



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE DE CONTACTO LADRILLO-
MORTERO Y LA RESISTENCIA DEL LADRILLO EN EL
DESARROLLO DE LAS DEFORMACIONES ELASTOPLÁSTICAS
DE LA MAMPOSTERÍA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTORES: JORGE DAVID RODAS PLAZA

JULIO ENRIQUE MOLINA CAMPOVERDE

DIRECTOR: ING. CARLOS JULIO CALLE CASTRO

CO-DIRECTOR: ING. CÉSAR DAVID CAJAMARCA ZÚÑIGA

CUENCA-ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

**INFLUENCIA DE LA SUPERFICIE DE CONTACTO LADRILLO-
MORTERO Y LA RESISTENCIA DEL LADRILLO EN EL
DESARROLLO DE LAS DEFORMACIONES ELASTOPLÁSTICAS
DE LA MAMPOSTERÍA.**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.**

AUTORES: JORGE DAVID RODAS PLAZA.

JULIO ENRIQUE MOLINA CAMPOVERDE.

DIRECTOR: ING. CARLOS JULIO CALLE CASTRO.

CO-DIRECTOR: ING. CÉSAR DAVID CAJAMARCA ZÚÑIGA

CUENCA - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Jorge David Rodas Plaza portador de la cédula de ciudadanía N.º 0105120521 y Julio Enrique Molina Campoverde portador de la cedula de ciudadanía N.º 0104931407. Declaramos ser los autores de la obra: **“Influencia de la superficie de contacto ladrillo-mortero y la resistencia del ladrillo en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 24 de abril del 2023.

F: 

Jorge David Rodas Plaza

0105120521

F: 

Julio Enrique Molina Campoverde

0104931407

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Carlos Julio Calle Castro Mgtr con CI: 0300955937 en calidad de director de tesis certifico que el proyecto **“Influencia de la superficie de contacto ladrillo–mortero y la resistencia del ladrillo en el desarrollo de las deformaciones elasto-plásticas de la mampostería.”**, fue realizado por los estudiantes Jorge David Rodas Plaza y Julio Enrique Molina Campoverde, bajo mi supervisión.

Cuenca, 24 de abril del 2023.



.....
Ing. Carlos Julio Calle Castro Mgtr.

DIRECTOR.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a Dios, quien ha guiado mi camino para ser un hombre de bien, a mis abuelos que fueron ejemplo de perseverancia y dedicación quienes siempre soñaron por ver a su familia triunfar. De igual manera a mis padres quienes me apoyaron desde pequeño y me guiaron con su conocimiento y sabiduría, sé que hicieron lo mejor que podían con lo que tenían. A mi tía Noemi quien fue un pilar muy importante en todas las etapas de mi vida, por darme ese amor tan grande. A mis hermanos, amigos y personas que formaron parte de mi vida, por ayudarme a crecer como persona.

Agradezco a la Unidad Académica, a los docentes que impartieron su conocimiento como sus valores, de manera especial al Ingeniero David Cajamarca por guiarnos en nuestro proyecto con sus conocimientos y al Ingeniero Carlos Julio Calle por ser nuestro tutor.

Jorge D, Rodas.

Dedico este trabajo de investigación a mis padres por el apoyo incondicional, a mis hermanos y amigos por la compañía en este proceso de formación.

Julio E, Molina.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos a nuestro co-director y director por su dedicación y compromiso en guiarnos en este camino académico. Gracias a sus enseñanzas, hemos adquirido una comprensión profunda de los temas abordados en nuestra carrera, y hemos desarrollado habilidades valiosas que nos serán de gran ayuda en nuestra vida profesional. Su experiencia y conocimiento en la materia nos han ayudado a enriquecer nuestro aprendizaje y a fortalecer nuestra pasión por la disciplina que estudiamos.

A la Universidad Católica de Cuenca por su dedicación, compromiso y apoyo en nuestra formación académica. Sus conocimientos y enseñanzas serán un legado valioso que llevaremos con nosotros a lo largo de nuestra carrera profesional.

RESUMEN

Este trabajo es producto del Proyecto de Investigación PICVII19-87 y presenta los resultados del estudio de la influencia de la superficie de contacto ladrillo–mortero y la resistencia del ladrillo en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería. La investigación inicia con la recolección de ladrillos de fábricas ubicadas en las provincias: Loja, Azuay y Morona Santiago, con la finalidad de determinar los valores medios de resistencia a compresión de sus ladrillos y escoger dos fábricas de diferentes resistencias que representen la mejor opción en cuanto a parámetros geométricos y mecánicos, para estas dos fábricas se realizarán ensayos con la finalidad de obtener y analizar su comportamiento tenso-deformacional.

Se busca investigar la resistencia adhesiva normal y tangencial de los ladrillos y el mortero en probetas de mampostería con los ladrillos sin modificaciones y modificados. Los modelos simplificados tipo “cruz” y "trio" se utilizarán para determinar la resistencia adhesiva normal y tangencial, estos modelos se analizan por separado, siguiendo las normas ASTM C321-00 y Polyakov respectivamente. La metodología de modelos simplificados tipo “trio” es una alternativa a lo propuesto en la norma europea EN 1052-3:2002.

El proyecto finaliza con la comparación del comportamiento tenso-deformacional, la influencia de la superficie de contacto ladrillo-mortero y la resistencia del ladrillo en las deformaciones elastoplásticas de la mampostería.

Se concluye que los ladrillos perforados aumentan la resistencia del conjunto de mampostería y adoptan un comportamiento plástico, en comparación con los ladrillos sin perforar que tienen un comportamiento menos plástico, según los resultados obtenidos.

Palabras clave: pegablok, mampostería, modelos simplificados, modelos perforados

ABSTRACT.

This study is a product of the research project PICVII19-87 and presents the results of the study of the impact of the brick-mortar contact surface and its strength of it in the development of elastoplastic deformations of masonry. The research begins with the collection of bricks from factories located in the provinces of Loja, Azuay, and Morona Santiago to determine the average values of compressive strength of their bricks and to select two factories of different strengths that represent the best option, in terms of geometric and mechanical parameters. These two bricks will be tested to obtain and analyze their tensile-deformational behavior.

The aim is to investigate the normal and tangential adhesive resistance of bricks and mortar in masonry specimens with unmodified and modified bricks. Simplified "cross" and "trio" models were used to determine the normal and tangential adhesive strength and these models were separately analyzed according to ASTM C321-00 and Polyakov standards respectively. The simplified "trio" model methodology is an alternative to that proposed in the European standard EN 1052-3:2002.

Finally, the project concludes with a comparison of the stress-strain behaviors, the influence of the brick-mortar contact surface, and the brick strength on the elastoplastic deformations of the masonry.

It is concluded that perforated bricks increase the strength of the masonry assembly and adopt a plastic behavior compared to unperforated bricks which, according to the results obtained, show less plastic behavior.

Keywords: pegablok, masonry, simplified models, perforated models

ÍNDICE.

Capítulo 1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. El Problema.....	4
1.2.1 Formulación del Problema.....	4
1.2.2 Delimitación del Problema.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.4. Antecedentes.....	9
1.5. Objetivos.....	11
1.5.1 Objetivo General.....	11
1.5.2 Objetivos Específicos.....	11
Capítulo 2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Mampostería de Muros Confinados.....	12
2.2. Muros de Carga.....	13
2.3. Comportamiento de la mampostería a compresión uniaxial.....	13
2.4. Comportamiento a tracción uniaxial de la mampostería.....	14
2.5. Comportamiento Biaxial.....	15
2.6. Efectos sísmicos en edificios con mampostería.....	16
2.7. Resistencia y deformación plásticas de la mampostería.....	17
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Comparación de la normativa INEN y NEC.....	19
3.2. Análisis estadístico en lo que respecta a la geometría y resistencia.....	19
3.3. Parámetros de resistencia de unión normal y tangencial en modelos simplificados.....	20
3.3.1 Resistencia de unión tangencial en modelos tipos tríos.....	20
3.3.2 Resistencia de unión normal en modelos tipos cruz.....	21
3.3.3 Modificación de la superficie de contacto de los ladrillos mediante la perforación.....	22
CAPÍTULO 4. ESTUDIO EXPERIMENTAL CON LOS DIFERENTES TIPOS DE LADRILLOS Y EL COMPORTAMIENTO LADRILLO MORTERO.....	24

4.1	Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de las provincias de Azuay, Loja y Morona Santiago y comparación con la normativa técnica INEN y Normativa Ecuatoriana de la Construcción.....	24
4.1.1	Comparación con la normativa técnica INEN y Normativa Ecuatoriana de la Construcción.....	30
4.2	Análisis estadístico de la geometría y resistencia de los ladrillos.	33
4.2.1	Gráficos del comportamiento tensión deformación de los ladrillos seleccionados.....	48
4.3	Parámetros de resistencia normal y tangencial en los modelos simplificados.	50
4.3.1	Ensayo a compresión de los modelos simplificados tipo cruz.	50
4.3.2	Ensayo a compresión de los modelos simplificados tipo trio.....	53
4.4	Influencia de la perforación de orificios superficiales en el desempeño de los modelos simplificados a corte y tracción normal.	56
4.4.1	Ensayo a compresión de los modelos con orificios tipo cruz.....	57
4.4.2	Ensayo a compresión de los modelos con orificios tipo trio.	61
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		69
5.1	CONCLUSIONES	69
5.2	RECOMENDACIÓN	72
6	BIBLIOGRAFÍA.....	73

INDÍCE DE FIGURAS.

Figura 1: Elementos en muros de mampostería confinada.....	12
Figura 2: Agrietamiento de la mampostería por grietas escalonadas y verticales.	14
Figura 3: Arreglo propuesto para compresión uniaxial.....	14
Figura 4: Curvas experimentales tensión desplazamiento para tracción en dirección paralela a las juntas horizontales de mortero. (a) falla tipo 1; (b) falla tipo 2.	15
Figura 5: Modos de falla en muros de mampostería no reforzada.	16
Figura 6: Diseño de fractura de mampostería bajo la carga de corte (paralelo a la junta horizontal).....	17
Figura 7. Diseño de fractura de mampostería bajo la carga de corte (paralelo a la junta horizontal).....	18
Figura 8: Modelo tipo trio.	20
Figura 9: Modelo tipo cruz.	21
Figura 10: Modelo tipo cruz perforado.	22
Figura 11: Modelo tipo trio perforado.....	22
Figura 12: Nomenclatura de aristas de los ladrillos.	24
Figura 13: Resistencia a compresión de las fábricas de Azuay, Loja y Morona Santiago.	35
Figura 14: Resistencia a compresión de las fábricas del Azuay.....	36
Figura 15: Análisis estadístico de la longitud del ladrillo de la fábrica Falco del Azuay.	37
Figura 16: Análisis estadístico del ancho de la fábrica Falco del Azuay.	37
Figura 17: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Falco del Azuay.	38
Figura 18: Análisis estadístico de la longitud del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay.	38
Figura 19: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay. .	39
Figura 20: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay.	39
Figura 21: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.	40

Figura 22: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.	40
Figura 23: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.	41
Figura 24: Ensayo a compresión de los ladrillos de la fábrica de Sinchi.	42
Figura 25: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.	43
Figura 26: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.	43
Figura 27: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.....	44
Figura 28: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.	44
Figura 29: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.	45
Figura 30: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.....	45
Figura 31: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.	46
Figura 32: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.	46
Figura 33: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.	47
Figura 34: Ensayo a compresión de ladrillos de la fábrica de Pinduisaca.	48
Figura 35: Curva del comportamiento mecánico Fabrica Sinchi.....	49
Figura 36: Curva del comportamiento mecánico Fabrica Pinduisaca.....	49
Figura 37: Embalaje de los especímenes.....	50
Figura 38: Ensayo de los especímenes tipo cruz.....	51
Figura 39: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok.	52

Figura 40: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz Pinduisaca + Pegablok.	52
Figura 41: Ensayo promedio de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz Pinduisaca + Pegablok con Sinchi + Pegablok.....	53
Figura 42: Especímen tipo trio.	54
Figura 43: Ensayo de los especímenes tipo trio.	54
Figura 44: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Sinchi + Pegablok.	55
Figura 45: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Pinduisaca + Pegablok.	55
Figura 46: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Pinduisaca + Pegablok.	56
Figura 47: Especímenes tipo cruz perforado.....	57
Figura 48: Resultados a compresión de las cruces y tríos y perforados.....	57
Figura 49: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforado Sinchi + Pegablok.....	59
Figura 50: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforado Pinduisaca + Pegablok.....	59
Figura 51: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.	60
Figura 52: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.	60
Figura 53: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.	61
Figura 54: Especímenes tipo trio perforados.....	62
Figura 55: Ensayo de especímenes tipo trio perforados.....	62
Figura 56: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio perforado Sinchi + Pegablok.	63
Figura 57: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio perforado Pinduisaca + Pegablok.....	63

Figura 58: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado....	64
Figura 59: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado y sin perforar.	65
Figura 60: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado y sin perforar.	66
Figura 61: Resumen de ensayos de los especímenes tipo cruz sin modificar y perforados.	66
Figura 62: Resumen de ensayos de los especímenes tipo trio sin modificar y perforado.	67

INDÍCE DE TABLAS.

Tabla 1. Resultados de la geometría de los ladrillos del Azuay.	24
Tabla 2. Propiedades mecánicas de los ladrillos del Azuay.	25
Tabla 3. Resultados de la geometría de los ladrillos de Loja.	26
Tabla 4. Propiedades mecánicas de los ladrillos de Loja.	27
Tabla 5. Propiedades mecánicas de los ladrillos de Morona Santiago.	28
Tabla 6. Resultados de la geometría de los ladrillos de Morona Santiago.	28
Tabla 7. Resumen de datos estadísticos del Azuay.	33
Tabla 7. Resumen de datos estadísticos de Loja.	34
Tabla 8. Resumen de datos estadísticos de Morona Santiago.	35
Tabla 9. Datos estadísticos de la fábrica Falco (Azuay).	37
Tabla 10. Datos estadísticos de la fábrica Sinchi (Azuay).	38
Tabla 11. Datos estadísticos de la fábrica Viñanzaca (Azuay).	39
Tabla 12. Datos estadísticos de la fábrica Divino Niño (Azuay).	42
Tabla 13. Datos estadísticos de la fábrica El Artesano (Azuay).	44
Tabla 14. Datos estadísticos de la fábrica Pinduisaca (Azuay).	45
Tabla 15. Resultados a compresión de las cruces y tríos.	51
Tabla 16. Resultados a compresión de las cruces y tríos y perforados.	58
Tabla 17. Tabla resumen de resultados de modelos tipo trio y cruz.	68

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.

Este capítulo presenta una introducción a las características generales de la investigación y la razón detrás del proyecto. Se discuten los problemas actuales y sus posibles causas. Además, se explica tanto los objetivos del proyecto como la forma en que se llevará a cabo a través de un enfoque experimental y un trabajo independiente. Se establecerán modelos para monitorear las propiedades y características de calidad relacionadas con la propuesta.

1.1. Introducción.

En el Ecuador se utilizan diferentes tipos de materiales para la construcción de las paredes, entre los cuales la mampostería ocupa el 96.7 %, la madera con 0,7%, adobe con 0,1% y otros con 2,5%; siendo el ladrillo un material constructivo muy apetecido en el medio de la construcción (INEC, 2016). A pesar de que en la normativa estipula una cierta magnitud de resistencia mecánica del ladrillo, en el campo no se llegan a cumplir tales requerimientos, es por eso que al ladrillo se lo toma como un material estético antes que estructural (Sánchez, 1995). En Ecuador este material constructivo se fabrica sin asesoría técnica y sin un control de calidad siendo la mayoría fabricados en hornos artesanales o semi industriales y de esta manera no se garantiza la calidad, fiabilidad y resistencia. Por lo tanto, las edificaciones construidas con el material se vuelven más vulnerables por su baja ductilidad y por ende una baja resistencia (Páez, 2017).

La producción de ladrillo principalmente es de manera artesanal, es realizado a mano y en algunos casos se utiliza maquinaria de moldeado, donde su etapa inicial de preparación y mezcla es la que define la calidad de la unidad, mientras que el molde representa la calidad del terminado (Romo, 2018). En el Ecuador el proceso de elaboración de los ladrillos es de baja calidad por el hecho que no se presta atención a las

características físico – mecánicas, teniendo en cuenta que la mampostería tiende a no comportarse de manera satisfactoria ante sismos (Sánchez, 1995).

La mampostería se clasifica en simple, confinada y reforzada, donde la mampostería simple se comporta de manera frágil antes cargas laterales cíclicas; la confinada y reforzada son más resistentes y tienen mayor capacidad de soportar cargas a grandes deformaciones. Las fallas más comunes en la mampostería son analizadas en diversos estudios y recorridos post – sismo que determinan tres tipos de fallo: fallo por flexión, donde el refuerzo vertical fluye a tensión y la mampostería del extremo se aplasta a compresión; falla por cortante, donde se resalta el agrietamiento diagonal y se da cuando los esfuerzos sobrepasan la resistencia de tensión diagonal de la mampostería; fallo por deslizamiento, que se presenta a lo largo de las juntas de mortero y estos se dan a bajos niveles de carga vertical (Alcocer, 1996). En algunos estudios sobre el criterio de falla de los ladrillos huecos se indica que, si los orificios del ladrillo son horizontales, la falla será frágil y si estos son verticales la falla dependerá de la relación del área de los orificios; de la misma manera si el volumen de vacíos es pequeño, la falla que presenta es dúctil. En conclusión, se explica que el tipo de falla frágil es más probable cuando el volumen de los orificios es mayor a un valor determinado (Carlos & Col, 2013). Sin embargo, en el presente trabajo estudiará los ladrillos cerámicos macizos.

El Ecuador está ubicado en el cinturón de fuego del Pacífico, por lo que se encuentra en una zona susceptible a los sismos, causados principalmente por la subducción de la placa de Nazca. En este contexto es importante considerar la influencia de la cordillera de Carnegie en la alta sismicidad no solo de la costa ecuatoriana sino también de los andes centrales y de la región sur oriental del Ecuador que en la Norma Ecuatoriana de la Construcción está subvalorada (Cajamarca-Zuniga & Kabantsev, 2023b). Ecuador enfrenta sismos de magnitudes variables y de considerables registros

(Katherine Paola Estrada Arana, 2019). Se considera un país con alto riesgo sísmico con sismos intensos, teniendo como resultado de estos movimientos telúricos daños y colapsos en las estructuras incluyendo pérdidas humanas (Loor-Loor et al., 2021). Se tiene como ejemplo sismos ocurridos en el Ecuador, clasificados por su intensidades macro sísmicas en base a registros históricos, como es el caso del sismo de Atacames 22 km NW de intensidad IX y magnitud de 8.8 en el año 1906, el sismo de Baños 20 km NE de intensidad X y magnitud de 6.7 en el año 1949, el sismo de Tena 26 km W de intensidad IX y magnitud 6.4 en el año 1987, el sismo de Muisne 27 km SSE, de intensidad IX y magnitud de 7.8 en el año 2016 entre otros, sismos que representan pérdidas materiales como humanas (Cajamarca-Zuniga et al., 2022). Ecuador, al ser un país con alto peligro sísmico las construcciones deben ser sismos resistentes.

Considerando el uso masivo de la mampostería y el alto peligro sísmico de nuestro país, el presente estudio propone recolectar muestras de los ladrillos que se comercializan en el medio y determinar las propiedades físico-mecánicas, así como efectuar investigaciones experimentales en modelos simplificados de mampostería para determinar los parámetros físico-mecánicos de los ladrillos que se elaboran en la zona y establecer la influencia de la superficie de contacto ladrillo–mortero y la resistencia del ladrillo en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería con el propósito de investigar el incremento de la ductilidad de las mamposterías y su aporte en la seguridad estructural.

1.2. El Problema.

1.2.1 Formulación del Problema.

El Ecuador es considerado como un país con alta actividad sísmica debido a que forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, como es el caso del sismo de 1906 que alcanzó una magnitud de 8.8 en la escala de Richter (Cajamarca-Zuniga et al., 2022; Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016). La baja calidad de los suelos y mala práctica constructiva produce que las estructuras fracasen estructuralmente inclusive con magnitudes menores causando así pérdidas materiales y vidas humanas (Matamoros Espinoza, 2018).

Los estudios que se han realizado en el Ecuador evidencian que las estructuras de mampostería sufren daños durante los eventos sísmicos por lo que se sugiere que se deben realizar reparaciones y reconstrucción de la mampostería (Alonso & Castaño, 2021). La mampostería de ladrillo es uno de los materiales constructivos más utilizados en el Ecuador siendo el 35.1% de las viviendas que conformadas por este material (INEC, 2016). Sus funciones no son solo para cerramientos o terminados, si no que tienen un comportamiento estructural, habiendo requisitos y normativas que debe cumplir, teniendo en cuenta que en el proceso de elaboración de los ladrillos no existe un control de fabricación, ni un control de calidad.

Debido a la poca información y desconocimiento que se tiene respecto a la Norma Ecuatoriana de la Construcción de Mampostería Estructural (MIDUVI, 2014). Las construcciones con mampostería no estructural en el Ecuador tienen un rendimiento no satisfactorio ante movimientos sísmicos (Páez, 2017).

El problema radica, en que, en el Ecuador no puede asegurar un rendimiento aceptable de las construcciones con mamposterías bajo acciones sísmicas debido a la

incertidumbre respecto a la calidad y propiedades físico-mecánicas de los ladrillos y el cumplimiento de estándares técnicos. Razón por la que es necesario realizar un estudio de las propiedades mecánicas de los ladrillos cerámicos, la influencia de la resistencia del ladrillo y de la superficie de contacto ladrillo-mortero en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería, factores que son fundamentalmente importantes en el diseño sismorresistente de estructuras de mampostería. De esta manera se podrá plantear una realidad experimental de los parámetros de resistencia de mampostería en modelos simplificados, en los que se estudie la resistencia de contacto (normal y tangencial) entre el ladrillo y el mortero.

1.2.2 Delimitación del Problema.

Se evidencia la falta de estudios sobre la mampostería en el Ecuador y sobre la influencia de la superficie de contacto ladrillo-mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones plásticas de la misma, por lo que en la presente investigación se abordó el estudio de la resistencia que aporta la unidad de ladrillo y la influencia que tiene la superficie de contacto en la adherencia entre el ladrillo y el mortero, utilizando modelos simplificados de mampostería tipo “tríos” y tipo “cruz”. La investigación se hará de las provincias de Loja, Morona Santiago y Azuay. Teniendo en cuenta que se modificó el área del ladrillo; se realizó un estudio comparativo del comportamiento con un determinado tipo de mortero prefabricado que nos brinda una resistencia homogénea en los ensayos.

1.3. Justificación.

El Ecuador al ser un país con exponencial crecimiento, se ve en la necesidad de la construcción de nuevas viviendas, las cuales no cuentan con un control para garantizar su funcionalidad ni una regulación que establezca su factibilidad (García & Degrande, 2017).

El país, al estar ubicado en una zona de alto peligro sísmico, muchas de las estructuras tienden a ser afectadas o inclusive llegar a colapsar debido a la mala práctica constructiva, y una normativa, que no brinda un completo cuadro de la realidad del Ecuador (Pozo, 2022).

En el Ecuador, la secretaria de Gestión de Riesgos y Emergencias señala que, en el caso de darse un sismo ya sea en zonas peligrosas o seguras, las instituciones u organismos implicados en las construcciones deberán saber el posible comportamiento de la estructura (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2018). A pesar de tener una normativa vigente, es considerable la falta de supervisión que existe en la construcción de las edificaciones.

En el proceso de construcción uno de los materiales más utilizados es la mampostería de ladrillos según la (INEC, 2016); del que no existe el debido control de la calidad del ladrillo fabricado ni una norma explícita que determine las características físicas – mecánicas.

El Ecuador tiene una alta probabilidad de colapso enfocado en construcciones de mampostería, ya que la mayoría de las edificaciones de mampostería se construyen sin un control de calidad y sin cumplir las normativas antisísmicas (García & Degrande, 2017).

Esta investigación busca determinar las propiedades físico-mecánicas del ladrillo que se fabrica y se comercializa en el medio para comprobar si las medidas del ladrillo

cumplen con la normativa, así como investigar los parámetros particulares de resistencia de la mampostería considerando los materiales locales (ladrillo y mortero). De esta manera se propone plantear una realidad experimental de los parámetros de resistencia de mampostería en modelos simplificados, tríos y cruces, teniendo en cuenta la modificación del contacto del ladrillo - mortero.

1.4. Antecedentes.

Uno de los materiales de edificación más antiguos y, al mismo tiempo más utilizados por el hombre, es la mampostería, normalmente se encuentra vinculada a técnicas artesanales, tanto en la producción de componentes como en los métodos constructivos. La expresión mampostería comprende una gran diversidad de materiales que difieren en el tipo de pieza (Kaushik et al., 2007). En el Ecuador la elaboración de las unidades de mampostería cerámica tiene un proceso mayoritariamente artesanal y en muy pocos casos procesos industrializados. Independientemente del proceso de fabricación que se siga para los ladrillos las propiedades mecánicas son muy diversas ya que en la práctica no existe un control de calidad normativo y, en ciertos casos, el control de calidad del fabricante se enfoca en los parámetros geométricos y estéticas (Sánchez, 1995).

Los ladrillos macizos artesanales en ensayos realizados no cumplen las especificaciones físico–mecánicas que la normativa propone, mostrando una carencia de resistencia a la compresión, donde se expone que una de las principales causas por que el material es vulnerable es por hornos que no garantizan la temperatura que sintetiza el material; estas fallas de compresión y corte disminuye la capacidad de asistencia sísmica de la construcción (Nelson Afanador Garcia, 2014).

Las estructuras de mampostería han sido las que más han sufrido los golpes de los fenómenos naturales. Los responsables del mayor número de fallas en estas estructuras han sido los sismos, en especial las fallas en viviendas y hogares, que han resultado en una gran cantidad de fallecimientos. Por otra parte, en Ecuador, tanto en países de Centro y Sudamérica, las edificaciones de mampostería de baja y mediana altura son ampliamente difundidas, y a menudo se consideran como las opciones más populares debido a que pueden ser fortalecidas y limitadas para aumentar su capacidad de resistencia sísmica. (Alcocer, 1996).

La mampostería es un material compuesto que es empleado con fines estructurales, decorativos, térmicos, divisorios de ambientes entre otros usos. Está formada por piezas de diferentes tipos como: bloques, ladrillos, adobe, piedras irregulares, etc. Estas unidades se unen mediante mortero que debe cumplir requisitos mínimos de resistencia establecidas. El uso de estas combinaciones plantea dudas sobre su desempeño, sobre todo cuando estas no son consideradas como un elemento estructural. Esto significa que el proyectista no los considera como elemento resistente activo y al construirlos son muros que no tienen una conexión suficiente con la estructura a porticada (Páez, 2017).

La mampostería exhibe diversas propiedades según la dirección en la que se encuentren dispuestas las uniones de mortero. Estas establecen zonas de debilidad y potenciales planos de falla. El fracaso de las estructuras de mampostería va precedido por lo general por un desencadenamiento de fisuras en esas uniones, donde se puede limitar la capacidad resistente de la estructura. Las propiedades de los materiales se establecen mediante pruebas experimentales (López et al., 1998).

La unión que se genera entre ladrillo-mortero es, por lo general, una unión débil, esto genera fundamentalmente dos diferentes tipos de falla en la mampostería, falla por tracción y falla por cortante (López et al., 1998). En esta unión se establece que el ladrillo cumple como la variable más repetitiva a compresión, cuando se une al mortero los resultados a compresión mejoran (Rojas, 2016), dependiendo siempre su adherencia como su resistencia a la calidad de los materiales empleados (Terrassa, 2017).

1.5. Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

- Determinar la influencia de la resistencia de la unidad de ladrillo y de la superficie de contacto ladrillo-mortero en la resistencia normal y tangencial de las mamposterías y en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Recolectar muestras de ladrillos de diferentes fábricas de las provincias del Azuay, Loja y Morona Santiago, determinar las propiedades físico-mecánicas (masa, dimensiones, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción) y comparar con las Normas Técnicas INEN y con la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Realizar un análisis estadístico de las fábricas en lo que respecta a la geometría y a la resistencia de los ladrillos que producen para seleccionar dos tipos de ladrillos macizos según su resistencia, procedentes de fábricas con la menor dispersión en los parámetros de resistencia y geometría de sus ladrillos.
- Determinar experimentalmente los parámetros de la resistencia de unión (normal y tangencial) entre ladrillo y mortero en base a modelos simplificados de mampostería (tipo cruces y tríos) y elaborar las correspondientes gráficas de esfuerzo-deformación.
- Modificar la superficie de contacto de los ladrillos mediante la perforación de orificios superficiales y estudiar su influencia en el desempeño de los modelos simplificados a corte y tracción normal.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Mampostería de Muros Confinados.

Este sistema se compone por muros construidos con mampostería las cuales pueden ser de ladrillo macizos, ladrillos huecos, bloques, etc. Estas unidades de mampostería se unen con mortero y se crea un muro, para lograr el confinamiento, se erigen pilares y vigas de concreto alrededor del muro de mampostería. Si se busca que el sistema funcione de manera monolítica, los muros deben ser continuos desde los cimientos hasta la cubierta. (Enríquez & López, 2017). Las grietas se forman debido a la falla de la junta de mortero bajo la carga de compresión, tracción o corte (Sharma et al., 2017). La respuesta no lineal de las juntas, que son controladas por la unión ladrillo-mortero, es una de las características relevantes del comportamiento de la mampostería (Lourenco, 1996).

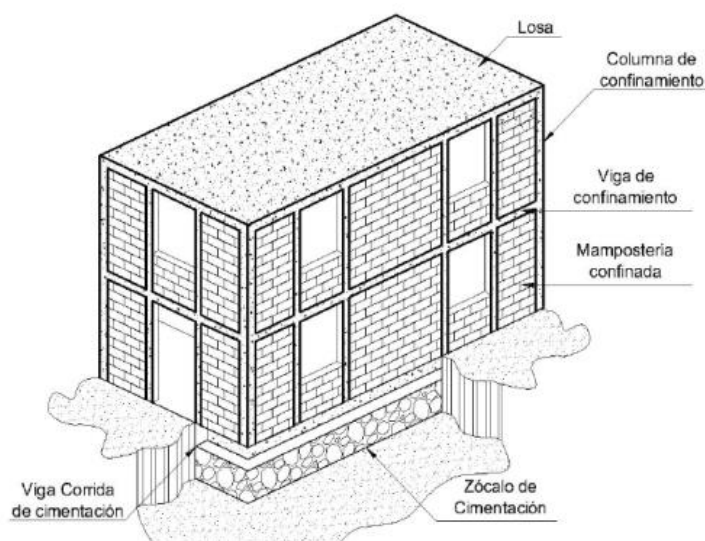


Figura 1: Elementos en muros de mampostería confinada.

Fuente: (Enríquez & López, 2017)

2.2. Muros de Carga.

Los edificios de mampostería constan de varios tipos de elementos estructurales. Sin embargo, el más susceptible de sufrir daños por terremotos es el muro de carga. Estos elementos están diseñados principalmente para resistir cargas verticales (axiales). Sin embargo, a menudo están sometidos a cargas en el plano o fuera del plano resultantes de cargas laterales como los terremotos. Muchos de los edificios de mampostería más antiguos no están reforzados y se denominan comúnmente edificios de mampostería no reforzada (URM). La resistencia en el plano (al corte) en los muros de mampostería URM portantes es proporcionada por la fuerza de adhesión al corte del mortero y el corte por fricción debido a la carga vertical (AlSaidy, 1997).

2.3. Comportamiento de la mampostería a compresión uniaxial.

La propiedad de resistencia a la compresión de la mampostería en la dirección perpendicular a la unión ha sido tradicionalmente considerada como relevante, al menos hasta la reciente implementación de métodos numéricos para las estructuras de mampostería. Para obtener esta propiedad, se utiliza con frecuencia una prueba de prisma con elementos apilados. El ensayo RILEM es el más aceptado para determinar la resistencia a la compresión uniaxial de la mampostería en dirección perpendicular a las juntas de mortero (López et al., 1998).

La forma en que la mampostería responde y falla bajo cargas axiales está determinada por la interacción entre los ladrillos y el mortero. El tipo de falla más frecuente se caracteriza por la aparición de fisuras verticales en las piezas debido a los esfuerzos de tensión. Los resultados de ensayos han demostrado que la resistencia a la compresión de las pilas depende principalmente de la resistencia a la compresión de las piezas de mampostería, y en menor medida de la resistencia a la compresión del mortero. (Alcocer, 1996).

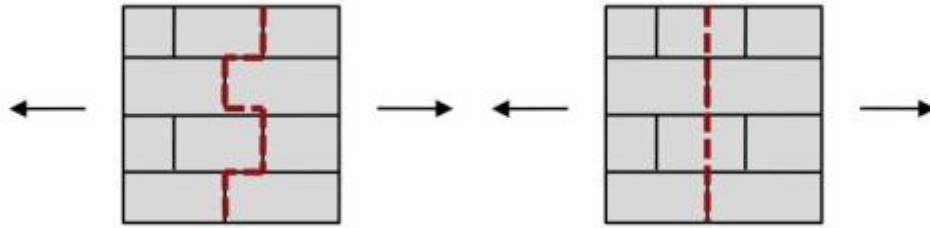


Figura 2: Agrietamiento de la mampostería por grietas escalonadas y verticales.
Fuente: (Ghiassi et al., 2012)

Debido a esto cuando las grietas son de forma escalonada, la resistencia debido al agrietamiento es menor y el elemento tiene un comportamiento dúctil (Ghiassi et al., 2012).



Figura 3: Arreglo propuesto para compresión uniaxial.
Fuente: (Alcocer, 1996)

2.4. Comportamiento a tracción uniaxial de la mampostería.

La resistencia a la tracción de la mampostería es un parámetro que varía ampliamente y, en general, se encuentra en niveles relativamente bajos. Cuando la mampostería es sometida a sollicitaciones de tracción perpendiculares a las juntas horizontales de mortero, el colapso se produce debido a una reducción de la resistencia a tracción en la interfaz mortero-ladrillo. En una aproximación simplificada, la resistencia a tracción de la mampostería puede ser equivalente a la resistencia a tracción de la unión entre la junta y el ladrillo (Viviana & Rougier, 2007). Por otra parte, la resistencia a

tracción de una unidad de ladrillo puede ser estimada como el 30% de la resistencia a compresión del mismo (Kaushik, 2007).

En ensayos realizados se han observado dos tipos de rotura en paneles de mampostería ensayados a tracción paralela a la junta horizontal. (López et al., 1998), El primero de éstos falla por desarrollo de fisuras en las juntas horizontales y verticales en forma de zigzag. El segundo tipo de falla se produce como una fisura que es perpendicular a la fuerza de tracción y se extiende a lo largo de las juntas verticales del mortero, llegando a atravesar las unidades de ladrillo.

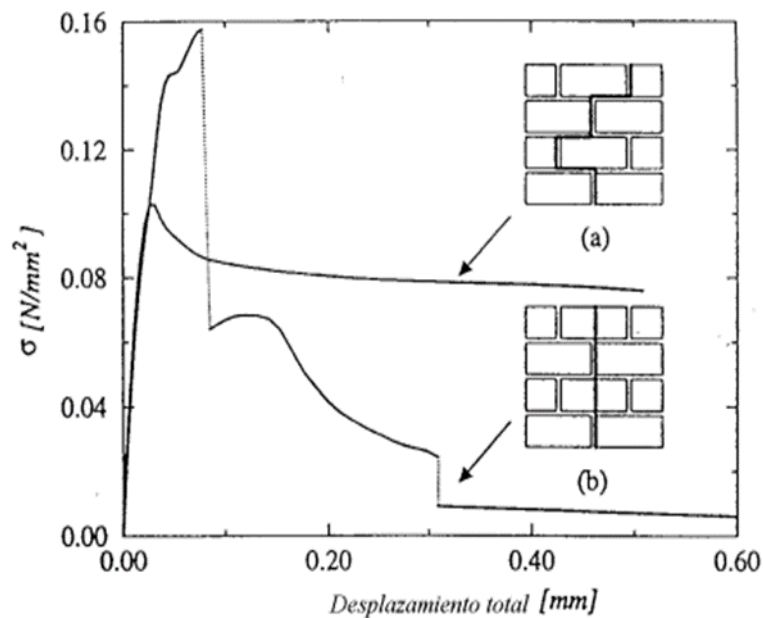


Figura 4: Curvas experimentales tensión desplazamiento para tracción en dirección paralela a las juntas horizontales de mortero. (a) falla tipo 1; (b) falla tipo 2.

Fuente: (López et al., 1998)

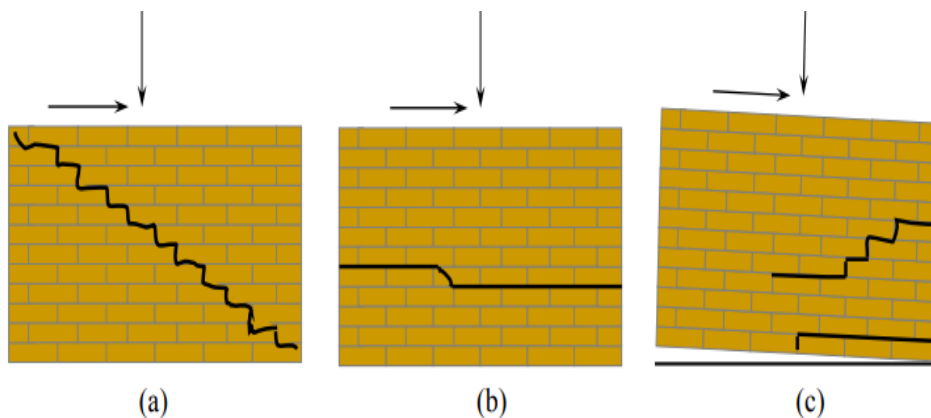
2.5. Comportamiento Biaxial.

Los muros de mampostería se diseñan comúnmente para soportar cargas axiales, pero en algunas situaciones, también se ven afectados por cargas de corte dentro y fuera del plano debido a cargas laterales como terremotos. La resistencia al corte en el plano se

determina por la resistencia al corte de la junta de mortero y la fricción causada por la carga vertical (Ehsani, 1997).

La descripción de la falla por corte de un muro de mampostería depende de la configuración del mismo y de la combinación de la carga axial y la flexión que experimente. En general, se pueden identificar tres tipos de fallas por corte en la mampostería (Goda, 2019):

- Deslizamiento a través de las juntas de mortero.
- Rotura por tracción diagonal.
- Falla por flexión.



*Figura 5: Modos de falla en muros de mampostería no reforzada.
Fuente: (Viviana & Rougier, 2007)*

2.6. Efectos sísmicos en edificios con mampostería.

Los efectos sísmicos (si hay tensión de carga vertical en las estructuras portantes) causan fuerzas horizontales importantes que pueden provocar cizallamiento del componente de piedra a lo largo de la junta horizontal, o a lo largo de varias juntas horizontales cercanas con resistencia adhesiva del ladrillo superior y/o resistencia al corte del mortero en la junta horizontal. La destrucción del cuerpo de la junta de mortero es teóricamente posible, pero parece poco probable, ya que sólo aparece cuando el valor de

adhesión entre los ladrillos y el mortero supera el criterio de resistencia del material del mortero bajo estado de tensión biaxial (Kabantsev, 2015).

Esto se debe que existe un desequilibrio en la carga horizontal aplicada y la fuerza de fricción producto de la fuerza normal por el coeficiente de fricción correspondiente de las juntas. También dependen de la calidad de los materiales que conforman la mampostería, que aumentan la probabilidad de falla por deslizamiento.

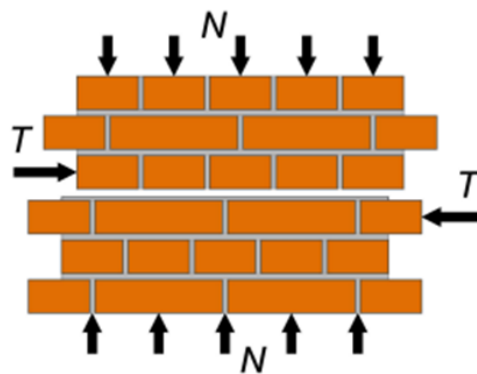


Figura 6: Diseño de fractura de mampostería bajo la carga de corte (paralelo a la junta horizontal). Fuente: (Cajamarca-Zuniga & Kabantsev, 2023a)

2.7. Resistencia y deformación plásticas de la mampostería

La deformación elastoplástica y la destrucción de la mampostería es un proceso de múltiples etapas, que consiste en la etapa de deformación elástica, la etapa de formación de destrucción local, la etapa de formación de macro destrucción principalmente a través de grietas (Kaushik, 2007), y la etapa poscrítica de deformación. Además, el papel clave de los elementos de interfaz permiten la interacción de ladrillo y mortero en la formación de procesos de deformación elástico-plástica y los mecanismos de fallo de mampostería bajo estado de tensión biaxial con tensiones principales de signos opuestos (Kabantsev, 2015).

En el trabajo de (kaushik, 2007) sobre “Mampostería de ladrillo bajo compresión uniaxial”. Se demuestra la influencia del tipo de mortero en el comportamiento a corte de

las juntas horizontales de la mampostería (figura 7). En el trabajo de titulación se investiga la influencia de la superficie de contacto ladrillo/mortero tanto en la resistencia adhesiva tangencial como normal de la interfaz de contacto.

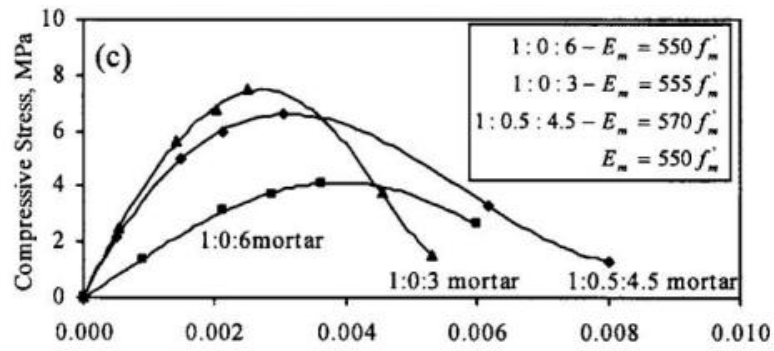


Figura 7. Diseño de fractura de mampostería bajo la carga de corte (paralelo a la junta horizontal).
Fuente: (Kaushik, 2007)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.

En el análisis de las características mecánicas de los ladrillos, se utilizarán diversas muestras de ladrillos de distintas fábricas ubicadas en las provincias de Azuay, Loja y Morona Santiago, luego se determinarán dos tipos de ladrillos según su resistencia a la compresión (< 10 MPa, >10 MPa) y se seleccionarán las correspondientes fábricas mediante un estudio estadístico para obtener las dos mejores en cuanto a la menor dispersión de los datos geométricos y de propiedades mecánicas. Una vez obtenidas las dos fábricas, los ladrillos serán modificados manualmente con un taladro para generar agujeros de 16 milímetros para una fábrica y de 19 milímetros para la otra fábrica, con el propósito de variar la superficie horizontal de contacto con el mortero e investigar su influencia en la resistencia y el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de los modelos simplificados de mampostería.

3.1. Comparación de la normativa INEN y NEC.

Se realizará la comparación de las diferentes propiedades físico-mecánicas que establecen en las dos normativas como: sus dimensiones, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción y la masa de los ladrillos recolectado de las provincias Azuay, Loja y Morona Santiago.

3.2. Análisis estadístico en lo que respecta a la geometría y resistencia.

El estudio estadístico que se propone es el análisis de la dispersión, puede ser útil en un análisis que respecta a lo geométrico y resistencia de ladrillos para evaluar la variabilidad en las dimensiones, resistencias e identificar valores desiguales. Esto puede ayudar a garantizar la calidad de las estructuras construidas con estos ladrillos.

3.3. Parámetros de resistencia de unión normal y tangencial en modelos simplificados.

3.3.1 Resistencia de unión tangencial en modelos tipos tríos.

Se utilizará el método propuesto por Polyakov, el cual representa una alternativa a lo establecido en la norma europea (EN 1052-3, 2007), para determinar la resistencia adhesiva tangencial o de cizallamiento en la unión entre el ladrillo y el mortero. Este método se aplicará en modelos tipo "trío" y se calculará utilizando la fórmula de la ecuación 1, procedimiento utilizado en el trabajo de investigación "Influence of the Carnegie Ridge on the Development of Seismogenic Sources and Seismicity of Ecuador" (Cajamarca-Zuniga & Kabantsev, 2023b).

$$\text{Ec.1} \quad f_{voi} : \frac{F_{m\acute{a}x}}{2 A} \quad \text{Donde:}$$

f_{voi} : resistencia tangencial $F_{m\acute{a}x}$: carga máxima A: área de la sección transversal

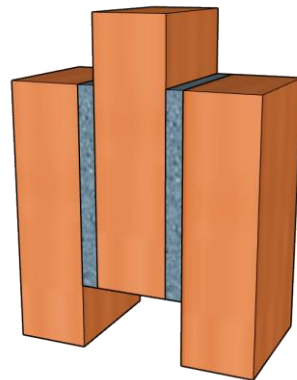


Figura 8: Modelo tipo trío.
Fuente: Proyecto PICVIII9-87

Conforme a la norma europea, en el caso del ladrillo de Sinchi y Pinduisaca se deja un volado de 6,3 cm y 7,3 cm como el modelo de la figura 8, donde se debe colocar la primera unidad de mampostería sobre una superficie limpia y nivelada, asegurándose de que la unidad siguiente se alinee adecuadamente para lograr un espesor final de junta

de mortero de 8 a 15 mm, la muestra es curada y guarda reposo 28 días antes de ser sometida a ensayos.

3.3.2 Resistencia de unión normal en modelos tipos cruz

Para examinar la fuerza de unión normal entre el mortero y el ladrillo, se llevará a cabo un ensayo utilizando modelos en forma de cruz. Para el cálculo de dicha fuerza, se utilizará la ecuación 2 propuesta en la normativa de la sociedad estadounidense de pruebas y materiales (ASTM C321-00, 2012).

$$\text{Ec. 2} \quad A : \frac{L}{J}$$

Dónde: A: fuerza de unión L: carga máxima aplicada J: área de la junta

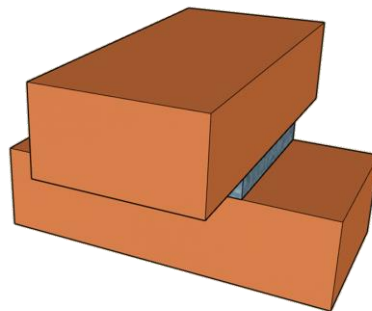


Figura 9: Modelo tipo cruz.
Fuente: Proyecto PICVIII9-87

El ensayo implica la aplicación del mortero en el área del ladrillo donde tiene contacto con el otro ladrillo, utilizando un 25% al 50% más de mortero del necesario para asegurar una unión sólida. Luego, se coloca otro ladrillo perpendicularmente al bloque con mortero, sobre una superficie plana y nivelada, y se alisa el mortero en el área marcada del segundo ladrillo. La altura de los bloques debe ser uniforme y depende del espesor deseado de la junta de mortero y de la altura del ladrillo como en la figura 9. Es importante tener en cuenta que la cantidad de mortero aplicado debe ser del 10% al 25%

en exceso de lo necesario para asegurar una junta completa, según lo establecido en la norma (ASTM C321-00, 2012).

3.3.3 Modificación de la superficie de contacto de los ladrillos mediante la perforación.

Los ladrillos serán modificados manualmente con un taladro para generar agujeros de 16 milímetros para la fábrica Sinchi y de 19 milímetros para la otra fábrica Pindiusaca, con el propósito de variar la superficie horizontal de contacto con el mortero e investigar su influencia en el desempeño en los modelos tipo trio y cruces como la resistencia a corte y tracción normal como se muestra en la figura 10 y figura 11.

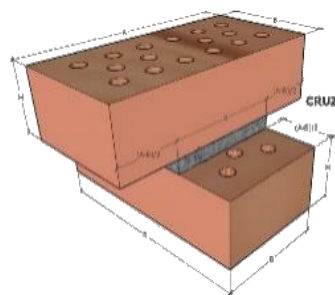


Figura 10: Modelo tipo cruz perforado.
Fuente: Proyecto PICVIII9-87

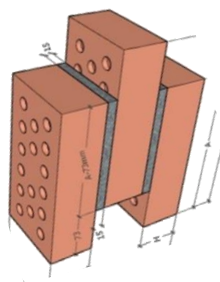


Figura 11: Modelo tipo trio perforado.
Fuente: Proyecto PICVIII9-87

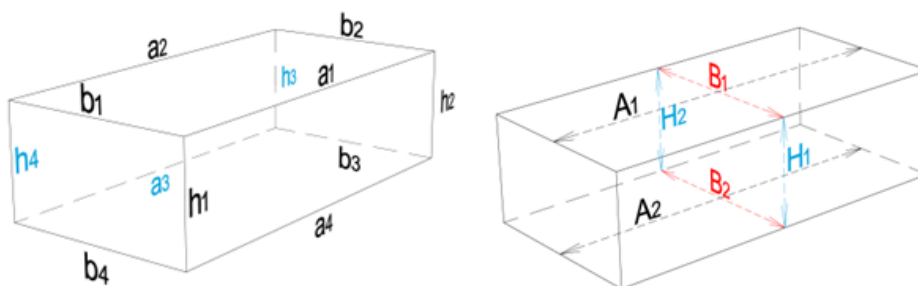
El mortero que se utilizará para armar los especímenes tipo “cruz” y tipo “trío” será un mortero comercial premezclado en seco (Pegablok), para el cual las especificaciones técnicas que presenta el fabricante indican una resistencia a la compresión a los 28 días de 12.4 MPa (INTACO, 2022).

CAPÍTULO 4. ESTUDIO EXPERIMENTAL CON LOS DIFERENTES TIPOS DE LADRILLOS Y EL COMPORTAMIENTO LADRILLO MORTERO.

4.1 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de las provincias de Azuay, Loja y Morona Santiago y comparación con la normativa técnica INEN y Normativa Ecuatoriana de la Construcción.

Los ladrillos de muestra se recolectaron de las provincias de Azuay, Loja y Morona Santiago, cada uno de ellos elaborados en diferentes fabricas con moldes distintos donde se evidenció que los modelos recolectados cuentan con distintas propiedades geométricas.

La figura 12 describe la nomenclatura adoptada para cada una de las aristas de los ladrillos medidos.



*Figura 12: Nomenclatura de aristas de los ladrillos.
Fuente: Proyecto PICVIII9-87*

La tabla 1 describe propiedades físicas de los ladrillos recolectados en el Azuay.

*Tabla 1. Resultados de la geometría de los ladrillos del Azuay.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DEL AZUAY																		
CÓDIGO	Dimensiones, [mm]																	
	a1	a2	a3	a4	A1	A2	b1	b2	b3	b4	B1	B2	h1	h2	h3	h4	H1	H2
El Artesano																		
C4-EA-01	244	244	245	246	260	255	128	128	128	128	129	130	66	70	68	69	68	68
C4-EA-02	260	259	260	261	262	259	131	130	130	130	130	129	70	72	69	70	70	70
C4-EA-03	261	261	261	260	260	261	130	129	130	122	129	131	72	71	72	73	74	72
C4-EA-04	260	260	260	260	263	260	128	128	130	130	131	130	70	69	70	70	69	70
C4-EA-05	260	258	260	263	264	260	131	130	130	131	131	132	70	70	71	71	69	72

Falco																		
C4-FF-01	263	263	262	263	264	263	132	132	132	131	132	131	73	72	73	73	72	73
C4-FF-02	261	261	263	263	261	263	131	130	130	132	130	132	72	71	75	71	74	71
C4-FF-03	260	261	264	264	260	264	129	129	131	131	130	132	70	71	72	71	70	70
C4-FF-04	260	260	260	259	260	259	131	130	129	130	131	130	72	72	71	71	73	72
C4-FF-05	261	261	259	260	261	260	132	132	130	130	131	130	73	72	70	71	71	70
Divino Niño																		
C4-DN-01	260	261	259	258	260	258	129	128	127	128	126	128	73	72	73	77	75	76
C4-DN-02	267	266	268	268	267	268	128	129	130	130	129	129	76	77	77	78	78	78
C4-DN-03	265	266	263	264	263	262	131	131	129	129	130	128	76	76	73	73	75	74
C4-DN-04	262	260	266	264	261	265	127	129	129	130	126	130	75	75	75	75	75	75
C4-DN-05	259	257	259	259	257	259	126	126	124	124	126	126	71	72	71	71	72	71
Fabrica Sinchi																		
C4-FS-01	252	252	251	252	252	252	126	127	126	126	126	126	74	74	74	72	73	73
C4-FS-02	252	252	252	253	253	252	125	125	125	127	126	126	74	74	74	73	73	74
C4-FS-03	250	250	251	250	250	249	125	126	124	125	125	124	72	73	73	73	72	73
C4-FS-04	254	255	253	253	256	253	125	127	127	126	126	125	73	73	73	72	71	72
C4-FS-05	251	252	252	253	251	253	121	121	123	124	125	126	73	73	73	74	73	74
Fabrica Pinduisaca																		
C4-FP-01	255	253	251	255	252	253	130	130	134	131	130	133	69	69	70	71	70	72
C4-FP-02	254	255	254	257	254	255	128	130	131	131	131	131	75	78	77	75	72	75
C4-FP-03	254	256	254	255	255	256	128	128	131	131	129	130	72	74	77	73	70	74
C4-FP-04	254	254	251	252	252	251	132	134	131	129	132	130	69	69	70	69	70	69
C4-FP-05	255	255	257	257	256	256	132	131	132	131	131	132	71	70	72	74	70	72
Fabrica Viñanzaca																		
C4-FV-01	258	258	257	258	258	258	132	133	130	131	131	130	72	72	70	72	70	70
C4-FV-02	256	260	261	258	256	258	130	130	132	134	132	135	70	73	72	70	71	71
C4-FV-03	259	260	258	259	260	259	134	130	129	129	130	131	75	72	72	70	73	73
C4-FV-04	252	251	255	256	253	256	129	128	128	128	128	128	74	73	75	74	75	73
C4-FV-05	255	254	254	257	253	256	132	128	130	131	129	132	72	72	71	72	70	75

La tabla 2 describe las propiedades mecánicas de los ladrillos recolectados en Azuay obtenidos en los ensayos elaborados.

*Tabla 2. Propiedades mecánicas de los ladrillos del Azuay.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DEL AZUAY			
CÓDIGO	MASA (gr)	Resistencia a compresión	Resistencia a tracción
		[MPa]	[MPa]
El Artesano			
C4-EA-01	3764	8,3	2,8
C4-EA-02	3922	7,5	2,6
C4-EA-03	3893	4,1	3,4

C4-EA-04	3886	7,4	3,0
C4-EA-05	4021,5	8,3	2,3
Falco			
C4-FF-01	4205	9,3	2,1
C4-FF-02	4267	8,6	3,2
C4-FF-03	4070	10,8	2,7
C4-FF-04	4237	15,0	2,2
C4-FF-05	3997	13,4	2,3
Divino Niño			
C4-DN-01	3976,5	8,8	2,8
C4-DN-02	4188	8,3	2,4
C4-DN-03	3702,5	6,3	2,2
C4-DN-04	4089	10,1	2,0
C4-DN-05	3818	10,6	3,3
Fabrica Sinchi			
C4-FS-01	4457,5	11,6	2,1
C4-FS-02	3848,5	13,4	1,9
C4-FS-03	4251,5	13,5	2,5
C4-FS-04	4042,5	10,0	1,9
C4-FS-05	3816	12,9	2,8
Fabrica Pinduisaca			
C4-FP-01	3861	8,5	2,7
C4-FP-02	4143,5	11,3	3,2
C4-FP-03	4035	9,2	2,7
C4-FP-04	3670	7,3	2,3
C4-FP-05	3766	9,5	2,5
Fabrica Viñamzaca			
C4-FV-01	3906,5	12,7	1,9
C4-FV-02	4041	15,7	2,6
C4-FV-03	4175	11,6	2,3
C4-FV-04	3893,5	10,2	2,3
C4-FV-05	4061,5	11,8	2,8

La tabla 3 describe propiedades físicas de los ladrillos recolectados en Loja.

*Tabla 3. Resultados de la geometría de los ladrillos de Loja.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DE LOJA																		
CODIGO	Dimensiones, [mm]																	
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	A ₁	A ₂	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	B ₁	B ₂	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	H ₁	H ₂
Fábrica Ramírez																		
C2-FR-01	259	259	262	263	262	262	119	119	118	118	120	118	83	78	82	84	81	86
C2-FR-02	266	262	260	254	266	260	121	118	118	119	122	121	80	82	84	84	84	82
C2-FR-03	260	257	259	257	260	258	116	116	119	122	118	119	87	84	81	77	85	81
C2-FR-04	262	259	262	260	260	262	119	120	121	120	118	122	80	77	81	83	81	85
C2-FR-05	260	261	258	260	261	261	120	116	119	119	117	119	81	83	83	80	85	84
Apacatamayo																		
C2-AC-01	256	256	254	252	253	133	131	128	129	129	82	83	84	84	85	87	85	87
C2-AC-02	250	250	255	253	255	127	118	129	129	126	80	84	86	83	83	85	83	85
C2-AC-03	257	240	253	251	253	129	126	129	127	126	83	82	83	84	82	83	82	83

C2-AC-04	257	249	257	255	256	123	130	126	128	128	82	83	83	82	80	84	80	84
C2-AC-05	258	255	259	258	252	128	128	129	129	128	81	82	82	84	83	83	83	83
Eterno Sol																		
C2-ES-01	255	255	252	255	251	255	135	133	139	137	135	79	77	77	78	81	81	81
C2-ES-02	249	249	252	250	248	250	135	134	132	136	134	77	82	81	82	83	83	83
C2-ES-03	247	247	246	245	246	249	135	134	133	133	133	75	80	79	77	77	80	80
C2-ES-04	251	251	250	253	251	254	133	134	133	134	135	76	80	77	77	81	81	81
C2-ES-05	251	251	249	251	250	251	135	133	130	136	133	80	76	78	80	79	83	83
Ladrillera San Antonio																		
C2-SA-01	247	246	248	248	248	134	135	134	134	135	77	77	76	79	78	78	78	78
C2-SA-02	246	246	249	249	250	133	135	132	132	134	78	78	77	77	78	77	78	77
C2-SA-03	245	245	245	245	245	134	131	133	133	132	72	78	78	74	77	80	77	80
C2-SA-04	250	249	254	255	252	136	137	133	135	134	74	75	70	77	79	82	79	82
C2-SA-05	250	250	245	250	248	134	134	132	134	132	80	79	79	78	79	81	79	81
Ladrillera Rueda																		
C2-LR-01	250	250	247	249	248	245	133	130	132	130	132	87	80	79	79	84	78	80
C2-LR-02	249	249	245	244	244	245	128	131	128	130	130	82	83	85	85	79	81	85
C2-LR-03	246	246	241	243	242	247	130	130	129	130	131	81	84	83	83	78	80	78
C2-LR-04	249	249	248	249	250	247	130	131	132	133	130	81	85	85	85	80	85	84
C2-LR-05	247	247	244	248	244	245	128	130	130	130	131	86	84	80	80	86	87	81
Ladrillera Jiménez																		
C2-LJ-01	260	261	260	260	260	120	122	125	125	124	84	86	85	79	86	86	86	86
C2-LJ-02	262	259	260	261	261	125	125	125	125	126	85	82	82	84	86	80	86	80
C2-LJ-03	259	262	259	258	260	120	125	124	124	124	82	81	79	86	83	84	83	84
C2-LJ-04	261	261	260	261	261	122	124	125	125	125	84	83	83	85	84	84	84	84
C2-LJ-05	261	262	261	261	261	125	125	126	125	127	80	81	84	80	81	82	81	82

La tabla 4 describe las propiedades mecánicas de los ladrillos recolectados en Loja obtenidos en los ensayos elaborados.

*Tabla 4. Propiedades mecánicas de los ladrillos de Loja.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DE LOJA			
CÓDIGO	MASA (gr)	Resistencia a compresión	Resistencia a tracción
		[MPa]	[MPa]
Fábrica Ramírez			
C2-FR-01	4096,5	5,8	3,1
C2-FR-02	4039,5	6,1	1,9
C2-FR-03	3959,5	8,0	1,9
C2-FR-04	4082	6,4	3,2
C2-FR-05	4074,5	11,7	3,1
Apacatamayo			
C2-AC-01	4197,5	4,7	2,4
C2-AC-02	3938	6,1	2,6

C2-AC-03	4097,5	7,1	2,7
C2-AC-04	3876,5	4,7	2,1
C2-AC-05	4057	4,7	2,9
Eterno Sol			
C2-ES-01	4062	3,5	1,1
C2-ES-02	4185	4,3	1,2
C2-ES-03	4001,5	4,7	1,7
C2-ES-04	4088	4,5	1,2
C2-ES-05	4028	5,6	1,7
Ladrillera San Antonio			
C2-SA-01	4106	8,1	2,7
C2-SA-02	4040,5	7,2	2,1
C2-SA-03	4002,5	6,7	1,9
C2-SA-04	4189	5,6	2,9
C2-SA-05	4203,5	8,1	2,6
Fábrica La Rueda			
C2-LR-01	4124,5	9,1	2,9
C2-LR-02	4638	6,2	2,1
C2-LR-03	4127,5	10,0	2,2
C2-LR-04	4244	4,4	2,5
C2-LR-05	4199,5	9,1	2,7
Ladrillera Jiménez			
C2-LJ-01	4106	7,0	2,0
C2-LJ-02	4040,5	7,9	2,2
C2-LJ-03	4002,5	10,4	2,3
C2-LJ-04	4189	8,0	2,1
C2-LJ-05	4203,5	8,8	2,0

La tabla 5 describe propiedades físicas de los ladrillos recolectados en Morona Santiago.

*Tabla 5. Propiedades mecánicas de los ladrillos de Morona Santiago.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DE MORONA SANTIAGO																		
CÓDIGO	Dimensiones, [mm]																	
	a₁	a₂	a₃	a₄	A₁	A₂	b₁	b₂	b₃	b₄	B₁	B₂	h₁	h₂	h₃	h₄	H₁	H₂
Fábrica Arapicos																		
C8-FA-01	250	250	252	252	250	252	119	119	119	119	120	119	70	69	71	71	72	72
C8-FA-02	250	251	249	249	250	249	116	117	116	117	117	116	75	74	76	75	76	74
C8-FA-03	250	248	251	251	250	253	117	117	118	118	117	118	72	71	70	67	70	72
C8-FA-04	251	251	251	250	251	250	118	118	118	118	118	117	73	73	71	71	73	73
C8-FA-05	250	250	248	245	250	245	119	119	116	116	119	116	73	70	73	73	72	72

La tabla 6 describe las propiedades mecánicas de los ladrillos recolectados en Morona Santiago obtenidos en los ensayos elaborados.

*Tabla 6. Resultados de la geometría de los ladrillos de Morona Santiago.
Fuente: Elaboración propia.*

DETERMINACION DEL GRADO DE RESISTENCIA DE LADRILLOS PARA MAMPOSTERIA DE MORONA SANTIAGO			
CÓDIGO	MASA (gr)	Resistencia a compresión	Resistencia a tracción
		[MPa]	[MPa]
Fábrica Arapicos			
C2-FR-01	3556	7,5	1,4
C2-FR-02	3777	7,7	0,8
C2-FR-03	3522,5	7,3	0,7
C2-FR-04	3690,5	5,5	0,8
C2-FR-05	3501,5	8,2	1,1

La masa promedio obtenida de los ladrillos recolectados del Azuay es de 4000,5 gr, en Loja fue de 4106,7 gr y de Morona Santiago de 3609,5 gr. Siendo el de Morona Santiago el más liviano.

Las dimensiones promedio recolectadas son: Del Azuay es de 257 mm de largo, 128 mm de ancho y 72 mm de altura, De Loja fueron de 253 mm de largo, 128 mm de ancho y 81 mm de altura y por ultimo las dimensiones de Morona Santiago son de 250 mm de largo, 118 mm de ancho y 72 mm de altura, siendo de Azuay el más grande y de Morona Santiago el más pequeño.

En la propiedad de compresión obtuvimos los resultados en Azuay de 10,2 MPa, en Loja fue de 6,8 MPa y Morona Santiago de 7,2 MPa, siendo que los ladrillos de Azuay son los más resistentes a compresión y los de Loja con una capacidad de resistencia menor.

Los resultados obtenidos de la resistencia a tracción fueron de 2,5 MPa en Azuay, 2,3 MPa en Loja y de 0,9 MPa en Morona Santiago. Siendo Azuay más resistente a la tracción y Morona Santiago con un bajo índice de resistencia a la tracción.

4.1.1 Comparación con la normativa técnica INEN y Normativa Ecuatoriana de la Construcción.

La regulación de los ladrillos se refiere a las pautas técnicas y criterios que deben cumplir para asegurar su calidad y protección en el proceso de construcción. En Ecuador, hay dos normativas significativas en esta área: las normas técnicas INEN y la norma ecuatoriana de construcción.

Las disposiciones técnicas INEN constituyen un conjunto de normas y criterios técnicos que establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los productos y servicios que se venden en Ecuador. En el caso específico de los ladrillos, estas reglas definen los requisitos relacionados con la dimensión, la resistencia a la compresión, entre otros. Estas normas técnicas establecen las dimensiones mínimas y máximas de los ladrillos para garantizar su calidad y seguridad en la construcción. En Ecuador, las dimensiones mínimas y máximas de los ladrillos según la INEN 58 son las siguientes:

- Dimensiones mínimas: 180 mm de largo x 80 mm de ancho x 35 mm de alto.
- Dimensiones máximas: 200 mm de largo x 100 mm de ancho x 60 mm de alto.

La norma ecuatoriana de construcción especifica las técnicas para la construcción de edificios en Ecuador. En este sentido, se definen los requisitos para los materiales de construcción, incluyendo los ladrillos. Los criterios están relacionados con la resistencia a la compresión, las dimensiones, entre otros aspectos. Esta norma también establece las dimensiones mínimas y máximas de los ladrillos para garantizar su calidad y seguridad en la construcción. Según la norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-DS-2019, las dimensiones mínimas y máximas para ladrillos comunes son las siguientes:

- Dimensiones mínimas: 180 mm de largo x 90 mm de ancho x 45 mm de alto.

- Dimensiones máximas: 220 mm de largo x 110 mm de ancho x 60 mm de alto.

En función de los ensayos realizados, las propiedades físicas de las provincias del Azuay, Loja y Morona Santiago no cumplen con ninguna de las normativas, en el caso del Azuay tenemos un largo de 257 mm, un ancho de 128 mm y una altura de 72 mm. También se percató que Loja no cumple con las propiedades físicas ya que sus dimensiones son de largo de 253 mm, un ancho de 128 mm y una altura de 81 mm. Sin embargo, en la provincia de Morona Santiago las medidas se aproximan a las planteadas por la normativa, pero no cumplen con lo requerido, siendo sus medidas las siguientes: largo de 250 mm, un ancho de 118 mm y una altura de 72 mm.

Es importante tener en cuenta que la resistencia a compresión es la capacidad que tiene el ladrillo para soportar cargas verticales sin romperse. Esta propiedad es esencial para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras construidas con ladrillos, especialmente en aquellas partes que soportan cargas importantes como muros y columnas.

La normativa INEN establece la resistencia a compresión mínima que deben cumplir los ladrillos para garantizar su calidad y seguridad en la construcción. Según la norma técnica INEN 58, la resistencia a compresión mínima para ladrillos comunes es de 3.43 MPa.

La resistencia a compresión mínima que deben cumplir los ladrillos según la norma ecuatoriana de la construcción es de 3.43 MPa para ladrillos comunes. Esta resistencia a compresión mínima es la misma que la establecida por la normativa INEN para los ladrillos comunes.

Los resultados obtenidos de los ensayos a compresión son de Azuay con un promedio de 10,2 MPa, Loja con un promedio de 6,8MPa y Morona Santiago con un

promedio de 7,2 MPa. Lo que nos indica que las tres provincias cumplen con los parámetros establecidos por las normativas.

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN establece los requisitos mínimos de calidad en cuanto a los requisitos de tracción, la norma establece que los ladrillos y bloques cerámicos deben tener una resistencia mínima a la tracción de 1,5 MPa. Estos requisitos tienen como objetivo garantizar la calidad y seguridad de los materiales de construcción utilizados en la edificación de estructuras en Ecuador.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción no especifica un requisito mínimo de resistencia a la tracción para los ladrillos. En general, la NEC establece las características y propiedades que deben cumplir los materiales de construcción, pero no se adentra en detalles específicos sobre los requisitos de tracción para los ladrillos.

Los datos obtenidos de los ensayos a tracción de las diferentes provincias son: En el Azuay un promedio de 2,5 MPa, en Loja un promedio de 2,3 MPa y en Morona Santiago un promedio de 0,9 MPa. Azuay y Loja cumplen con la norma INEN mientras que la resistencia a tracción de Morona Santiago encuentra muy debajo a lo establecido por lo que no cumple con los parámetros de la investigación.

4.2 Análisis estadístico de la geometría y resistencia de los ladrillos.

En la tabla 7 se presenta un resumen de los resultados que se obtuvieron de la provincia del Azuay, como el promedio de resistencia a compresión, resistencia a flexión, dimensiones, desviación estándar.

Las unidades de la desviación estándar corresponden a cada una de las características analizadas, como la compresión en MPa, la flexión en MPa y las dimensiones en mm.

*Tabla 7. Resumen de datos estadísticos del Azuay.
Fuente: Elaboración propia.*

DATOS ESTADISTICOS DE AZUAY		
El Artesano	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	7,12	1,75
Resistencia a Flexión (MPa)	2,81	0,42
Dimensiones (mm)	a	258
	b	129
	h	71
Falco	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	11,42	2,74
Resistencia a Flexión (MPa)	2,51	0,45
Dimensiones (mm)	a	262
	b	131
	h	72
Divino Niño	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	8,84	1,70
Resistencia a Flexión (MPa)	2,55	0,53
Dimensiones (mm)	a	263
	b	129
	h	75
Fabrica Sinchi	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	12,26	1,48
Resistencia a Flexión (MPa)	2,24	0,40
Dimensiones (mm)	a	253
	b	125
	h	73
Fabrica Pinduisaca	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	9,17	1,45
Resistencia a Flexión (MPa)	2,68	0,35
Dimensiones (mm)	a	255
	b	131
	h	72
Fabrica Viñanzaca	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	12,40	2,05
Resistencia a Flexión (MPa)	2,36	0,35

Dimensiones (mm)	a	255	3,64
	b	130	2,23
	h	71	2,58

En la tabla 7 se presenta un resumen de los resultados que se obtuvieron de la provincia de Loja, como el promedio de resistencia a compresión, resistencia a flexión, dimensiones y desviación estándar.

Tabla 7. Resumen de datos estadísticos de Loja.
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADISTICOS DE LOJA			
Fábrica Ramírez		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		7,6	2,43
Resistencia a Flexión (MPa)		2,6	0,67
Dimensiones (mm)	a	260	2,50
	b	119	1,54
	h	82	2,13
Ladrillera San Antonio		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		7,14	1,03
Resistencia a Flexión (MPa)		2,43	0,42
Dimensiones (mm)	a	248	2,51
	b	134	1,34
	h	77	2,74
Eterno Sol		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		4,51	0,76
Resistencia a Flexión (MPa)		1,37	0,30
Dimensiones (mm)	a	250	2,13
	b	134	1,68
	h	79	2,44
APACATAMAYO		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		5,44	1,12
Resistencia a Flexión (MPa)		2,54	0,31
Dimensiones (mm)	a	254	2,93
	b	128	2,11
	h	83	1,61
Ladrillera Rueda		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		7,79	2,36
Resistencia a Flexión (MPa)		2,48	0,30
Dimensiones (mm)	a	246	2,34
	b	130	1,36
	h	82	3,07
Ladrillera Jiménez		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		8,41	1,30
Resistencia a Flexión (MPa)		2,11	0,12

Dimensiones (mm)	a	261	1,74
	b	125	1,44
	h	83	2,21

En la tabla 8 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de la provincia de Morona Santiago, como el promedio de resistencia a compresión, resistencia a flexión, dimensiones y desviación estándar.

Tabla 8. Resumen de datos estadísticos de Morona Santiago.
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADISTICOS DE MORONA SANTIAGO		
Fabrica Arapicos	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	7,2	1,02
Resistencia a Flexión (MPa)	0,9	0,28
Dimensiones (mm)	a	251
	b	118
	h	72

Se puede evidenciar que en los resultados promedios obtenidos de las muestras recolectadas en Azuay nos brindan mayor resistencia que Loja y Morona Santiago, siendo Azuay la mejor alternativa para el estudio como lo explica la figura 13 y la figura 14.

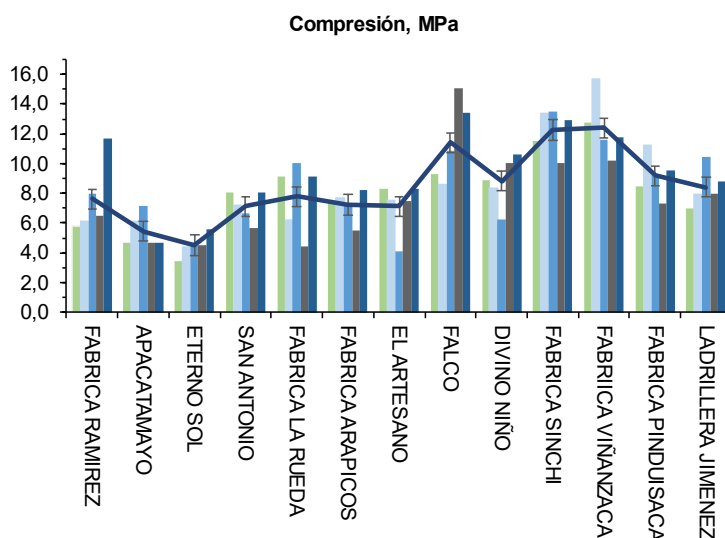


Figura 13: Resistencia a compresión de las fábricas de Azuay, Loja y Morona Santiago.
Fuente: Propia

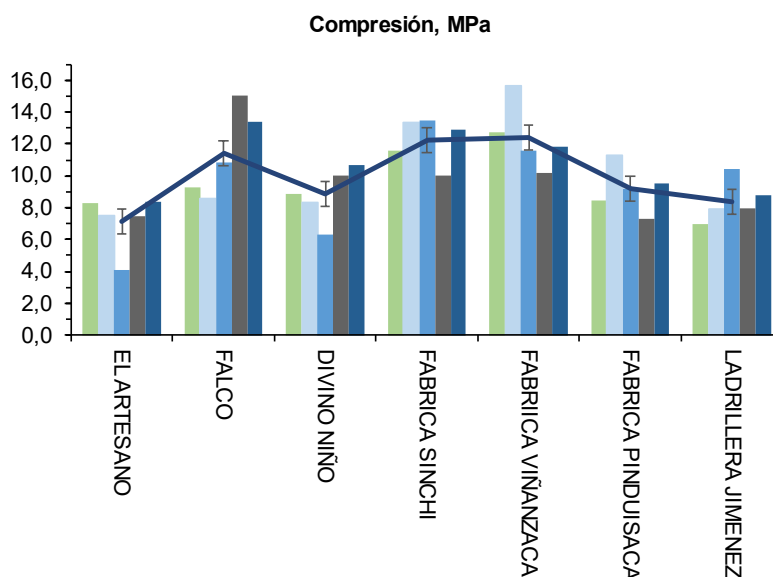


Figura 14: Resistencia a compresión de las fábricas del Azuay.
Fuente: Propia

De los datos obtenidos, se elaboró un análisis más detallado de los ladrillos del Azuay ya que estos resultan ser de mayor calidad a comparación de las otras provincias donde se recolectaron las muestras. Analizando las características físicas y mecánicas de los ladrillos, calculando la variación estándar, la cual nos ayuda a saber la dispersión de estos resultados, donde comparamos los ladrillos de las fábricas de Falco, Sinchi y Viñanzaca, los cuales tienen una resistencia mayor a 10 MPa, también analizando los ladrillos de las fábricas de Divino Niño, El Artesano y Pinduisaca, estas con resistencias menores a 10 MPa.

En las tablas 9 a la 11 se toma en cuenta la desviación estándar como los valores promedios de las resistencias y propiedades geométricas de las tres fábricas mayores a 10 MPa (Falco, Sinchi y Viñanzaca), después de cada tabla existe un gráfico de puntos donde describe la tendencia de las dimensiones de cada una de las fábricas.

Tabla 9. Datos estadísticos de la fábrica Falco (Azúay).
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADÍSTICOS DE LA FABRICA FALCO (AZUAY)			
Falco		Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)		11,42	2,74
Resistencia a Flexión (MPa)		2,51	0,45
Dimensiones (mm)	a	262	1,81
	b	131	0,96
	h	72	1,08

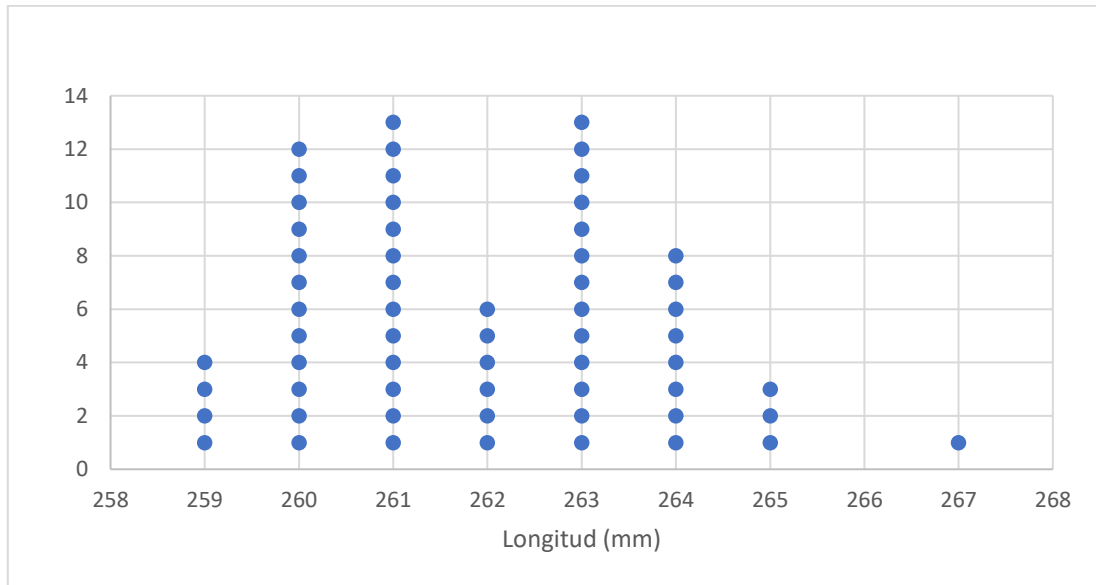


Figura 15: Análisis estadístico de la longitud del ladrillo de la fábrica Falco del Azúay.
Fuente: Propia

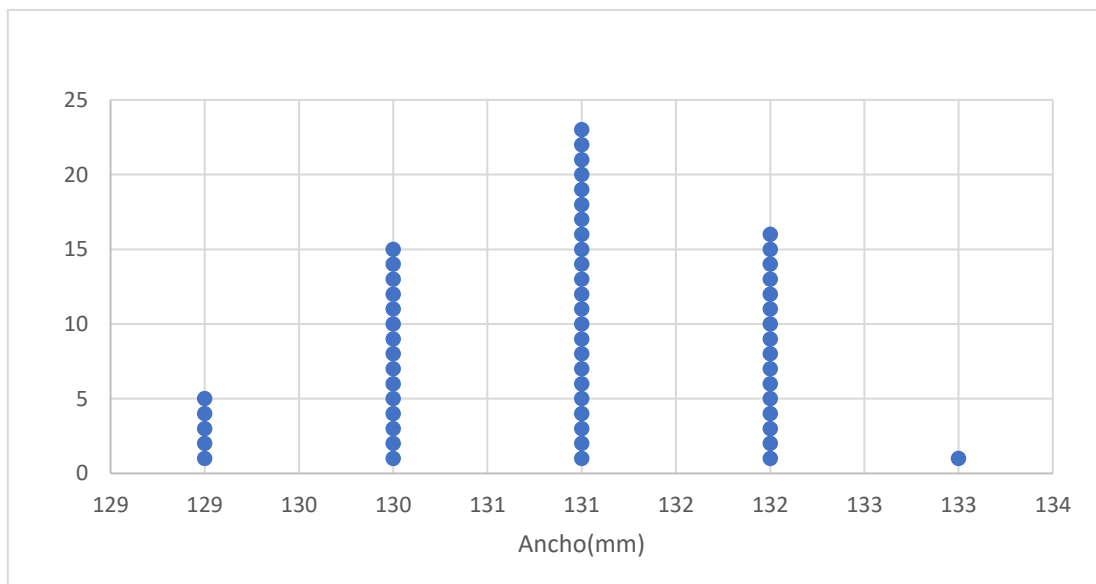


Figura 16: Análisis estadístico del ancho de la fábrica Falco del Azúay.
Fuente: Propia

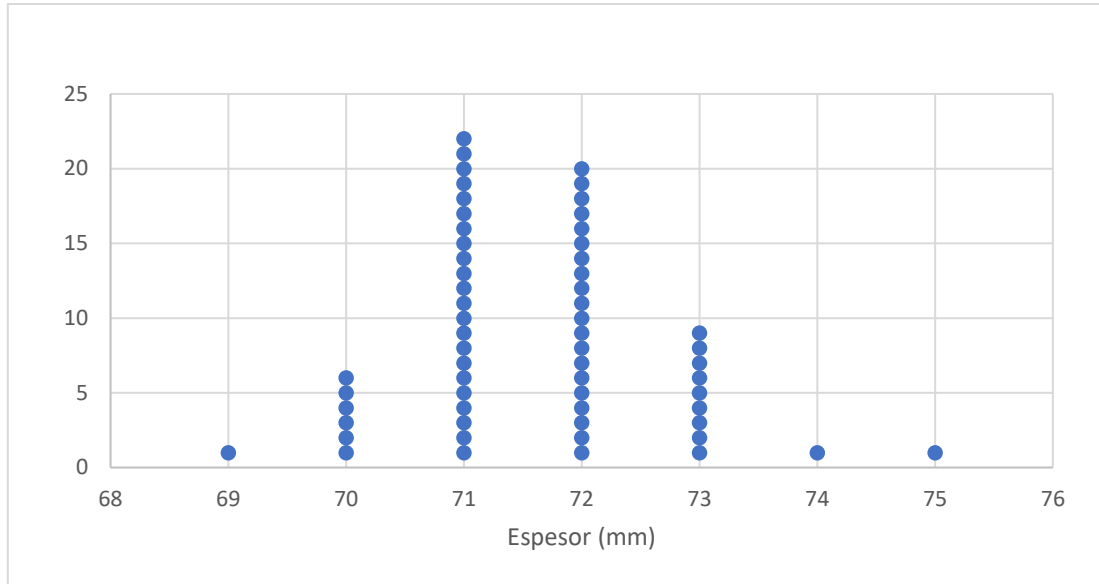


Figura 17: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Falco del Azuay.
Fuente: Propia

Tabla 10. Datos estadísticos de la fábrica Sinchi (Azuay).
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADÍSTICOS DE FABRICA SINCHI (AZUAY)		
Fabrica Sinchi	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	12,3	1,48
Resistencia a Flexión (MPa)	2,2	0,40
Dimensiones (mm)	a	253
	b	125
	h	73

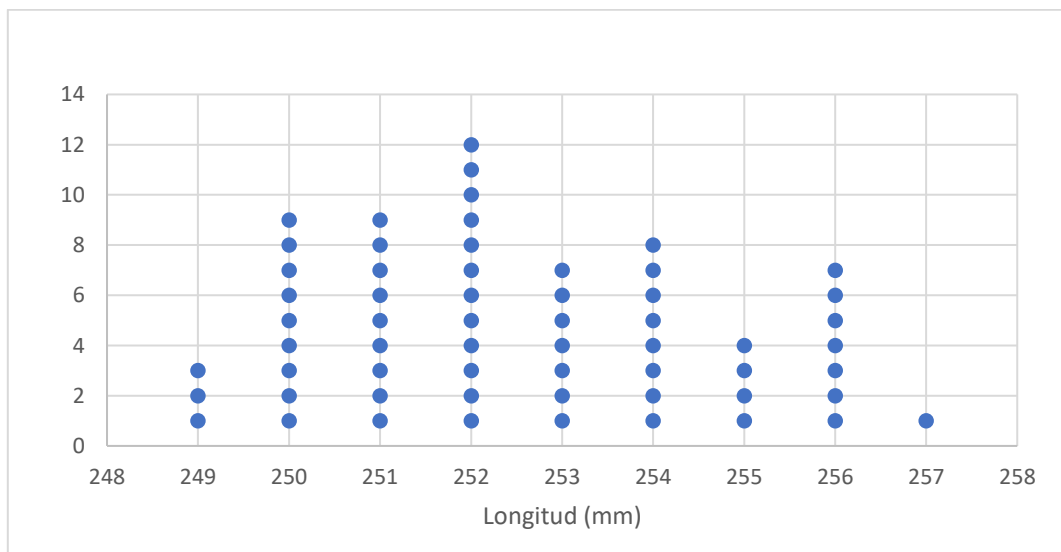


Figura 18: Análisis estadístico de la longitud del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay.
Fuente: Propia

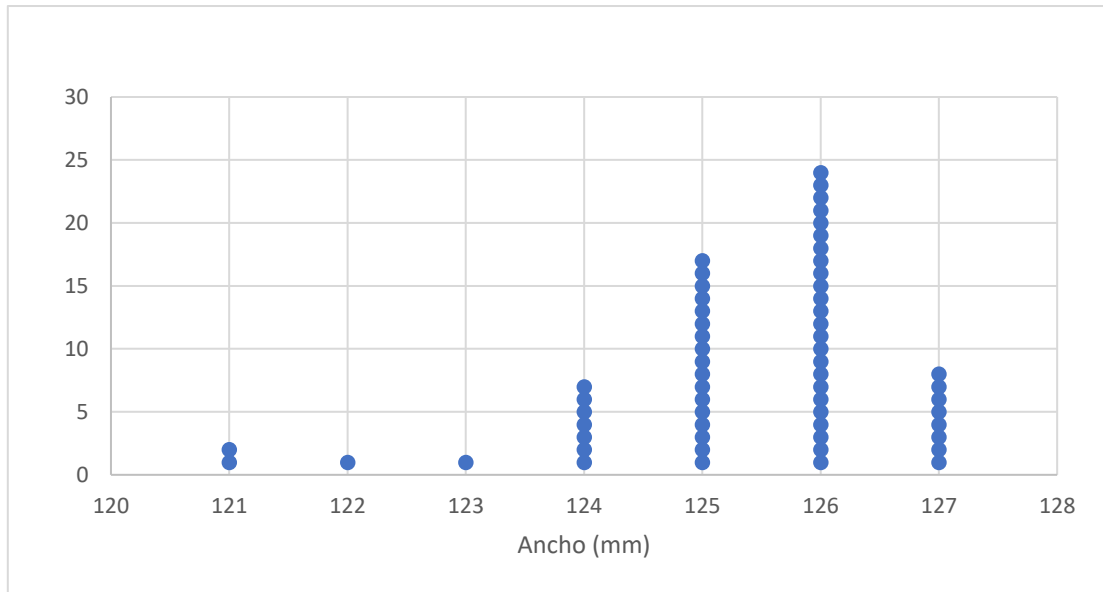


Figura 19: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay.
Fuente: Propia

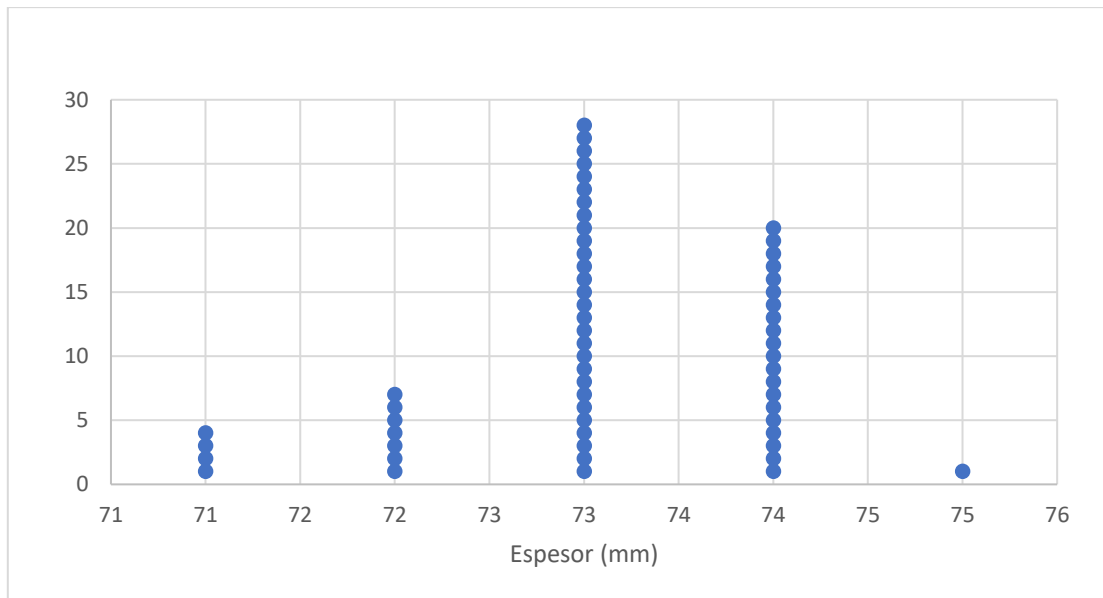


Figura 20: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Sinchi del Azuay.
Fuente: Propia

Tabla 11. Datos estadísticos de la fábrica Viñanzaca (Azuay).
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADÍSTICOS DE FABRICA VIÑAMZACA (AZUAY)		
Fabrica Viñanzaca	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	12,4	2,05
Resistencia a Flexión (MPa)	2,4	0,35
Dimensiones (mm)	a	255
	b	130
	h	71

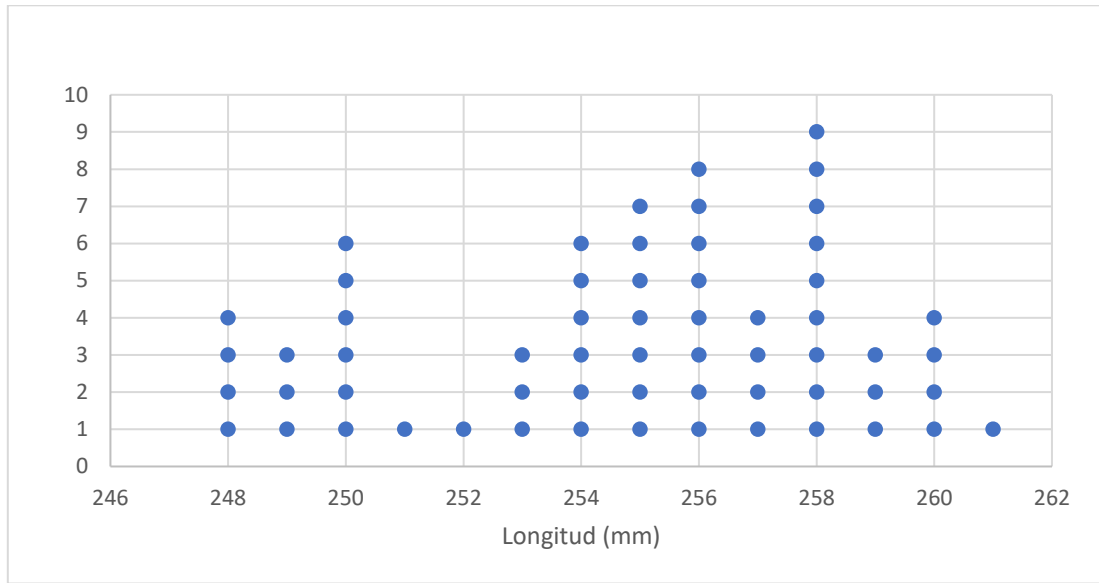


Figura 21: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.
Fuente: Propia

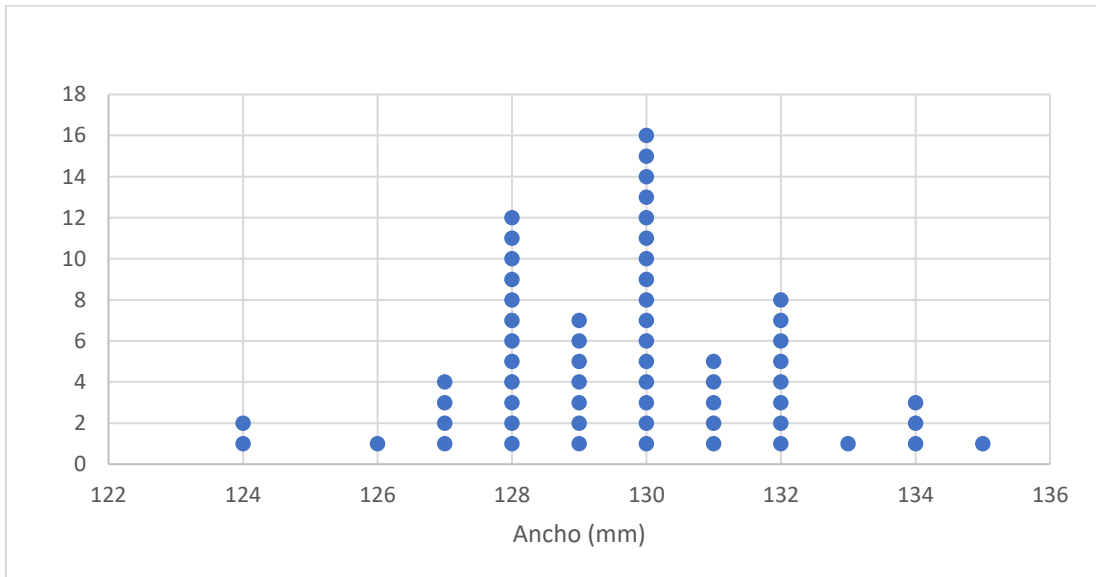


Figura 22: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.
Fuente: Propia

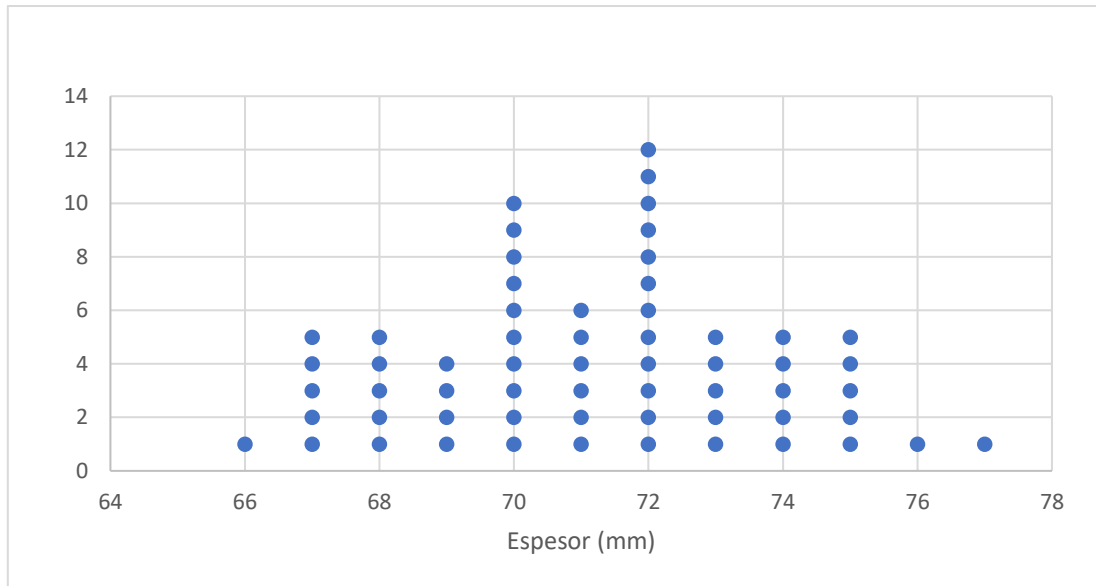
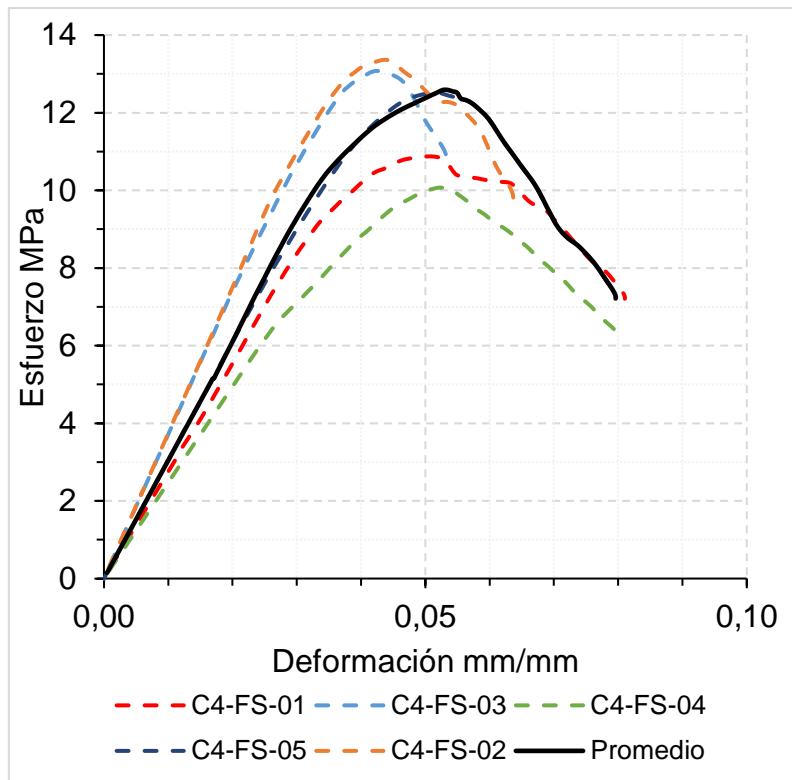


Figura 23: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Viñamzaca del Azuay.
Fuente: Propia

En lo que respecta al análisis de las fábricas mayores a 10 MPa (Falco, Sinchi y Viñamzaca) de la provincia del Azuay se puede comparar las resistencias de 11.4 MPa, 12,3 MPa y 12,4 MPa respectivamente, teniendo en cuenta que la mayor resistencia es de Viñamzaca, pero la dispersión de los resultados como en el caso de Sinchi es de 1,48 mientras que Viñamzaca es de 2,05 siendo Sinchi el de los resultados menos dispersos.

En el caso de la geometría se puede apreciar que la fábrica de Falco es menos dispersa en las dimensiones, pero tiene la menor resistencia, siendo Sinchi en este caso la mejor opción.

En la figura 24 se muestra el resultado del ensayo a compresión de los ladrillos de la fábrica de sinchi.



*Figura 24: Ensayo a compresión de los ladrillos de la fábrica de Sinchi.
Fuente: Propia*

En las tablas 12 a la 14 se toma en cuenta la desviación estándar como los valores promedios de las resistencias y propiedades geométricas de las tres fábricas menores a 10 MPa (Divino Niño, Artesano y Pinduisaca), después de cada tabla existe un gráfico de puntos donde describe la tendencia de las dimensiones de cada una de las fábricas.

*Tabla 12. Datos estadísticos de la fábrica Divino Niño (Azúay).
Fuente: Elaboración propia.*

DATOS ESTADÍSTICOS DE FABRICA DIVINO NIÑO (AZUAY)		
Divino Niño	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	8,8	1,70
Resistencia a Flexión (MPa)	2,6	0,53
Dimensiones (mm)	a	263
	b	129
	h	75

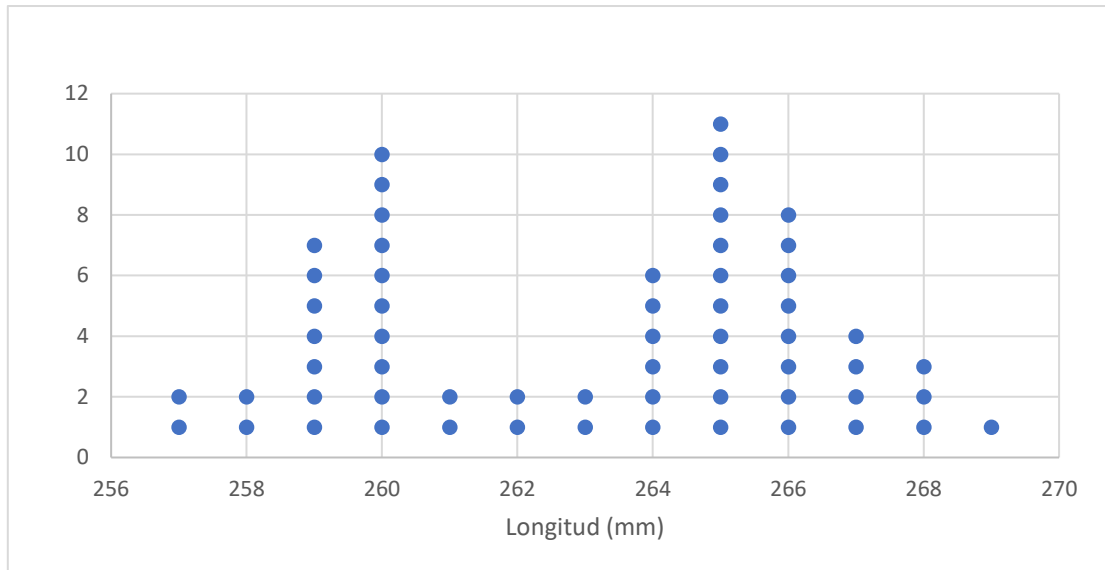


Figura 25: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.
Fuente: Propia

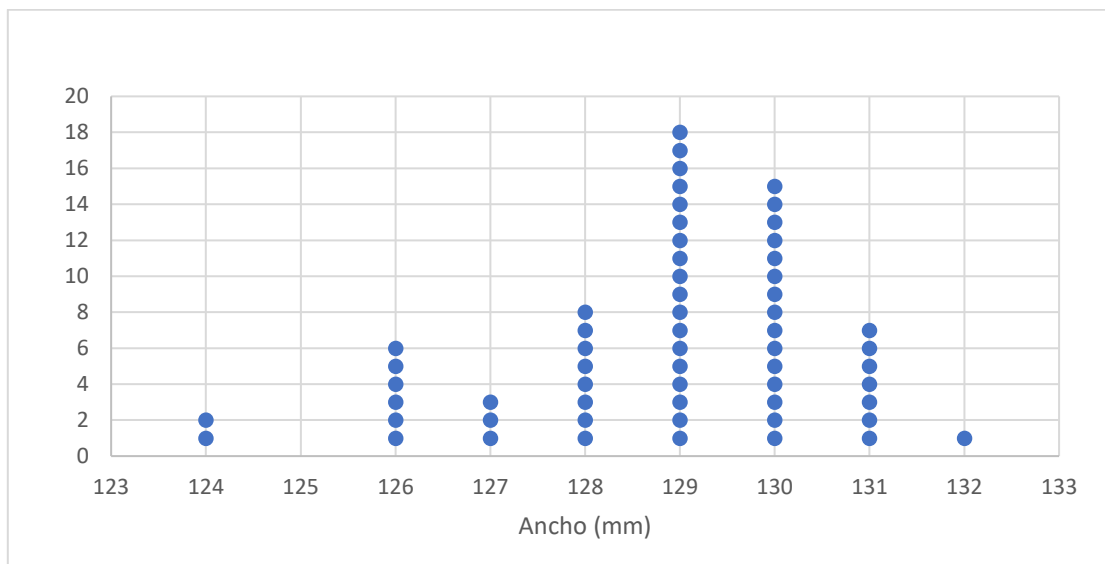


Figura 26: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.
Fuente: Propia

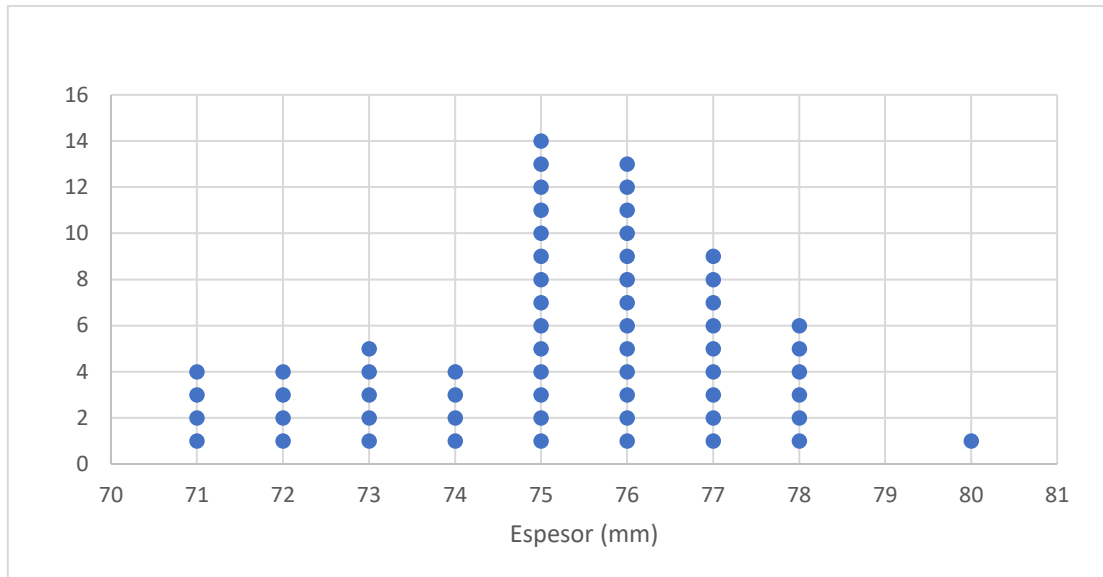


Figura 27: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Divino Niño del Azuay.
Fuente: Propia

Tabla 13. Datos estadísticos de la fábrica El Artesano (Azuay).
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADISTICOS DE FABRICA EI ARTESANO (AZUAY)		
El Artesano	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	7,1	1,75
Resistencia a Flexión (MPa)	2,8	0,42
Dimensiones (mm)	a	258
	b	129
	h	71

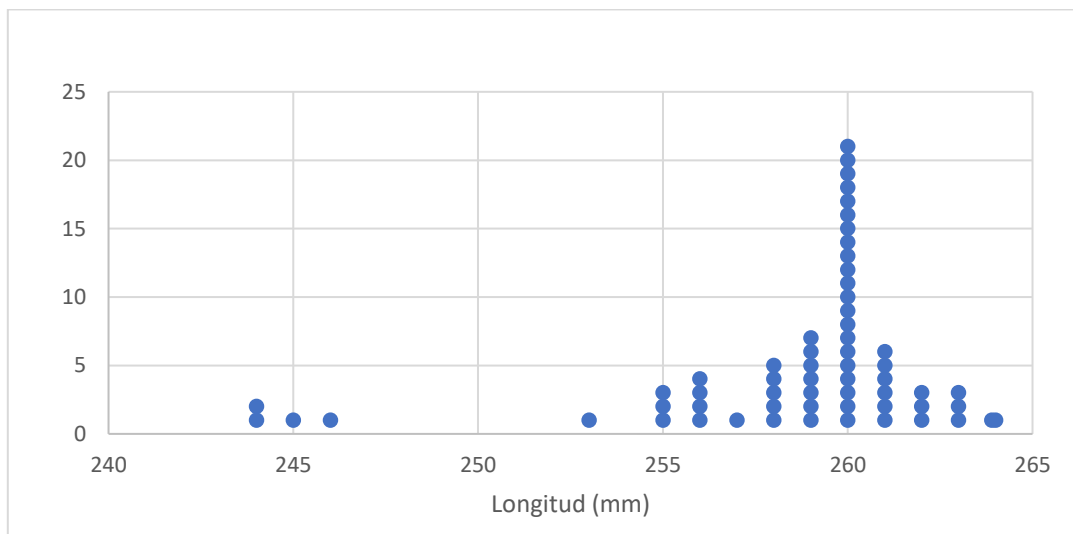


Figura 28: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.
Fuente: Propia

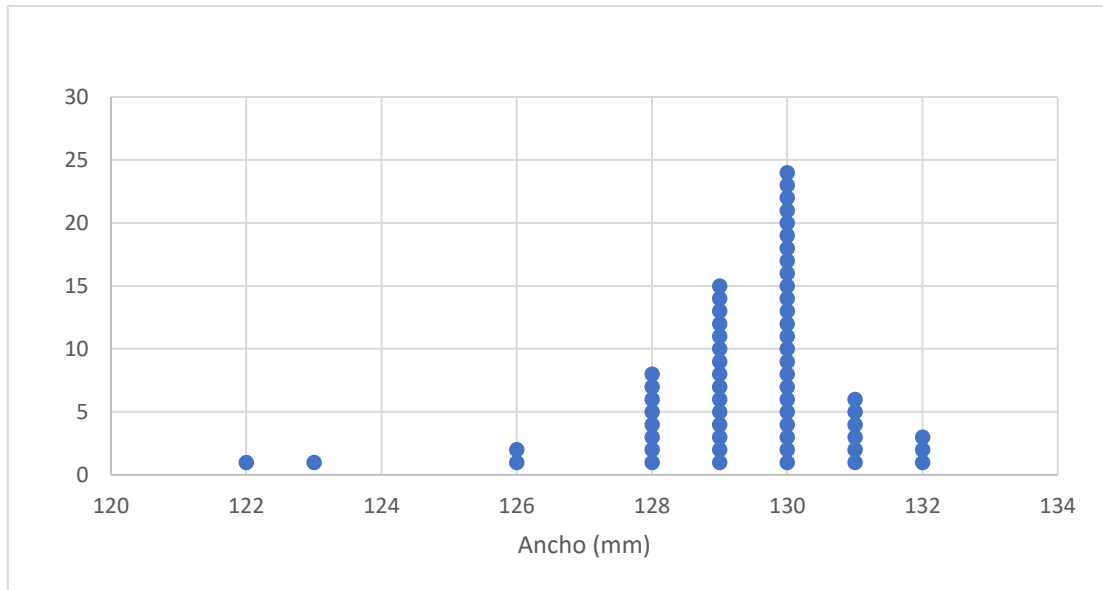


Figura 29: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.
Fuente: Propia

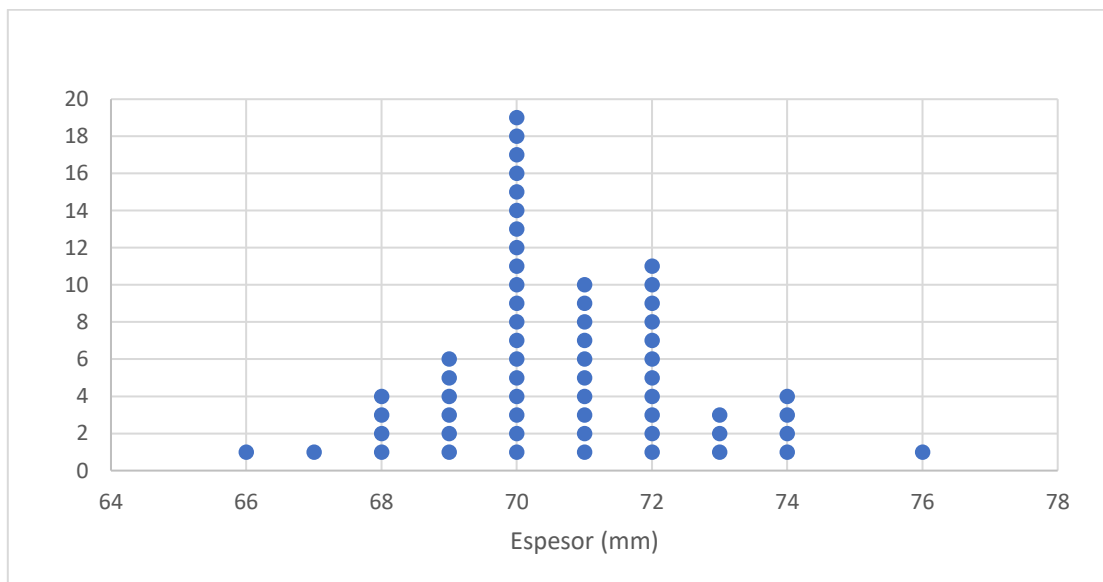


Figura 30: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica El Artesano del Azuay.
Fuente: Propia

Tabla 14. Datos estadísticos de la fábrica Pinduisaca (Azuay).
Fuente: Elaboración propia.

DATOS ESTADISTICOS DE FABRICA PINDUISACA (AZUAY)		
Fabrica Pinduisaca	Valores Promedios	Desviación Estándar
Resistencia a Compresión (MPa)	9,2	1,45
Resistencia a Flexión (MPa)	2,7	0,35
Dimensiones (mm)	a	255
	b	131
	h	72

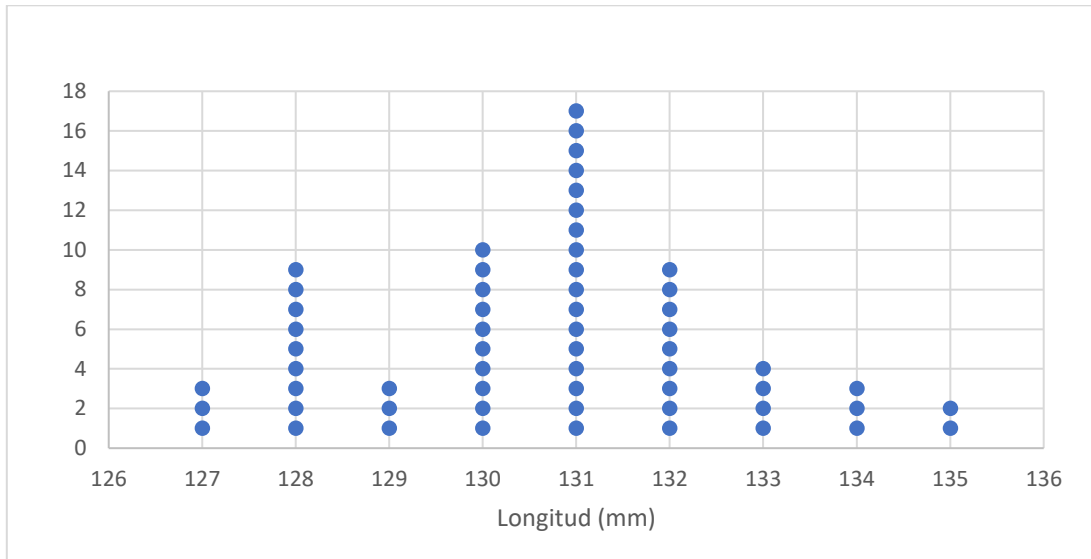


Figura 31: Análisis estadístico del largo del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.
Fuente: Propia

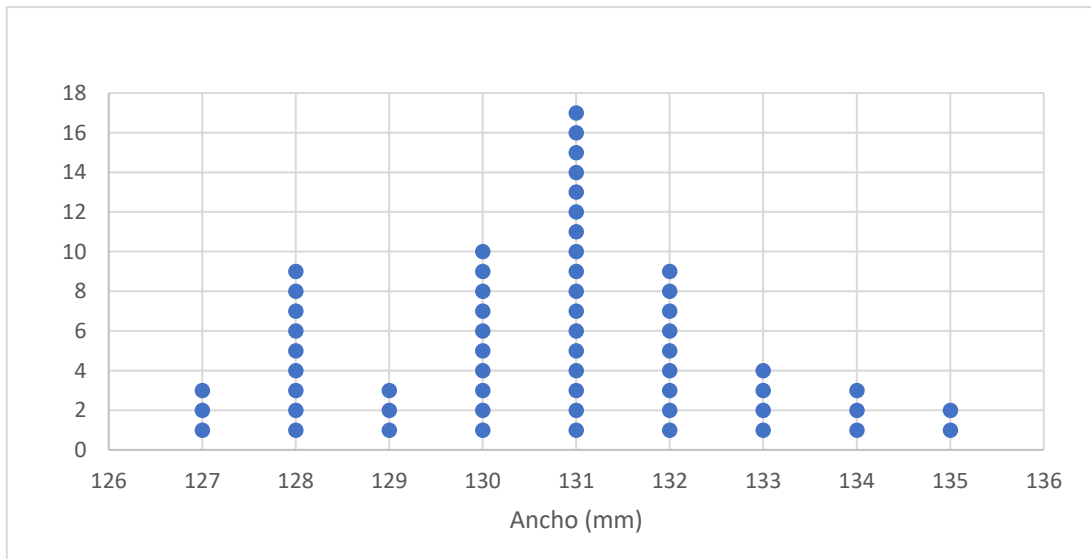


Figura 32: Análisis estadístico del ancho del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.
Fuente: Propia

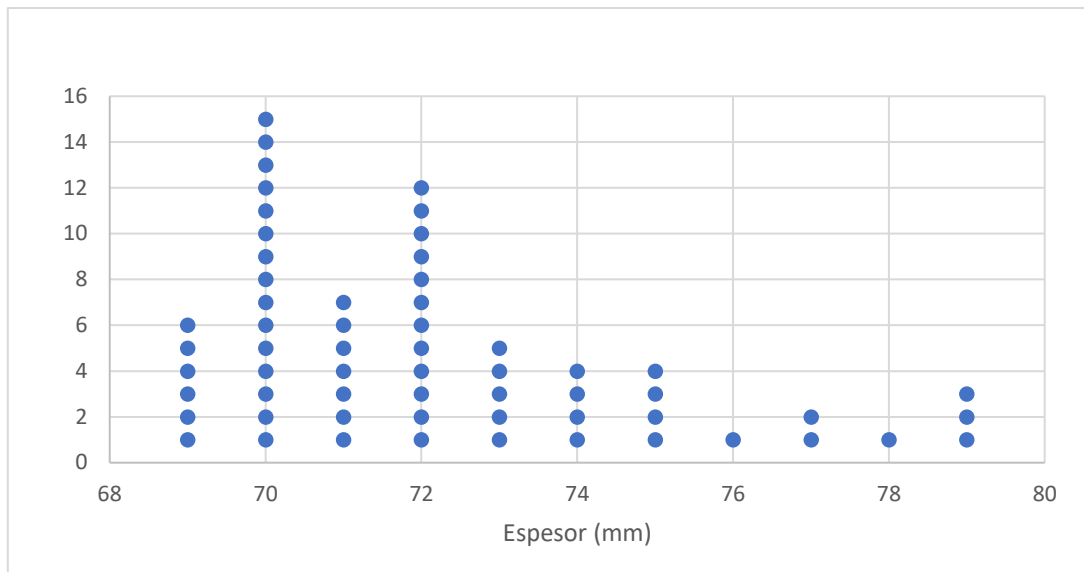


Figura 33: Análisis estadístico de la altura del ladrillo de la fábrica Pinduisaca del Azuay.
Fuente: Propia

En lo que respecta a la resistencia a la compresión de las fábricas menores a 10 MPa (El Artesano, Pinduisaca y Divino Niño) tenemos que las resistencias a compresión son de 7,12 MPa, 9,17 MPa y 8,84 MPa respectivamente, siendo Pinduisaca la alternativa con mayor resistencia, la dispersión de los datos en el caso de El artesano es de 3,07, de Pinduisaca es de 2,19 y de Divino Niño es de 2,88 siendo así la fábrica Pinduisaca con los datos menos dispersos.

Tomando en cuenta los resultados del análisis geométrico tenemos que las fábricas muestran una variación similar, por lo que la mejor opción es la fábrica de Pinduisaca dándonos la mayor resistencia y regularidad en sus ladrillos.

En la figura 34 se muestra el resultado del ensayo a compresión de los ladrillos de la fábrica de sinchi.

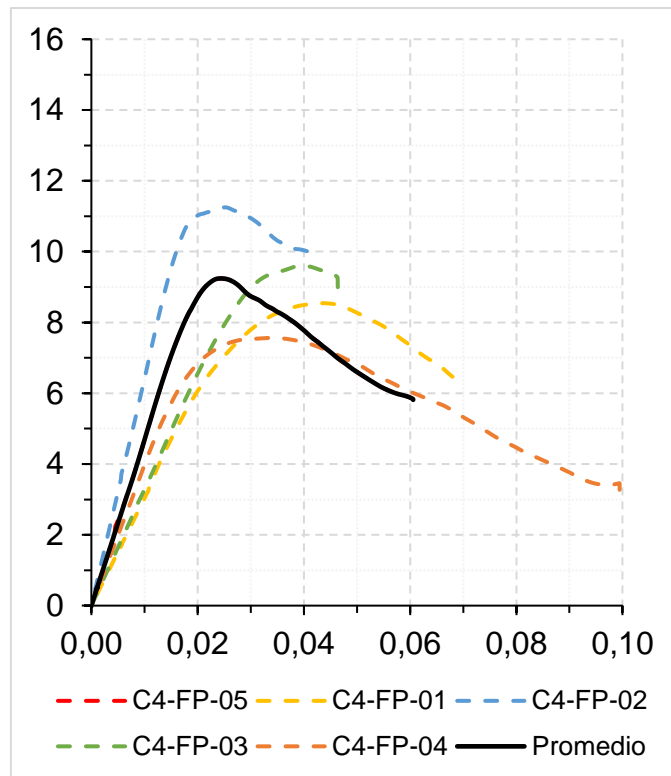


Figura 34: Ensayo a compresión de ladrillos de la fábrica de Pinduisaca.
Fuente: Propia

Se escogió los ladrillos de Sinchi mayor a 10 MPa y Pinduisaca menor a 10 MPa por su resistencia como su dispersión en su geometría.

4.2.1 Gráficos del comportamiento tensión deformación de los ladrillos seleccionados.

Se presentarán los resultados obtenidos de los ensayos mediante una gráfica de todas las muestras de cada fabrica seleccionada y una gráfica promedio que puede representar el comportamiento de la fábrica en general.

Graficas de resultados de la Fábrica Sinchi y Fábrica Pinduisaca a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

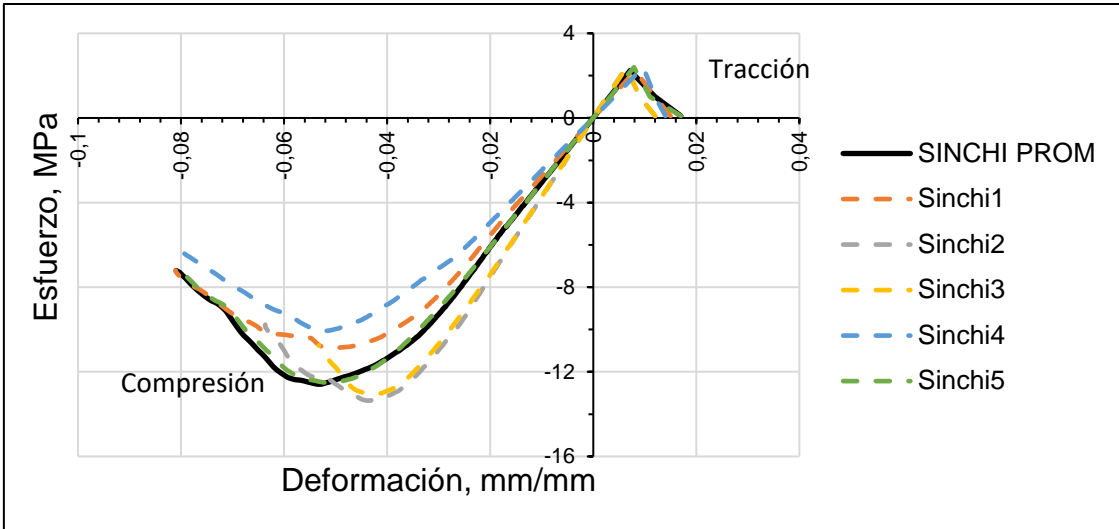


Figura 35: Curva del comportamiento mecánico Fabrica Sinchi
Fuente: (Propia)

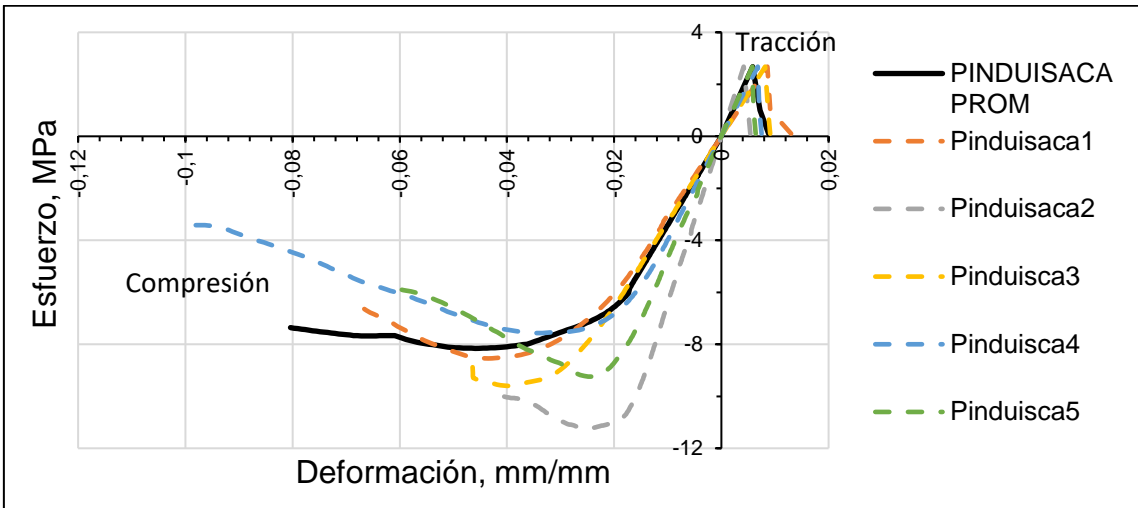


Figura 36: Curva del comportamiento mecánico Fabrica Pinduisaca.
Fuente: (Propia)

4.3 Parámetros de resistencia normal y tangencial en los modelos simplificados.

Para los ensayos de resistencia normal y tangencial se utilizaron los ladrillos de las fábricas Sinchi y Pinduisaca de resistencia de 12 MPa y 9 MPa respectivamente, elaborando modelos simplificados tipo cruz para en análisis normal y tipo trio para el análisis tangencial.

Para la unión se utilizó mortero Pegablok, donde se puso en una cantidad de 40 kg de Pegablok con 7 a 7,5 litros de agua, siguiente a esto el volumen debe de ser de 2886,3 cm³ y como resultado se obtuvo una mezcla de 8000 gr de mortero en (INTACO, 2022).

4.3.1 Ensayo a compresión de los modelos simplificados tipo cruz.

Una vez que se elaboró las muestras, se dejaron reposar 28 días aproximadamente para el debido ensayo, donde se puso mortero con un espesor del 25% - 50%, se envalo por 24 horas, procedimiento que ayuda a que no se pierda humedad como se indica en la figura 37 y 38.



Figura 37: Embalaje de los especímenes.

Fuente: (Propia)



Figura 38: Ensayo de los especímenes tipo cruz.
Fuente: (Propia)

En las gráficas 39 a la 41 se expone lo ensayado a compresión de cruces sin modificar con Pegablok.

Los resultados del ensayo de compresión se exponen en la tabla 15.

Tabla 15. Resultados a compresión de las cruces y tríos.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE ESPECIMENES SIN PERFORAR							
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Dimensiones				Carga Ultima
			mm				
			a_1	a_2	b_1	b_2	N
Sinchi cruz + Pegablok							
S+PG 1	15/11/2022	19/12/2022	112	125	126	124	1.275
S+PG 2	15/11/2022	19/12/2022	130	125	125	123	3.258
S+PG 3	15/11/2022	19/12/2022	122	121	125	122	Fracaso antes
S+PG 4	15/11/2022	19/12/2022	128	122	125	130	2.718
S+PG 5	15/11/2022	19/12/2022	130	132	128	130	1.476
Pinduisaca cruz + Pegablok							
P+PG1	25/4/2022	30/6/2022	125	125	126	127	Fracaso antes
P+PG2	25/4/2022	17/8/2022	125	126	133	129	1.230
P+PG3	25/4/2022	7/9/2022	128	127	122	122	731
P+PG4	25/4/2022	7/9/2022	126	129	133	130	1.982
P+PG5	25/4/2022	7/9/2022	131	136	137	138	5.255
P+PG6	25/4/2022	7/9/2022	130	132	131	132	4.400
Sinchi trio + Pegablok							
S+PG 1	25/4/2022	30/6/2022	180	185	130	125	45.975
S+PG 2	25/4/2022	7/7/2022	190	193	130	128	17.568
S+PG 3	25/4/2022	12/7/2022	192	195	134	131	18.779
S+PG 4	25/4/2022	12/7/2022	198	189	136	133	23.597
S+PG 5	25/4/2022	12/7/2022	198	192	130	129	25.492
S+PG 6	25/4/2022	12/7/2022	207	194	133	131	20.409
Pinduisaca trio + Pegablok							
P+PG1	25/4/2022	30/6/2022	180	180	125	120	19.560
P+PG2	25/4/2022	12/7/2022	184	185	123	127	26.841
P+PG3	25/4/2022	12/7/2022	185	195	125	126	23.430
P+PG4	25/4/2022	12/7/2022	186	187	127	126	7.325
P+PG5	25/4/2022	12/7/2022	14	78	180	185	128

A continuación, se presentan las gráficas que describen: Fabrica Sinchi tipo cruz sin perforar con Pegablok, Fabrica Pinduisaca tipo cruz sin perforar con Pegablok y la gráfica resumen de comparación entre la Fabrica Sinchi y Fabrica Pinduisaca en parámetros de carga desplazamiento.

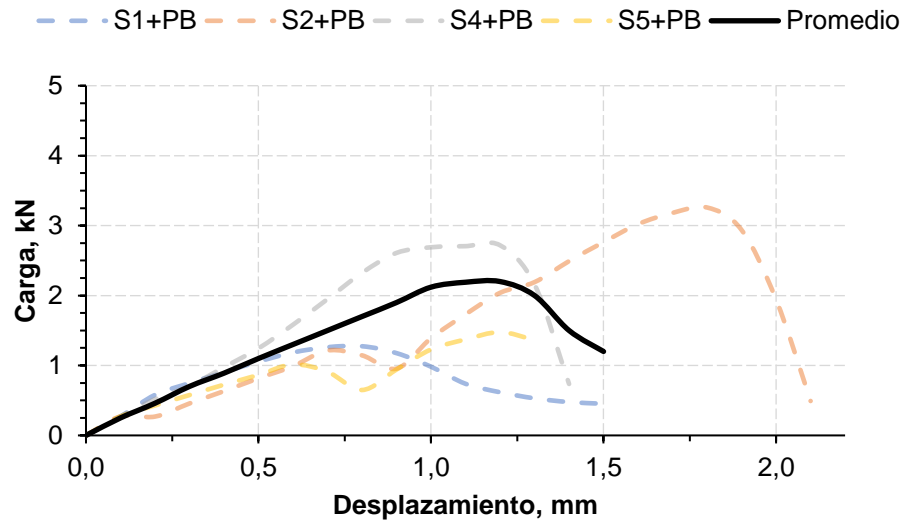


Figura 39: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

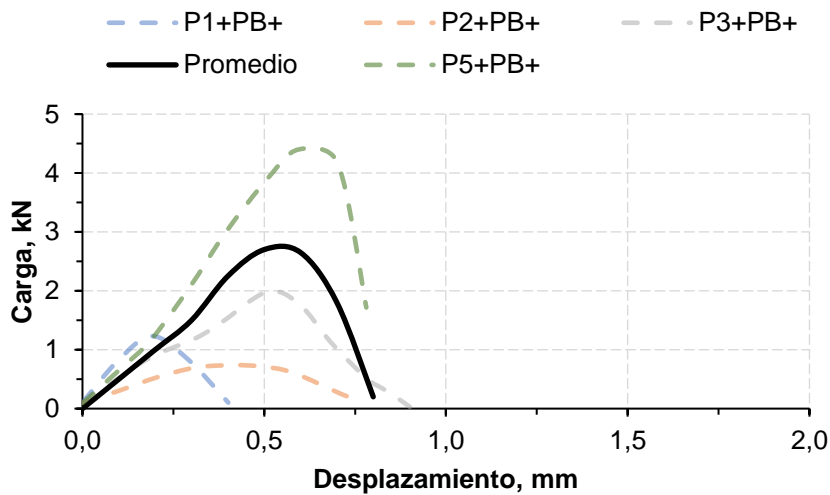


Figura 40: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz Pinduisaca + Pegablok.
Fuente: (Propia)

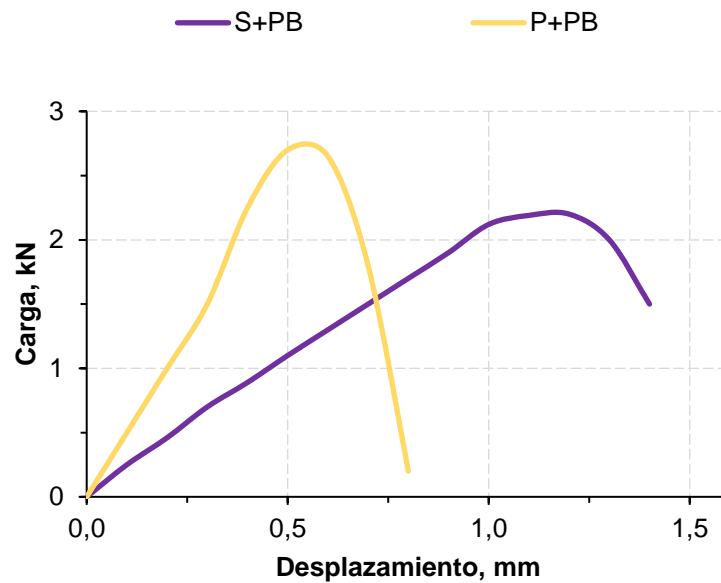


Figura 41: Ensayo promedio de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz Pinduisaca + Pegablok con Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

Se obtuvo con los ensayos de Pinduisaca tienen una resistencia promedio de 2.7 kN, pero su comportamiento es frágil a comparación con los ladrillos de Sinchi tienen una menor resistencia de 2.2 kN, pero tiene un mejor comportamiento con respecto a la ductilidad de 1.33.

4.3.2 Ensayo a compresión de los modelos simplificados tipo trio.

Se elaboraron 5 muestras con mortero Pegablok, el procedimiento para realizar las muestras fue ponerlas en una superficie que se encuentre a nivel y limpia, se coloca una capa de mortero de 1,5 cm y encima se coloca el segundo ladrillo de manera perpendicular al primero, el tercer ladrillo se repite el procedimiento (Polyakov, 1959). Se dejó secar la muestra por 24 horas, pasado este tiempo se embalo y se dejó reposar hasta el ensayo de la muestra.



Figura 42: *Especimen tipo trio.*
Fuente: (Propia)

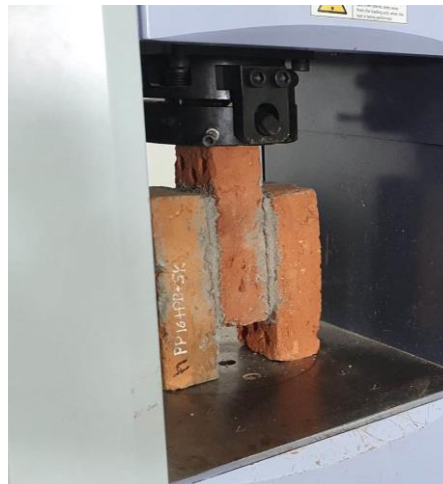


Figura 43: *Ensayo de los especímenes tipo trio.*
Fuente: (Propia)

En las siguientes gráficas se presenta: Fabrica Sinchi tipo trio sin perforar con Pegablok, Fabrica Pinduisaca tipo trio sin perforar con Pegablok y la gráfica resumen de comparación entre la Fabrica Sinchi y la Fabrica Pinduisaca.

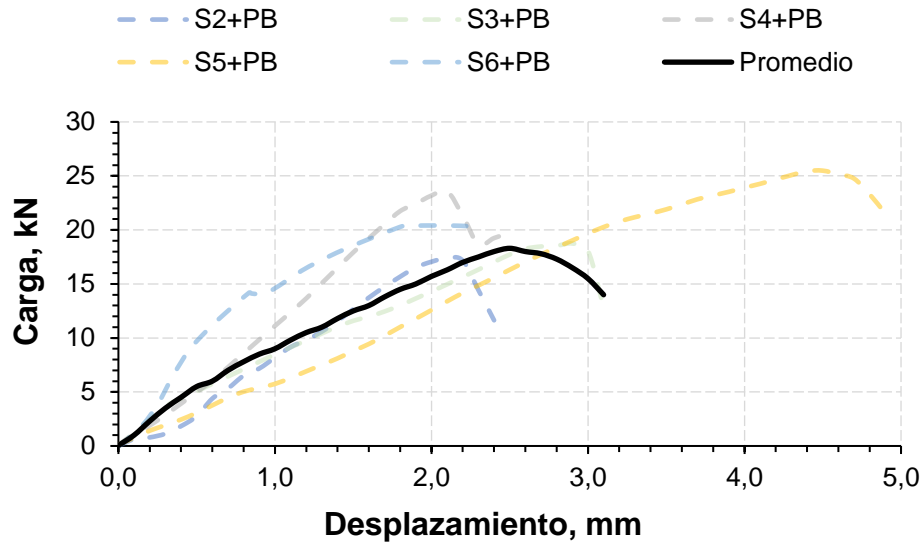


Figura 44: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

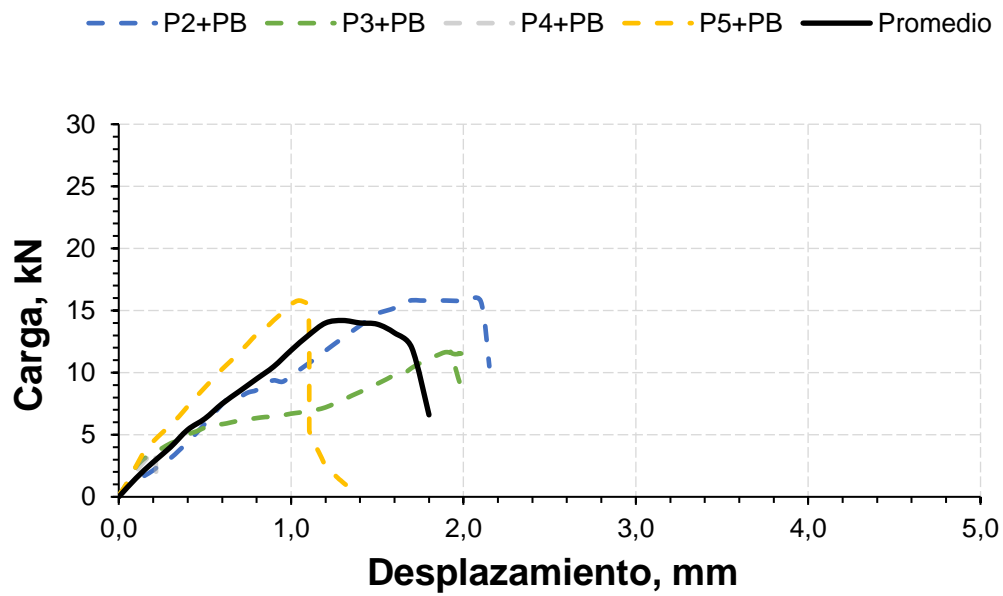
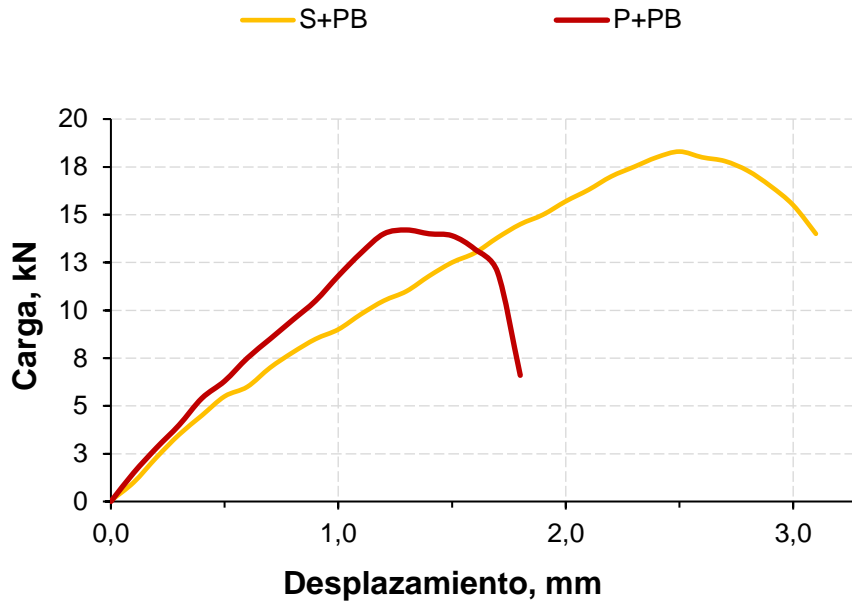


Figura 45: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Pinduisaca + Pegablok.
Fuente: (Propia)



*Figura 46: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio Pinduisaca + Pegablok.
Fuente: (Propia)*

Se obtiene que la resistencia de los especímenes de Fabrica Pinduisaca con Pegablok de 14 kN es menos a la obtenida de Fabrica Sinchi con pegablok de 18.5kN. Pero ningún espécimen tiene un comportamiento dúctil.

4.4 Influencia de la perforación de orificios superficiales en el desempeño de los modelos simplificados a corte y tracción normal.

Se emplearon los ladrillos de las Fábricas Sinchi y Pinduisaca con una resistencia de 12 MPa y 9 MPa, respectivamente, para realizar ensayos de resistencia normal y tangencial. Donde se perforo los ladrillos con 16 milímetros para la fábrica Sinchi y de 19 milímetros para la fábrica Pinduisaca. Para el análisis normal, se crearon modelos simplificados en forma de cruz, mientras que para el análisis tangencial se utilizaron modelos simplificados en forma de trío.

El mortero Pegablok recomendado en (INTACO, 2022) se utilizó para la unión. Se mezclaron 40 kg de Pegablok con 7 a 7,5 litros de agua para obtener un volumen de 2886,3 cm³. Como resultado, se obtuvo una mezcla de 8000 gr de mortero.

4.4.1 Ensayo a compresión de los modelos con orificios tipo cruz.

Una vez que se elaboró las muestras, se dejaron reposar 28 días aproximadamente para el debido ensayo, donde se puso mortero con un espesor del 25% - 50%, se envalo por 24 horas, procedimiento que ayuda a que no se pierda humedad como se indica en la siguiente imagen:

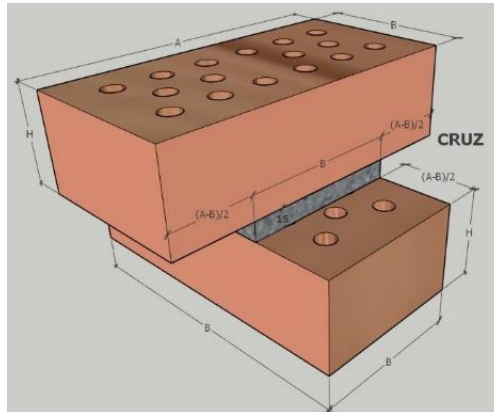


Figura 47: Especímenes tipo cruz perforado.
Fuente: (Propia)



Figura 48: Resultados a compresión de las cruces y trios y perforados.
Fuente: (Propia)

Tabla 16. Resultados a compresión de las cruces y tríos y perforados.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO DE ESPECIMENES PERFORADOS							
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Dimensiones				Carga Última
			mm				
			a_1	a_2	b_1	b_2	N
Sinchi perforado cruz + Pegablok							
SP + PG1	27/4/2022	30/6/2022	132	133	130	129	Fracaso antes
SP + PG2	27/4/2022	21/7/2022	133	128	130	130	2.325
SP + PG3	27/4/2022	6/9/2022	132	130	133	130	1.123
SP + PG4	27/4/2022	6/9/2022	130	133	132	130	2.817
SP + PG5	27/4/2022	6/9/2022	132	132	133	132	2.018
SP + PG6	27/4/2022	6/9/2022	128	130	129	132	2.299
Pinduisaca perforado cruz + Pegablok							
PP + PG 1	27/4/2022	30/6/2022	128	131	130	129	Fracaso antes
PP + PG 2	27/4/2022	9/9/2022	128	127	125	125	4.503
PP + PG 3	27/4/2022	9/9/2022	128	130	128	128	1.643
PP + PG 4	27/4/2022	9/9/2022	129	129	132	130	3.900
PP + PG 5	27/4/2022	9/9/2022	130	129	127	128	4.294
PP + PG 6	27/4/2022	9/9/2022	127	127	131	132	2.914
Sinchi perforado trio + Pegablok							
SP + PG 1	15/11/2022	19/12/2022	190	195	13	131	1.275
SP + PG 2	15/11/2022	19/12/2022	193	183	128	126	3.258
SP + PG 3	15/11/2022	19/12/2022	183	184	127	132	Fracaso antes
SP + PG 4	15/11/2022	19/12/2022	177	181	128	128	2.718
SP + PG 5	15/11/2022	19/12/2022	190	183	131	130	1.476
SP + PG 6	25/4/2022	7/7/2022	190	183	130	130	183
Pinduisaca perforado trio + Pegablok							
PP + PG 1	27/4/2022	30/6/2022	180	186	130	125	Fracaso antes
PP + PG 2	27/4/2022	19/7/2022	180	175	125	130	23.016
PP + PG 3	27/4/2022	19/7/2022	180	185	127	130	30.104
PP + PG 4	27/4/2022	19/7/2022	180	195	125	130	Fracaso antes
PP + PG 5	27/4/2022	19/7/2022	180	185	125	130	24.711
PP + PG 6	27/4/2022	19/7/2022	186	187	130	135	32.591

Las siguientes graficas describen los resultados en parámetros de carga desplazamiento de los ensayos: cruz perforado con Pegablok Fabrica Sinchi, cruz perforado con Pegablok Fabrica Pinduisaca y la gráfica resumen que compara los resultados de la Fabrica Sinchi y Fabrica Pinduisaca.

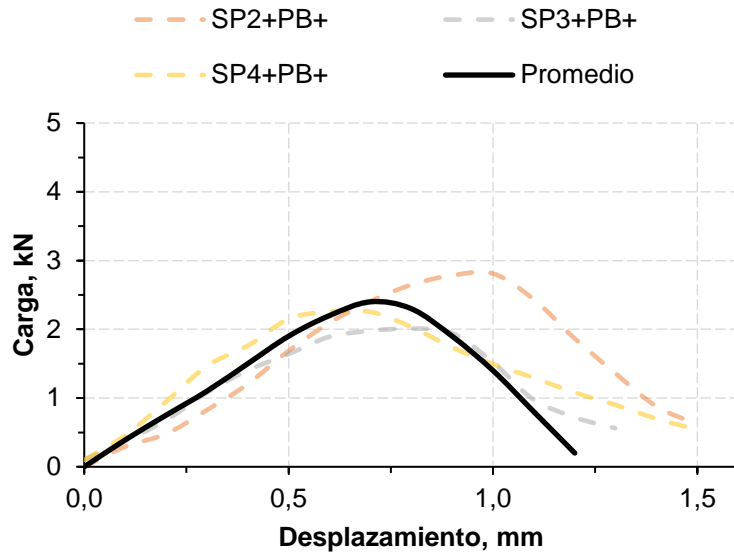


Figura 49: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforado Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

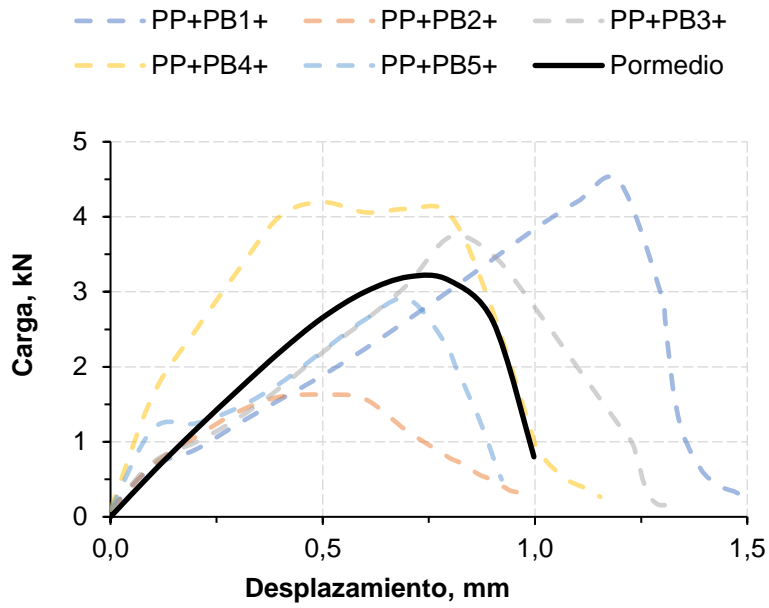


Figura 50: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforado Pinduisaca + Pegablok.
Fuente: (Propia)

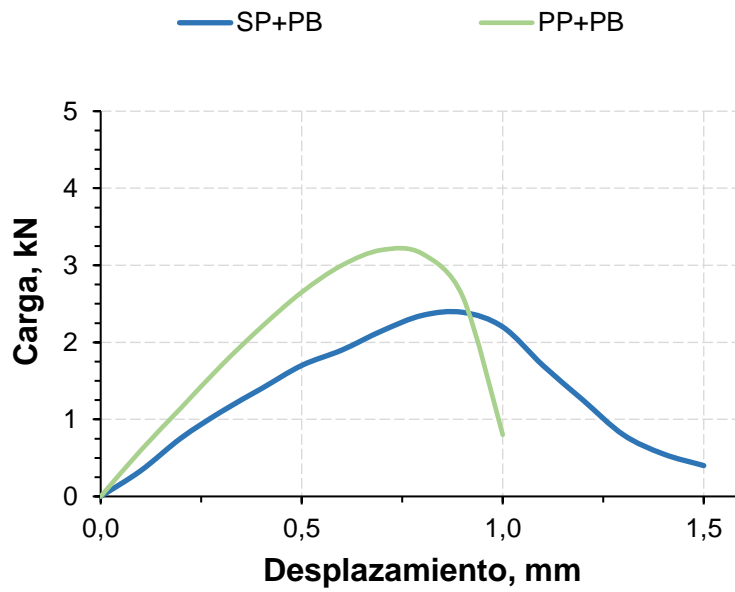


Figura 51: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.
Fuente: (Propia)

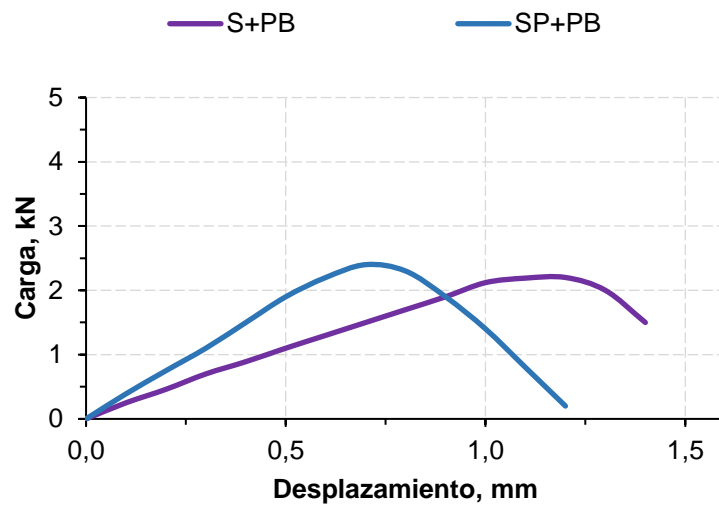
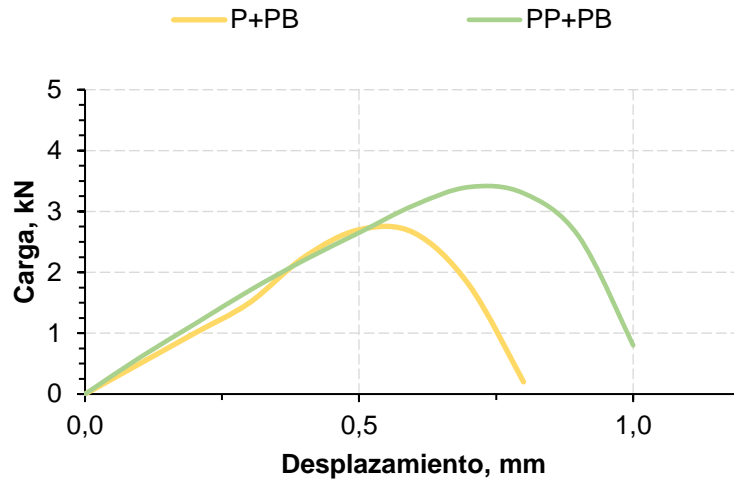


Figura 52: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.
Fuente: (Propia)

Con los ladrillos perforados en el caso de Fabrica Sinchi ganamos resistencia aproximadamente de 2,4 kN, pero no tiene un comportamiento dúctil, sin embargo, los ladrillos sin perforar no son más resistentes, pero su comportamiento tiene una ductilidad de 1,3.

En la gráfica 53 se describe el resumen de los resultados de los ensayos de los ladrillos perforados tipo cruz de Pinduisaca perforado con Pinduisaca sin perforar.



*Figura 53: Resumen de ensayos de resistencia tangencial de los especímenes tipo cruz perforados.
Fuente: (Propia)*

Con los ladrillos perforados en el caso de Fabrica Pinduisaca ganamos resistencia aproximadamente de 3,4 kN, sin embargo, los ladrillos sin perforar en si no son más resistentes, pero ninguno de las dos muestras tiene un comportamiento dúctil.

4.4.2 Ensayo a compresión de los modelos con orificios tipo trio.

Se crearon 5 muestras utilizando mortero Pegablok, siguiendo el procedimiento sugerido por (Polyakov, 1959). Para crear las muestras, se colocó una capa de mortero de 1,5 cm en una superficie nivelada y limpia, luego se colocó el segundo ladrillo perpendicular al primero, y se repitió el proceso para el tercer ladrillo. Después de dejar secar las muestras durante 24 horas, se las embolsó y se les permitió reposar hasta el momento del ensayo.



Figura 54: *Especímenes tipo trio perforados.*
Fuente: (Propia)



Figura 55: *Ensayo de especímenes tipo trio perforados.*
Fuente: (Propia)

A continuación, se presentan las gráficas obtenidas de los ensayos a resistencia tangencial de: trio perforado con Pegablok Fabrica Sinchi, trio perforado con Pegablok Fabrica Pinduisaca y la gráfica resumen que compara los resultados de la Fabrica Sinchi y la Fabrica Pinduisaca.

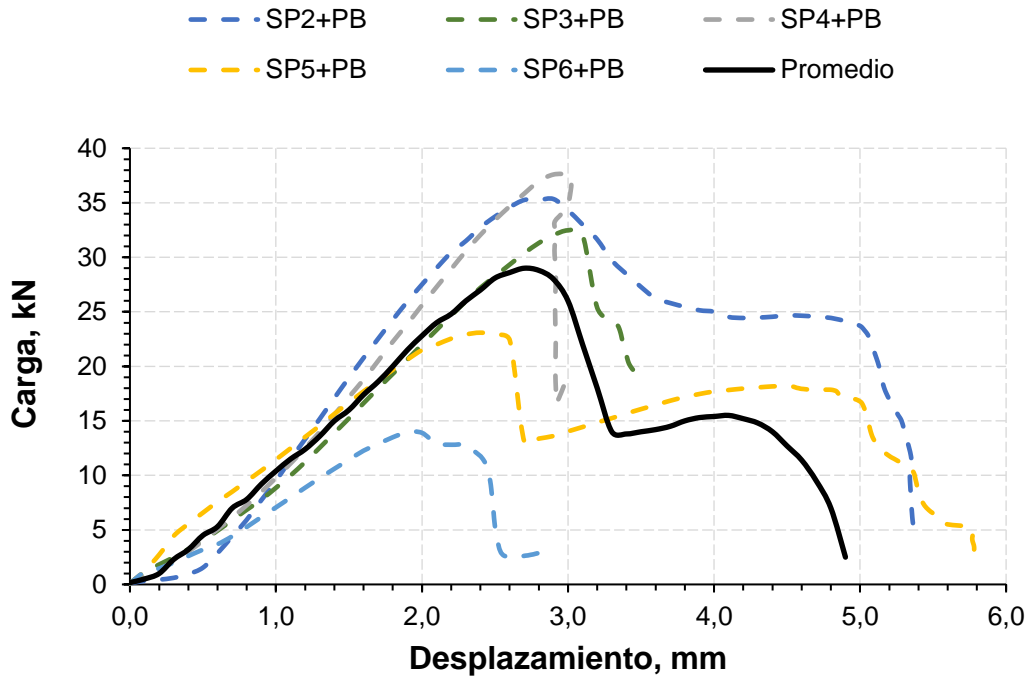


Figura 56: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio perforado Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

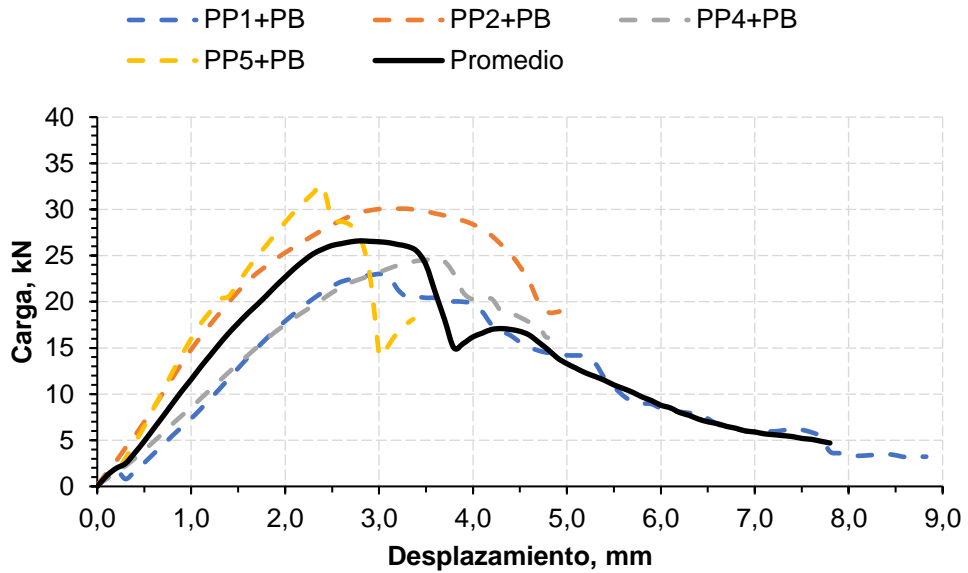
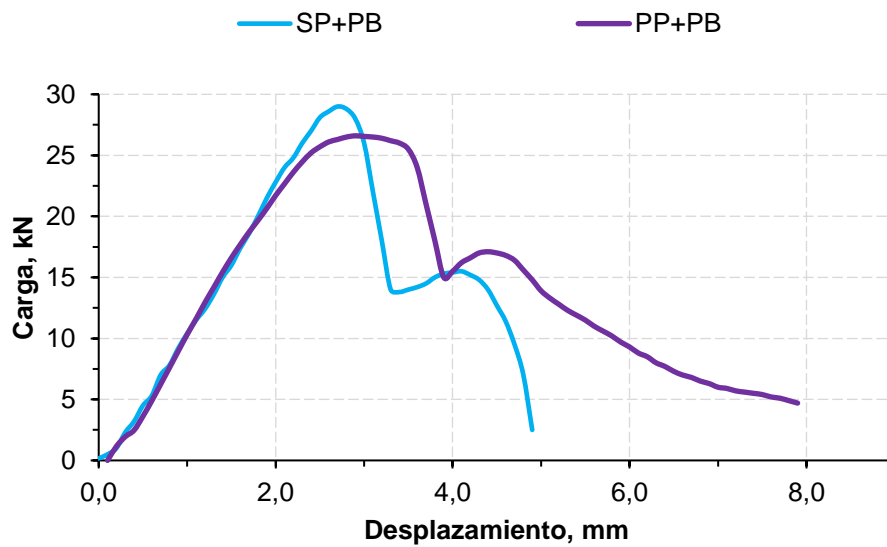


Figura 57: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo trio perforado Pinduisaca + Pegablok.
Fuente: (Propia)



*Figura 58: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado.
Fuente: (Propia)*

En los modelos simplificados tipo tríos tanto Sinchi y Pinduisaca se realizaron modificaciones en la superficie de contacto de los ladrillos mediante la perforación con distintos diámetros donde se ha observado el comportamiento de su influencia en la resistencia normal. El comportamiento de Sinchi perforado con Pegablok tiene una falla frágil con una resistencia de 28 kN, sin embargo, Pinduisaca presenta menor resistencia de 26 kN con un comportamiento dúctil de 1.22.

En la gráfica 59 se describe el resumen de los resultados de los ensayos de los ladrillos perforados tipo trio Sinchi perforado y Sinchi sin perforar.

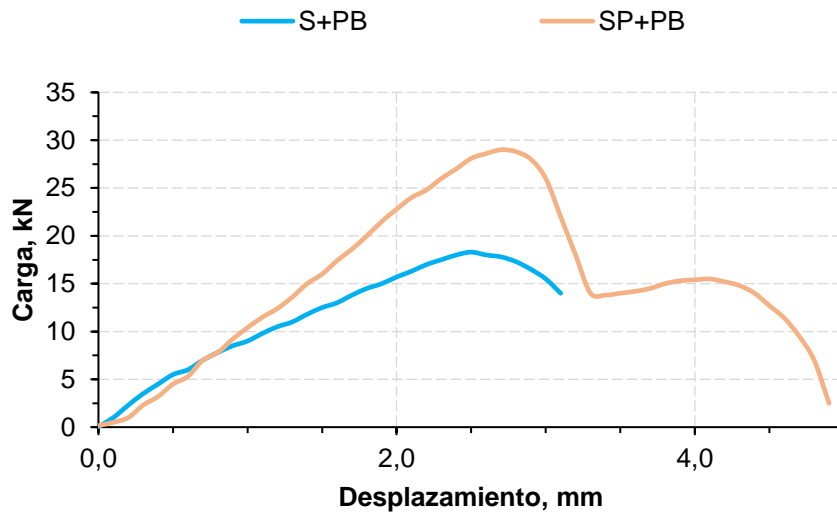


Figura 59: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado y sin perforar.
Fuente: (Propia)

Con los ladrillos perforados en el caso de Sinchi ganamos resistencia aproximadamente de 29 kN, sin embargo, los ladrillos sin perforar en si no son más resistentes, pero ninguno de las dos muestras tiene un comportamiento dúctil.

En la gráfica 60 se describe el resumen de los resultados de los ensayos de los ladrillos perforados tipo trio Pinduisaca perforado y Pinduisaca sin perforar.

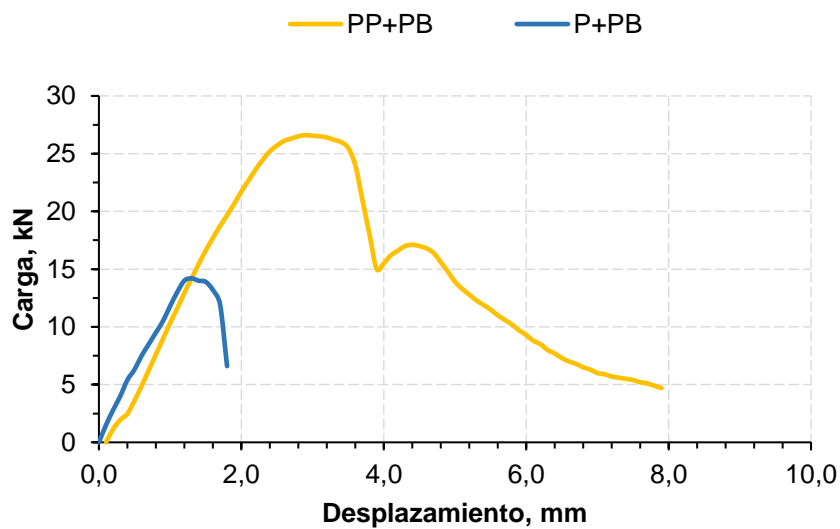


Figura 60: Resumen de resistencias normal de los especímenes tipo trio perforado y sin perforar.
Fuente: (Propia)

Con los ladrillos perforados en el caso de Pinduisaca ganamos resistencia aproximadamente de 26 kN y con una ductilidad de 1,36 sin embargo, los ladrillos sin perforar en si no son más resistentes y cuenta con una ductilidad despreciable.

Resumen de cruces sin modificar como perforados, se presentan en la figura 61.

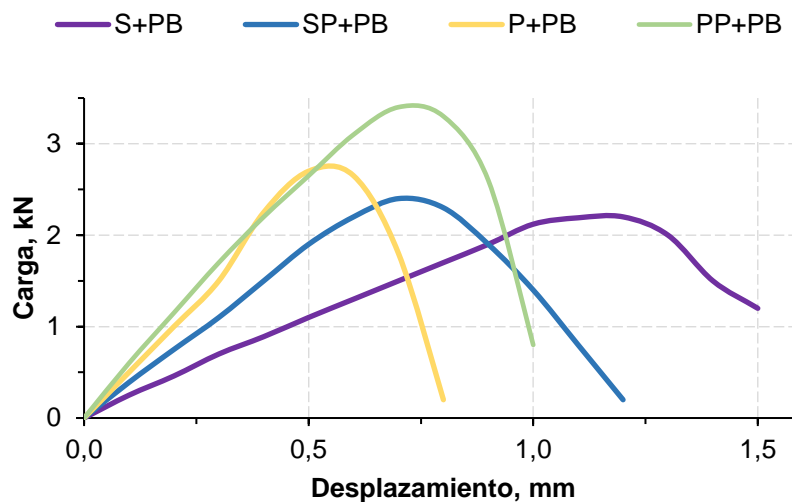
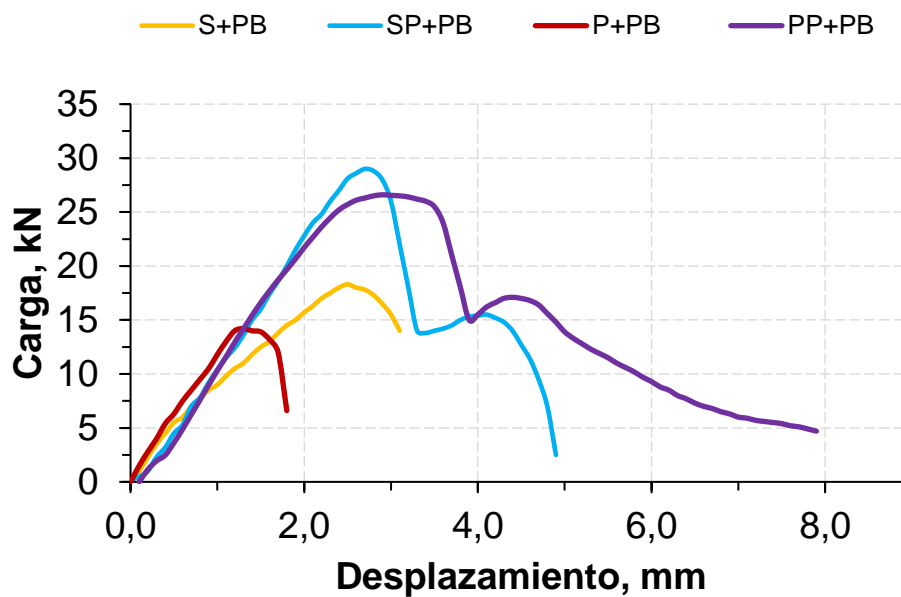


Figura 61: Resumen de ensayos de los especímenes tipo cruz sin modificar y perforados.
Fuente: (Propia)

Comparando los modelos tipo cruces con la modificación de la superficie de contacto y sin modificar se puede evidenciar que Pinduisaca perforado con Pegablok tiene una mayor resistencia de 3.2 kN y sin perforar llega a una resistencia de 2.6kN. Por lo tanto, sinchi perforado tiene una resistencia de 2.3kN y sinchi sin perforar tiene la menor resistencia de todos de 1.9 kN, pero su comportamiento es mucho mejor que todos los especímenes que cuenta con una ductilidad de 1.33.

Resumen de tríos sin modificar como perforados, se presenta en a gráfica 62.



*Figura 62: Resumen de ensayos de los especímenes tipo trío sin modificar y perforado.
Fuente: (Propia)*

Comparando los modelos tipo tríos con la modificación de la superficie de contacto y sin modificar se puede evidenciar que sinchi perforado con Pegablok tiene una mayor resistencia de 29 kN y sin perforar llega a una resistencia de 18.5 kN. Por lo tanto, Pinduisaca perforado tiene una resistencia de 26.5 kN y sin perforar tiene la menor resistencia de todos de 14 kN, pero su comportamiento de Pinduisaca perforado es mucho mejor que todos los especímenes con una ductilidad de 1.18.

A continuación, se expone la tabla resumen de los valores promedio referente a los ensayos de loa modelos simplificados de mampostería y los porcentajes de mejora en las resistencias:

*Tabla 17. Tabla resumen de resultados de modelos tipo trio y cruz.
Fuente: Elaboración propia.*

Tabla Resumen			
Tipo	Resistencia kN	Aumento de resistencia %	Aporte del agujero %
Cruz Sinchi	2,2	9	-13
Cruz Sinchi Perforado	2,4		
Cruz Sinchi Perforado con Sika Boom	2,0		
Cruz Pinduisaca	2,7	25	-16
Cruz Pinduisaca Perforado	3,4		
Cruz Pinduisaca Perforado con Sika Boom	2,1		
Trio Sinchi	18,5	51	-41
Trio Sinchi Perforado	28		
Trio Sinchi Perforado con Sika Boom	14,4		
Trio Pinduisaca	14	85	-41
Trio Pinduisaca Perforado	26		
Trio Pinduisaca Perforado con Sika Boom	11,4		

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó la resistencia de la unidad del ladrillo en la resistencia normal obteniendo que los modelos tipo cruz de Fabrica Pinduisaca resisten un 22% más que los modelos de Fabrica Sinchi. Siendo los ladrillos de la Fabrica Pinduisaca las muestras de menor resistencia en cuanto a las características individuales del ladrillo, por lo tanto, la resistencia del ladrillo no influye de manera directa en los resultados de los ensayos.
- Se determinó la resistencia de la unidad del ladrillo en la resistencia tangencial obtenido que los modelos tipo trio de Fabrica Sinchi resisten un 32% más que los modelos de Fabrica Pinduisca.
- Se determinó la resistencia de la superficie de contacto en la resistencia normal obteniendo que, a comparación con los ensayos realizados con los especímenes sin perforar, los modelos tipo cruz de Fabrica Pinduisaca se aumentó la resistencia 41% más que los modelos de Fabrica Sinchi.
- Se determinó la resistencia de la superficie de contacto en la resistencia tangencial obteniendo que los modelos tipo trio de Fabrica Sinchi resisten un 07% más que los modelos de Fabrica Pinduisca.
- Se evidenció que los ladrillos sometidos a ensayos para determinar sus propiedades geométricas y mecánicas de las provincias del Azuay y Loja no cumplen con ninguna normativa tanto la INEN y la NEC, sin embargo, la provincia de Morona Santiago tiene una mayor aproximación, pero no se encuentran en el rango requerido.

- En la comparación de ambas normativas en los ensayos de resistencia mínima establecidas por las normas a la compresión de 3.43 MPa y a tracción de 1.5 MPa cumplen con los ensayos realizados obteniendo una resistencia a la compresión máxima de 10.2 MPa y a tracción de 2.5 MPa.
- En los ensayos de resistencia normal en modelos simplificados tipo cruces se observó que la modificación de la superficie de contacto de los ladrillos de Pinduisaca tuvo una mayor resistencia, sin embargo, con los ladrillos de sinchi aumento su resistencia y su comportamiento cuenta con una ductilidad mínima. Con los ladrillos sin perforar tienen una carga máxima de 2,7 kN, pero Pinduisaca tiene una falla frágil, no obstante Sinchi sin perforar tiene una menor resistencia de 2,2 kN y su comportamiento es dúctil.
- En los ensayos de resistencia tangencial en modelos simplificados tipos tríos la modificación de la superficie de contacto de los ladrillos de Pinduisaca tiene un comportamiento dúctil con una resistencia considerable, pero sinchi perforado gana una mayor resistencia, pero su comportamiento es frágil.
- Los resultados muestran que los elementos formados por los ladrillos con Pegablok sin perforar tienen un comportamiento no tan plástico en comparación a los especímenes perforados los cuales aumentan la resistencia del conjunto de mampostería y lo hace que se adopte un comportamiento plástico, esto se puede evidenciar si comparamos la mejora de sinchi perforado a comparación de sinchi sin perforar en cruz del 38% y trio del 55%, el caso de Pinduisaca perforado también se evidencia una notable mejora como en cruz del 34% y trio del 46% a comparación de las muestras sin alterar.

- Los resultados de ladrillos perforados con Sika Boom nos indican que disminuye un 41% la capacidad de resistencia cuando el mortero no ingresa en los orificios a comparación de cuando el mortero ingresa en los orificios aumenta un 46% de resistencia en el caso de Pinduisaca y de Sinchi aumenta un 55% de resistencia.
- Los resultados obtenidos en la investigación experimental de modelos simplificados de mampostería permiten establecer, que la modificación de la superficie de contacto del ladrillo permite incrementar la capacidad portante y la magnitud de la deformación plástica total.

5.2 RECOMENDACIÓN

- En esta investigación se recomienda utilizar ladrillos que cumplan con las Normativas vigentes, debido que los ladrillos adquiridos no cumplen con las dimensiones establecidas, pero con las propiedades mecánicas cumplen todas. Sin embargo, lo fundamental que se debe considerar es la resistencia del ladrillo y su geometría al momento de ser utilizado para la construcción de mamposterías.
- Se recomienda continuar la investigación mediante el ensayo de modelos de mampostería a mayor escala.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alcocer, S. M. (1996). Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C*, 28.
- Alonso, E., & Castaño, F. (2021). *MAMPOSTERÍA NO REFORZADA DE MÁS DE 2 PISOS CONSTRUIDAS EN BARRIOS SUB-NORMALES*. Autor (es) Esteban Alonso Hoyos Zapata Fernando León Castaño Villegas Universidad de Antioquia Facultad De Ingenierías , Escuela Ambiental.
- AlSaidy, E. (1997). *Shear Behavior of URM Retrofitted with FRP Overlays.pdf*. 1–9.
- ASTM C321-00, 3 (2012). <https://doi.org/10.1520/C0039>
- Cajamarca-Zuniga, D., & Kabantsev, O. (2023a). Particular strength criteria for microstructural analysis of masonry. *Materials Science Forum*, 2.
- Cajamarca-Zuniga, D., & Kabantsev, O. V. (2023b). Influence of the Carnegie Ridge on the Development of Seismogenic Sources and Seismicity of Ecuador. In P. Akimov, N. Vatin, A. Tusnin, & A. Doroshenko (Eds.), *Lecture Notes in Civil Engineering* (pp. 299–310). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10853-2_28
- Cajamarca-Zuniga, D., Kabantsev, O. V., & Marin, C. (2022). Macroseismic intensity-based catalogue of earthquakes in Ecuador. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 18(2), 161–171. <https://doi.org/http://doi.org/10.22363/1815-5235-2022-18-2-161-171>
- Carlos, R., & Col, S. (2013). *DE 18 HUECOS EN LA CIUDAD DE PIURA* Roberto Carlos Seminario Colán.
- Ehsani, A. (1997). *Shear Behavior of URM Retrofitted with FRP Overlays.pdf* (pp. 1–9).
- EN 1052-3, 15 (2007).
- Enríquez, A. R., & López, C. I. (2017). *Análisis del diseño sismo resistente en estructuras elaboradas con mampostería confinada, aplicadas en edificaciones mayores a dos pisos de altura*. 175.
- García, H., & Degrande, G. (2017). Seismic vulnerability analysis of a two-story family

- dwelling in confined masonry in Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 8(2), 99–114.
<https://doi.org/10.18537/mskn.08.02.08>
- Ghiassi, B., Soltani, M., & Tasnimi, A. A. (2012). A simplified model for analysis of unreinforced masonry shear walls under combined axial, shear and flexural loading. *Engineering Structures*, 42, 396–409.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.05.002>
- Goda, K. (2019). Strength of materials and masonry structures in malawi. *Advances in Engineering Materials, Structures and Systems: Innovations, Mechanics and Applications - Proceedings of the 7th International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, 2019, June 2020*, 1697–1702.
<https://doi.org/10.1201/9780429426506-293>
- INEC. (2016). Encuesta de Edificaciones 2016 (Permisos de Construcción). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 28.
- INTACO. (2022). *Mortero para pegar bloques Pegablok tipo S*.
- Kabantsev, O. (2015). Modeling Nonlinear Deformation and Destruction Masonry under Biaxial Stresses Part 2 - Strength Criteria and Numerical Experiment. *Applied Mechanics and Materials*, 725–726, 808–819.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.725-726.808>
- Katherine Paola Estrada Arana, N. A. V. P. (2019). *Escuela politécnica nacional*.
- Kaushik, H. B. (2007). *Mampostería de Ladrillo bajo Uniaxial Compresión*.
- Kaushik, H. B., Rai, D. C., & Jain, S. K. (2007). Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(9), 728–739. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(2007\)19:9\(728\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2007)19:9(728))
- Loor-Loor, E., Palma-Zambrano, W., & García-Vinces, L. (2021). Vulnerabilidad sísmica en viviendas de zona rural: el caso Santa Marianita – Manta – Ecuador. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(7), 2–16.
<https://doi.org/10.46296/ig.v4i7.0018>
- López, J., Oller, S., & Oñate, E. (1998). *Cálculo del Comportamiento de la Mampostería*

Mediante Elementos Finitos.

Lourenco, P. B. (1996). *Computational Strategy for Masonry Structures* (Issue July).

Matamoros Espinoza, W. (2018). “Sagrada Familia” Trabajo De Titulación Previo a La Obtención Del. 1–170.

MIDUVI. (2014). *Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural.*

Nelson Afanador Garcia, G. G. G. y R. monroy sepúlveda. (2014). Propiedades Físicas Y Mecánicas De Ladrillos Macizos Cerámicos Para Mampostería. *Igarss 2014*, 22(1), 1–5.

Páez, D. (2017). Influencia de muros de mampostería en el comportamiento de edificios de Manta durante el terremoto de 16 de abril del 2016 , Pedernales- Ecuador. *Proceedings of the “Third Annual State-of-the-Art in Civil Engineering Structures and Materials” 26th – 28th July 2017, Universidad Central Del Ecuador and Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE, Quito, Ecuador, August*, 0–15.

Polyakov, S. V. (1959). *Bonding in Brickwork*. Gos Stroyizdat.

Pozo, J. I. B. (2022). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA, ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DISEÑO DEL REFORZAMIENTO DE UNA VIVIENDA DE TRES PISOS UBICADO EN EL SUR DE QUITO – ECUADOR.*

Preciado, A., Rodríguez, Ó., Gutierrez, N., & Leal Rubio, O. (2016). *Ingeniería Estructural Sensibilizada Ante Riesgos Naturales Aplicada a la 1er Congreso Internacional sobre Sustentabilidad en los Hábitats. September 2017*, 0–21.

Quinde Martínez, P. D., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 26(94), 1–26. <https://doi.org/10.18867/ris.94.274>

Rojas, R. (2016). *ASUNCIÓN.*

Romo, H. (2018). *Estudio de la mampostería de ladrillo como sistema constructivo portante aplicado en el Cantón Loja*. 145.

Sánchez, T. A. (1995). Diseño y construcción de estructuras de mampostería. In *México*.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). feb. 1995. México, DF MX.

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2018). Plan Nacional De Respuesta Ante Desastres. *Secretaría de Gestión de Riesgos*, 446.

Sharma, N., Telang, D., & Rath, B. (2017). A Review on Strength of Clay Brick Masonry. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 5(XII), 2620–2626.

SIKA BOOM. (2018). *Sika Boom* ®. 2–4.

Terrassa, D. (2017). *mortero y pieza cerámica mediante ensayos de tipo Bond Wrench*.

Viviana, I. N. G., & Rougier, C. (2007). *Con Materiales Compuestos*.

Wilson Néstor Arquíñigo Trujillo. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huanuco*. 1–92.

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Jorge David Rodas Plaza** y **Julio Enrique Molina Campoverde** portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0105120521 y 0104931407. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación **“Influencia de la superficie de contacto ladrillo–mortero y la resistencia del ladrillo en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de abril de 2023

F: 

Jorge David Rodas Plaza

0105120521

F: 

Julio Enrique Molina Campoverde

0104931407