPa/s (1,0 a 2,0 Kgf/cm<sup>2</sup>/min). Se permite una velocidad mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada siempre y cuando durante la segunda se mantenga la velocidad especificada. Se puede utilizar máquinas operadas manualmente o motorizadas que permitan cumplir con lo anterior, teniendo en cuenta que no deben hacerse ajustes en los controles de las máquinas de prueba operadas a motor, ni tratar de aumentar o disminuir la velocidad de aplicación de carga en las manuales, cerca de la carga de falla del murete.

##### **1.4.2.3 Determinación de la rigidez a cortante**

Para la determinación de la rigidez a cortante, se debe mantener la temperatura ambiente y humedad tan constante como sea posible durante la prueba. En el informe se debe registrar cualquier fluctuación de dichas variables.

Antes de realizar la prueba para determinar la rigidez a cortante, se debe determinar la resistencia a compresión diagonal de muretes fabricados con materiales de la misma muestra.

Cada probeta se debe colocar con el equipo de medición en el cabezal sobre la platina inferior o bloque soporte de la máquina de prueba. Se debe también alinear cuidadosamente el eje de la probeta con el centro de la rótula y anotar la lectura inicial de los deformímetros sin carga. La platina superior debe bajar lentamente hasta que asiente uniformemente en el cabezal.

Para determinar la rigidez a cortante se debe proceder de la siguiente manera:

a) Aplicar la carga en forma uniforme y continua.

b) Tomar un número suficiente de lecturas de desplazamiento (alargamiento y acortamiento) y de carga de modo que se pueda definir mediante interpolación o gráficamente el esfuerzo cortante (T1) correspondiente a una deformación angular de 0,00005, así como la deformación angular correspondiente al 40% del esfuerzo cortante máximo (T2). Si se desea obtener la curva esfuerzo cortante-deformación angular es conveniente tomar una mayor cantidad de lecturas. No se debe interrumpir la carga en ningún momento (Añasco Yllpa, 1996).

#### ***1.4.2.4 Aplicación de la carga***

La carga se debe aplicar hasta alcanzar la resistencia de las probetas, la cual debe ser registrada correctamente. Se considera necesario llevar las probetas hasta la falla, anotando el tipo y apariencia de la mampostería. Se debe considerar el uso de dibujos para facilitar la descripción de la falla, y en caso de usarlos, se deben incluir en el informe de la prueba. Se recomienda el uso de nivel de burbuja con el fin de garantizar que la carga sea efectivamente axial durante la prueba y se eviten efectos de flexocompresión.

#### ***1.4.2.5 Protección de los operadores y manejo de desechos***

Se debe colocar en la máquina de prueba dispositivos de seguridad para evitar daños a los operadores durante la falla de la probeta; será obligatorio el uso de guantes de cuero y botas con casquillo.

No existe ningún procedimiento especial para el manejo de los desechos del ensayo de pilas; sin embargo, se sugiere emplearlos como material de relleno.

### 1.4.3 Cálculos.

#### 1.4.3.1 Resistencia a compresión diagonal

La resistencia a compresión diagonal del murete, se debe calcular dividiendo la carga máxima entre el área bruta del murete medida antes de la prueba sobre la diagonal a compresión. Esta área se obtiene como el producto del espesor del murete  $t$ , y la longitud de la diagonal a compresión  $L_c$ , medidos antes de la prueba (fig. 8). El resultado de la prueba se debe expresar con una aproximación de 10 KPa (0,1 kgf/cm<sup>2</sup>)(Añasco Yllpa, 1996).

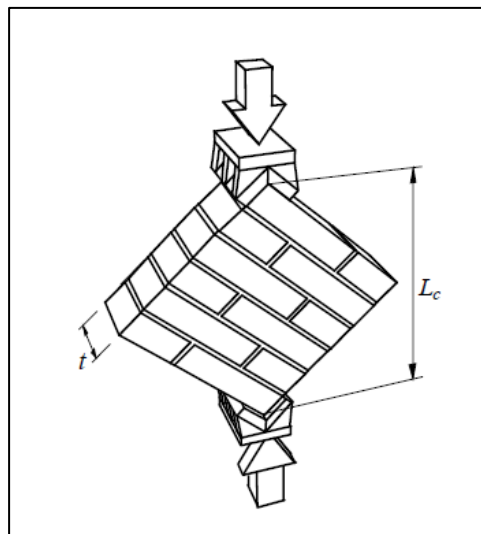


Figura 8. Resistencia a la compresión diagonal.

Fuente.(Añasco Yllpa, 1996)

Elaboración: (Añasco Yllpa, 1996)

## 1.5 Estudio de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y otros trabajos afines.

En este subcapítulo se indicará las normas y requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras de mampostería simple, mampostería armada y mampostería confinada.

Estas normas en las cuales nos hemos guiado son: la norma ecuatoriana para Mampostería Estructural como es la NEC – SE – MP, así como en la norma guatemalteca COGUANOR NTG 41051 h3, la mexicana NMX-MURETES (2003), y la ASTM E519 (2000).

Los requisitos indicados en estas normas, están dirigidos a lograr un comportamiento apropiado de las construcciones en mampostería estructural bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, así como a fuerzas laterales que pueden provenir preferentemente de efectos de carácter sísmico basados en el trabajo experimental y también en los diferentes documentos científicos y tesis que nos sirven como guía y referencia para el desarrollo del mismo, esta investigación es de mucha importancia para conocer el comportamiento de los muros de mampostería, así como de cada uno de los materiales que lo conforman y los resultados nos darán una pauta muy relevante para el diseño de los muros mampuestos.

### **1.5.1 Propiedades mecánicas de los muros de mampostería**

En países como Colombia, México y Perú entre otros se han realizado estos estudios obteniendo una serie de resultados que nos sirven como referencia para guiar nuestra investigación, los resultados de estos estudios son los siguientes:

#### ***1.5.1.1 Resistencia a compresión diagonal de la mampostería.***

En la ciudad de Mérida, país de México, se realizó un estudio denominado: Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto; en dicho estudio los muretes de mampostería fueron construidos con bloques huecos de concreto y mortero representativo de la práctica constructiva de la ciudad de Mérida, y se obtuvieron los siguientes resultados: en la tabla 1, se presentan los valores de la carga máxima aplicada ( $P_{m\acute{a}x}$ ), el espesor del murete ( $t$ ), la longitud de la diagonal ( $L_c$ ), el área del espécimen sobre la diagonal ( $A$ ), la resistencia a compresión diagonal de los especímenes ( $V_m$ ), junto con la desviación estándar y el coeficiente de variación; en la séptima columna se presenta el tipo de falla observado para cada espécimen. La nomenclatura empleada para identificar a los especímenes es  $M\#$  para indicar el número de espécimen,  $BP\#$  para indicar el número de planta de fabricación de los bloques y la terminación P o D para indicar si las pruebas son preliminares o finales, respectivamente. En la Figura 9, se presentan los dos tipos de falla observados en los ensayos de los muretes de mampostería estudiados en este trabajo; a la izquierda se presenta la falla por tensión diagonal en juntas y a la derecha la falla por deslizamiento en la junta horizontal (Baqueiro et al., 2009).

Tabla 1. Resultados de resistencia a compresión diagonal.

MURETE	P máx. (Kg)	t (cm)	Lo (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Vm (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Falla
M2BP 4P	4,55	14,49	171,00	2477,79	1,83	Diagonal
M3BP 4P	5,42	14,49	171,00	2477,79	2,19	Diagonal
M1BP 11P	6,06	14,59	170,50	2487,60	2,44	Diagonal
M2BP 11P	7,29	14,59	170,00	2480,30	2,94	Diagonal
M3BP 11P	5,98	14,59	171,00	2494,89	2,40	Diagonal
M1BP 4D	6,79	14,47	170,50	2467,14	2,75	Diagonal
M2BP 4D	6,15	14,47	170,50	2467,14	2,49	Diagonal
M3BP 4D	7,77	14,47	171,00	2474,37	3,14	Deslizamiento
M4BP 4D	5,69	14,47	171,00	2474,37	2,30	Diagonal
M1BP 5D	8,11	14,44	171,00	2469,24	3,29	Deslizamiento
M2BP 5D	7,40	14,44	171,00	2469,24	3,00	Deslizamiento
M3BP 5D	7,16	14,44	171,00	2469,24	3,05	Deslizamiento
M4BP 5D	7,52	14,44	171,00	2469,24	2,90	Diagonal
M5BP 5D	7,52	14,44	171,50	2476,46	3,05	Deslizamiento
M6BP 5D	8,51	14,44	171,50	2476,46	3,03	Deslizamiento
M7BP 5D	7,73	14,36	171,50	2462,74	3,43	Diagonal
M8BP 5D	7,12	14,36	171,50	2462,74	2,89	Diagonal
			Promedio	2,78		
			Desv. Est.	0,43		
			Coef. Var.	0,16		

Fuente. (Baqueiro et al., 2009)

Elaboración: Autor

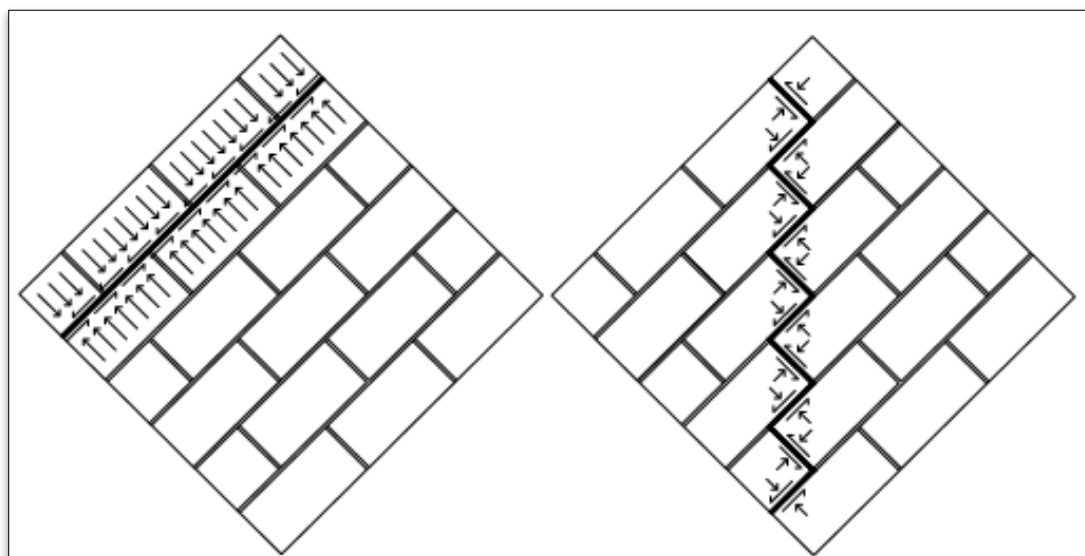


Figura 9. Resistencia a la compresión diagonal.

Fuente. (Baqueiro et al., 2009)

Elaboración: (Baqueiro et al., 2009)

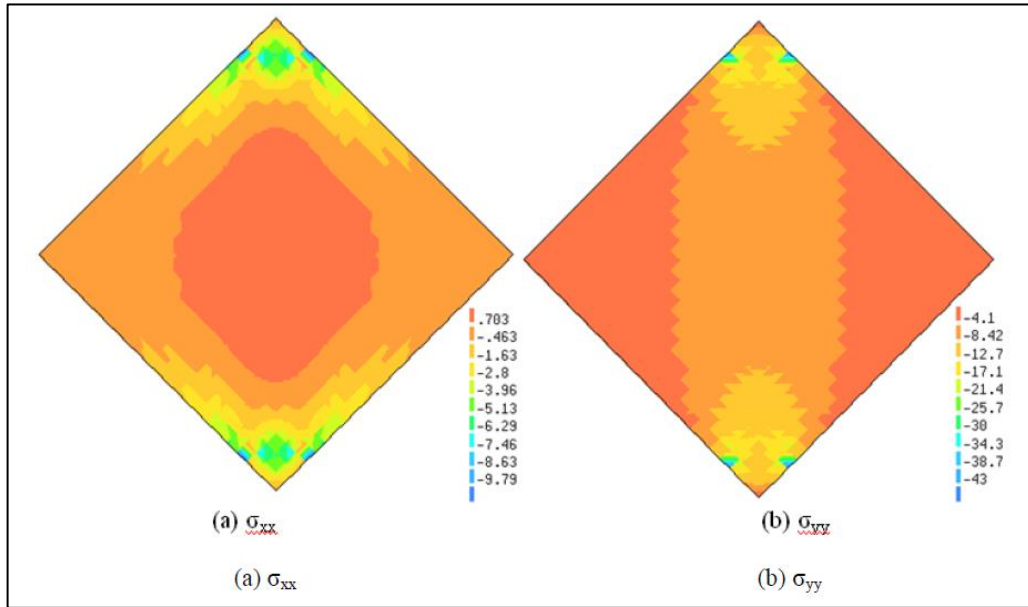


Figura 10. Distribución de esfuerzos

Fuente. (Baqueiro et al., 2009)

Elaboración: (Baqueiro et al., 2009)

También se encontró y analizó estudios en el país de Perú, específicamente en el proyecto denominado: Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla; en el cual se utilizan ladrillos huecos y los muros de mampostería son construidos con esta clase de ladrillos, los huecos son rellenos con mortero de pega, de esta manera los muros resisten más carga de compresión, a continuación, en las tablas 2 y 3, se pueden apreciar los resultados.

Tabla 2. Resistencia al corte de muretes de ladrillo de arcilla.

Especimen	Dimensiones			Dimensiones con Capping			P max. Kg	Área cm <sup>2</sup>	v'm Kg/cm <sup>2</sup>
	L (mm)	A (mm)	t (mm)	D (mm)	Lo (mm)	Ao (mm)			
PA-01	600	590	130	878,00	610,00	607,00	19127,00	1141,40	16,76
PA-02	605	590	130	877,00	605,00	605,00	19024,00	1140,10	16,69
PA-03	600	590	130	876,00	610,00	590,00	20076,00	1138,80	17,63
PA-04	600	590	130	877,00	610,00	592,00	20189,00	1140,10	17,71
<b>vm prom:</b>								17,2	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>S:</b>								0,55	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>v'm:</b>								16,65	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente. (Angles Pari, 2008)

Elaboración: Autor



Tabla 3. Resistencia al corte de muretes de ladrillo de concreto

Espécimen	Dimensiones			Dimensiones con Capping			P max.	Área	v'm
	L (mm)	A (mm)	t (mm)	D (mm)	Lo (mm)	Ao (mm)	Kg	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
PC-01	600	590	130	878,00	610,00	607,00	12609,00	1141,40	11,05
PC-02	605	590	130	877,00	605,00	605,00	10973,00	1140,10	9,63
PC-03	600	590	130	876,00	610,00	590,00	12342,00	1138,80	10,84
PC-04	600	590	130	877,00	610,00	592,00	10717,00	1140,10	9,40
							<b>vm prom:</b>	10.23	Kg/cm <sup>2</sup>
							<b>S:</b>	0,83	Kg/cm <sup>2</sup>
							<b>v'm:</b>	9,39	Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente. (Angles Pari, 2008)

Elaboración: Autor

**CAPÍTULO II**  
**ÁREA DE ESTUDIO.**

## **2.1. Generalidades.**

El presente proyecto se lo realizó en la provincia de Loja, que se encuentra ubicada al sur del país, y limita al norte con las provincias de El Oro y Azuay, al Sur y al oeste con la República del Perú, y al este con la provincia de Zamora Chinchipe.

Debido a que son tres tipos de ladrillos con diferentes materiales, se debe realizar la recolección de los mismos en las diferentes minas en las cuales se ha realizado estudios previos, y en base a estos estudios se ha obtenido las mezclas óptimas con las cuales realizaré esta investigación.

A continuación, se detallará las minas de los tres tipos de ladrillos que se ha empleado en este análisis.

### **2.1.1 Ladrillo Tipo 1.**

Este ladrillo está basado en la tesis que tiene como título “Optimización de las mezclas para la fabricación de ladrillos artesanales en la región de Malacatos”, realizada en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el año 2016.

#### **2.1.1.1 Localización Geográfica.**

La parroquia de Malacatos se encuentra delimitada al norte por la parroquia El Tambo y la ciudad de Loja; al este por la parroquia Sabanilla y el cantón Zamora; al sur por la parroquia Vilcabamba; y al oeste por la parroquia de Purunuma y parte del cantón Quilanga.

Malacatos posee un relieve variado, desde los 1 360 hasta los 2 931 msnm., pero una altura promedio de 1 790 msnm. Está ubicada en la zona UTM S17, al sur del cantón Loja. El centro de la parroquia posee coordenadas X: 693 217 e Y: 9 533 451 (Sanchez, 2016)

#### **2.1.1.2 Mina Ceibopamba**

La mina Ceibopamba es la más utilizada por los productores artesanales de arcilla. El acceso a esta mina es relativamente sencillo y se lo observa en la figura 11, puesto que para llegar a la mina desde el parque central de Malacatos, se debe utilizar la vía a El Tambo alrededor de 4,5 km y luego tomar un desvío hacia la mina (éste desvío se encuentra en mal estado). La

vía a El Tambo se encuentra en proceso de reconstrucción, sin embargo la mayor parte del tramo que nos conduce a la mina se encuentra asfaltado(Sánchez Quezada, 2016).

La mina se encuentra situada en la zona 17 Sur.

Coordenadas UTM:

**17 M 690961;**

**UTM 9535511**

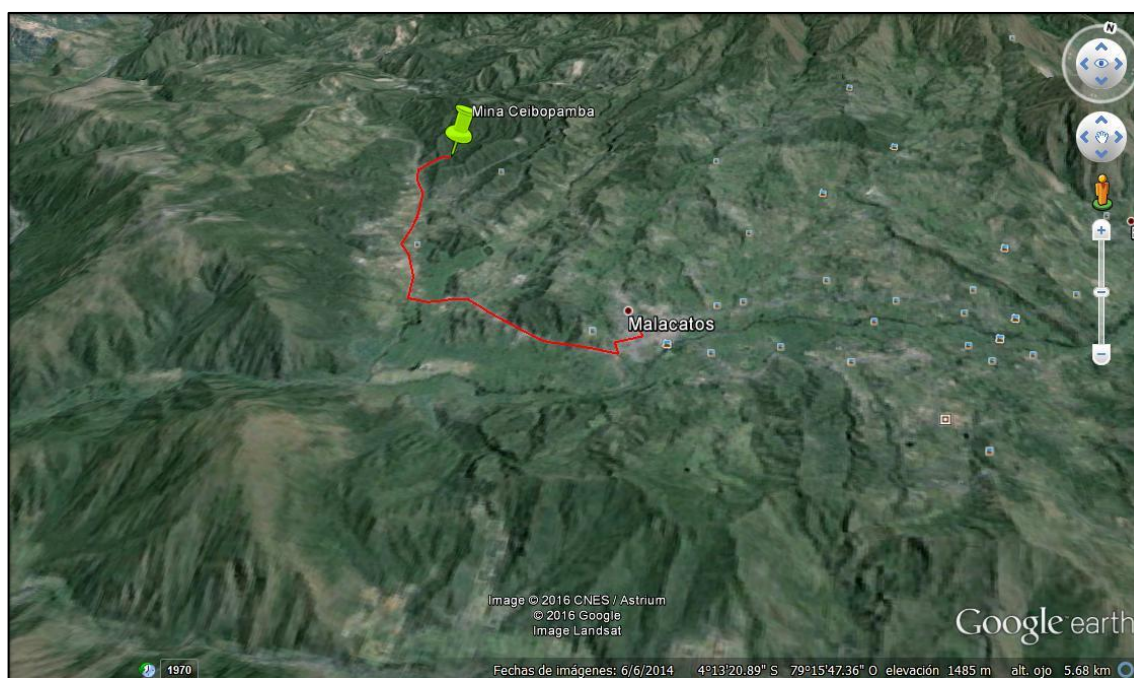


Figura 11. Ubicación geográfica de la Mina Ceibopamba y ruta desde la parroquia Malacatos.

Fuente:(Sánchez Quezada, 2016).

Elaboración: (Sánchez Quezada, 2016).

### **2.1.1.3 Mina Cangahua**

Los productores que utilizan este material “arcilloso” Cangahua, lo denominan así puesto que la roca madre posee este nombre. Muy pocos productores artesanales ocupan este material puesto que tiene un valor adicional a la materia prima extraída de la mina de Ceibopamba debido a que sufre de un proceso de trituración. El acceso a esta potencial mina es aún más sencillo que la mina Ceibopamba, localizándose alrededor de 1,5 kilómetros del parque central de la parroquia Malacatos (ver Figura 122), y se puede ingresar mediante cualquier tipo de vehículo(Sánchez Quezada, 2016).

La mina se encuentra situada en la zona 17 Sur.

Coordenadas UTM:

**17 M 692957;**

**UTM 9534552**

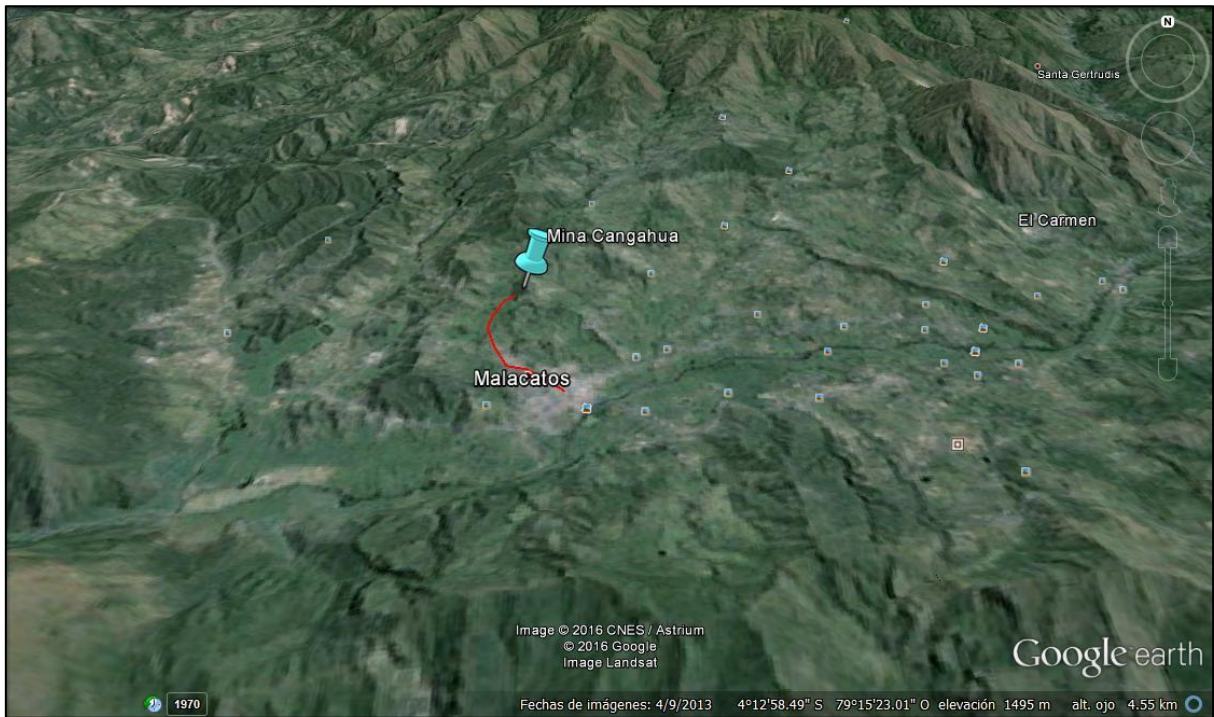


Figura 12. Ubicación geográfica de la Mina de Cangahua y ruta desde la parroquia Malacatos.

Fuente:(Sánchez Quezada, 2016).

Elaboración: (Sánchez Quezada, 2016).

### **2.1.2 Ladrillo Tipo 2.**

Este ladrillo está basado en la tesis que tiene como título “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, realizada en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el año 2016.

#### **2.1.2.1 Localización Geográfica.**

El cantón Catamayo se encuentra ubicado en la provincia de Loja, geográficamente se ubica por las siguientes coordenadas: latitud: 03°39'43" Y 04°45'00" sur; y longitud W: 79°03'51" y 80°29'03" oeste, a una altitud media promedio de 1300 msnm, dentro de la cordillera de los Andes. Es una estructura geomorfológica de la formación Gonzanamá del sur del Ecuador. Se encuentra dentro de la Zona 7.

El área de extracción de materiales se llevó a cabo en la concesión minera de la Cooperativa 27 de Junio, ubicada en el sector La Vega y en la cantera Indiucho, ubicada en la parroquia El Tambo (Pérez Castillo, 2016).

### **2.1.2.2 Mina La Vega**

A la Cantera de La Vega se llega primero tomando la vía de primer orden asfaltada ruta 69 Catamayo – Gonzanamá hacia el kilómetro 1 ½, ahí se conecta con la vía de segundo orden asfaltada La Vega, hasta llegar al pueblo La Vega, de ahí se accede por un camino de tercer orden el cual se encuentra lastrado (Pérez Castillo, 2016).

Coordenadas UTM: 17 N 0679957  
E 9556734



Figura 13. Ubicación geográfica de la Cantera La Vega.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016).

Elaboración: (Pérez Castillo, 2016).

### 2.1.2.3 Mina Indiucho

Hacia la mina Indiucho se accede tomando la vía de primer orden asfaltada ruta 69 Catamayo – Gonzanamá hasta el kilómetro 6 ½ y se conecta con la vía de segundo orden asfaltada vía El Tambo y se recorre hasta el kilómetro 1 ½ y se accede a la cantera de arena Indiucho.

Coordenadas UTM: 17 N 0681477  
E 9554392

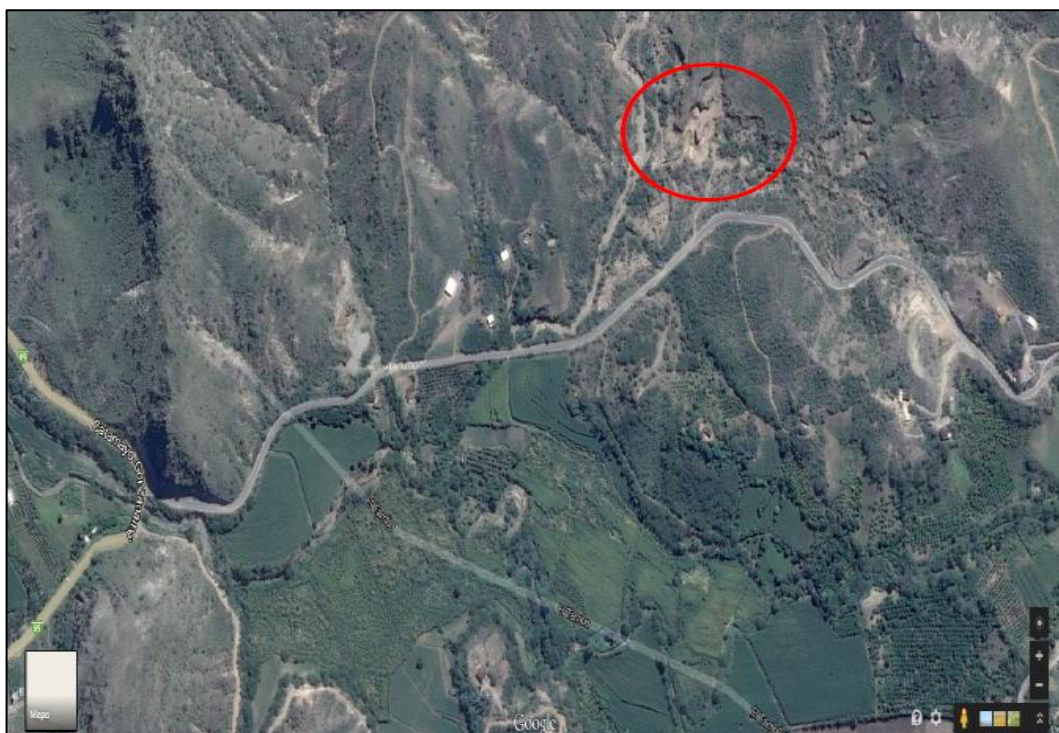


Figura 14. Ubicación geográfica de la Cantera Indiucho.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016).

Elaboración: (Pérez Castillo, 2016).

### 2.1.3 Ladrillo Tipo 3.

Por razón de tener un punto de comparación entre los ladrillos Tipo 1 y Tipo 2 que su calidad ha sido mejorada mediante trabajos investigativos previos tales como “Optimización de las mezclas para la fabricación de ladrillos artesanales en la región de Malacatos”, (Sanchez, 2016); y “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, (Pérez Castillo, 2016), se ha optado por compararlos con el ladrillo que es más utilizado en la ciudad de Loja, y según encuestas realizadas a los constructores de la ciudad nos indican que es el ladrillo artesanal del cantón Catamayo (Pérez Castillo, 2016).

**CAPÍTULO III**  
**MATERIALES Y MÉTODOS.**



### 3.1 Materiales.

Los materiales que se utilizaron en esta investigación fueron recolectados de las minas citadas anteriormente y sus características físicas y químicas obtenidas de las investigaciones también mencionadas anteriormente “Optimización de las mezclas para la fabricación de ladrillos artesanales en la región de Malacatos”, (Sanchez, 2016); y “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, (Pérez Castillo, 2016). Tales características se las puede apreciar a continuación:

#### 3.1.2 Características físicas y químicas de las arcillas de las minas de Ceibopamba y Cangahua.



Figura 15. Recolección material mina Ceibopamba.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

##### 3.1.2.1 Caracterización por atributos

Tabla 4. Resultados de los ensayos por atributos

Muestra	Color Código Munsell	Sensación al tacto	Consistencia	Textura	Tipo de impurezas
Ceibopamba	7.5 Y [6/2]	Forma cinta, se siente el grado de plasticidad	Extremadamente fuerte	Arcillosa	No apreciables
Cangahua	10 Y [5/2]	Forma cinta	Fuerte	Arcillo Limosa	Cobertura superficial vegetal

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor

### 3.1.2.2 Análisis Granulométrico.

Tabla 5. Resumen de los resultados del ensayo de granulometría, límites de Atterberg y densidad de los suelos.

	GRANULOMETRIA			LIMITES DE ATTERBERG			DENSIDAD
	% Limo	% Arcilla	% Arena	L.L	L.P	I.P	$g/cm^3$
Ceibopamba	37	26	37	39	23	16	2,62
Cangahua	41	24	36	36	22	14	2,54

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor.

### 3.1.2.3 Clasificación de suelos.

Tabla 6. Clasificación de los suelos de acuerdo a la SUCS y la ASSTHO.

	SUCS	DESCRIPCIÓN	AASHTO	DESCRIPCIÓN
Ceibopamba	CL	Arcilla inorgánica de media plasticidad	A-6	Suelo Arcilloso
Cangahua	CL	Arcilla inorgánica de media plasticidad	A-6	Suelo Arcilloso

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor.

### 3.1.2.4 Ph y superficie específica.

Tabla 7. Resultados del ensayo de pH y Superficie específica

Muestra	pH	Superficie específica $m^2/g$
Ceibopamba	7,7	6,1
Cangahua	7,2	48,9

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor.

### 3.1.2.5 Ensayo de fluorescencia de rayos X (FRX).

Tabla 8. Resumen del ensayo de fluorescencia de rayos X para cada muestra. Elementos destacados.

	Ceibopamba (MCB)	Cangahua (MCA)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,1	21,4
SiO <sub>2</sub>	64,8	62,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,4	6,99
K <sub>2</sub> O	3,5	3,76
CaO	1,3	0,95
TiO <sub>2</sub>	0,77	-
MgO	-	2,94
SnO <sub>2</sub>	-	-

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor

### 3.1.2.6 Ensayo de difracción de rayos X.

Tabla 9. Resumen de los resultados del análisis de difracción de rayos X.

	Mineral				
Ceibopamba	Cuarzo	Caolinita	Hematita	Montmorillonita	Ilita
Cangahua	Cuarzo	Caolinita	Moscovita	Hematita	

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: El Autor.

### 3.1.3 Características físicas y químicas de las arcillas de las minas de La Vega e Indiucho.



Figura 16. Recolección material mina Indiucho.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor.

#### 3.1.3.1 Clasificación de suelos.

El suelo de la mina La Vega se clasificó como arcilloso, el molde del anillo soportó considerablemente la manipulación, su textura es muy suave y pegajosa (Pérez Castillo, 2016).

El suelo de la mina Indiucho se clasificó como franco arenoso. Suelo áspero, sus granos se sienten, al ejercer presión sobre la masa esta se disgrega y no forma cinta (Pérez Castillo, 2016).

### 3.1.3.2 Peso específico, método del picnómetro (AASHTO T 100).

Tabla 10. Peso específico mina La Vega.

PESO ESPECÍFICO				
W Pic. (P1)	W. Pic.+S.s (P2)	W.Pic.+H2O+S.H(P4)	W.Pic.+H2O(P3)	densidad(g/cm <sup>3</sup> )
17,46	18,56	28,08	27,42	2,5
17,46	18,46	28,02	27,42	2,5
17,46	18,11	27,82	27,42	2,6
<b>RESULTADO</b>				<b>2,53</b>

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: El Autor.

Tabla 11. Peso específico mina Indiucho.

PESO ESPECÍFICO				
W Pic. (P1)	W. Pic.+S.s (P2)	W.Pic.+H2O+S.H(P4)	W.Pic.+H2O(P3)	densidad(g/cm <sup>3</sup> )
17,46	18,06	27,79	27,42	2,61
17,46	18,63	28,15	27,42	2,66
17,46	18,16	27,86	27,42	2,69
<b>RESULTADO</b>				<b>2,65</b>

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: El Autor.

### 3.1.3.3 Análisis Granulométrico (AASHTO T 88 - 00).

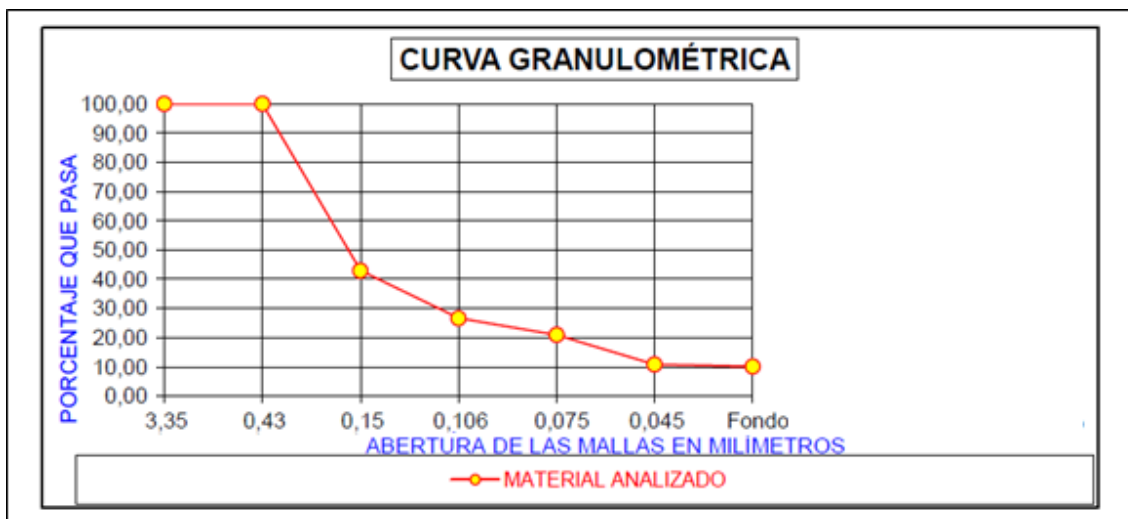


Figura 17. Curva Granulométrica mina La Vega.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: El Autor.

Los resultados del análisis granulométrico determinan que:

- La norma AASTHO lo clasifica en el grupo A – 7 – 6, suelos arcillosos.
- Arcilla delgada según la norma ASTM D 2487

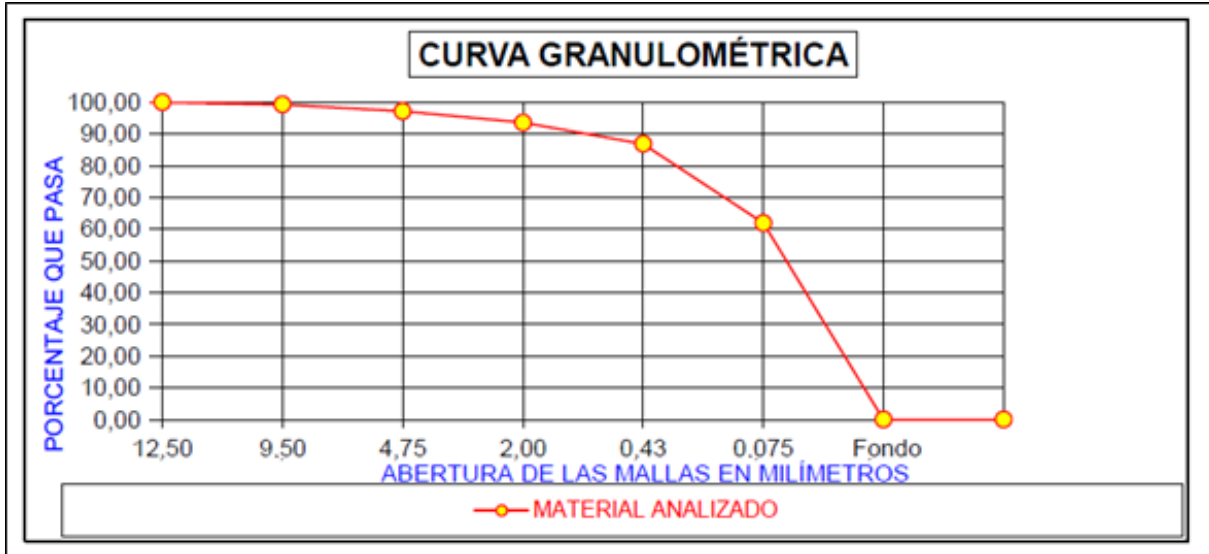


Figura 18. Curva Granulométrica mina Indiucho.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: (Pérez Castillo, 2016)

Los resultados del análisis granulométrico determinan que:

- De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) se clasifica como material arenoso bien gradado SW.
- La norma AASHTO lo clasifica en el grupo A-3, arena fina.

### 3.1.3.4 Fluorescencia de rayos X.

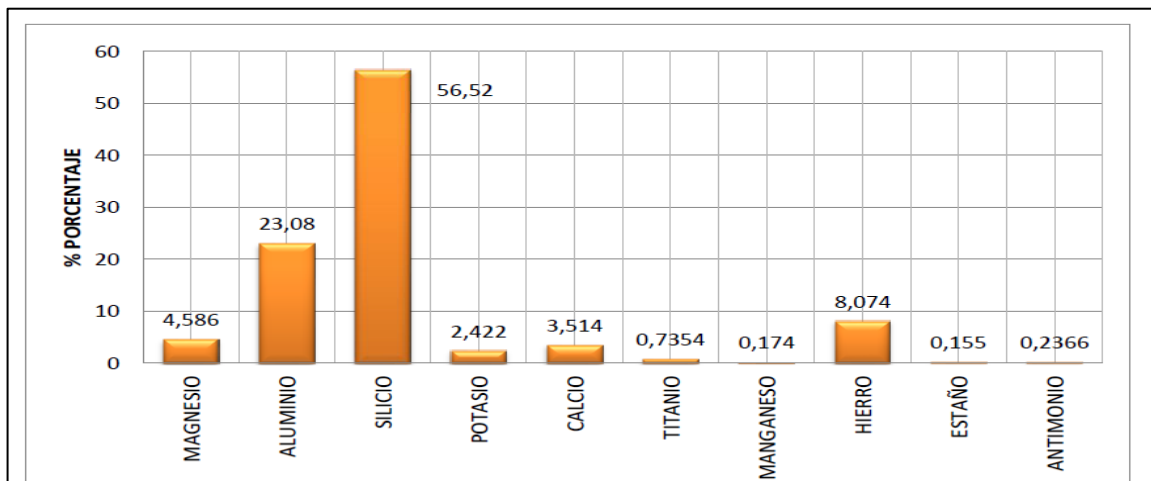


Figura 19. Resultados de fluorescencia mina La Vega.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: (Pérez Castillo, 2016)

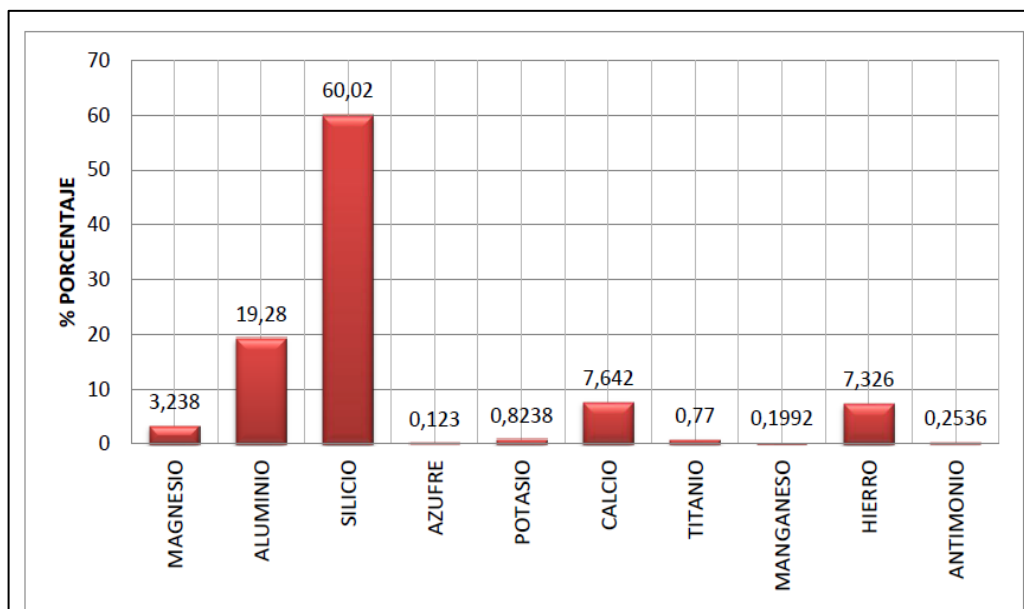


Figura 20. Resultados de fluorescencia mina Indiucho.

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: (Pérez Castillo, 2016)

### 3.1.3.5 Difracción de rayos X.

Tabla 12. Resultados de difracción de las minas La Vega e Indiucho.

Mineral	Fórmula	Muestra Mina La Vega (%)	Muestra Mina Indiucho (%)
Montmorillonita	$Al_2Ca_{0,5}O_{12}Si_4$	-	-
Cuarzo	$SiO_2$	41,76	15,78
Kaolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$	18,36	-
Illita	$Al_4KO_{12}Si_2$	8,02	-
Moscovita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	4,32	-
Diopsido	$MgCaSi_2O_6$	2,55	9,97
Grupo Plagioclasa (Albita, Andesita, Anorthita)	$(Na,Ca)(Si,Al)_3O_8$	16,27	71,73
Phengita	$Al_3H_2KO_{12}Si_3$	8,72	-
Barito-Calcita	$BaCa(CO_3)_2$	-	1,62
Braunita	$Mn^{2+}(Mn^{3+})_6SiO_{12}$	-	0,9

Fuente: (Pérez Castillo, 2016)

Elaboración: El Autor

### 3.2 Metodología

La metodología de esta investigación está dividida en 5 partes (ver figura 21), la primera etapa consiste en la recolección de la materia prima en cada una de las minas mencionadas, en la segunda etapa se realiza la elaboración de los ladrillos Tipo 1, que tiene procedencia de las minas de Ceibopamba y Cangahua; Tipo 2, que tiene procedencia de las minas de la Vega e Indiucho; y se adquirirá los ladrillos Tipo 3, que son los ladrillos artesanales procedentes de Catamayo. En la tercera etapa se realizará la elaboración de los muros de mampostería con los ladrillos tipo 1, 2, y 3; también se efectuará el diseño del mortero de pega. En la cuarta etapa se ejecutará el ensayo de compresión diagonal. En la quinta etapa se analizará el performance de los muretes de mampostería, esta vez aplicando el software de Análisis Estructural.

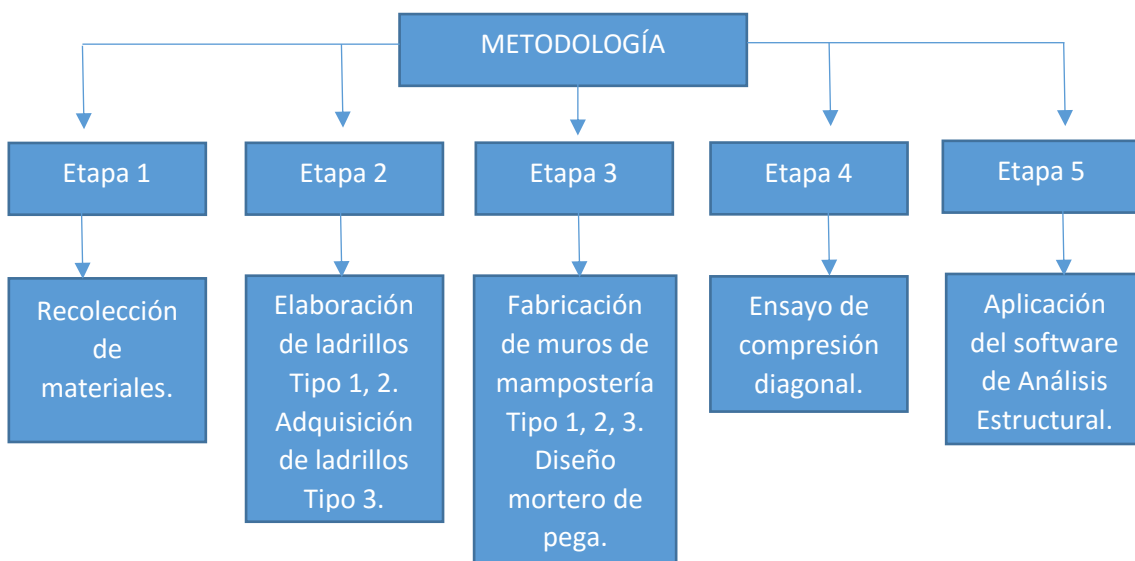


Figura 21. Etapas de la metodología.

Fuente: El autor.

Elaboración: El Autor

#### 3.2.1 Primera etapa: Recolección de materiales.

En esta etapa primeramente se debe definir las mezclas óptimas del ladrillo Tipo 1 y ladrillo Tipo 2, para así obtener las cantidades de materiales que son necesarios para la fabricación de los ladrillos.

**Para el ladrillo Tipo 1**, la mezcla óptima es la siguiente: Arcilla Ceibopamba 80% y arcilla Cangahua 20% (Sánchez Quezada, 2016).

Para calcular el peso de material que se necesita, se hace un cálculo por peso, debido a que un ladrillo es de 5 kg, entonces es necesario un peso de 4 kg de arcilla de Ceibopamba y 1 kg de arcilla de Cangahua.

**Para el ladrillo Tipo 2**, la mezcla óptima es la siguiente: Arcilla La Vega 50% y material arenoso Indiucho 50% además se añade un 2% de aserrín por efectos de cocción y por disminuir el peso del ladrillo (Pérez Castillo, 2016).

Para calcular el peso de estos materiales de igual manera, se calcula con referencia a los 5 kg que pesa un ladrillo, de tal manera que necesitamos 2,5 kg de arcilla de La Vega y 2,5 kg de material de Indiucho.

Debido a la cantidad de ladrillos que se tiene que hacer, también se ha optado por hacer 20 moldes de madera para confeccionar los ladrillos con las medidas siguientes (figura 22):

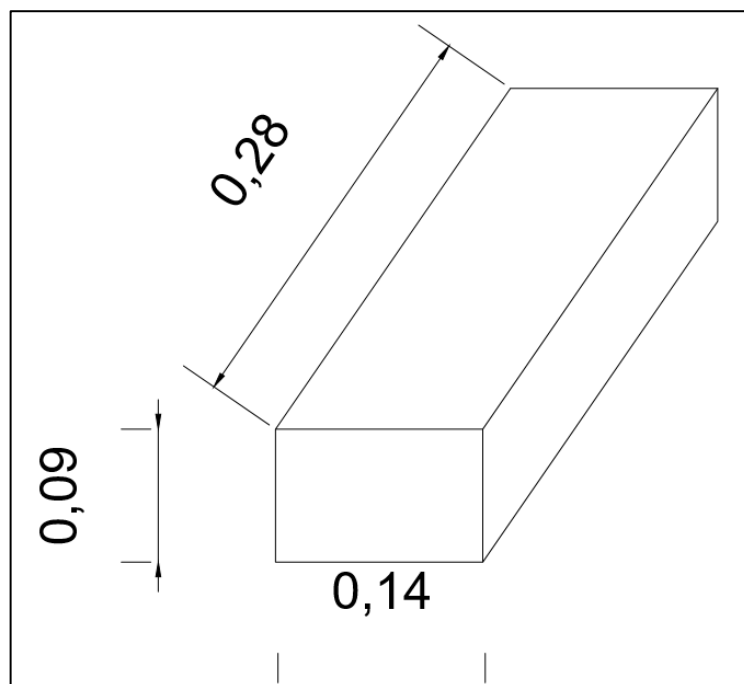


Figura 22. Dimensiones del molde para fabricar ladrillos artesanales.

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: (Sánchez Quezada, 2016)





Figura 23. Confección de moldes para ladrillos.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor



Figura 24. Confección de moldes para ladrillos.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

### 3.2.2 Segunda etapa: Elaboración de ladrillos Tipo 1, 2 y adquisición de ladrillo Tipo 3.

Una vez obtenidos los materiales, y las dosificaciones óptimas de cada tipo de ladrillo, que han sido basados en las tesis antes mencionadas, se procede a la manufacturación de los ladrillos, los mismos que son hechos en los laboratorios de resistencia de materiales de la Universidad Técnica Particular de Loja.

En primera instancia, se realiza la comprobación de los 2 tipos de ladrillos, haciendo unos ladrillos de prueba de ambas mezclas (figura 25), una vez conocidos los resultados de cada prueba se procede a la manufacturación de los ladrillos necesarios para los muros de mampostería, los resultados de dichas mezclas de prueba los pongo a consideración en la siguiente tabla (tabla 13).

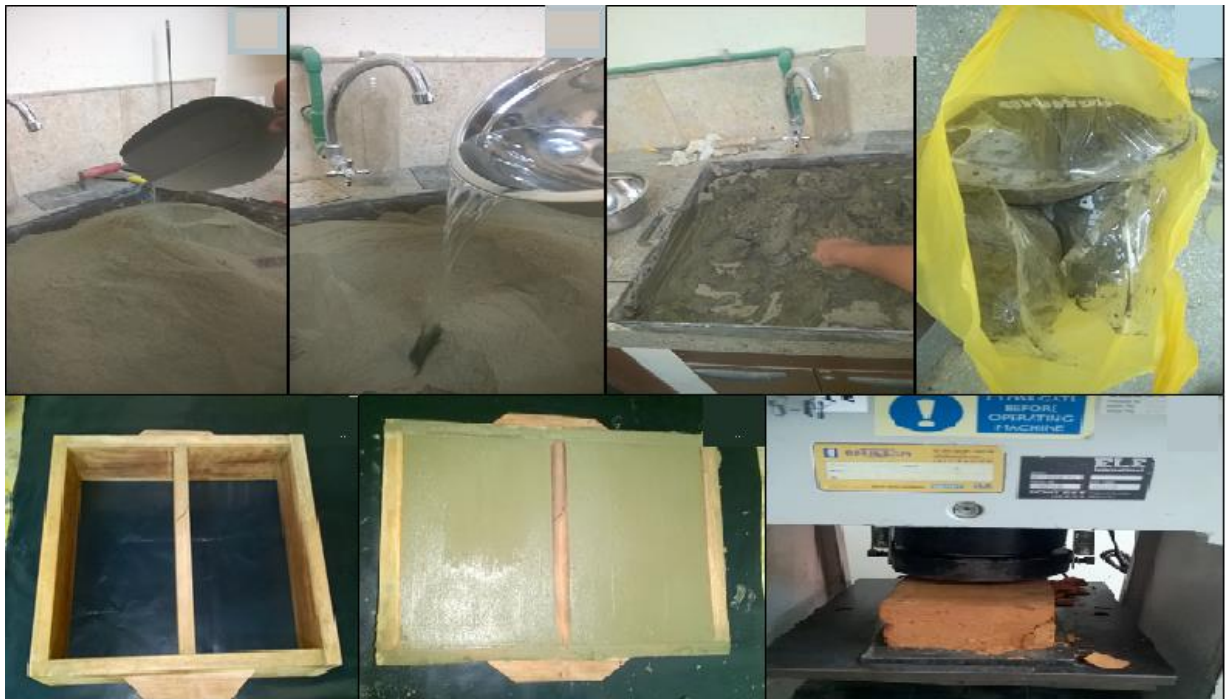


Figura 25. Fabricación y prueba de resistencia de ladrillos.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 13. Resultados de resistencias ladrillo tipo 1 y 2.

<b>LADRILLO MALACATOS (TIPO 1)</b>								
Ladrillo	L(cm)	B(cm)	H(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	CARGA(KN)	CARGA(Kg)	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c(MPa)
1	25,75	12,80	8,20	329,60	588,16	59404,16	180,23	18,02
2	25,70	12,71	8,10	326,65	454,80	45934,80	140,63	14,06
3	25,70	12,75	8,12	327,68	510,60	51570,60	157,38	15,74
4	25,73	12,70	8,15	326,77	490,21	49511,21	151,52	15,15
5	25,70	12,78	8,20	328,45	530,20	53550,20	163,04	16,30
							<b>Promedio:</b>	<b>15,86</b>
<b>LADRILLO CATAMAYO TIPO (2)</b>								
1	26,23	13,13	8,43	344,53	392,90	39682,90	115,18	11,52
2	26,30	13,17	8,17	346,28	487,50	49237,50	142,19	14,22
3	26,28	13,15	8,30	345,58	495,20	50015,20	144,73	14,47
4	26,27	13,15	8,32	345,45	515,50	52065,50	150,72	15,07
5	26,29	14,16	8,36	372,27	490,30	49520,30	133,02	13,30
							<b>Promedio:</b>	<b>13,72</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

Se construyó una pared modelo con un ladrillo al azar, para de esta manera contabilizar la cantidad de ladrillos que son necesarios por cada pared, obteniendo un resultado de 24 ladrillos por pared.



Figura 26. Construcción de pared modelo.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor



Figura 27. Construcción de pared modelo.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

De cada tipo de ladrillo se debe realizar un total de 3 paredes, por efectos de tener un promedio aritmético de las resistencias que se obtendrán, por consecuencia de cada tipo de ladrillo se necesita por lo menos 72 unidades, pero por motivos de verificar algunas propiedades como el peso, medidas y la resistencia de los ladrillos se procederá a hacer 100 unidades de cada tipo de ladrillo.

El proceso de la manufacturación de los ladrillos está basado en la Tesis que tiene como título: “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, realizada en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el año 2016.

### **3.2.2.1 Tamizado**

Se comienza por este proceso, por el motivo de eliminar las impurezas orgánicas y obtener un material homogéneo para el siguiente proceso, este proceso se lo realiza pasando el material por el tamiz # 40. Se debe tener en cuenta que el material debe estar completamente seco, ya que, si el material se encuentra con humedad, esto nos causa variaciones en los pesos de las arcillas especialmente y consecuentemente variará el peso del agua de mezclado.

### **3.2.2.2 Mezclado**

El proceso de mezclado se lo realiza con los materiales “en seco”, esto para obtener una mezcla homogénea, se evidencia que el material este mezclado adecuadamente, luego se añade el agua destilada a razón de 3,5 L por cada ladrillo y se realiza la composición manual en un tiempo aproximado de 10 minutos, y en el caso del ladrillo tipo 2, se añade también el 2% de aserrín, este material se lo añade en la mezcla en seco. Es importante que se realice este proceso de manera manual de tal manera que se asemeje a la confección de los ladrillos artesanales.



Figura 28. Mezcla en seco.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

### **3.2.2.3 Amasado**

Una vez mezclados todos los materiales, se procede a amasar la mezcla, agregando el agua destilada poco a poco, hasta obtener una mezcla homogénea y trabajable, se deja reposar herméticamente por el lapso de 24 horas o un mínimo de 2 horas, esto con el fin de que toda la mezcla se hidrate bien.



Figura 29. Amasado.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

#### **3.2.2.4 Moldeo**

Una vez que la masa se ha hidratado por el tiempo antes señalado, se procede al moldeo de los mismos, esto se lo realiza llenando los moldes en capas y compactando a tal punto de que no queden poros. Una vez llenos los moldes, se los deja reposar hasta que sea posible desmoldar, esto depende de la temperatura del ambiente en el que se los deja secar, dado esto se puede realizar el desmoldeo en mínimo 2 días, ya que si se los desmoldea antes de eso se presentan fisuras en los ladrillos.



Figura 30. Moldeo.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

### 3.2.2.5 Secado

De acuerdo a experiencias de investigaciones anteriores (Sánchez Quezada, 2016) y (Pérez Castillo, 2016), se establecen dos fases de secado; la primera etapa es un secado previo que consiste en secar los ladrillos al ambiente por mínimo 4 días, y la segunda etapa se basa en un secado al horno con el siguiente programa: El programa de secado que se muestra la figura 31, explica la segunda parte del secado. Dura 48 horas divididas en tres partes: en la primera sube la temperatura durante 6 horas desde la temperatura ambiente hasta 60 ° C y se mantiene durante 8 horas; la segunda parte sube hasta 105 °C en un tiempo de 8 horas y se mantiene el mismo tiempo y finalmente desciende hasta la temperatura ambiente en un lapso de 18 horas (Sánchez Quezada, 2016).

Cabe señalar que, en la primera fase del secado, se debe actuar cuidadosamente en los ladrillos que provienen de las minas de Catamayo, al momento de dejarlos a la intemperie, debido a que, si se dejan secar directamente bajo el sol, estos tienden a fisurarse inmediatamente, todo lo contrario, a los ladrillos que provienen de las minas de Malacatos ya que, al dejarlos bajo el sol, no tienen el mismo comportamiento, permanecen en excelentes condiciones. Asimismo, se debe tener cuidado que no entren en contacto con humedad debido a que, como son compuestos por arcilla estos tienden a absorber el agua y pierden la forma de ladrillo.

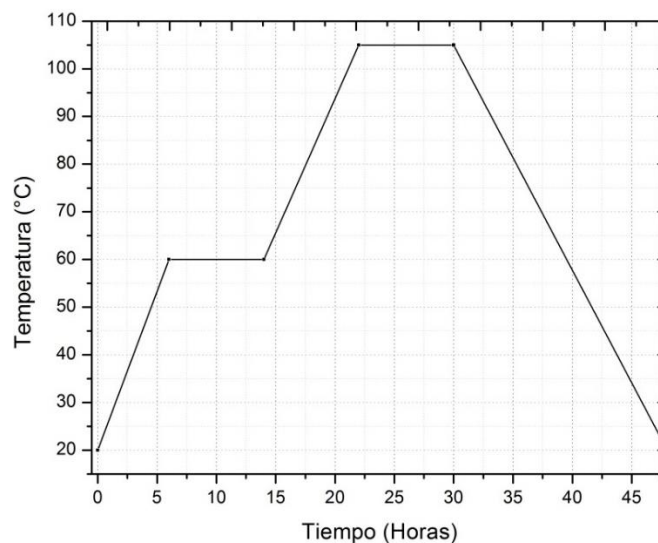


Figura 31. Programa de secado de ladrillos producidos con la mezcla óptima

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016)

Elaboración: (Sánchez Quezada, 2016)



Figura 32. Secado al ambiente.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor



Figura 33. Secado al horno.

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

### **3.2.2.6 Cocción**

El proceso de cocción es fundamental y depende de la mineralogía de la materia prima. En nuestro caso al tener cuarzo se podría elevar aún más arriba de los 950 °C la temperatura de cocción; sin embargo, esto significaría un costo adicional del consumo de leña y por ende un impacto ambiental y también un alza en el precio del ladrillo ya que implican más recursos para obtener el producto final. Es por esta razón que la temperatura de cocción se la llevó de similares características a la que utilizan los productores artesanales (950 °C).

Es también un problema elevar de manera muy rápida la temperatura de cocción puesto que se generan grietas en el ladrillo basados en la experiencia adquirida por investigaciones anteriores, se implementó una tasa de crecimiento de 1,6 °C por minuto tal como se muestra



en la figura 34. Para el descenso de la temperatura se apagó el horno y dejó cerrado hasta alcanzar la temperatura ambiente (Sánchez Quezada, 2016).

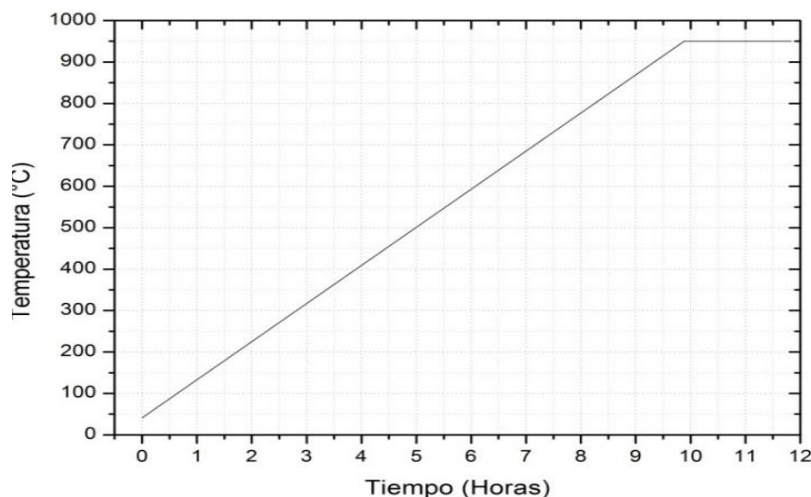


Figura 34. Gráfica de temperatura de cocción de ladrillos producidos con mezcla óptima

Fuente: (Sánchez Quezada, 2016).

Elaboración: (Sánchez Quezada, 2016).

Una vez concluido el proceso de fabricación de los ladrillos tipo 1 y 2, se procede a visitar a un proveedor de ladrillos artesanales originarios de Catamayo, para realizar la compra de los ladrillos, los cuales son el ladrillo Tipo 3 que serán utilizados en la presente investigación. Se realiza el análisis de esos ladrillos para constatar que la resistencia, que es lo más importante en los tres tipos de ladrillos que se está analizando, sea la que se ha investigado en la tesis “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo”, realizada en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el año 2016, los resultados de los ensayos de resistencia del ladrillo tipo 3 se los puede visualizar en la tabla 14.

Tabla 14. Resultados de resistencias ladrillo tipo 3.

<b>LADRILLO ARTESANAL CATAMAYO TIPO (3)</b>								
Ladrillo	L(cm)	B(cm)	H(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )	CARGA(KN)	CARGA(Kg)	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c(MPa)
1	26,43	13,10	8,10	346,28	204,50	20654,50	59,65	5,96
2	26,33	13,00	7,90	342,33	153,60	15513,60	45,32	4,53
3	26,30	13,10	7,90	344,53	152,50	15402,50	44,71	4,47
4	26,34	13,05	7,94	343,74	155,90	15402,50	44,81	4,48
5	26,30	13,05	7,92	343,22	154,60	15402,50	44,88	4,49
<b>PROMEDIO:</b>								<b>4,79</b>

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor



Figura 35. Adquisición de ladrillo artesanal de Catamayo.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 36. Adquisición de ladrillo artesanal de Catamayo.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor

### ***3.2.2.7 Pesos de los tres tipos de ladrillo.***

Una vez que tenemos las tres clases de ladrillos, se procede a pesarlos, tanto antes como después de ser quemados (tabla 15).



Figura 37. Peso de ladrillo antes de quemar.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 38. Peso de ladrillo quemado.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor

Tabla 15. Resultados de pesos

<b>LADRILLO TIPO 1 PESOS</b>		
<b>Ladrillo</b>	<b>SIN QUEMAR (Kg)</b>	<b>QUEMADO (Kg)</b>
1	4,8	4,45
2	4,75	4,32
3	5,54	5,11
4	5,62	5,16
5	5,50	5,09
<b>PROMEDIO:</b>	<b>5,24</b>	<b>4,83</b>
<b>LADRILLO TIPO 2 PESOS</b>		
1	5,34	5,02
2	5,27	4,96
3	5,13	4,82
4	5,21	4,89
5	5,28	4,92
<b>PROMEDIO:</b>	<b>5,25</b>	<b>4,92</b>
<b>LADRILLO TIPO 3 PESOS</b>		
1		4,15
2		4,21
3		4,13
4		4,17
5		4,23
<b>PROMEDIO:</b>		<b>4,18</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

### **3.2.2.8 Densidad de los ladrillos.**

La densidad de los ladrillos será calculada en base a los reglamentos establecidos en la norma ITINTEC 331.018, la cual da las especificaciones para realizar este ensayo correctamente (INDECOPI, 2010), en la tabla 16 se puede apreciar los resultados.

Tabla 16. Resultados de densidades.

<b>LADRILLO TIPO 1 PESOS</b>			
<b>Ladrillo</b>	<b>VOLUMEN(cm<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO(gr)</b>	<b>DENSIDAD (gr/cm<sup>3</sup>)</b>
1	2702,72	4450	1,65
2	2645,84	4320	1,63
3	2660,72	5110	1,92
4	2663,18	5160	1,94
5	2693,26	5090	1,89
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2673,14</b>	<b>4826,00</b>	<b>1,81</b>
<b>LADRILLO TIPO 2 PESOS</b>			
1	2905,55	5020	1,73
2	2827,98	4960	1,75
3	2868,33	4820	1,68
4	2874,15	4890	1,70
5	3112,15	4920	1,58
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2917,63</b>	<b>4922,00</b>	<b>1,69</b>
<b>LADRILLO TIPO 3 PESOS</b>			
1	2804,84	4150	1,48
2	2704,43	4210	1,56
3	2721,79	4130	1,52
4	2729,27	4170	1,53
5	2718,26	4230	1,56
<b>PROMEDIO:</b>	<b>2735,72</b>	<b>4178,00</b>	<b>1,53</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

### 3.2.3 Tercera Etapa: Fabricación de muros de mampostería.

Concluida la etapa de fabricación de los ladrillos Tipo 1 y 2, y la compra de los ladrillos Tipo 3, se procede a alistar los materiales necesarios para la construcción de los muros de mampostería. Se realizará la construcción de 3 muros de mampostería por cada tipo de ladrillo, para de esta manera en el momento que realice el ensayo de compresión diametral se tendrá 3 datos reales y se podrá hacer una media aritmética tal como lo dice la norma ecuatoriana (NEC-SE-MP).

Los materiales necesarios para realizar la construcción de los muros son: tiras de madera de 10 centímetros, clavos, flexómetro, sierra eléctrica, nivel, arena fina, cemento portland tipo GU, agua. El mortero de pega fue diseñado de acuerdo a la norma ecuatoriana (NEC-SE-

MP), la cual recomienda una dosificación de 3 – 1, esto es tres volúmenes de arena y un volumen de cemento, así se obtendrá una resistencia de 15 MPa, se utilizó también esta dosificación puesto que es la que se utiliza en las construcciones a nivel local, los resultados de estos diseños se presentan en la tabla 17.

Los ensayos de los cubos de mortero están basados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0488(Normalización, 2009).

Tabla 17. Resultados de morteros.

MORTERO DOSIFICACIÓN 1-3							
Cubo	L1(cm)	L2(cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Carga(Kg)	f'c(Kg/cm <sup>2</sup> )	f'c(MPa)
1	5,05	5,04	25,45	49,60	5009,60	196,83	19,68
2	5,06	5,05	25,55	48,40	4888,40	191,30	19,13
3	5,06	5,05	25,55	37,10	3747,10	146,64	14,66
<b>PROMEDIO:</b>							<b>17,83</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor



Figura 39. Mezcla de arena fina y cemento

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 40. Ensayo de cubos de mortero.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 41. Desencofrado de cubos de mortero.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 42. Curado de especímenes de cubos de mortero.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 43. Ensayo de compresión de cubos de mortero.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor

Con todos los materiales listos para poder ensamblar los muros de mampostería, se procede con la construcción de los 9 muros de ladrillo, los cuales están bajo la norma ecuatoriana (NEC-SE-MP).

### **Espesor**

El espesor del murete debe ser igual al espesor de los muros de la estructura.

### **Longitud de la arista del murete**

La longitud de la arista del murete debe ser mayor o igual a 60 cm, debiendo tener el murete por lo menos cuatro hiladas.





Figura 44. Moldes para muros.

Fuente: Autor.

Elaboración: El Autor



Figura 45. Mortero de pega.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 46. Ladrillo Tipo 1.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 47. Ladrillo Tipo 2.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 48. Ladrillo Tipo 3.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 49. Muros de mampostería.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

### 3.2.4 Cuarta Etapa: Ensayo de compresión diagonal.

De acuerdo a la norma ecuatoriana (NEC-SE-MP), los especímenes de mampostería serán ensayados a los 28 días, durante este tiempo los especímenes serán curados hidratándolos con suficiente agua con el fin de mantenerlos húmedos el mayor tiempo posible, esto se lo logra en el laboratorio, hidratándolos 4 veces por día con suficiente agua mediante la utilización de una manguera.

Los especímenes no deben moverse del lugar en el que fueron construidos durante al menos 7 días, y deben estar libres de corrientes de aire (COGUANOR, 2012).

Mientras dure el tiempo de curado se procede a buscar una prensa hidráulica, que cuente con las medidas superiores a las medidas con que fueron construidos los muros, realizando la medición de los muros, se obtiene una medida de por lo menos 1,4 m de longitud vertical para que entren los muros con facilidad, también se procede a la fabricación de los cabezales de carga que me servirán para realizar el ensayo de compresión diagonal, los cabezales se los realizará con la ayuda de un maestro soldador, una vez encontrada una prensa que satisfaga las medidas antes mencionadas se hace un pedido formal al dueño de la misma, para que sea facilitada para poder realizar el ensayo de compresión diagonal. La prensa cumple con las condiciones de la norma ecuatoriana (NEC-SE-MP) que nos dice lo siguiente:

- Debe tener rigidez suficiente para transmitir los esfuerzos del ensayo sin alterar las condiciones de distribución y dirección de la carga.
- Debe tener un sistema de rótula que permita hacer coincidir la resultante de la carga aplicada con la diagonal cargada del murete.
- Las superficies de aplicación de la carga deben ser lisas y planas; no se aceptan desviaciones con respecto al plano, mayores que 0.015 mm en 100 mm, medidas en cualquier dirección.
- Las dimensiones de las aristas de las placas de carga deben ser mayores que las dimensiones del cabezal de aplicación de la carga.
- La exactitud de la prensa debe tener una tolerancia de  $\pm$  el 1% de la carga dentro del rango utilizable de la escala de lectura (Camicon & Miduvi, 2014).



Figura 50. Prensa de ensayo.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

Los cabezales de aplicación de carga se los confeccionó también de acuerdo a la norma ecuatoriana que dice lo siguiente:

Estos aparatos de acero se utilizan para aplicar la carga en la dirección de la diagonal del murete. La longitud  $r$  de repartición de la carga aplicada debe ser menor o igual a 150 mm para evitar los efectos de confinamiento en el murete. El ancho del cabezal debe ser igual al espesor del murete más 25 mm (Camicon & Miduvi, 2014).



Figura 51. Confección de cabezales de aplicación de carga.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 52. Confección de cabezales de aplicación de carga.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

Una vez concluidos los 28 días de curado de los muretes de mampostería, se procederá a extraerlos de los moldes en los que fueron construidos y serán trasladados a la prensa hidráulica en la que serán ensayados. El traslado de los muretes de mampostería se lo efectuó en una camioneta, con cuidado de que no sean golpeados, para eso se preparó una cama de arena y fueron amarrados con cabos de seguridad.

Ya situados los muros en el lugar donde se encuentra la prensa hidráulica, que está ubicada en una mecánica industrial especializada en torno, en la calle de los Ahorcados, atrás del Hospital Isidro Ayora, en la ciudad de Loja; se procede a preparar los muros para ser ensayados, primero se coloca los cabezales de carga en la prensa y sobre los cabezales se ubica el murete, se revisa que este alineado y aplomado perfectamente y se comienza a aplicar la carga, una vez que falle debido a la carga aplicada se anota la carga máxima a la cual falló el murete, se debe tener cuidado en todo momento del ensayo debido a que los muretes son pesados y en el momento que fallan existe peligro de golpes de los ladrillos que se desprenden, de esta manera se prueba los 9 muretes de mampostería y se anota las cargas de falla que servirán para obtener la resistencia de compresión diagonal. El procedimiento detallado que se debe seguir es tal cual se describe en la norma ecuatoriana:

- limpiar la superficie de las placas de carga, la superficie de las placas de apoyo de los cabezales y las superficies del refrentado;
- colocar el cabezal inferior sobre la placa de carga inferior;
- colocar el murete sobre el cabezal inferior alineando su diagonal vertical con el centro de la placa de carga;
- colocar el cabezal superior y asentar la placa de carga superior sobre el cabezal;
- aplicar la carga en forma continua, sin choques, a una velocidad uniforme, de modo que el ensayo demore entre 3 y 4 min en alcanzar la carga de agrietamiento diagonal;
- registrar la carga de agrietamiento diagonal, expresándola en N(Camicón & Miduvi, 2014).

Una vez obtenidas las lecturas de los ensayos de cada uno de los muretes de los tres tipos de ladrillo se realiza los cálculos como lo dice la norma ecuatoriana:

### **Resistencia básica de corte**

- La resistencia básica de corte debe calcularse como el cociente entre la carga de agrietamiento diagonal y el área bruta de la sección diagonal del murete.
- Los resultados deben expresarse en MPa con una aproximación inferior o igual a 0.01 MPa.

Tabla 18. Resultados de ensayo de compresión diagonal.

MURETE	Lc(m)	t(m)	Área(m <sup>2</sup> )	Área(cm <sup>2</sup> )	Fuerza(Kg)	Resistencia a compresión diagonal	
						Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
ARTES.1	1,15	0,09	0,1035	1035	1247,4000	1,2052	0,1182
ARTES.2	1,15	0,09	0,1035	1035	1360,8000	1,3148	0,1289
ARTES.3	1,15	0,09	0,1035	1035	2041,2000	1,9722	0,1934
					<b>Promedio</b>	<b>1,4974</b>	<b>0,1468</b>
CATAM.1	1,15	0,09	0,1035	1035	3175,2000	3,0678	0,3009
CATAM.2	1,15	0,09	0,1035	1035	3515,4000	3,3965	0,3331
CATAM.3	1,15	0,09	0,1035	1035	3969,0000	3,8348	0,3761
					<b>Promedio</b>	<b>3,4330</b>	<b>0,3367</b>
MALAC.1	1,15	0,09	0,1035	1035	5103,0000	4,9304	0,4835
MALAC.2	1,15	0,09	0,1035	1035	3628,8000	3,5061	0,3438
MALAC.3	1,15	0,09	0,1035	1035	4876,2000	4,7113	0,4620
					<b>Promedio</b>	<b>4,3826</b>	<b>0,4298</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor



Figura 53. Ensayo de compresión diametral.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 54. Ensayo de compresión diametral.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 55. Falla ladrillo Tipo 1.

Fuente. Autor

Elaboración: El Autor



Figura 56. Falla ladrillo Tipo 2.

Fuente. Autor

Elaboración: El Autor



Figura 57. Falla ladrillo Tipo 3.

Fuente. Autor

Elaboración: El Autor



### 3.2.5 Quinta Etapa: Aplicación del software de Análisis Estructural mediante el Método de Elementos Finitos.

Puesto que ya se tiene las propiedades como la densidad, la resistencia a la compresión y las medidas de los ladrillos Tipo 1, 2 y 3; se procede a realizar el modelado en el software especializado en Análisis de Estructuras mediante el método de Elementos Finitos.

Para realizar la modelación se sigue los siguientes pasos:

**Primero:** Se diseña en el software AutoCAD la pared en modelo 3D, este paso se lo realiza uniendo bloques rectangulares con las medidas de 28 cm x 14 cm x 9 cm, que serán los ladrillos, mediante otro bloque más pequeño de forma rectangular, con las medidas de 100 cm x 9 cm x 1,5 cm, que será considerado como el mortero de pega; esto se lo realiza utilizando la herramienta 3D solid, el software de Análisis Estructural también tiene una herramienta especializada en dibujar los sólidos y los elementos que se van a modelar en el mismo, en la presente investigación se ha utilizado la herramienta de AutoCAD para realizar estos dibujos (figura 62, 63).

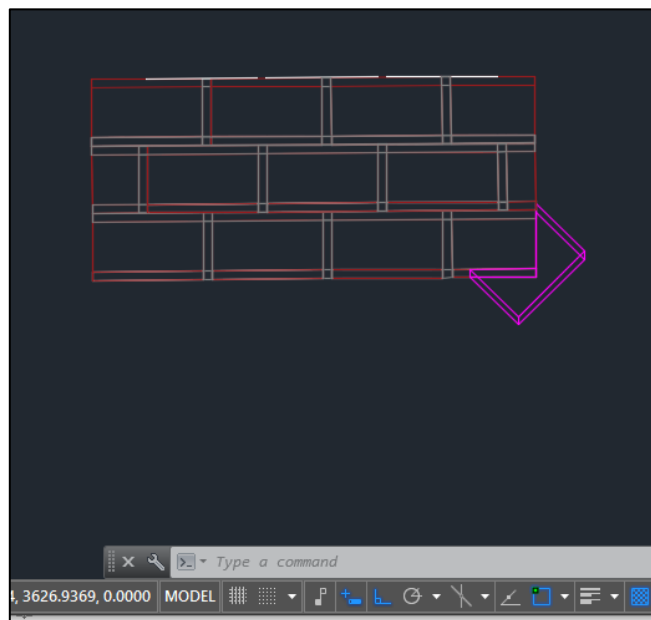


Figura 58. Modelación en AutoCAD 3D.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

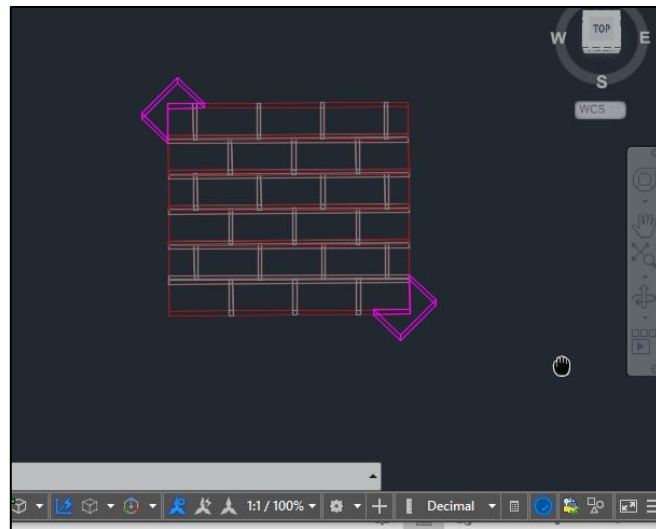


Figura 59. Modelación en AutoCAD 3D.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

**Segundo:** Determinados los datos de los ladrillos Tipo 1, Tipo 2 y, Tipo 3, como son las densidades, y la resistencia a la compresión, y del mortero de pega, se procede a ingresar el modelo de AutoCAD y los datos de resistencias al software de Análisis Estructural.

Una vez que se ingresa en el programa, se escoge el sistema de análisis “Explicit Dynamics”, debido a que esta opción permite analizar modelos de estructuras sometidas a cargas en un corto tiempo de duración de la misma.

Se empieza por ingresar los materiales que se utilizará, siendo estos el ladrillo, el mortero de pega y el acero, cada material se ingresa por separado, ingresando a la pestaña de “Engineering Data”.

Ingresados los datos de los materiales, se continúa con el ingreso de la geometría en la pestaña “Geometry”, se realiza la exportación del modelo hecho en AutoCAD, hacia el software de Análisis Estructural. Ya ingresados los datos de materiales y la geometría del muro de mampostería, se procede asignar los atributos a los elementos que conforman el modelo que se va a analizar y las cargas que se le aplica a este modelo, esto se lo realiza en la pestaña de “Model”.

A continuación, en las imágenes 60 y 61, se puede apreciar el ingreso de datos de los materiales, tanto del mortero de pega, como del ladrillo.

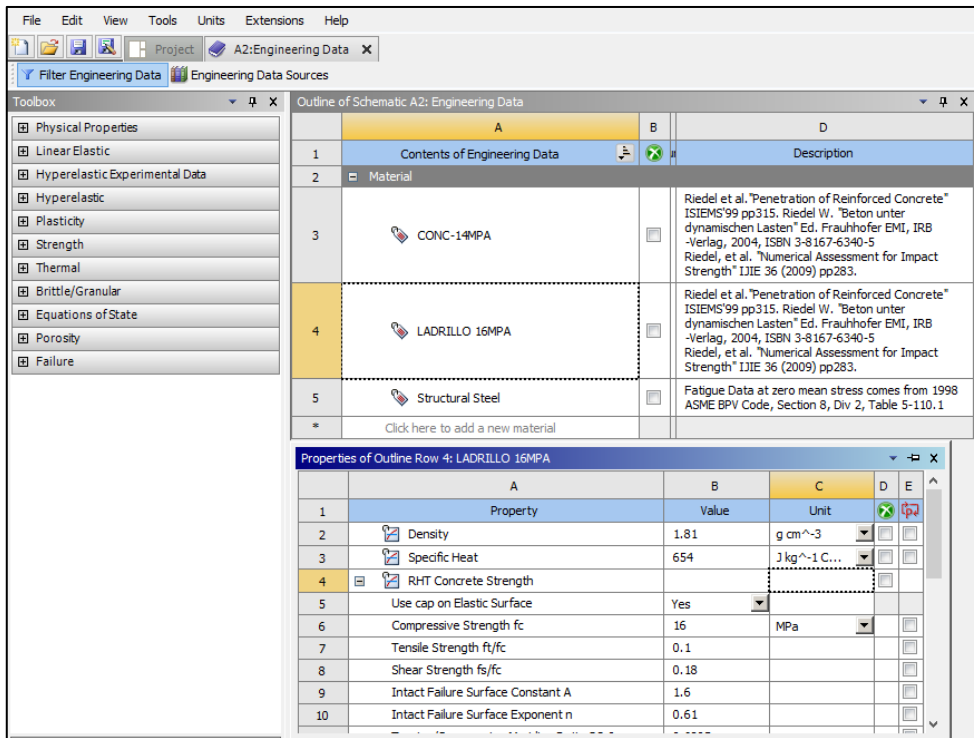


Figura 60. Ingreso de datos de materiales.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

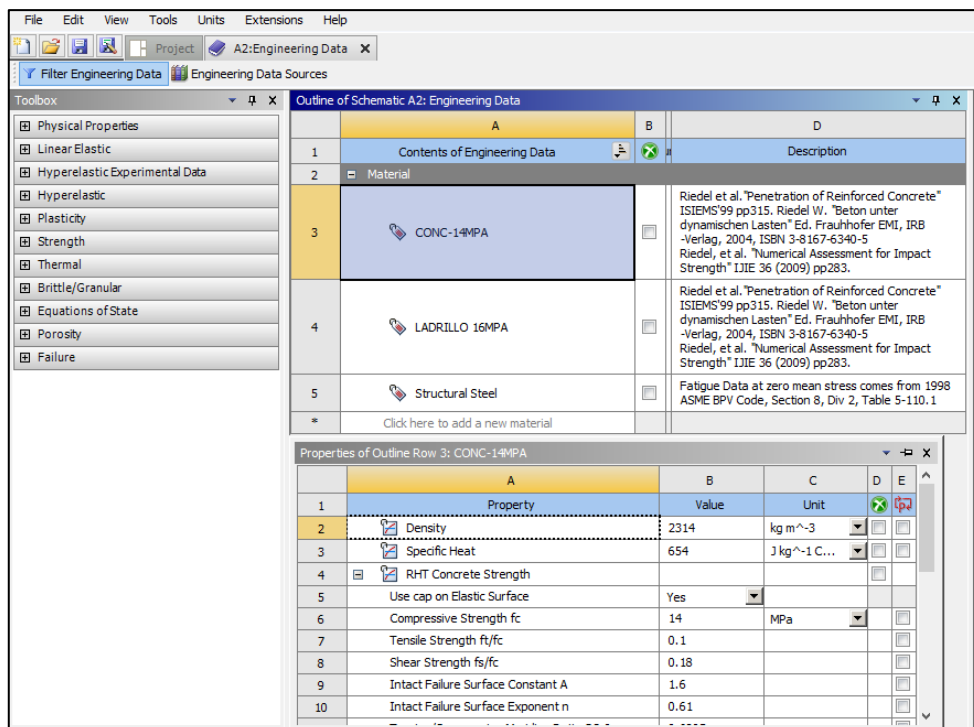


Figura 61. Ingreso de datos de materiales.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

**Tercero:** Una vez definidos los materiales y las cargas que serán aplicadas, se ingresa las condiciones de cálculo, y se realiza el mallado del modelo y de las áreas de contacto, esto se lo realiza en la función “Model”; luego se ejecuta la revisión del modelo digital en el software y se detalla cuáles son los resultados que pretendemos que nos genere el programa en el reporte, ya con esto definido se hace correr el programa y se genera los resultados para poder visualizarlos, esto se lo realiza en la pestaña “Results”.

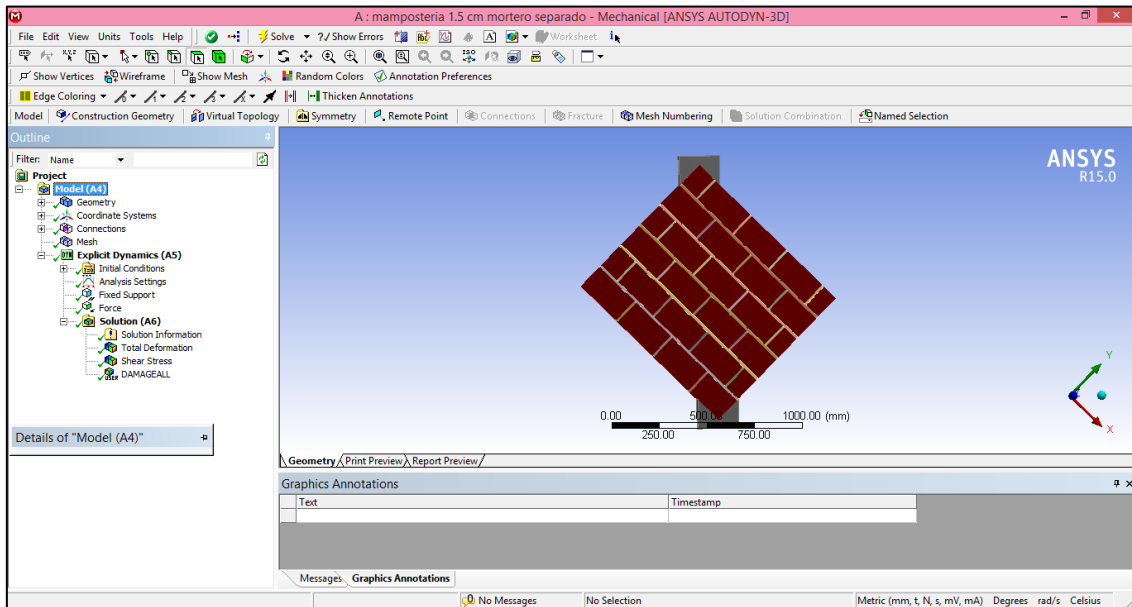


Figura 62. Modelo listo para analizar.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

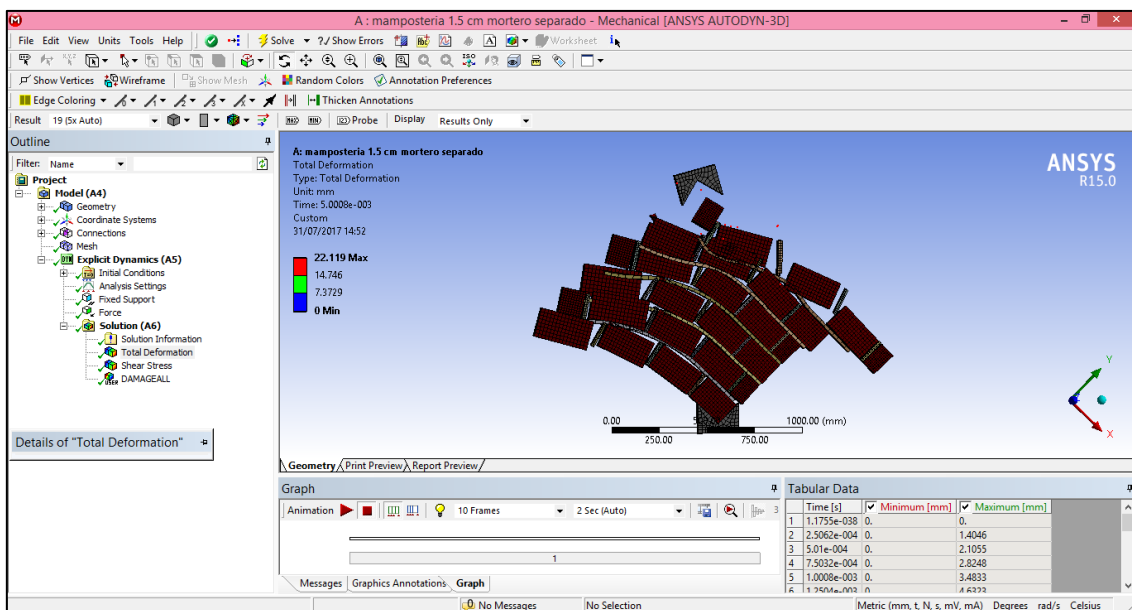


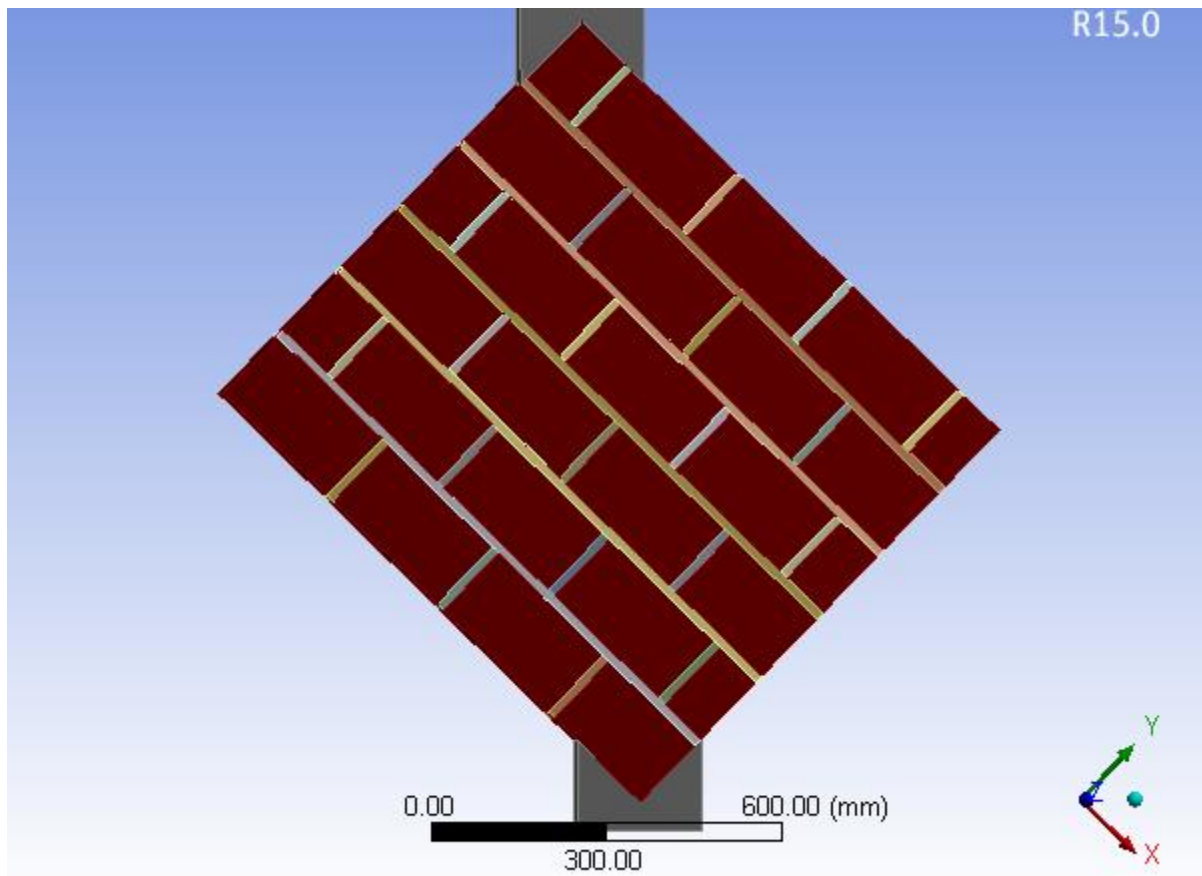
Figura 63. Modelo corrido.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

### Project

First Saved                      Saturday, January 21, 2017  
Last Saved                        Friday, August 4, 2017  
Product Version                15.0 Release  
Save Project Before Solution   No  
Save Project After Solution    No



### Contents

- **Units**
- **Model (A4)**
  - **Solution (A6)**
    - **Solution Information**
    - **Results**
    - **DAMAGEALL**

- **Material Data**
  - Structural Steel
  - CONC-14MPa
  - LADRILLO 16MPa

## Units

Unidades	Metric (mm, t, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angulo	Degrees
Velocidad Rotacional	rad/s
Temperatura	Celsius

## Solución (A6)

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Information	
Status	Done

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
Display Filter During Solve	Yes

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	<i>Total Deformation</i>	<i>Shear Stress</i>
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Shear Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Orientation		XY Plane
Coordinate System		Global Coordinate System
Results		
Minimum	0. mm	-0.37977 MPa
Maximum	8.6245 mm	0.35693 MPa
Minimum Occurs On	ACERO2	Solid

Maximum Occurs On	ACERO1	Solid
Minimum Value Over Time		
Minimum	0. mm	-0.44899 MPa
Maximum	0. mm	0. MPa
Maximum Value Over Time		
Minimum	0. mm	0. MPa
Maximum	8.6245 mm	0.59153 MPa
Information		
Time	5.0001e-003 s	
Set	21	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged
Average Across Bodies		No

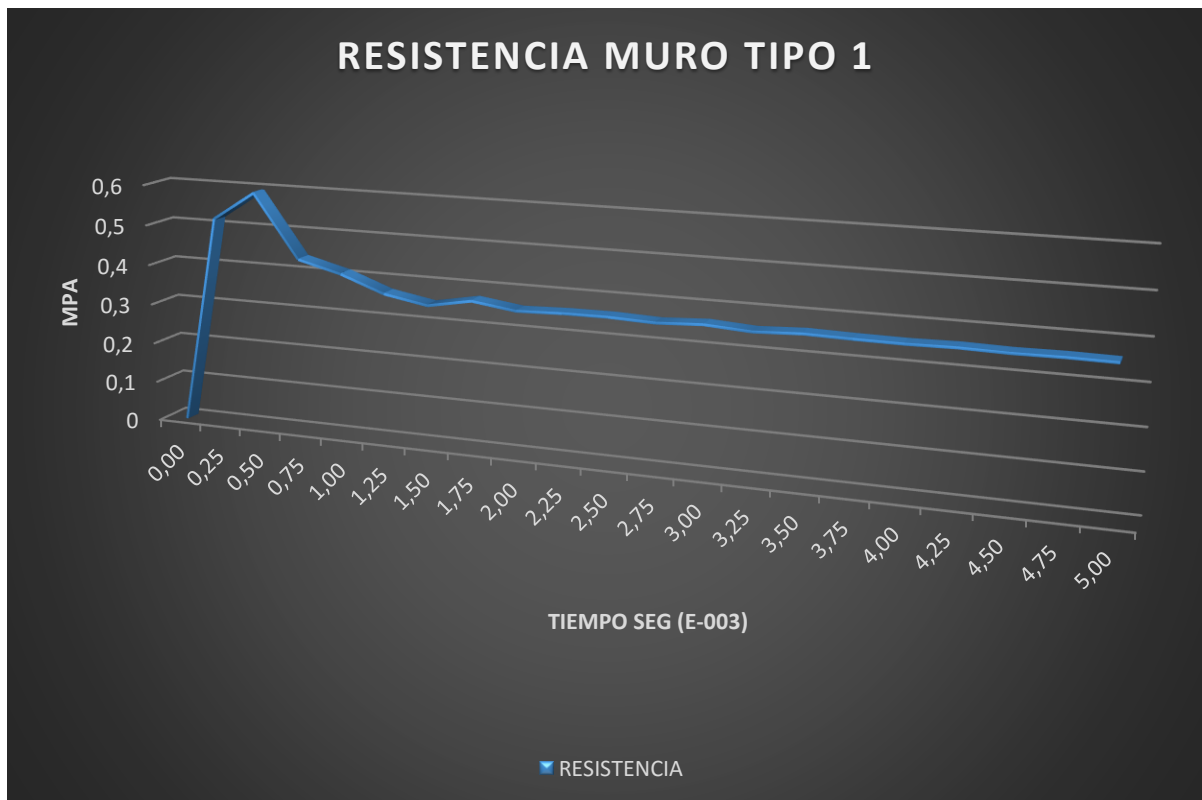


Figura 64. Shear Stress

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

Tabla 19. Shear Stress

X e-003	MPa
0,00	0
0,25	0,5212
0,50	0,59153
0,75	0,43595
1,00	0,40834
1,25	0,36849
1,50	0,34923
1,75	0,36948
2,00	0,35463
2,25	0,35844
2,50	0,35921
2,75	0,35523
3,00	0,36119
3,25	0,35436
3,50	0,35974
3,75	0,35753
4,00	0,35658
4,25	0,35869
4,50	0,35659
4,75	0,35807
5,00	0,35693

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

## Datos de materiales

### **Structural Steel**

Structural Steel > Constants

Density	7.5e-011 tonne mm <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.34e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

### **CONC-14MPa**

CONC-14MPa > Constants

Density	2.314e-009 tonne mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	14



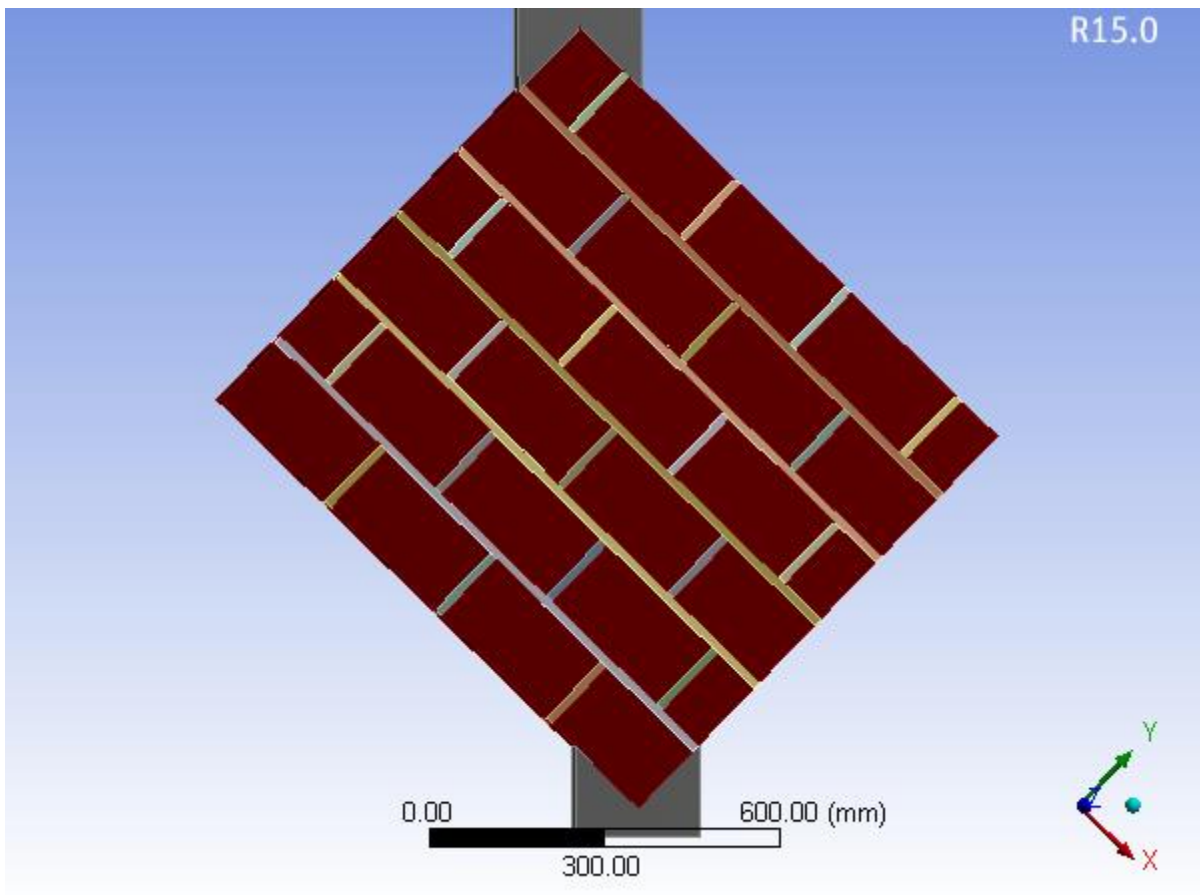
## **LADRILLO 16MPa**

LADRILLO 16MPa > Constants

Density	1.5e-009 tonne mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	16

### Project

**First Saved** Saturday, January 21, 2017  
**Last Saved** Sunday, August 6, 2017  
**Product Version** 15.0 Release  
**Save Project Before Solution** No  
**Save Project After Solution** No



### Contents

- Units
- Model (A4)
  - Solution (A6)
    - Solution Information
    - Results
    - DAMAGEALL

- **Material Data**
  - Structural Steel
  - CONC-14MPa
  - LADRILLO 14MPa

## Units

Unidades	Metric (mm, t, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angulo	Degrees
Velocidad Rotacional	rad/s
Temperatura	Celsius

## Solución (A6)

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Information	
Status	Done

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
Display Filter During Solve	Yes

Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	<i>Total Deformation</i>	<i>Shear Stress</i>
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Shear Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Orientation		XY Plane
Coordinate System		Global Coordinate System
Results		
Minimum	0. mm	-0.33612 MPa
Maximum	8.673 mm	0.32375 MPa
Minimum Occurs On	ACERO2	Solid

Maximum Occurs On	ACERO1	Solid
Minimum Value Over Time		
Minimum	0. mm	-0.44849 MPa
Maximum	0. mm	0. MPa
Maximum Value Over Time		
Minimum	0. mm	0. MPa
Maximum	8.673 mm	0.46567 MPa
Information		
Time	5.0001e-003 s	
Set	21	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged
Average Across Bodies		No

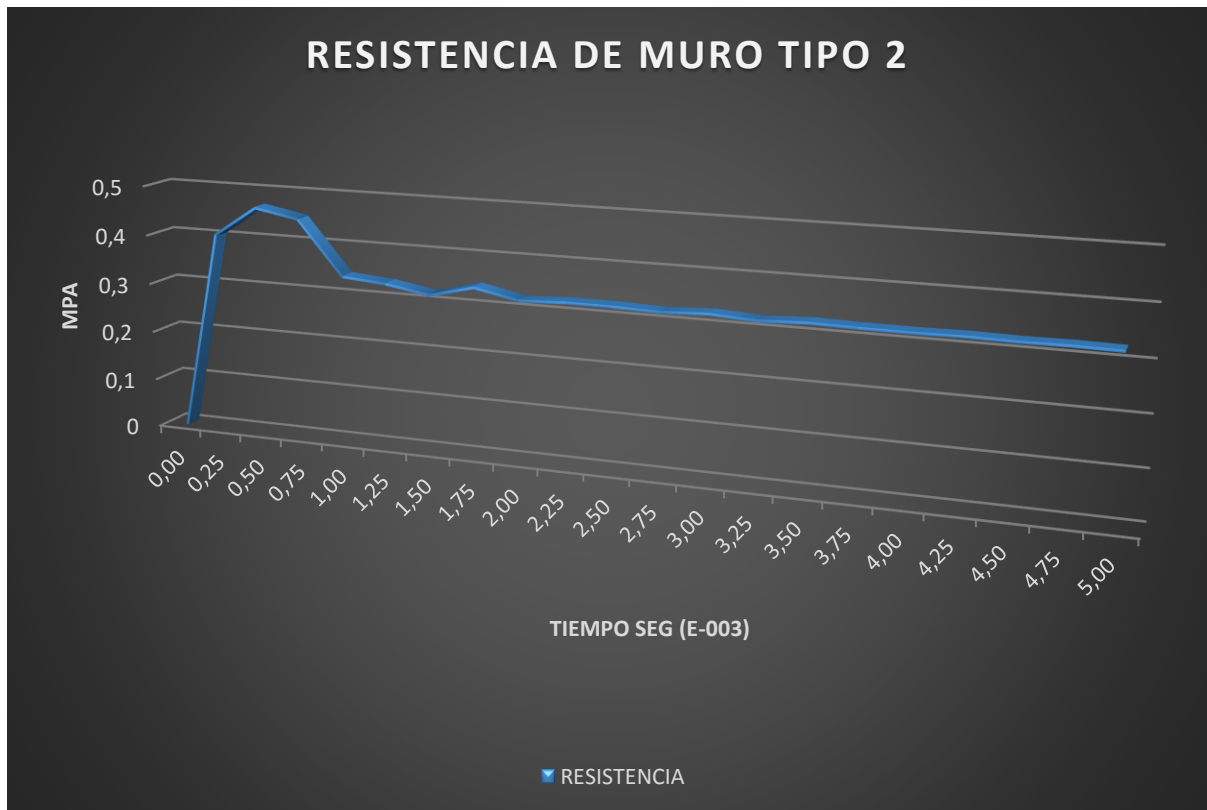


Figura 65. Shear stress

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

Tabla 20. Shear Stress

X e-003	MPa
0,00	0
0,25	0,40568
0,50	0,46567
0,75	0,44897
1,00	0,34018
1,25	0,33316
1,50	0,31802
1,75	0,34048
2,00	0,32197
2,25	0,32576
2,50	0,32563
2,75	0,32287
3,00	0,3274
3,25	0,32205
3,50	0,32627
3,75	0,32446
4,00	0,32397
4,25	0,32525
4,50	0,32381
4,75	0,32491
5,00	0,32375

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

## Datos de materiales

### **Structural Steel**

#### Structural Steel > Constants

Density	7.5e-011 tonne mm <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.34e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

### **CONC-14MPa**

#### CONC-14MPa > Constants

Density	2.314e-009 tonne mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	14

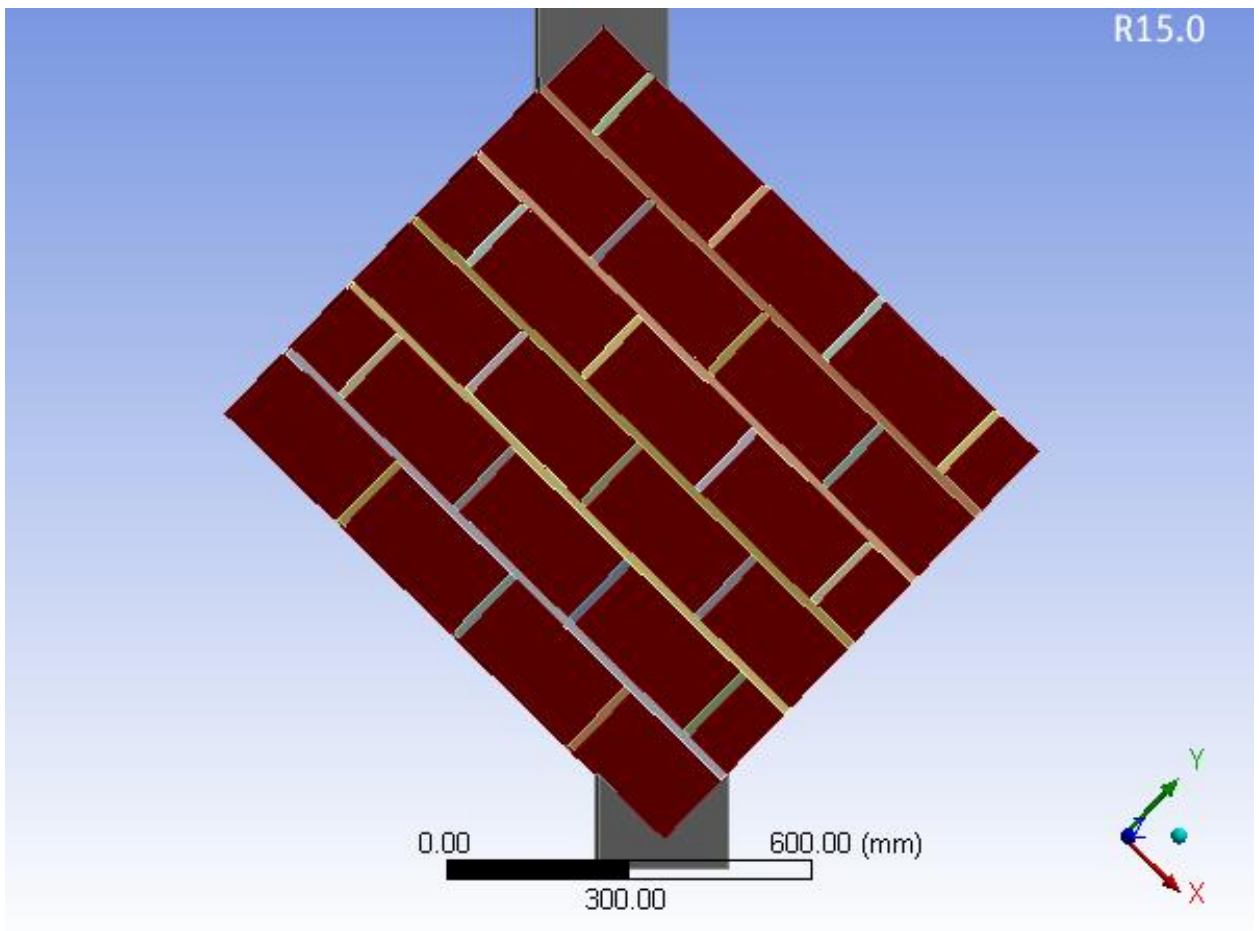
## **LADRILLO 14MPa**

LADRILLO 14MPa > Constants

Density	1.5e-009 tonne mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	14

### Project

First Saved                      Saturday, January 21, 2017  
Last Saved                        Monday, August 7, 2017  
Product Version                15.0 Release  
Save Project Before Solution   No  
Save Project After Solution    No



### Contents

- Units
- Model (A4)
  - Solution (A6)
    - Solution Information
    - Results
    - DAMAGEALL

- **Material Data**
  - Structural Steel
  - CONC-14MPa
  - LADRILLO 5MPa

## Units

Unidades	Metric (mm, t, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angulo	Degrees
Velocidad Rotacional	rad/s
Temperatura	Celsius

## Solución (A6)

### Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
Information	
Status	Done

### Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
Solution Information	
Solution Output	Solver Output
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
Display Filter During Solve	Yes

### Model (A4) > Explicit Dynamics (A5) > Solution (A6) > Results

Object Name	<i>Total Deformation</i>	<i>Shear Stress</i>
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Total Deformation	Shear Stress
By	Time	
Display Time	Last	
Calculate Time History	Yes	
Identifier		
Suppressed	No	
Orientation		XY Plane
Coordinate System		Global Coordinate System
Results		
Minimum	0. mm	-0.16844 MPa
Maximum	8.7441 mm	0.23507 MPa
Minimum Occurs On	ACERO2	Solid
Maximum Occurs On	ACERO1	Solid
Minimum Value Over Time		
Minimum	0. mm	-0.30257 MPa



Maximum	0. mm	0. MPa
Maximum Value Over Time		
Minimum	0. mm	0. MPa
Maximum	8.7441 mm	0.26895 MPa
Information		
Time	5.0001e-003 s	
Set	21	
Integration Point Results		
Display Option		Averaged
Average Across Bodies		No



Figura 66. Shear Stress

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

Tabla 21. Shear Stress

X e-003	MPa
0,00	0
0,25	0,26895
0,50	0,22334
0,75	0,18981
1,00	0,24568
1,25	0,23271
1,50	0,19874
1,75	0,23275
2,00	0,23998
2,25	0,19282
2,50	0,23226
2,75	0,23869
3,00	0,19353
3,25	0,23128
3,50	0,23387
3,75	0,2008
4,00	0,22629
4,25	0,23406
4,50	0,20502
4,75	0,22281
5,00	0,23507

Fuente: Software de Análisis Estructural

Elaboración: El Autor

## Datos de materiales

### **Structural Steel**

#### Structural Steel > Constants

Density	7.5e-011 tonne mm <sup>3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.34e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

### **CONC-14MPa**

#### CONC-14MPa > Constants

Density	2.314e-009 tonne mm <sup>3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	14

## **LADRILLO 5MPa**

LADRILLO 5MPa > Constants

Density	1.5e-009 tonne mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	6.54e+008 mJ tonne <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Compressive Strength fc MPa	5

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### 4.1 Resultados de ladrillos y muros de mampostería.

En lo referente a los ladrillos Tipo 1, Tipo 2, y Tipo 3, en la tabla 22, se podrá visualizar las resistencias a compresión de cada tipo de ladrillo, la cual indica que el ladrillo Tipo 1, es el ladrillo que más resistencia tiene.

Tabla 22. Resultados de resistencias ladrillo tipo 1, 2 y 3.

	RESISTENCIAS (Mpa)		
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
1	18,02	11,52	5,96
2	14,06	14,22	4,53
3	15,74	14,47	4,47
4	15,15	15,07	4,48
5	16,30	13,30	4,49
<b>Promedio:</b>	<b>15,86</b>	<b>13,72</b>	<b>4,79</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

Se ha realizado también el pesaje de los ladrillos, tanto antes de quemar, en el caso de los ladrillos tipo 1 y 2, como después de quemar esto es en los ladrillos tipo 1, 2, y 3, en la tabla 23 se observa que el ladrillo Tipo 3, es el más liviano, y el ladrillo Tipo 1, es el más pesado. Es necesario señalar, que el ladrillo Tipo 3, está compuesto por un corrector para disminuir el peso del ladrillo, este corrector es el aserrín, los productores artesanales de Catamayo lo utilizan en todas sus mezclas.

Tabla 23. Resultados de pesos de ladrillos.

	PESOS (Kg)		
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
SIN QUEMAR	5,24	5,25	-
QUEMADO	4,83	4,92	4,18

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

A continuación, en la tabla 24, se verán los resultados del ensayo de densidades de cada tipo de ladrillo, tanto del ladrillo Tipo 1, procedente de las minas de Malacatos, del ladrillo Tipo 2, procedente de las minas de Catamayo, y del ladrillo artesanal Tipo 3, también procedente de las minas de Catamayo. Los resultados indican que el ladrillo Tipo 1, es el que más densidad tiene, y el ladrillo Tipo 3, es el que menor densidad posee.

Tabla 24. Resultados de densidades de ladrillos.

	<b>DENSIDADES (gr/cm<sup>3</sup>)</b>		
	<b>TIPO 1</b>	<b>TIPO 2</b>	<b>TIPO 3</b>
1	1,65	1,73	1,48
2	1,63	1,75	1,56
3	1,92	1,68	1,52
4	1,94	1,70	1,53
5	1,89	1,58	1,56
<b>Promedio:</b>	<b>1,81</b>	<b>1,69</b>	<b>1,53</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

En la tabla 25 se pondrá a consideración los resultados de la densidad de cada tipo de ladrillo, y la resistencia a compresión de los mismos, se compara los resultados de ambos ensayos y se puede decir que la densidad está directamente relacionada con la resistencia, ya que el ladrillo Tipo 1 tiene una densidad de 1,81 gr/cm<sup>3</sup> y una resistencia de 15,86 MPa; el ladrillo Tipo 2 tiene una densidad de 1,69 gr/cm<sup>3</sup> y una resistencia de 13,72 MPa, y el ladrillo Tipo 3 tiene una densidad de 1,53 gr/cm<sup>3</sup> y una resistencia de 4,79 gr/cm<sup>3</sup>; esto nos dice que mientras más alta sea la densidad del ladrillo, este resiste más carga en el momento que sea aplicada una fuerza de compresión.

Tabla 25. Densidades vs Resistencia a compresión de los tipos de ladrillo.

<b>DENSIDAD VS RESISTENCIA</b>		
Ladrillo	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Resistencia (MPa)
Tipo 1	1,81	15,86
Tipo 2	1,69	13,72
Tipo 3	1,53	4,79

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

Ya obtenidos los resultados de los ensayos de compresión diagonal de cada uno de los muros de mampostería, de los diferentes tipos de ladrillos, se procede a visualizar los resultados en la tabla 26, estos resultados arrojan que los muros que son construidos con el ladrillo Tipo 1 tienen una mayor resistencia a la compresión diagonal, con un promedio de 0,4298 MPa, también se observa los ensayos de compresión simple de los cubos del mortero de pega que fue utilizado en la elaboración de las paredes de mampostería (tabla 27). Se realizó la construcción de 3 muros de mampostería por cada

tipo de ladrillo, es decir, se elaboró un total de 9 muros, y el mortero de pega se lo muestreó de toda la mezcla en conjunto, sacando un cubo por cada muro, en el momento de extraer los cubos de los moldes, dos de ellos tuvieron fallas, así que estos dos se descartaron, por lo que se muestra los resultados de los ensayos a compresión de 7 cubos del mortero de pega, utilizado en la construcción de los muros de mampostería, los cuales arrojan una resistencia a la compresión de 13,99 MPa.

Tabla 26. Resultados de compresión diagonal y tipo de falla.

<b>Resistencia a compresión diagonal</b>			
<b>MURETE</b>	<b>kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>MPa</b>	<b>Tipo de falla</b>
TIPO 1	4,9304	0,4835	deslizamiento
TIPO 1	3,5061	0,3438	tensión diagonal en juntas
TIPO 1	4,7113	0,4620	tensión diagonal en juntas
	<b>4,3826</b>	<b>0,4298</b>	
TIPO 2	3,0678	0,3009	tensión diagonal en juntas
TIPO 2	3,3965	0,3331	tensión diagonal en juntas
TIPO 2	3,8348	0,3761	tensión diagonal en juntas
	<b>3,4330</b>	<b>0,3367</b>	
TIPO 3	1,2052	0,1182	tensión diagonal en juntas
TIPO 3	1,3148	0,1289	tensión diagonal en juntas
TIPO 3	1,9722	0,1934	tensión diagonal en juntas
	<b>1,4974</b>	<b>0,1468</b>	

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

Tabla 27. Resultados de compresión simple de cubos de mortero.

<b>ROTURA DE CUBOS MORTERO DE PEGA</b>							
<b>Cubo</b>	<b>Largo(cm)</b>	<b>Ancho(cm)</b>	<b>Altura(cm)</b>	<b>Área(cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Peso(gr)</b>	<b>Carga(Kg)</b>	<b>f'c(Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	5,23	4,86	5,44	25,42	274,05	3760,00	147,93
2	5,26	4,80	5,39	25,25	265,96	3740,00	148,13
3	5,11	4,95	5,25	25,29	259,14	2960,00	117,02
4	5,30	4,75	5,43	25,18	265,48	3560,00	141,41
5	5,18	5,00	5,20	25,90	264,35	3480,00	134,36
6	5,20	4,76	5,30	24,75	261,59	3700,00	149,48
7	5,19	4,93	5,38	25,59	264,94	3620,00	141,48
							<b>139,97</b>

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

## 4.2 Resultados modelación de muros de mampostería.

A continuación, se visualizará los resultados del software de Análisis Estructural para cada clase muro conformado por los diferentes tipos de ladrillos, es decir para ladrillo Tipo 1 cuya resistencia es de 16 MPa, el ladrillo Tipo 2 cuya resistencia es de 14 MPa, y el ladrillo Tipo 3 cuya resistencia es de 5 MPa. Obteniendo resistencias mayores para los muros que están conformados por el ladrillo Tipo 1, que tiene procedencia de Malacatos.

Los datos que se ingresó en los elementos de mortero de pega fueron los resultados de la resistencia a compresión de los cubos de mortero que se visualizan en la tabla 27, la cual nos da un promedio de resistencia de 14 MPa.



Figura 67. Resistencia ladrillo tipo 1.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor





Figura 68. Resistencias ladrillo tipo 2.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor



Figura 69. Resistencias ladrillo tipo 3.

Fuente: Autor

Elaboración: El Autor

Tabla 28. Tabla de resistencia de compresión de muros de mampostería tipo 1,2 y 3.

<b>Resistencia a compresión diagonal</b>		
<b>MURETE</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>MPa</b>
TIPO 1	5,9	0,59
TIPO 2	4,6	0,46
TIPO 3	2,6	0,26

Fuente: El Autor

Elaboración: El Autor

### **4.3 Análisis de resultados y discusión.**

La presente investigación consistió en la manufacturación de los ladrillos Tipo 1 y Tipo 2, que son basados en las tesis “Optimización de las mezclas para la fabricación de ladrillos artesanales en la región de Malacatos” el Tipo 1; y “Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo” el Tipo 2 y Tipo 3, cabe indicar que el ladrillo Tipo 3 no se lo ha manufacturado, debido a que ese ladrillo se lo toma como punto de comparación con el ladrillo 1 y 2, ya que este ladrillo es el más comercializado en la zona de estudio que es la ciudad y provincia de Loja.

En el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Técnica Particular de Loja, se realizó ensayos de resistencia a compresión de los ladrillos Tipo 1, 2, y 3, de los cuales se obtuvo los resultados deseados y pudimos comparar y asemejar con los resultados de las tesis en los que fueron basados, una vez que se consiguió los resultados esperados, se procedió a realizar la construcción de los muros de mampostería, el cual es uno de los objetivos primordiales por el cual se realizó este estudio, se realizó la construcción de estos muros con los tres tipos de ladrillos, se realizó un curado húmedo, de acuerdo a lo que nos manda la norma ecuatoriana de la construcción, y pasados los 28 días de curado se procedió a ensayar estos muros, una vez ensayados y con los datos reales, se procede a calcular la resistencia a compresión diagonal de cada uno de los muros de mampostería, una vez realizado el cálculo, estos arrojaron que, los muros de mampostería construidos con los ladrillos Tipo 1 son los que más carga a la compresión resistieron con un promedio de 0,4298 MPa, seguidos de los muros construidos con los ladrillos Tipo 2, con una resistencia a la compresión diagonal de 0,3367 MPa; y por último, los muros que más baja resistencia nos dieron fueron los que se construyó con los ladrillos Tipo 3, con una resistencia promedio de 0,1468 MPa (tabla 26). De la misma manera estos resultados son semejantes a la modelación en el software de Análisis Estructural, que prácticamente arrojaron datos que ponen a los muros que fueron construidos con el ladrillo Tipo 1, como los que resisten más carga

de compresión diagonal, con un promedio de 0,59 MPa, seguidos de los ladrillos Tipo 2 con una resistencia de 0,46 MPa, y el Tipo 3 con una resistencia de 0,26 MPa; en la tabla 29, se podrá apreciar los resultados de mayor resistencia tanto del laboratorio como del software de Análisis Estructural.

Cabe indicar que tanto como los resultados de los muros de mampostería ensayados en la prensa, como los modelados en el software de Análisis Estructural, tienen una variación de 32,5 %, esto es debido al que el software de análisis estructural toma todos los ladrillos como que tuvieran la resistencia de 16 MPa, 14 MPa, y 5 MPa, de los ladrillos Tipo 1, Tipo 2 y Tipo 3, en cambio en los ensayos que se realizó, nos presentaron resultados variables de cada tipo de ladrillo, es decir, que su resistencia varía en cada ladrillo, y se tomó una resistencia promedio de entre 5 unidades, esto de cada tipo de ladrillo, para poder hacer la modelación en el software.

Tabla 29. Resultados de las resistencias de muros de mampostería

<b>RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL</b>				
	<b>ENSAYOS DE LABORATORIO(MPa)</b>	<b>SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL(MPa)</b>	<b>DIFERENCIA</b>	<b>% DIFERENCIA</b>
<b>TIPO 1</b>	0,43	0,59	0,16	27,15
<b>TIPO 2</b>	0,34	0,46	0,12	26,80
<b>TIPO 3</b>	0,15	0,26	0,11	43,54
			Promedio:	32,50

Fuente: El autor

Elaboración: El Autor

En base a estos resultados se puede decir que, tanto en los ensayos de laboratorio como en las modelaciones hechas con el software de Análisis Estructural, obtengo que los muros de mampostería contruidos con los ladrillos Tipo 1, tienen un mejor comportamiento en el momento en que sea aplicada una fuerza de origen natural o que pueda ser originada por acción del hombre.

En lo referente al tipo de falla que presentaron los muros en el momento de realizar el ensayo de compresión diagonal, se puede afirmar que 8 de los 9 muros presentaron una falla por “tensión diagonal en juntas”, lo cual se produce por la falla de adherencia ladrillo-mortero; y el muro restante presenta una “falla por deslizamiento” (tabla 26), esto debido a que se produce una falla entre los ladrillos y el mortero, produciéndose el desprendimiento de una junta horizontal.

## CONCLUSIONES

Al terminar la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- Los muros de mampostería que fueron construidos con el ladrillo Tipo 1, cuyos materiales provienen de las minas de Malacatos, presentan un mejor performance en el momento de aplicar una carga diagonal de compresión en la prensa hidráulica, tal como lo muestra la tabla 29, dando un resultado de resistencia a la compresión  $f'c = 0,43$  MPa.
- En el análisis de los muros mediante la utilización del software, los muros que son modelados con el ladrillo Tipo 1, obtienen una mejor performance al ser aplicada una fuerza diagonal, tal como lo muestra la tabla 29, dando un resultado de  $f'c = 0,59$  MPa.
- Como se puede visualizar en la tabla 29, los muros de mampostería construidos con el ladrillo Tipo 2 y Tipo 3, dieron los resultados más bajos en el momento de ser aplicada una carga de compresión diagonal en la prensa hidráulica, con un promedio de resistencias de  $f'c = 0,34$  MPa y  $f'c = 0,15$  MPa, respectivamente; siendo los muros que son conformados por el ladrillo Tipo 3 los que menor carga resisten.
- De la misma manera en la modelación en el software de Análisis Estructural, de los muros compuestos por ladrillos Tipo 2 y Tipo 3, se tiene resultados de resistencia por debajo del ladrillo Tipo 1; esto es  $f'c = 0,46$  MPa y  $f'c = 0,26$  MPa, para los ladrillos Tipo 2 y 3 respectivamente (tabla 29).
- Se puede concluir que, en base a los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio, como en la modelación en el software de Análisis Estructural, los muros compuestos con los ladrillos Tipo 1, se comportan de mejor manera en el momento de ser aplicada una fuerza de compresión diagonal, obteniendo resistencias de  $f'c = 0,43$  MPa (ensayo de laboratorio) y  $f'c = 0,59$  MPa (modelación del software). Por lo que el ladrillo Tipo 1 se puede recomendar a los constructores para que sean usados en sus obras, puesto que presentan mejores resultados en los ensayos individuales de resistencia a la compresión, como al ensayo de resistencia a la compresión diagonal.

- Con los resultados mencionados en la tabla 29, se puede afirmar que con el ladrillo Tipo 3, que son los más utilizados en las construcciones a nivel regional, y que son los compuestos principales de los muros de mampostería; no contamos con la suficiente seguridad, debido a que en el momento que se les aplica una carga, estos tienen una reacción muy débil y tienen una falla temprana, obteniendo resistencias de  $f'c = 0,15$  MPa (ensayo de laboratorio) y  $f'c = 0,26$  MPa (modelación del software).
- La imagen 67, indica que el muro compuesto por ladrillo Tipo 1, se comporta de tal manera que llega a su límite plástico en el momento que se aplica una fuerza de compresión de  $f'c = 0,59$  MPa, luego de eso la curva de resistencia a la compresión diagonal en relación al tiempo, se comporta de una manera constante hasta la falla total del muro.
- La imagen 68, indica que el muro compuesto por ladrillo Tipo 2, se comporta de tal manera que llega a su límite plástico en el momento que se aplica una fuerza de compresión de  $f'c = 0,46$  MPa, luego de eso la curva de resistencia a la compresión diagonal en relación al tiempo, se comporta de una manera constante hasta la falla total del muro.
- La imagen 69, indica que el muro compuesto por ladrillo Tipo 3, se comporta de tal manera que llega a su límite plástico en el momento que se aplica una fuerza de compresión de  $f'c = 0,26$  MPa, luego de eso la curva de resistencia a la compresión diagonal en relación al tiempo, se comporta de una manera constante hasta la falla total del muro.
- Los ladrillos Tipo 1 y 2, que fueron fabricados en los laboratorios de la Universidad Técnica Particular de Loja, soportaron una carga que nos da una resistencia de 15,86 MPa y 13,72 MPa, respectivamente, y una densidad de 1,81 gr/cm<sup>3</sup>, para el ladrillo Tipo 1 y una densidad de 1,69 gr/cm<sup>3</sup>, con lo cual se verificó los datos tomados de las tesis en los que fueron basados.
- Los ladrillos Tipo 3, que fueron adquiridos en las ladrilleras artesanales de Catamayo, son los que menos resistencia a la compresión soportaron, con un promedio de 4,79 MPa, de la misma manera obtuve una densidad de 1,53 gr/cm<sup>3</sup>, de esta manera también se verificó los datos de la tesis en el cual fueron basados.

- Las densidades son directamente proporcionales a las resistencias de los ladrillos, mientras mayor densidad de los ladrillos se tiene, es mayor la resistencia a la compresión que estos alcanzan, esto se puede apreciar en la tabla 25.

## RECOMENDACIONES

A continuación, se dará algunas recomendaciones, con el fin de mejorar la producción de ladrillos artesanales y se tengan en cuenta en futuras investigaciones.

- Los materiales que son utilizados en la fabricación de los ladrillos artesanales hechos por los productores tanto de las zonas de Malacatos y Catamayo, son materiales que contienen impurezas, debido a que no son tamizados, se recomienda capacitar a los productores artesanales para que procedan a realizar un tamizado a todo el material y así extraer las impurezas, de esta manera se logrará mejores resultados en los ensayos de resistencias a compresión de los ladrillos.
- Así mismo se recomienda disminuir el tiempo de quema de los ladrillos, esto basados en que en esta investigación se realizó unas quemas con un tiempo de 9 horas, obteniendo resultados satisfactorios; por consiguiente, se demostró que se puede bajar el tiempo de cocción y con esto se disminuye la contaminación que se produce por la combustión de la leña.
- Los ladrillos Tipo 1 que provienen de las minas de Malacatos, son ladrillos que no contienen correctores, se aconseja que se hagan estudios para introducir algún tipo de correctores, esto es para mejorar la quema del mismo y el peso final del ladrillo quemado.
- Es recomendable también ser muy cuidadosos en el proceso de secado del ladrillo Tipo 2, proveniente de las minas de Catamayo, ya que en el proceso investigativo se constató que el secado de los mismos es bien complejo, ya que se debe controlar la temperatura del ambiente, puesto que, si se los deja a una temperatura muy alta, estos tienden a presentar fisuras grandes.
- Se recomienda realizar una investigación que se dedique al estudio de la utilización de ladrillos huecos, ya que en base a otras investigaciones que se consultó y analizó a lo largo de este trabajo investigativo; puedo decir que, el uso de este tipo de ladrillos da mejores resultados de resistencia a la compresión diagonal, debido a que los huecos son rellenos con mortero y por esta razón obtenemos más resistencia, también pueden ser usados los huecos de los ladrillos para colocar refuerzos de acero, de esta manera se da más resistencia

a la compresión diagonal y las estructuras en las que están contruidos los muros de mampostería podrán resistir más cargas en el momento que estas sean aplicadas, ya sea mediante sismos y por cargas inducidas directamente por la mano del hombre.



## BIBLIOGRAFÍA

- Angles Pari, P. D. (2008). "Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla." Test. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Anónimo. (n.d.). Mampostería Antigua. In Mampostería Antigua.
- Añasco Yllpa, A. J. (1996). Determinación de la resistencia a compresión y del módulo de elasticidad de pilas de mampostería de barro y de concreto 1., 4–10.
- Ardón García, E. P., Dardón Orellana, M. E., & Torres Turcios, Á. A. (2007). "Guía para el control de calidad del diseño estructural y de la construcción de viviendas de una y dos plantas de mampostería de bloque de concreto." UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
- Baqueiro, F., Gómez, M., Rivera, V., & Marín, J. V. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto Determination of the diagonal compressive strength and the shear modulus of masonry constructed with hollow concrete blocks, 2, 41–50.
- Camicon, & Miduvi. (2014). Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural.
- COGUANOR. (2012). Método de ensayo. Determinación de la tracción diagonal (corte) en ensamblajes de mampostería, (502).
- Crespo Muñoz, S. L. (2012). Construcción de mampostería de bloque de pómez, mediante la prefabricación de macro elementos modulares. El Escorial, 34,56.
- Herrea, Angelica Maria, G. G. M. (2010). Manual de construcción de mampostería en concreto. Mampostería En Concreto, 166. Retrieved from [http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28\\_07-13-27103477.pdf](http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-28_07-13-27103477.pdf)
- INDECOPI, C. D. R. T. Y. (2010). Normas técnicas.
- Normalización, I. E. de. (2009). Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista, 2506.
- Orduña, A., & Ayala, G. (2001). Análisis no lineal de muros de mampostería confinada sujetos a cargas laterales. Ingeniería Civil, (11), 21–34.
- Pérez Castillo, J. G. (2016). La Universidad Católica de Loja. Loja.
- San Bartolomé, A., Mirlene, C., & Pontificia Universidad Católica del Perú. (2014). Efecto de cinco variables sobre la resistencia de la albañilería.
- Sánchez Quezada, L. R. (2016). Optimización de las mezclas para la fabricación de ladrillos artesanales en la región de Malacatos.
- Canchi Golondrino, J. C; Bonilla Campos, D. F. Gaviria Rojas, J. A; Giraldo López J. J.

(2008). Ensayos a compresión y tensión diagonal sobre muretes hechos a base de papel periódico reciclado y engrudo de almidón de yuca.

Tejeda Jacome, J; Silva Echartea, C. E. (2002). Estudio de Resistencias a Compresion Diagonal (Cortante), de Muretes de Mamposteria fabricados Con Materiales de La Zona Conurbada Colimavilla de Alvarez.

Acosta, D; Vivas, C; Castilla, E; Fernández, N. (2005). Sistema de muros de mampostería estructural confinada con perfiles de acero para la vivienda de bajo costo