



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 DIFERENTES TIPOS DE MORTERO

EN LA RESISTENCIA Y DESARROLLO DE

DEFORMACIONES ELASTOPLÁSTICAS DE LAS

MAMPOSTERÍAS

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES: SILVIA NARCISA GONZÁLEZ QUIZHPE

JOHN ANDRÉS LUDEÑA JIMÉNEZ

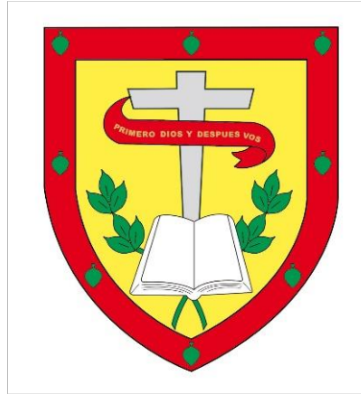
DIRECTOR: ING. CARLOS JULIO CALLE CASTRO

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 DIFERENTES TIPOS DE MORTERO EN LA
RESISTENCIA Y DESARROLLO DE DEFORMACIONES
ELASTOPLÁSTICAS DE LAS MAMPOSTERÍAS.**

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

AUTORES: SILVIA NARCISA GONZÁLEZ QUIZHPE.

JOHN ANDRÉS LUDEÑA JIMÉNEZ.

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

Silvia Narcisa González Quizhpe portador de la cédula de ciudadanía N.º 1950008985 y John Andrés Ludeña Jiménez portador de la cedula de ciudadanía N.º 1105112039. Declaramos ser los autores de la obra: “Influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías”, 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 febrero del 2023.

F: 

Silvia Narcisa González Quizhpe

1950008985

F: 

John Andrés Ludeña Jiménez

1105112039

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Carlos Julio Calle Castro Mgt con CI: 0300955937 en calidad de director de tesis certifico que el trabajo “Influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías.”, fue realizado por los estudiantes Silvia Narcisa González Quizhpe y John Andrés Ludeña Jiménez, bajo mi supervisión.

Cuenca, 24 de febrero de 2023



Ing. Carlos Julio Calle Castro Mgt.

DIRECTOR.

DEDICATORIA

La presente investigación me honro en agradecer al Creador del Universo, por darme la sabiduría necesaria para cumplir con éxito este anhelado sueño, de profesionalizarme y ser útil en la sociedad.

A mis padres el señor Luis González y la señora Zoila Quizhpe que han sido el motor fundamental que día a día supieron brindarme el apoyo incondicional en el trajinar de la vida académica; a mis familiares que son el apoyo moral que me dieron en cada momento cuando más lo necesitaba.

A mis hermanas Nina y Jenyffer por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento,

Silvia N. González.

Dedico esta tesis primeramente a “Dios” y de manera especial a mis padres el señor Servio Ludeña y la señora Janeth Jiménez que han sido el pilar fundamental en todos los aspectos de mi vida, por su trabajo constante, por su apoyo económico-sentimental y por inculcarme los valores para ser una mejor persona. De igual manera a mi abuelita la señora Mariana Luzon que ha sido un apoyo fundamental en mi vida universitaria. A mis hermanos, mis familiares por el apoyo diario y la motivación, a mi novia por su preocupación constante desde el inicio al final de mi carrera.

Un agradecimiento formal a todos mis docentes, de manera especial al Ingeniero David Cajamarca, autoridades, al personal y a la más importante, la Universidad Católica de Cuenca por los conocimientos impartido.

John A, Ludeña.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos francos a nuestro director y co-director quienes nos dieron la oportunidad de desarrollar este trabajo de titulación Ing. Carlos Julio Calle, Ing. David Cajamarca Zúñiga, por habernos tenido paciencia y brindarnos su conocimiento y ser guía en esta tesis.

RESUMEN

La presente investigación estudia la influencia de diferentes tipos de morteros en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías. El trabajo inicia con la recolección de muestras de mortero de obras de las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago, con el objetivo de conocer los parámetros de resistencia de los morteros que actualmente se emplean en nuestro medio para la construcción de mamposterías. Finalmente, se investiga el comportamiento tenso-deformacional de especímenes elaborados con un mortero base (Pegablok) y 6 morteros modificados mediante el uso de diferentes aditivos.

Para los siete tipos de morteros investigados se determinan la resistencia adhesiva normal y tangencial mediante ensayos experimentales de modelos simplificados de mampostería. La resistencia normal se determina en modelos simplificados tipo “cruz” basándonos en la metodología propuesta en la norma ASTM C321-00. La resistencia tangencial se determina en modelos simplificados tipo “tríos” basándose en la metodología establecida por Polyakov que es una alternativa a lo expuesto en la Norma Europea EN 1052-3:2002.

La investigación concluye con la comparación del comportamiento tenso-deformacional y la evaluación de la influencia de los diferentes tipos de morteros en el desarrollo de la resistencia y deformaciones plásticas de los modelos simplificados de mampostería.

Los resultados muestran que la combinación del mortero base (Pegablok) con fibras de polipropileno (SikaFiber) y emulsión adhesiva (SikaTop 77) da como resultado un incremento tanto de la resistencia adhesiva normal y tangencial como el desarrollo de deformaciones elastoplásticas.

Palabras clave: *Mortero, pegablok, mampostería, modelos simplificados*

ABSTRACT.

This research studies the influence of different types of mortars on the strength and development of elastoplastic deformations of masonry. The work begins with the collection of mortar samples from construction sites in the provinces of Loja, Zamora Chinchipe, and Morona Santiago, with the objective of knowing the strength parameters of the mortars currently used in our environment for the construction of masonry. Finally, the tensile-deformational behavior of specimens made with a base mortar (Pegablok) and 6 mortars modified by the use of different additives is investigated. For the seven types of mortars investigated, the normal and tangential adhesive strength is determined through experimental tests of simplified masonry models. The common resistance is determined in simplified "cross" type models based on the methodology proposed in ASTM C321-00. The tangential resistance is determined in simplified "trios" type models based on the methodology established by Polyakov, which is an alternative to that outlined in the European Standard EN 1052-3:2002. The research concludes with the comparison of the stress-strain behavior and the evaluation of the influence of different types of mortars on the strength development and plastic deformations of simplified masonry models. The results show that the combination of the base mortar (Pegablok) with polypropylene fibers (SikaFiber) and adhesive emulsion (SikaTop 77) results in an increase of both the normal and tangential adhesive strength and the development of elastoplastic deformations.

Keywords: mortar, pegablok, masonry, simplified model

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.....	12
1.5.1 Objetivo General.....	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Mampostería de Ladrillo.....	13
2.2. Mampostería en compresión biaxial.....	15
2.3. Mampostería en tensión.....	16
2.4. Mampostería bajo esfuerzo cortante.....	17
2.5. Mecanismos de falla de la mampostería.....	17
2.6. Fallas en el plano.....	18
2.6.1 Deslizamiento.....	18
2.6.2 Flexión.....	18
2.6.3 Aplastamiento.....	19
2.6.4 Cortante escalonado.....	19
2.6.5 Cortante Diagonal.....	19
2.7. Comportamiento de la mampostería a cargas dinámicas.....	20
2.8. Comportamiento mecánico del mortero.....	20
2.9. Resistencia de la mampostería.....	21
2.10. Ductilidad.....	21
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Determinación de los parámetros a compresión.....	24
3.2. Determinación de los parámetros de módulo de elasticidad.....	24
3.3. Determinación del módulo de ruptura.....	25

3.4.	Determinación de la resistencia adhesiva tangencial o cizallamiento y resistencia adhesiva normal.	26
3.4.1	Resistencia Adhesiva Tangencial	26
3.4.2	Resistencia Adhesiva Normal.....	27
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.		29
4.1.	Recolección de muestras de mortero de las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago y determinación de las propiedades mecánicas.	29
4.2.	Análisis para determinar la resistencia a compresión de diferentes tipos de morteros y su módulo de rotura.	33
4.2.1	Ensayo de resistencia a compresión de los diferentes tipos de mortero ...	36
4.2.2	Determinación del módulo de rotura en flexión de los diferentes tipos de mortero	43
4.2.3	Gráficos del comportamiento tenso-deformacional de los diferentes tipos de morteros.....	46
4.3.	Análisis de mampuestos.....	50
4.3.1	Ensayo a compresión de ladrillos.	50
4.3.2	Ensayo a tracción de ladrillos.....	52
4.4.	Análisis de modelos simplificados de mampostería a esfuerzos tangenciales y normales en la junta de contacto ladrillo/mortero	53
4.4.1	Ensayo a corte de los modelos simplificados tipo tríos.....	53
4.4.2	Ensayo de adherencia normal en modelos simplificados tipo cruces.....	60
4.5.	Análisis de resultados.	67
4.5.1	Comparación de los resultados realizados a los morteros de pega de mampuestos.....	67
4.5.2	Comparación de los resultados a corte realizados a los modelos simplificados tipo tríos.....	70
4.5.3	Comparación de los resultados de adherencia normal realizados a los modelos simplificados tipo cruces.	71
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		74
5.1.	CONCLUSIONES	74
5.2.	RECOMENDACIÓN	75

Bibliografia..... 77

INDÍCE DE FIGURAS.

Figura 1: Diferentes modos de falla de la mampostería.	14
Figura 2: Modos de falla de la mampostería bajo carga biaxial.....	15
Figura 3: Agrietamiento de la mampostería bajo carga biaxial.	16
Figura 4: Comportamiento de la mampostería por grietas verticales y escalonadas. ...	16
Figura 5: Fallas en el plano	19
Figura 6: Prueba a flexión	26
Figura 7: Modelo simplificado tipo trío.	27
Figura 8: Modelo simplificado tipo cruz.....	28
Figura 9: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra 1 de Loja.....	29
Figura 10: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra 4 de Loja.....	30
Figura 11: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra J de Zamora Chinchipe.	30
Figura 12: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra L de Zamora Chinchipe.	31
Figura 13: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra M de Morona Santiago.	31
Figura 14: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra S de Morona Santiago.	32
Figura 15: Probetas de mortero.	36
Figura 16: Muestra de probetas de diferentes tipos de mortero.	36
Figura 17: Ensayo a compresión de las probetas de mortero.	37
Figura 18: Análisis estadístico a compresión de los 7 tipos de mortero.	38
Figura 19: Porcentaje de mejoramiento a compresión de los aditivos de mortero en comparación del mortero base.....	39
Figura 20: Resistencia promedio a compresión de los 7 tipos de mortero.....	39
Figura 21: Ensayo a compresión uniaxial del mortero pegablock.	39
Figura 22: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + 25% Bondex.....	40
Figura 23: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaTop 77.....	40

Figura 24: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaFiber.....	41
Figura 25: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77.....	41
Figura 26: Ensayo a compresión uniaxial del mortero M12.....	42
Figura 27: Ensayo a compresión uniaxial del mortero M15.....	42
Figura 28: Viguetas para ensayos a tracción.....	43
Figura 29: Ensayo a tracción en la prensa de CBR.....	44
Figura 30: Análisis estadístico a Tracción de los 7 tipos de mortero.....	45
Figura 31: Porcentaje de influencia en la resistencia a tracción de los aditivos de morteros en comparación del mortero base.....	45
Figura 32: Resistencia promedio a tracción en flexión de los 7 tipos de mortero.....	46
Figura 33: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok.....	47
Figura 34: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + 25% Bondex.....	47
Figura 35: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + SikaTop 77.....	48
Figura 36: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + SikaFiber... ..	48
Figura 37: Curva del comportamiento mecánico de mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77.....	49
Figura 38: Curva del comportamiento mecánico de mortero M12.....	49
Figura 39: Rectificación de ladrillos.....	51
Figura 40: Ensayo a compresión del ladrillo.....	51
Figura 41: Ensayo a tracción del ladrillo.....	52
Figura 42: Elaboración de los especímenes tipo tríos.....	54
Figura 43: Embalaje de los especímenes tipo tríos.....	54
Figura 44: Ensayo de los especímenes tipo tríos.....	54
Figura 45: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok.....	56

Figura 46: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + 25% Bondex.	56
Figura 47: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + SikaTop77.	57
Figura 48: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + Sikafiber.	57
Figura 49: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77.....	58
Figura 50: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Mortero 12MPa.	58
Figura 51: Elaboración de especímenes tipo cruces.....	60
Figura 52: Embalaje de los especímenes tipo cruces.	60
Figura 53: Ensayo de los especímenes tipo cruces.	61
Figura 54: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok.	62
Figura 55: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + 25% Bondex.	63
Figura 56: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + SikaTop77.	63
Figura 57: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + Sikafiber.	64
Figura 58: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77.....	64
Figura 59: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Mortero 12MPa.....	65
Figura 60: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Mortero 15MPa.....	65
Figura 61: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok, mortero M12.....	67
Figura 62: Ensayo a compresión uniaxial del mortero base (PB) con adición de Bondex (B), fibra (F), látex (L.....)	68

Figura 63: Curvas del comportamiento mecánico del mortero Pegablok, mortero M12.	69
Figura 64: Curvas del comportamiento mecánico del mortero base (PB) con adición de Bondex (B), fibra (F), látex (L).	69
Figura 65: Ensayos de resistencia tangencial de modelos simplificados tipo tríos.....	71
Figura 66: Ensayos de resistencia normal de modelos simplificados tipo cruces.....	72
Figura 67: Ensayo a compresión uniaxial de morteros.	73
Figura 68: Ensayo a compresión uniaxial de morteros.	73

INDÍCE DE TABLAS.

Tabla 1. Resultados de los parámetros mecánicos.....	32
Tabla 2. Resultados a compresión de los morteros.	37
Tabla 3. Resultados de módulo de ruptura de morteros.	44
Tabla 4. Resultados de resistencia a compresión.	51
Tabla 5. Resultados de resistencia a flexión.	53
Tabla 6. Resultados de los ensayos tipo tríos Ladrillo-Mortero.....	55
Tabla 7. Resultados de los ensayos de resistencia a corte.	59
Tabla 8. Resultado de los ensayos tipo cruces Ladrillo-Mortero.	61
Tabla 9. Resultados de los ensayos de resistencia adhesiva normal.....	66

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.

En este capítulo se da a conocer la parte introductoria sobre las características generales de la investigación y la motivación del proyecto donde se aborda las problemáticas presentes, así como sus posibles causas. También se plantean los objetivos del proyecto y la realización del trabajo investigativo aplicando una metodología experimental a través de un trabajo autónomo, estableciendo modelos constitutivos para el monitoreo de las propiedades al igual que las características de calidad relacionadas con la propuesta planteada.

1.1. Introducción.

El Ecuador forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico y presenta un alto peligro sísmico. Los terremotos son eventos que pueden ocurrir en cualquier momento y son capaces de generar daños e incluso el colapso de estructuras y edificaciones, lo que puede provocar múltiples pérdidas de vidas humanas, así como graves pérdidas estructurales y económicas (Aguirre López, 2017).

En el Ecuador uno de los materiales más utilizados en la construcción de edificaciones es la mampostería, representando el 93,1% de las construcciones (Encuesta de Edificaciones, 2016). Sin embargo, los elementos de este material no están diseñados para soportar cargas sísmicas, por lo que, el proyectista no lo considera como un elemento resistente activo (Páez, 2017). Por otra parte, en el Ecuador la mayoría de edificaciones son construidas sin la debida asesoría técnica, lo que influye en el incremento de la vulnerabilidad estructural ante eventos sísmicos (Otavalo, 2017). Es conocido también que las edificaciones con muros de mampostería no estructural presentan en su mayoría una respuesta sísmica inadecuada debido a la poca capacidad de disipación de energía y su fragilidad (Páez, 2017).

Las mamposterías en el Ecuador se realizan principalmente con ladrillos cerámicos, unidos con mortero de cemento y arena. La baja calidad de los materiales constitutivos de las mamposterías de ladrillo en el Ecuador se debe principalmente a que, por una parte, la fabricación de los ladrillos no obedece a especificaciones técnicas reguladas y, por otra parte, los morteros son elaborados en obra sin considerar dosificaciones adecuadas ni control técnico. Por estas razones se desconocen las propiedades físico-mecánicas tanto de los materiales constitutivos de la mampostería (ladrillo y mortero) como de su interacción de contacto. En este sentido, es importante considerar que es común la elaboración de morteros de menor resistencia que los ladrillos, debido a que es más importante lograr una fuerte unión entre el mortero y el ladrillo que tener un mortero de alta resistencia (López et al., 1998) o a la vez permitir el desarrollo de deformaciones plásticas en la mampostería, en donde la resistencia de adhesión normal desempeña un papel determinante (O. V. Kabantsev, 2016a, 2016b).

Diversas investigaciones experimentales y evaluaciones post-sismos, indican tres tipos de fallas en la mampostería: Falla por deslizamiento en las juntas de mortero a bajos niveles de carga vertical; falla por flexión fuera del plano de la mampostería; falla por cortante que generan grietas oblicuas a través de los mampuestos o siguiendo las juntas (Alcocer, 1996). Respecto al daño en una mampostería en base a los niveles de derivas que sufre la estructura durante un sismo, se puede considerar lo siguiente: pequeñas grietas de menos de 2 mm de ancho; grietas significativas de más 2 mm de ancho; grandes grietas diagonales de más de 4 mm de ancho (Brigitte et al., n.d.). La mayoría de las deformaciones plásticas son observadas en las juntas ladrillo-mortero que se ven afectadas por esfuerzos de cizallamiento y esfuerzos normales al plano de la costura. El fallo también depende del grado de compresión al que está sometido el nudo de interacción ladrillo-mortero, lo cual puede ocasionar el fallo solamente en las juntas o la

fisuración entre la junta-mortero (Capozucca, 2017; O. V. Kabantsev, 2016b; López et al., 1998; Zavalis et al., 2018).

Por lo expuesto, la seguridad sísmica de estructuras de mampostería tiene como objetivos evitar el colapso brusco ante eventos sísmicos e incrementar la ductilidad estructural, razón por la que, en esta investigación se plantea un estudio experimental de la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de la mampostería.

1.2. El Problema.

1.2.1 Formulación del Problema.

La mampostería cuando es sometida a cargas sísmicas tiene un comportamiento prácticamente lineal antes de que empiece el agrietamiento diagonal, luego experimenta degradación de rigidez y de la resistencia a medida que aumenta el desplazamiento (Otavalo, 2017).

Cuando en un muro de mampostería se aplica una fuerza en dirección vertical se genera un esfuerzo de flexión por pandeo longitudinal, provocando que el muro se doble hasta exceder la resistencia a tracción del mortero o la resistencia a la tracción de las unidades de mampostería y generando una grieta horizontal; en tanto que, bajo la acción de una fuerza horizontal la pared se dobla horizontalmente hasta exceder la resistencia a la tracción de las juntas de mortero generando un patrón de agrietamiento horizontal en zigzag (Alex, 2020). Sin embargo, bajo la acción de cargas sísmicas el estado tenso-deformacional de las mamposterías es mucho más complejo debido a que se generan tensiones biaxiales de tracción y compresión de manera simultánea (O. V. Kabantsev, 2016a).

El agrietamiento por corte es la falla más común en experimentos y edificios de mampostería confinada después de un evento sísmico (Crisafulli, 1997). La falla se produce al destruir la interfaz mortero-ladrillo o por el agrietamiento por tracción de las unidades de mampostería produciendo grietas distribuidas en el muro (Encuesta de Edificaciones, 2016). Este tipo de falla está relacionada principalmente con la resistencia al corte de las juntas del mortero, la resistencia a la tracción de las unidades de mampostería y los valores relativos de tensión normal y cortante (Crisafulli, 1997).

Existen investigaciones que señalan que para lograr una mayor resistencia de unión entre el mortero y el ladrillo se debe incrementar la cantidad de cemento en el mortero (Baqueiro et al., 2009). Asimismo, la adherencia se incrementa con una mayor cantidad de agua en el mortero que genere una buena trabajabilidad ya que no es estrictamente necesario obtener un mortero de alta resistencia si no que cumpla con una buena unión mortero-ladrillo que garantice la adherencia (López et al., 1998; Varela Rivera et al., 2009). Para tener una buena adherencia entre el mortero y el ladrillo se debe usar ladrillos con un porcentaje de absorción de agua comprendido entre 10 y 20% (ASTM C 270, 2008) y un porcentaje inicial de absorción de agua (PIA) menor a 30 g/min/cm² (Baqueiro Fernández et al., 2009).

En función de lo expuesto, el problema radica en que tanto las normas vigentes como las escasas investigaciones sobre el comportamiento sísmico de las mamposterías en el Ecuador se basan en el criterio macroestructural, en el que se asumen los parámetros físico-mecánicos “generalizados” para la mampostería, considerándola como un medio continuo y homogéneo, lo cual no permite estudiar las fases de las deformaciones elastoplásticas de la mampostería, mismas que en los estudios de sismorresistencia desempeñan un papel determinante. Así también, no se ha estudiado la influencia de los diferentes tipos de mortero en el desarrollo de las deformaciones elastoplásticas de las estructuras de mampostería bajo condiciones de tensión biaxial. Razones por las que, tanto el estudio experimental de la resistencia de contacto entre el mortero y el ladrillo de fabricación local como el estudio de la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías es un problema de gran interés científico.

1.2.2 Delimitación del Problema.

El estudio propuesto de la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías se limitó y centró en el estudio experimental de especímenes simplificados de mampostería para determinar los parámetros particulares de resistencia adhesiva normal y tangencial en la interfaz de unión entre el ladrillo y el mortero, así como en la determinación de los parámetros de resistencia mecánica de diferentes tipos de morteros, incluidas muestras de morteros recuperados directamente de obras en ejecución tanto en la ciudad de Cuenca, como en las Provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago.

1.3. Justificación.

Es importante considerar que el diseño y el estudio de campo de las mamposterías están ausentes en la mayoría de los programas de estudio de ingeniería civil y estructural (Lourenco, 1996). En este sentido, el presente proyecto de titulación forma parte del Proyecto de Investigación “Estudio del estado límite y desempeño sísmico de mamposterías no reforzadas de ladrillo para el diseño estructural sismorresistente en el Ecuador” que se desarrolla en la Universidad Católica de Cuenca. Información preliminar obtenida en dicha investigación evidencia que en nuestro país existe, de manera generalizada, un desconocimiento de las especificaciones técnicas y características físico-mecánicas de los materiales usados en la elaboración de mamposterías y, si bien es cierto, el Ecuador dispone de la Norma Ecuatoriana de la Construcción y de estándares técnicos de materiales (NTE INEN 292, 2015; NTE INEN, 293:1977, 2014; NTE INEN 297, 1977), es importante y necesario determinar la pertinencia y concordancia de los documentos normativos con la realidad del país y viceversa, dado que el territorio del Ecuador presenta un alto peligro sísmico (Cajamarca-Zuniga et al., 2022; Cajamarca-Zuniga & Kabantsev, 2023; Diseño Sismo Resistente, 2015; Quinde Martínez & Reinoso Angulo, 2016), y eventos como el terremoto del 16 de abril de 2016 (Mw, 7.8) han dejado en evidencia problemas relacionados al diseño sismo resistente en las mamposterías del Ecuador (Quinde Pablo, 2016).

La mampostería se ha convertido durante mucho tiempo en uno de los sistemas estructurales más utilizados e importantes en el Ecuador, ya sea por la trabajabilidad durante la construcción o por la seguridad que ha brindado a lo largo del tiempo (Norma Ecuatoriana de La Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mamposteria Estructural, 2014). La mampostería es un material de bajo presupuesto y con la ayuda de la industrialización, así como innovaciones tecnológicas han puesto a este tipo de estructuras en primer plano,

teniendo en cuenta que se ha logrado construir edificios modernos consiguiendo grandes alturas, así como viviendas unifamiliares (Lopez Torres, 2016; Ulises & Domínguez, 2010).

En investigaciones relacionadas a la mamposterías surge una situación local donde el tipo de construcción no corresponde a la realidad sísmica, en un entorno con exigencias constructivas que en otros países ya están desarrollados y normados (León, 2012). Además, las normas existentes no corresponden la realidad local.

Por otra parte, a nivel nacional en el Ecuador, existen pocos resultados experimentales sobre estructuras de mampostería bajo cargas sísmicas. Las pocas investigaciones encontradas nos hablan que no existe una fase plástica en la mampostería y no hay redistribución de esfuerzos cuando llega a su carga máxima de ruptura, también otras investigaciones nos aclaran que si la estructura al sufrir un movimiento sísmico, está dentro del rango elástico, su desempeño es bueno (Bonett Diaz, 1998). Sin embargo, la realidad técnica y normativa considera la necesidad de investigar el comportamiento de las estructuras no solo en el rango lineal, si no también dentro del rango plástico, por lo que las mamposterías también merecen esta atención.

Con estos antecedentes se justifica la presente investigación sobre la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elasto-plásticas de las mamposterías es un tema de importancia científica y de relevancia para nuestro país.

1.4. Antecedentes.

Como se mencionó anteriormente el estudio de campo de las mamposterías está ausente en la mayoría de los programas de estudio de ingeniería civil y estructural (Lourenco, 2019). En el Ecuador existen pocas investigaciones sobre la influencia de morteros en la resistencia mecánica de mamposterías, entre los resultados obtenidos tenemos: que la inclusión de cal en la mezcla del mortero mejora su resistencia a compresión (José González, 2016), no obstante otra investigación sobre morteros con cal hidratada muestra que no cumple con lo establecido por la Norma Ecuatoriana (Viera & Acero, 2022). En el Ecuador actualmente existe un escaso uso de la cal para la preparación de morteros para mamposterías, por lo que, el mortero de cemento y arena es el principal material de pega utilizado. En este sentido, se han realizado algunas investigaciones de morteros modificados con fibras, que tienen como resultado: que la adición de 0.3% de fibras de polipropileno al mortero aumenta la resistencia a la compresión (Viera et al., 2022), de igual forma la inclusión de 0,5% de fibra de polipropileno presenta mejores características mecánicas que el mortero convencional, incrementando la resistencia a la compresión en 0.6% y la resistencia de adherencia en 17% (Castro Aguirre, 2016). Por lo tanto el efecto principal de la adición de fibras poliméricas a los morteros es el incremento de la adherencia entre ladrillo y mortero (Gómez, 2015).

A nivel latinoamericano existen algunos estudios referentes a los morteros para mamposterías con diferentes adiciones, tales como: los morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería realizado en Guatemala señala que la utilización de cal en los morteros disminuye la adherencia ladrillo-mortero (Mauricio et al., 2009), también el efecto de la adición del vidrio molido en mortero de mampostería determina que la adición del vidrio molido incrementa en un

14.98% la resistencia a compresión con respecto al mortero convencional al tiempo de fragua de 14 y 28 días (Barreto Bernardo, 2019).

En general, a nivel nacional y latinoamericano si bien existen ciertos estudios sobre las propiedades mecánicas de morteros de cemento y arena con diferentes adiciones, la extensa revisión bibliográfica realizada demuestra que no existen investigaciones experimentales o numéricas sobre la influencia de morteros con diferentes adiciones en el desarrollo de deformaciones elastoplásticas de la mampostería.

A nivel internacional existen investigaciones tanto experimentales como numéricas sobre el comportamiento elastoplástico de mamposterías de ladrillo con morteros de cemento y arena, siendo las principales investigaciones: La respuesta experimental de mampostería de ladrillos históricos bajo carga biaxial (Capozucca, 2017). Base científica de la teoría estructural de la mampostería para la evaluación de los estados límite de las estructuras de mampostería en edificios resistentes a terremotos (O. V. Kabantsev, 2016b). Cálculo del Comportamiento de la Mampostería Mediante Elementos Finitos (López et al., 1998). Estrategia computacional para estructuras de mampostería (Lourenco, 1996). Análisis no lineal de la acción compuesta de muros de mampostería sobre vigas (Page, 1979). Cabe señalar que en dichas investigaciones no se estudia la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías.

La mampostería es el material de construcción más antiguo que todavía encuentra un amplio uso en las industrias de la construcción de la actualidad (Costigan et al., 2015; Lourenco, 1996). Se considera un material de dos fases que generalmente consiste en ladrillos elásticos y quebradizos colocados en juntas de morteros inelásticas (Page, 1979). Las normas vigentes en el Ecuador como la gran mayoría de investigaciones consideran la mampostería como material continuo y homogéneo, sin embargo existen

investigaciones que asumen la mampostería como un material ortotrópico (Ghiassi et al., 2012). Pero cabe recalcar que la mayoría de investigaciones asumen la mampostería como un material continuo de ladrillos isotrópicos y elásticos que actúan en conjunto con juntas de mortero que poseen propiedades específicas y restringidas (Page, 1979).

En la actualidad, persisten los prejuicios contra la mampostería estructural, por tal razón que es costosa, frágil, vulnerable ante sismos y que dependen de la mano de obra poco confiable y por ende de la calidad desconocida (Lourenco, 1996). Como consecuencia existen pocos recursos para su investigación de la mampostería estructural.

La mampostería no reforzada es el principal componente de los edificios históricos y presenta una resistencia casi nula a la tracción, pero su comportamiento a la compresión es considerable (Preciado et al., 2016). La sección más débil de la mampostería de ladrillo es la unión entre ladrillo y el mortero, por lo que se advierte que las edificaciones de mampostería están expuestas a la posibilidad de ser dañadas por las fuerzas sísmicas (Sharma et al., 2017).

Las estructuras de mampostería no reforzadas son utilizadas y construidas ampliamente en todo el mundo. Estas estructuras en su mayoría son vulnerables a los sismos. Sin embargo, existen mamposterías diseñadas con precisión, comportamiento no lineal donde se han observado una resistencia aceptable ante eventos sísmicos (Ghiassi et al., 2012).

1.5. Objetivos.

1.5.1 Objetivo General.

- Determinar la influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elastoplásticas de las mamposterías.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Recolectar muestras de morteros de obras existentes de las provincias de Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe y determinar sus propiedades mecánicas.
- Determinar experimentalmente la resistencia a compresión de 6 tipos de morteros con sus correspondientes gráficos esfuerzo-deformación y además determinar el módulo de rotura de los mismos tipos de morteros.
- Determinar experimentalmente la resistencia a corte y a adhesión normal de la unión ladrillo-mortero en modelos simplificados de mampostería y elaborar los respectivos gráficos de carga-desplazamiento.
- Comparar el comportamiento de los diferentes tipos de mortero en el desempeño de los modelos simplificados de mampostería a corte y a tracción normal.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Mampostería de Ladrillo.

La mampostería es un material compuesto por unidades de ladrillo, bloque, etc, y unidas con mortero (Zucchini & Lourenço, 2002). Es considerada como un conjunto continuo de unidades de ladrillo que se disponen sistemáticamente con juntas de mortero que poseen propiedades específicas y restringidas lo que hace que su comportamiento sea difícil de predecir (Ghiassi et al., 2012). Su capacidad para producir un comportamiento no lineal causado por las características del material y la falla en las uniones se predice por los patrones de agrietamiento y los rangos de tensión, ya que su resistencia es mejor a compresión que en tensión (Zavala Wilbert, 2018). También se puede predecir todos los posibles modos de falla en la mampostería como: agrietamiento por tracción, deslizamiento por corte y agrietamiento por tracción diagonal como se muestra en la figura 1.

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).

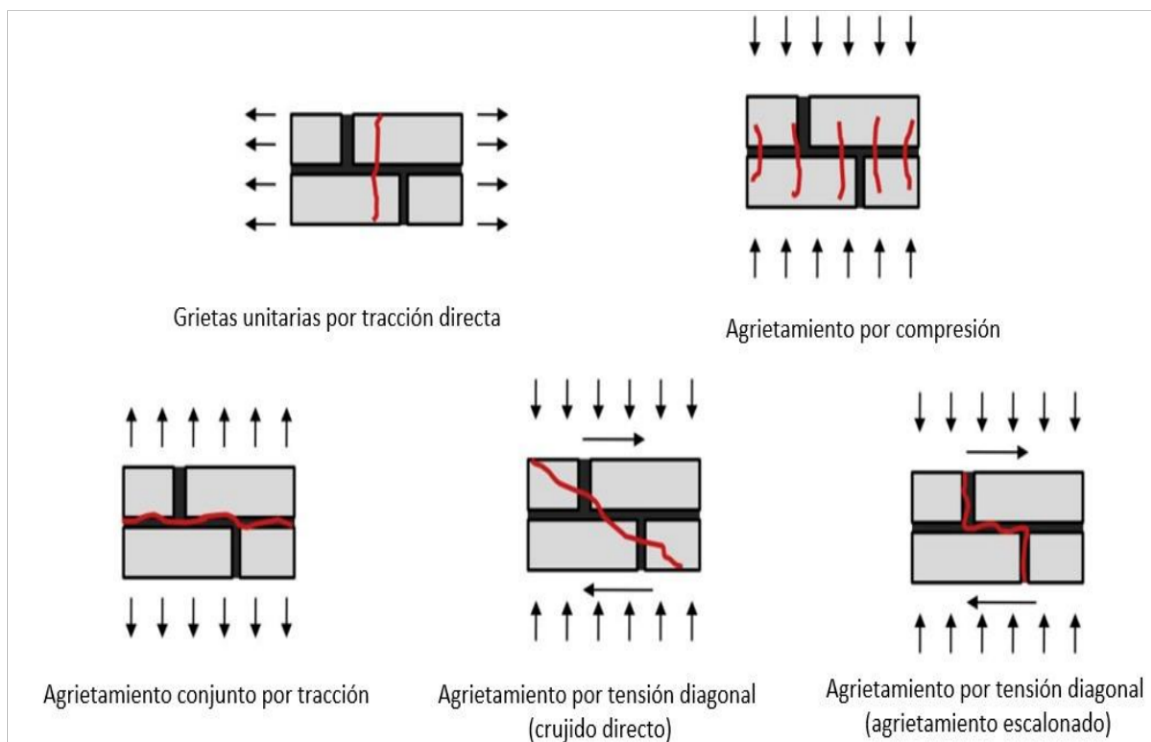


Figura 1: Diferentes modos de falla de la mampostería.
Fuente: (Ghiassi et al., 2012)

Cabe mencionar que los factores que afectan la resistencia a la compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería son: el tipo de ladrillo, calidad del mortero y la adherencia ladrillo-mortero. Los factores que afectan la adherencia ladrillo-mortero son: la cantidad de cemento y el agua del mortero, porcentaje de absorción de agua y la rugosidad del ladrillo (Baqueiro et al., 2009).

Estas fallas son producidas en las unidades que conforman la mampostería debido a que, los esfuerzos a compresión son moderados, dando como resultado el aumento de la resistencia a cortante de la unión ladrillo-mortero. Debido a los esfuerzos a tracción, la combinación de cortante y compresión se tiene como resultado las grietas en la mampostería (Livingston & Carlos, 2008).

2.2. Mampostería en compresión biaxial.

El comportamiento de la mampostería bajo cargas biaxiales de compresión puede no ser completamente descrito por una ley constitutiva bajo condiciones de carga uniaxiales. El efecto del modo biaxial de compresión es importante conocer el comportamiento de la resistencia debido que la mampostería es un material anisotrópico, ya que el comportamiento de la resistencia no puede describirse únicamente mediante tensiones principales (Ulises & Domínguez, 2010).

Por lo tanto, la envolvente de compresiones biaxiales de mampostería puede ser descrita en términos de la orientación de los ejes respecto al material y de los esfuerzos principales, siendo θ el ángulo que forman los esfuerzos principales y los ejes del material.

Ángulo θ	Tensión Uniaxial	Tensión/compresión	Compresión uniaxial	Compresión Biaxial
0°				
22.5°				
45°				
67.5°				
90°				

Figura 2: Modos de falla de la mampostería bajo carga biaxial

Fuente: (Lourenco, 1996)

2.3. Mampostería en tensión.

Cuando la mampostería se ve afectada por cargas a tracción, dependiendo de sus propiedades, las grietas pueden formarse verticalmente a través de las juntas de mortero-ladrillo o con una trayectoria escalonada.

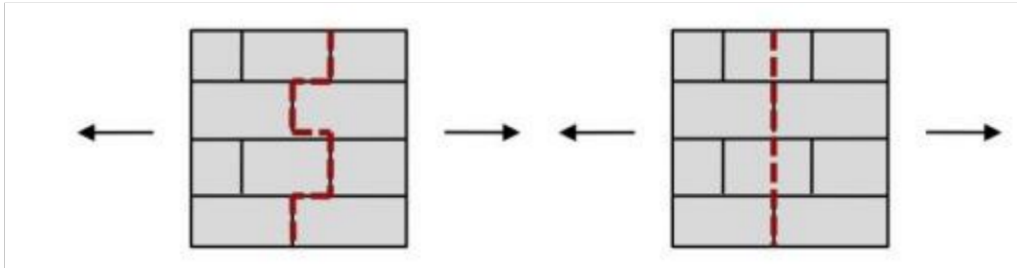


Figura 3: Agrietamiento de la mampostería bajo carga biaxial.

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).

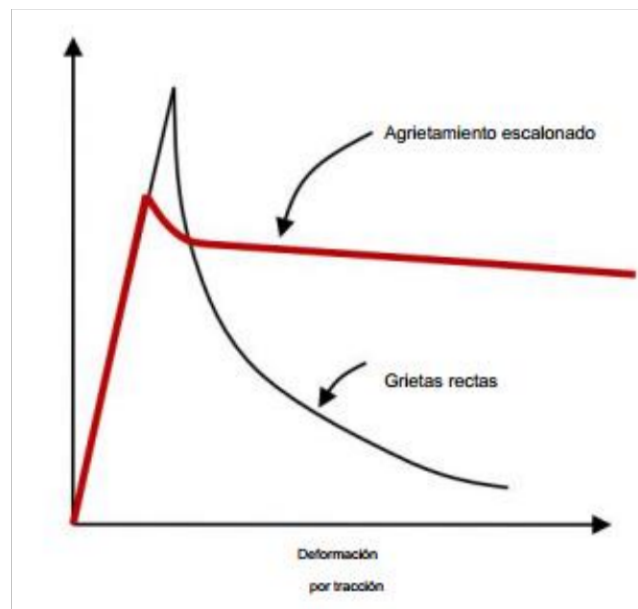


Figura 4: Comportamiento de la mampostería por grietas verticales y escalonadas.

Fuente: (Ghiassi et al., 2012)

2.4. Mampostería bajo esfuerzo cortante.

Cuando existen grietas de corte en un elemento de mampostería, se produce un desplazamiento de corte no lineal y grietas en la superficie que se rozan entre sí. Esto es el resultado de transferencia de esfuerzos a compresión normal y cortante entre ellos, debido que la rugosidad de la superficie de la grieta tiene una fuerte influencia en la transferencia (Ghiassi et al., 2012). Los desplazamientos por cortante de las juntas de mortero durante la falla por cortante a veces van acompañados de la expansión volumétrica. Cuando las juntas de mortero tienden a dilatarse se someten simultáneamente a esfuerzo cortante y compresión normal, por ende, aumenta la resistencia al corte debido a que se oponen a la fuerza de compresión (Andreotti et al., 2019).

2.5. Mecanismos de falla de la mampostería.

El modo de falla se presenta debido a la baja resistencia a la tracción de la mampostería, representada por una fisuración diagonal a 45 grados, que tiende a separar el elemento estructural en dos partes. La posición de la diagonal depende de la dirección de las cargas sísmicas que actúan en el muro (Preciado, 2019).

La mampostería tienen patrones de junta bien definidos que fácilmente proporcionan planos de falla, por lo tanto, las grietas se propagan de una manera fácil en la superficie de la estructura de mampostería debido a su baja ductilidad ya que son muy susceptibles al daño causado durante un evento sísmico (Kuzik et al., 2003). La adherencia, fricción y resistencia a la tracción de las juntas de mortero en combinación con la fragilidad a la tracción de los ladrillos tienen un comportamiento complejo, que puede verse afectado por diferentes mecanismos de falla (Preciado, 2019). Durante eventos sísmicos se puede verificar que existen modos de falla o patologías de la mamposterías donde presentan

fallas en las edificaciones que han mostrado un comportamiento poco dúctil de este material, debido a que el colapso se presenta de forma súbita que sucede de la siguiente manera: Planos de falla que van precedidos generalmente por un desarrollo masivo de agrietamiento en las juntas, por lo que son limitadas en su capacidad de su resistencia final (Ulises & Domínguez, 2010).

2.6. Fallas en el plano.

Fallas en el plano, se presenta cuando existe esfuerzos excesivos de cortante o de flexión, donde la falla por cortante es causada por el agrietamiento diagonal, que en general se presenta en doble equis y la falla por flexión es causada por el agrietamiento horizontal. Este mecanismo de falla se produce cuando se alcanza la resistencia a tensión en el ladrillo o la compresión en el mortero (Ulises & Domínguez, 2010)

El comportamiento y los mecanismos de colapso de la mampostería por sismos en el plano están determinados entre otros factores por la calidad de los materiales, aunque se debe considerar también la esbeltez, masa, vibración inducida y la magnitud de la carga vertical sobre el elemento estructural (Preciado et al., 2016).

Fallas típicas en la mampostería por sismos en el plano

2.6.1 Deslizamiento

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.

2.6.2 Flexión

La formación de la fisuración horizontal y la rotación superior se debe a las bajas cargas verticales presentando un comportamiento regido por la flexión.

2.6.3 Aplastamiento

Como consecuencia al balanceo, la falla del muro es generada por el aplastamiento

2.6.4 Cortante escalonado

Presenta una respuesta dúctil pero una capacidad de carga reducida, debido a que en el proceso presenta con menos daños por el agrietamiento.

2.6.5 Cortante Diagonal

Este modo de falla tiene mayor capacidad de carga horizontal con una ductilidad reducida que conduce a una menor disipación de energía.

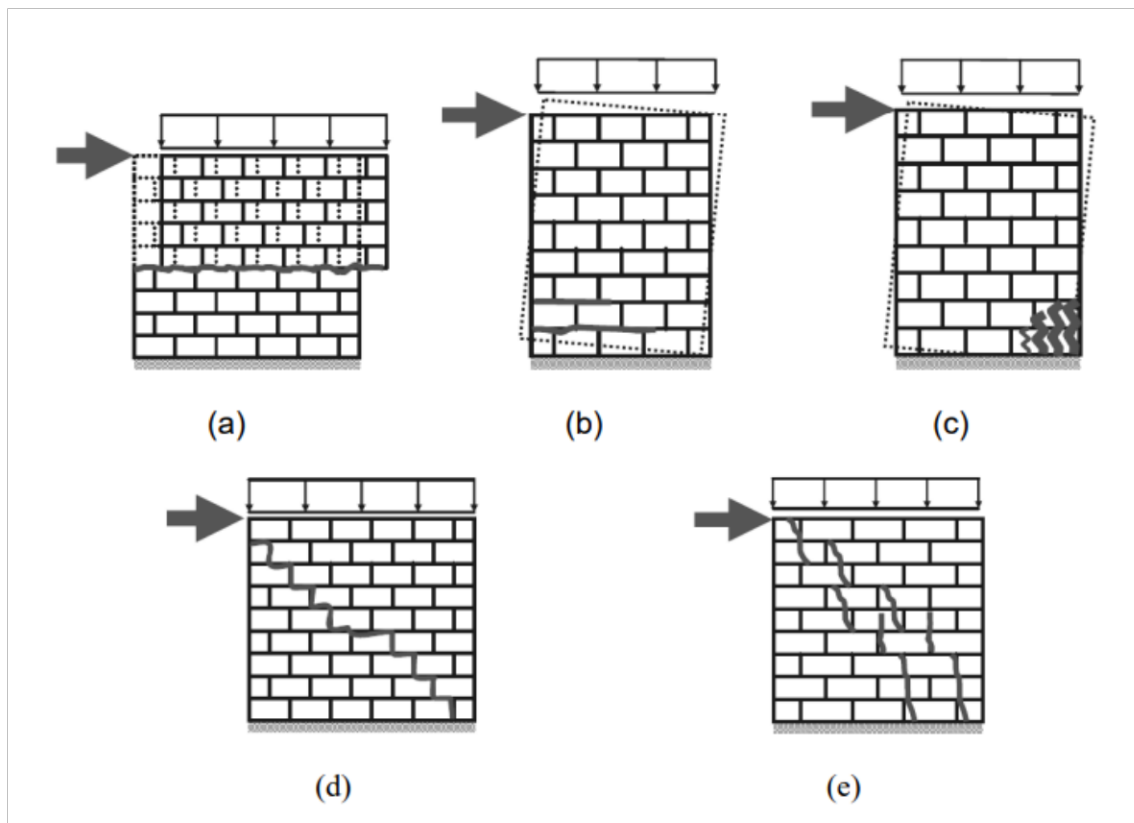


Figura 5: Fallas en el plano
Fuente: (Preciado et al., 2016)

En este caso el modo de falla más importante que se ha observado en los muros de mampostería no reforzada que han sido sometidos a cargas de inercia horizontales alternas en el plano corresponde al cortante, que es representando por una doble fisuración

diagonal y por el cual se ve afectado la resistencia que podría conducir al colapso frágil de la estructura (Preciado, 2019).

2.7. Comportamiento de la mampostería a cargas dinámicas.

El comportamiento dinámico de las edificaciones de mampostería depende no solo de la resistencia, la rigidez y la ductilidad de los muros de mampostería, sino también, del tipo de diafragma de piso, de sus conexiones y por último de la magnitud de las cargas verticales de compresión a las que se encuentra sometida (Augusto, 2004).

Es necesario incluir en el cálculo los elementos estructurales de mampostería para que se consideren las acciones y reacciones inerciales, los centros de masa entre otros.

2.8. Comportamiento mecánico del mortero.

Las propiedades mecánicas del mortero que más influyen en el comportamiento estructural de un elemento de mampostería son: su deformabilidad, la adherencia mortero-ladrillo y su trabajabilidad (Antamba, 2017).

La primera propiedad depende en gran medida las deformaciones totales del elemento de mampostería y en parte su resistencia a carga vertical; la adherencia entre el mortero y el ladrillo define en muchos tipos de mampostería (sobre todo en aquellos en que los ladrillos son muy resistentes) la resistencia por cortante del elemento, también depende de su trabajabilidad adecuada para su debida colocación del mortero en capas uniformes donde serán colocados los ladrillos así evitando concentraciones de esfuerzos y excentricidades accidentales, ya que por estas razón el fraguado del mortero al igual que la adherencia se desarrolla entre el mortero y el ladrillo (Antamba, 2017; Peña, 2012). Se considera que el mortero se encuentra sometido a un estado de tensiones triaxiales en condiciones de servicio, cuando este material tiene un comportamiento no lineal se

presenta un estado de esfuerzos uniaxial, que a producto de esto provoca deformaciones inelásticas en la mampostería (Lopez Torres, 2016; Ulises & Domínguez, 2010).

Existen dos criterios sobre la junta vertical los mismos que nos dicen que:

La falta de mortero en las juntas verticales puede dar lugar a concentraciones de tensiones muy elevadas, que pueden acelerar el colapso del muro. Sin embargo, la tensión máxima de tracción no cambia mucho en comparación con las paredes de mortero de juntas verticales (Peña, 2012).

El mortero de la costura vertical de la mampostería carece de conexiones de adherencia con el ladrillo debido a que las tensiones de retracción en la zona de contacto ladrillo-mortero generan una micro fisura (Onischik, 1939).

2.9. Resistencia de la mampostería.

La resistencia de la mampostería depende tanto de la resistencia de los materiales que lo componen, donde se considera que a medida aumenta la resistencia tanto del ladrillo como el mortero por ende aumenta la resistencia de la mampostería (Sharma et al., 2017). Por lo tanto la resistencia de la mampostería se rige por la resistencia del mortero y la unión entre el mortero y el ladrillo (Khan et al., 2021). La resistencia de la mampostería es mayor a la del mortero y menor al ladrillo, es más dúctil que el ladrillo, pero no mayor que la ductilidad presentada en el mortero (Preciado et al., 2016).

2.10. Ductilidad.

Es una de las propiedades de la estructura que define la posibilidad que algunos de sus componentes estructurales experimenten deformaciones más allá del límite elástico sin reducir su resistencia o rigidez (Cabrera, 2022). La ductilidad como cociente de la demanda de resistencia elástica a la demanda de resistencia inelástica, permite reducir las ordenadas de los espectros elásticos lineales, considerando el comportamiento inelástico

de la estructura. En los sistemas de un grado de libertad con un comportamiento bilineal es el resultado del comportamiento inelástico de la estructura (Miranda & Garcia, 2003).

La plasticidad se encuentra dentro de dos tipos de fallo, donde el primer fallo consiste en la fisuración por corte y mecanismo de fractura por compresión, teniendo en cuenta que estos fenómenos han sido considerados fenómenos inelásticos (López et al., 1998). Las deformaciones que resultan de mecanismos irreversibles de deslizamientos que provocan cambios en la estructura que son conocidas como las deformaciones plásticas que únicamente tienen lugar intensidades de tensión por encima del límite elástico (Nelson D. Agüeraa, Miguel E. Tornelloa, 2013).

El proceso de deformación de la mampostería bajo carga depende de las características mecánicas de los materiales o materiales constitutivos del mortero de pega para mampostería, así como los parámetros de los elementos que unen el ladrillo y el mortero como un solo elemento (Andreotti et al., 2019).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.

El presente trabajo comprende una investigación experimental, la cual se basará en ensayos de laboratorio y revisión bibliográfica de diferentes normativas y artículos de investigación. Los ensayos de laboratorio nos permitirán dar el sustento y base teórica a nuestra investigación.

A continuación, se menciona el proceso a seguir:

1. Recolección de muestras de morteros en obras de las Provincias de Loja, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.
2. Elaboración de diferentes tipos de morteros, partiendo de un mortero base (Pegablock), además se elaborarán morteros de cemento y arena dosificados para alcanzar una resistencia teórica de 12 MPa y de 15 MPa que serán ensayados a compresión y módulo de ruptura.

Para la recolección de muestras en campo de las diferentes provincias se establecieron moldes basados en la norma NTC-3356 la cual establece que los cilindros deben tener una altura de 150 mm y diámetro de 75 mm para luego ser ensayados en el laboratorio (Mortero Premezclado Para Mampostería. Norma Técnica Colombiana NTC 3356, 2000).

Para el estudio de las propiedades mecánicas de los morteros se parte desde un mortero premezclado en seco (Pegablok) el cual se comercializa principalmente en nuestro medio y según las especificaciones técnicas provistas por el fabricante, tiene una resistencia a la compresión a los 28 días superior a 12.4 MPa (Intaco, 2022). Se investigará el comportamiento del mortero base modificado con aditivos tales como: emulsión adhesiva para mejorar las propiedades físicas y químicas de los morteros incrementando su adherencia (Sika Top77); mortero adhesivo modificado con polímeros (Bondex), y fibras

de polipropileno (SikaFiber). Además, se elaborarán morteros de cemento y arena dosificados para alcanzar una resistencia teórica de 12 MPa y de 15 MPa, basándonos en la normativa (Norma Ecuatoriana de La Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural, 2014).

3.1. Determinación de los parámetros a compresión.

Para los ensayos a compresión se elaborarán muestras de los diferentes tipos de morteros en los mismos moldes establecidos por la norma (Mortero premezclado para mampostería. Norma Técnica Colombiana NTC 3356, 2000) Este método de ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión al cilindro moldeado o núcleo a una razón que está dentro del rango prescrito antes de que la falla ocurra. El esfuerzo de compresión del espécimen es calculado dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo por el área de la sección transversal del espécimen (ASTM C 39/C 39M – 01., 2014).

3.2. Determinación de los parámetros de módulo de elasticidad.

Para determinar el módulo de elasticidad nos basamos en la norma colombiana (Método ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. Norma Técnica Colombiana NTC 4025, 2006). La que nos indica que se toma el 40% del esfuerzo correspondiente a la carga última, y se reste el esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal de las 50 millonésimas, lo cual se divide la deformación longitudinal por el esfuerzo producido del 40% menos las 50 millonésimas como se ve en la ecuación 1.

$$\text{Ec.1} \quad E : \left(\frac{s_2 - s_1}{\epsilon - 0.000050} \right)$$

Dónde:

E: módulo de elasticidad

s₂: esfuerzo correspondiente a la carga última.

s₁: esfuerzo correspondiente a la deformación longitudinal de las 50 millonésimas.

ε: deformación longitudinal producida por el esfuerzo s₂

3.3. Determinación del módulo de ruptura.

Para determinar el módulo de ruptura, se debe calcular el momento flexionante en el 3/2 por la distancia del eje neutro, a la fibra más alejada que divide al momento de inercia de la sección transversal como se muestra en la ecuación 2.

$$\text{Ec.2} \quad f: \frac{3}{2} * \frac{F * l}{b * d^2}$$

Dónde:

f: módulo de ruptura

F: carga máxima aplicada a la probeta

l: distancia entre los ejes de rodillo de apoyo

b: ancho de la muestra de la probeta

d: altura de la muestra de prueba

Se elaborarán probetas de diferentes tipos de morteros basándose en la norma (EN-1015-11, 2006), las misma que establece unas viguetas con dimensiones de 40 mm de ancho, alto de 10 mm y un largo de 160 mm. Para realizar el ensayo de los especímenes se colocará de tal manera que los extremos de las viguetas estén a una distancia de 16 mm desde el borde cercano a las placas de cada extremo, finalmente la tercera placa se colocará a una distancia de 50 mm que se encuentra a la mitad de las placas extremas (EN-1015-11, 2006).

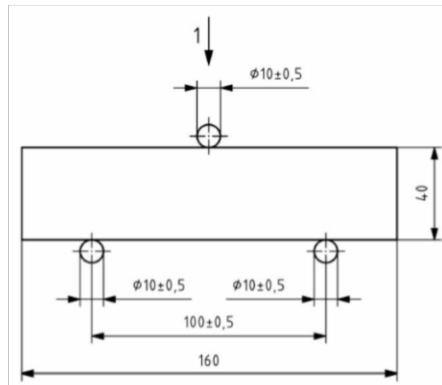


Figura 6: Prueba a flexión
Fuente: (EN-1015-11, 2006)

3.4. Determinación de la resistencia adhesiva tangencial o cizallamiento y resistencia adhesiva normal.

3.4.1 Resistencia Adhesiva Tangencial

Posteriormente para determinar la resistencia adhesiva tangencial o cizallamiento en la interfaz de unión entre ladrillo y el mortero que se realizará en modelos tipo “trío” según el método propuesto (Polyakov, 1959) que es una alternativa a lo expuesto en (EN 1052-3-2002, 2007). Se usa la fórmula de la ecuación 3. Tal como se indica en el trabajo (O. Kabantsev & Cajamarca-Zuniga, 2023). La norma establece que las unidades inferiores deben colocarse sobre una superficie limpia y nivelada. La siguiente unidad se colocará de manera que se logre un espesor final de junta de mortero de 8 a 15 mm. Se debe verificar que la unidad de mampostería este alineada con respecto a la primera unidad. A continuación, se eliminará el exceso de mortero. El procedimiento se repetirá para la unidad superior (EN 1052-3-2002, 2007).

$$\text{Ec.3} \quad f_{voi} = \frac{F_{m\acute{a}x}}{2 A}$$

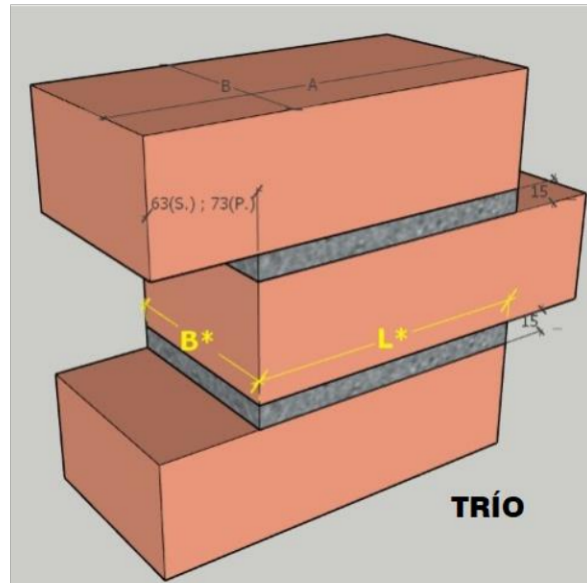
Dónde:

f_{voi} : resistencia tangencial

$F_{m\acute{a}x}$: carga máxima

A: área de la sección transversal

Modelo tipo trío:



*Figura 7: Modelo simplificado tipo trío.
Fuente: (Propia)*

3.4.2 Resistencia Adhesiva Normal

Para la resistencia adhesiva normal en la interfaz de unión entre ladrillo y el mortero se realizará en modelos tipo “cruz” para el cálculo de la resistencia normal se utiliza la fórmula de la ecuación 4 según lo propuesto en (ASTM C321-00, 2012; Maheri et al., 2011), la misma que nos indica que para realizar este ensayo se debe aplicar el mortero sobre el área del ladrillo que está marcado para la junta. La cantidad de mortero aplicado será del 25 al 50% en exceso de la cantidad requerida para asegurar una junta completa. Sobre el ladrillo se colocará el mortero hacia arriba, sobre una superficie plana y nivelada. Luego coloque el segundo ladrillo perpendicular al bloque que contiene el mortero. La altura de los bloques debe ser uniforme y depende del espesor de la junta de mortero deseada y de la altura del ladrillo. El mortero se alisará en el área marcada del segundo ladrillo. La cantidad de mortero aplicado será del 10 al 25 % en exceso de la cantidad requerida para asegurar una junta completa (ASTM C321-00, 2012).

Ec.4 $A: L/J$

Dónde:

A: fuerza de unión.

L: carga máxima aplicada

J: área de la junta

Modelo tipo cruz:

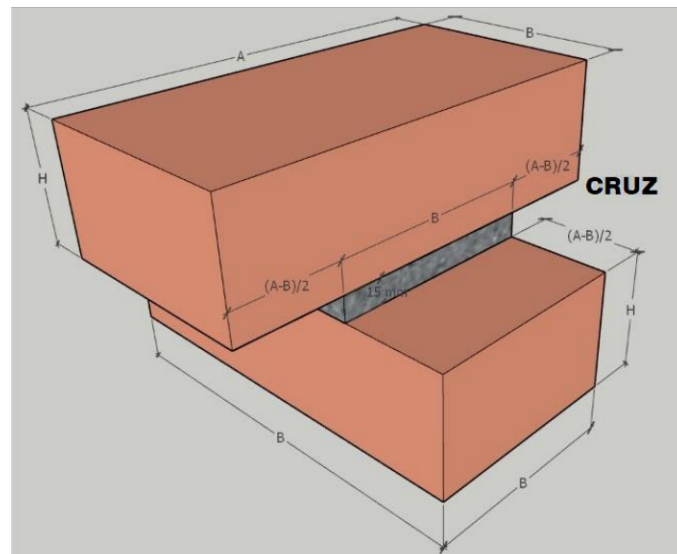


Figura 8: Modelo simplificado tipo cruz.
Fuente: (Propia)

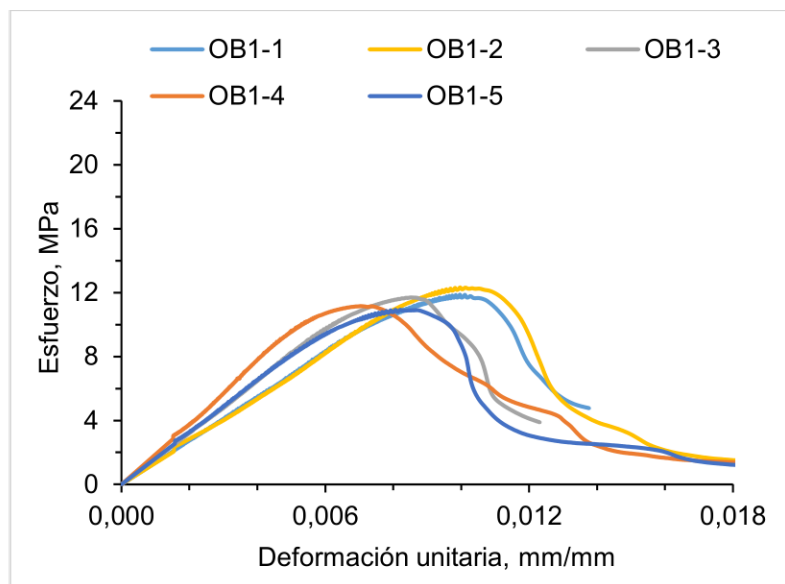
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1. Recolección de muestras de mortero de las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago y determinación de las propiedades mecánicas.

Las probetas donde se recolectó las muestras tienen dimensiones de 7.5 cm de diámetro y 15 cm de altura basándose en la norma NTC-3356. Los mismos que fueron recolectados en obras en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago. En esta recuperación de muestras se pudo evidenciar que la elaboración de estos morteros se los realiza usando los materiales que lo constituyen en el medio. (agua, cemento y arena).

A través de estos ensayos se determinará los parámetros mecánicos de resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y la curva esfuerzo deformación.

Gráficos de los ensayos a compresión de los morteros de la provincia de Loja en parámetros de esfuerzo deformación unitaria:



*Figura 9: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra 1 de Loja.
Fuente: (Propia)*

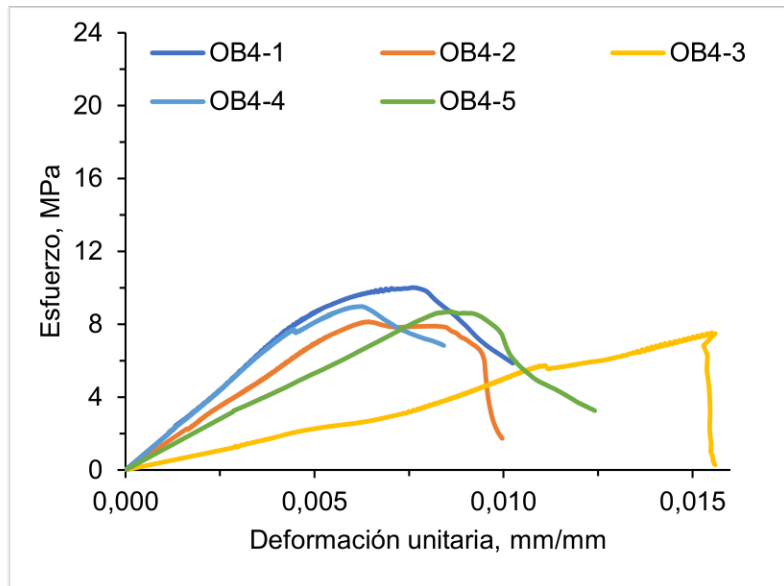


Figura 10: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra 4 de Loja.
Fuente: (Propia)

Gráficos de los ensayos a compresión de los morteros de la provincia de Zamora Chinchipe en parámetros de esfuerzo deformación unitaria:

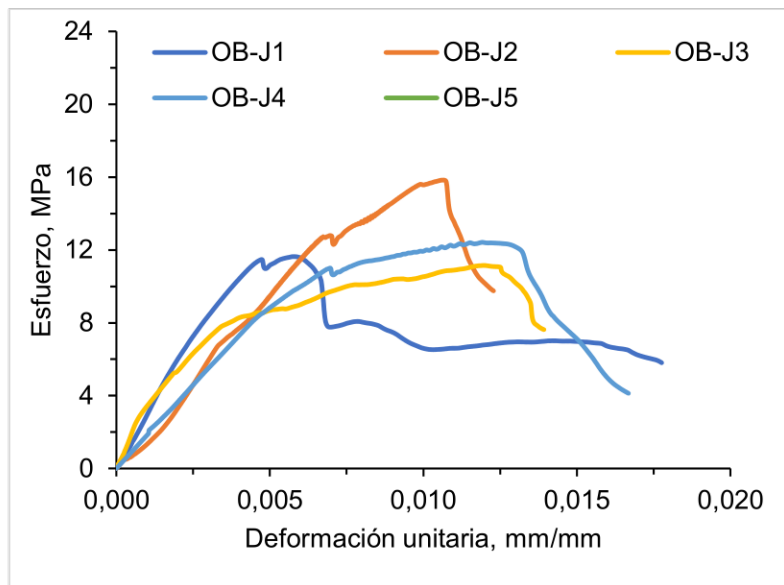


Figura 11: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra J de Zamora Chinchipe.
Fuente: (Propia)

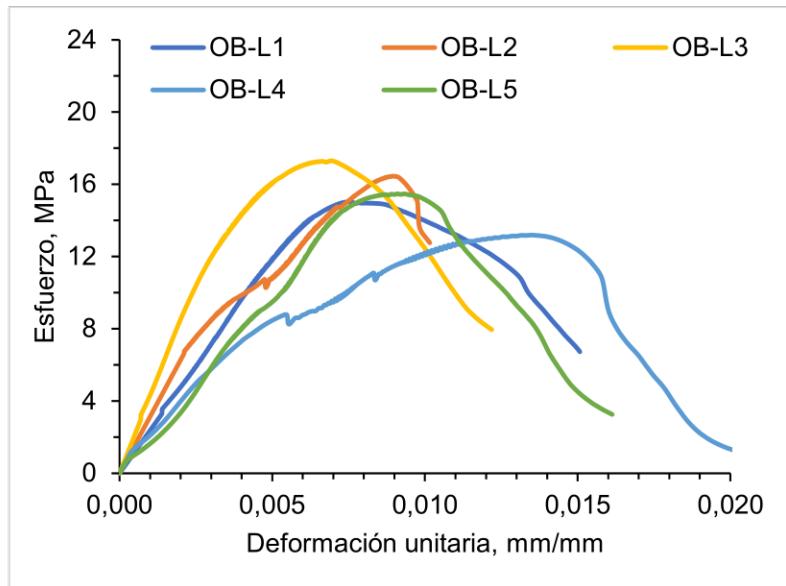


Figura 12: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra L de Zamora Chinchipe.
Fuente: (Propia)

Gráficos de los ensayos a compresión de los morteros de la provincia de Morona Santiago en parámetros de esfuerzo-deformación unitaria:

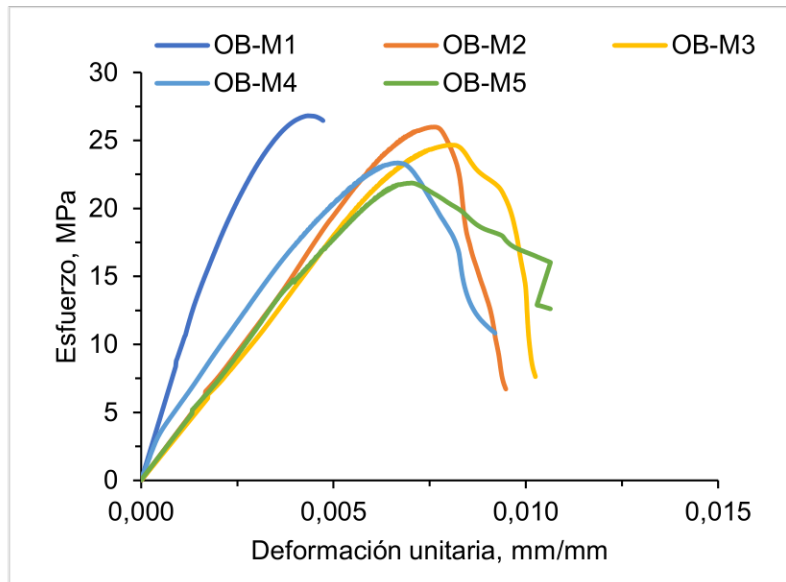


Figura 13: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra M de Morona Santiago.
Fuente: (Propia)

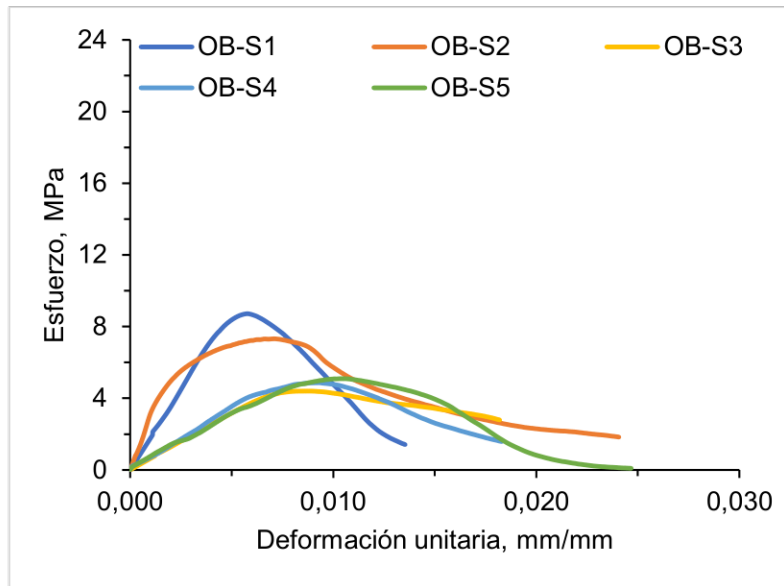


Figura 14: Ensayo a compresión uniaxial del mortero de obra S de Morona Santiago.
Fuente: (Propia)

Una vez realizados los ensayos a las muestras recolectadas en obra en las diferentes provincias se calculó la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad.

Tabla 1. Resultados de los parámetros mecánicos.
Fuente: Elaboración propia.

PARÁMETROS MECÁNICOS		
TIPO DE OBRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN kgf/cm ²	MODULO DE ELASTICIDAD MPa
OB1-1	121,10	1372,53
OB1-2	125,67	1331,85
OB1-3	119,20	1589,18
OB1-4	113,68	1853,54
OB1-5	111,40	1627,92
OB4-1	102,05	1755,56
OB4-2	82,95	1412,48
OB4-3	79,06	420,37
OB4-4	91,47	1743,60
OB4-5	88,64	1114,48
OBJ-1	118,61	3057,63
OBJ-2	161,44	2009,60
OBJ-3	118,48	2941,87
OBJ-4	126,62	1835,57
OBL-1	153,27	2364,88
OBL-2	167,71	3148,73
OBL-3	176,37	4264,70
OBL-4	134,46	1937,83
OBL-5	157,74	1947,56
OBM-1	273,31	9383,43

OBM-2	264,86	3771,23
OBM-3	251,38	3486,45
OBM-4	237,98	4769,21
OBM-5	222,96	3659,09
OBS-1	88,88	1759,17
OBS-2	74,60	3146,58
OBS-3	44,88	645,10
OBS-4	49,61	656,42
OBS-5	51,94	580,41

4.2. Análisis para determinar la resistencia a compresión de diferentes tipos de morteros y su módulo de rotura.

Los ensayos experimentales empiezan con el análisis de los materiales de las distintas mezclas a realizar, partiendo de nuestro mortero base (Pegablock), para posteriormente añadir los aditivos tales como: mortero adhesivo premezclado en seco modificado con polímeros (Bondex); emulsión adhesiva (Sika Top77) y fibras de polipropileno (SikaFiber). Además, se elaboraron morteros de cemento y arena dosificados para alcanzar una resistencia teórica de 12 MPa y de 15 MPa, basándonos en la normativa (Norma Ecuatoriana de La Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural, 2014). De la misma manera se recuperaron muestras de morteros de 6 obras, exactamente de 2 obras por provincia, estas provincias son: Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago. Se realizó esta recolección con el fin de conocer la realidad en lo que refiere a la resistencia de los morteros que se están utilizando en la construcción de mamposterías en nuestro medio.

Nomenclatura utilizada en la elaboración de los 7 tipos de mortero y modelos simplificados:

- Pegablok: PB
- Bondex: B
- SikaTop 77: ST, L

- SikaFiber: SF, F
- Mortero de resistencia de 12 MPa: M12
- Mortero de resistencia de 15 MPa: M15
- Ladrillos fabrica Sinchi: S

- **Dosificación del mortero Pegablok**

La elaboración de la mezcla del mortero premezclado en seco se realizó según las especificaciones del fabricante (Intaco, 2022), el cual indica que para una mezcla de 40 kg de Pegablok se debe añadir una cantidad de 7 a 7,5 litros de agua, posteriormente realizamos una comparación para un volumen de 2886,3 cm³ el cual dio como resultado una mezcla de 8000 gr de mortero premezclado en seco (Pegablok) con 1400 ml de agua.

- **Dosificación del mortero Pegablok + 25% de Bondex**

Anteriormente se calculó el volumen para la elaboración de cinco cilindros de mortero para mampostería, en esta ocasión se tomó el 75% de Pegablok de los 8000 gr y se añadió el 25% de un mortero adhesivo Bondex con una cantidad de 1400 ml de agua para su mezcla.

- **Dosificación del mortero Pegablok + Sika Top 77**

Para esta mezcla se usó una emulsión adhesiva SikaTop 77 que ayuda a mejorar las propiedades físicas y químicas de los morteros incrementando su adherencia, el fabricante recomienda una relación SikaTop 77: Agua de 1:3 (SikaTop®, 2008). Para el mismo volumen calculado anteriormente se usó 8000 gr de mortero en seco premezclado con 1050 ml de agua y se consideró de los 1400 ml de agua la cuarta parte de la emulsión adhesiva SikaTop77 que esquivale a 350 ml.

- **Dosificación del mortero Pegablok + SikaFiber**

Para la dosificación de este mortero se usó fibras de polipropileno SikaFiber, que ayuda a reducir el fisuramiento durante la contracción en estado plástico, el fabricante recomienda que una funda de sikafiber de 0,6 kg sirve para 1 m³ de hormigón (SikaFiber, 2019). Para la elaboración de este mortero se usó 8000 gr de pegablock más 1400 ml de agua, para agregar la fibra se analizó que para 1 m³ se requiere 0,6 kg de fibra, para nuestro volumen se calculó que se necesita 4,8 gr de fibra para su mezclado.

- **Dosificación del mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77**

En la elaboración de este mortero se realizó la dosificación de la misma forma que el mortero de Pegablok más Fibra y del Pegablok más Emulsión adhesiva, las que consisten en utilizar 8000 gr de pegablock, para agregar la fibra se analizó que para 1 m³ se requiere 0,6 kg de fibra, para nuestro volumen se calculó que se necesita 4,8 gr de fibra para su mezclado, de la misma manera se usó 1050 ml de agua y se consideró de los 1400 ml de agua la cuarta parte de la emulsión adhesiva SikaTop77 que esquivale a 350 ml.

- **Dosificación del mortero M12**

Para la elaboración de este mortero nos basamos en la norma NEC-SE-MP, la que recomienda que para un mortero M12 se necesita una relación 1:5 (Norma Ecuatoriana de La Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mamposteria Estructural, 2014). Para el volumen de 5 cilindros la dosificación del mortero M12, requiere la cantidad de 1590 gr de cemento, la cantidad de 5380 gr de arena y 1,2 litros de agua, según las características de los materiales constitutivos ensayados en el laboratorio para esta dosificación.

- **Dosificación del mortero M15**

Del mismo modo nos basamos en la normativa NEC-SE-MP, que recomienda que para un mortero M15 se necesita la relación 1:3 (Norma Ecuatoriana de La Construcción -

NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural, 2014). Para el volumen de 5 cilindros la dosificación del mortero M15, requiere la cantidad de 1870,6 gr de cemento, la cantidad de 5176 gr de arena y 1,2 lt de agua, según las características de los materiales constitutivos ensayados en el laboratorio para alcanzar la resistencia requerida.

4.2.1 Ensayo de resistencia a compresión de los diferentes tipos de mortero

Una vez elaborados los cilindros de 7 cm de diámetro con 15 cm de altura, con los distintos morteros. Se desmoldan, poniéndolos a madurar en el agua hasta que cumplan la fecha que se ha planificado que serán ensayados los cilindros a los 60 días de su elaboración.

Antes de ser ensayados los cilindros se retiran del agua de curado, dejando secar durante 48 horas es decir dos días antes y se sometieron a carga para medir su resistencia a la compresión.



*Figura 15: Probetas de mortero.
Fuente: (Propia)*



*Figura 16: Muestra de probetas de diferentes tipos de mortero.
Fuente: (Propia)*



Figura 17: Ensayo a compresión de las probetas de mortero.
Fuente: (Propia)

Los resultados de la resistencia a compresión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Resultados a compresión de los morteros.
Fuente: Elaboración propia.

ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS MORTEROS				
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Resistencia a compresión	
			(kg/cm²)	(MPa)
Mortero-Pegablok				
PB	06/04/2022	06/07/2022	155	15,2
PB	06/04/2022	06/07/2022	150	14,7
PB	06/04/2022	06/07/2022	168	16,4
PB	06/04/2022	06/07/2022	151	14,8
PB	06/04/2022	06/07/2022	104	10,2
Mortero-Pegablok+25% de Bondex				
PB+B	20/04/2022	06/07/2022	123	12,1
PB+B	20/04/2022	06/07/2022	138	13,6
PB+B	20/04/2022	06/07/2022	130	12,7
PB+B	20/04/2022	06/07/2022	163	16,0
PB+B	20/04/2022	06/07/2022	65	6,4
Mortero-Pegablok+SikaTop77				
PB+ST	16/11/2022	16/01/2023	144	14,2
PB+ST	16/11/2022	16/01/2023	136	13,3
PB+ST	16/11/2022	16/01/2023	143	14,1
PB+ST	16/11/2022	16/01/2023	146	14,3
PB+ST	16/11/2022	16/01/2023	145	14,2
Mortero-Pegablok+Sikafiber				
PB+SF	08/06/2022	06/07/2022	75	7,4
PB+SF	08/06/2022	06/07/2022	104	10,2
PB+SF	08/06/2022	06/07/2022	87	8,5

PB+SF	08/06/2022	06/07/2022	100	9,8
PB+SF	08/06/2022	06/07/2022	81	8,0
PB+SF	08/06/2022	miércoles, 6 de julio de 2022	99	9,8
Mortero-M12 MPa				
M-12	29/05/2022	06/07/2022	120	11,8
M-12	29/05/2022	06/07/2022	134	13,2
M-12	29/05/2022	06/07/2022	147	14,4
M-12	29/05/2022	06/07/2022	119	11,7
M-12	29/05/2022	06/07/2022	138	13,6
Mortero- M15 MPa				
M-15	29/05/2022	06/07/2022	159	15,6
M-15	29/05/2022	06/07/2022	168	16,5
M-15	29/05/2022	06/07/2022	166	16,2
M-15	29/05/2022	06/07/2022	151	14,8
M-15	29/05/2022	06/07/2022	152	15,0
Mortero- Pegablok+SikaFiber+SikaTop 77				
PB+F+L	18/10/2022	19/12/2022	185	18,2
PB+F+L	18/10/2022	19/12/2022	171	16,8
PB+F+L	18/10/2022	19/12/2022	174	17,0
PB+F+L	18/10/2022	19/12/2022	205	20,1
PB+F+L	18/10/2022	19/12/2022	232	22,8

Análisis estadísticos a compresión de los 7 tipos de mortero:

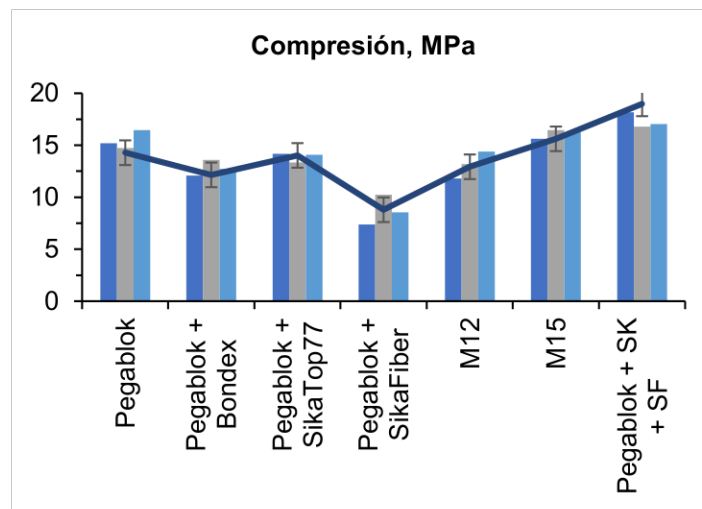


Figura 18: Análisis estadístico a compresión de los 7 tipos de mortero.
Fuente: (Propia)

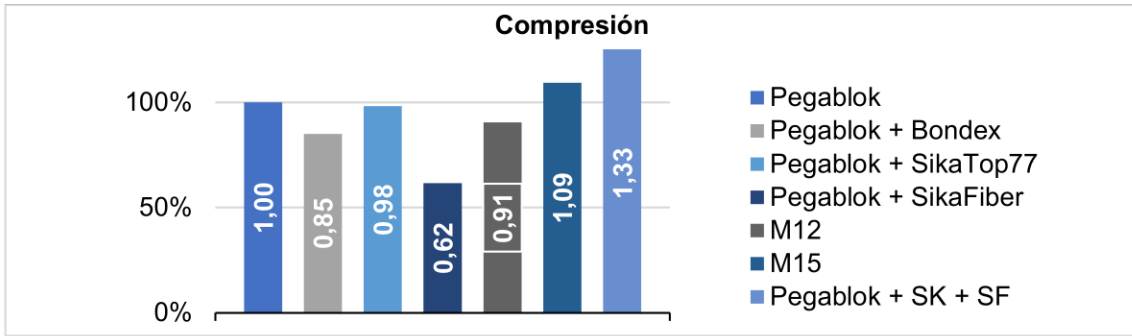


Figura 19: Porcentaje de mejoramiento a compresión de los aditivos de mortero en comparación del mortero base.

Fuente: (Propia)

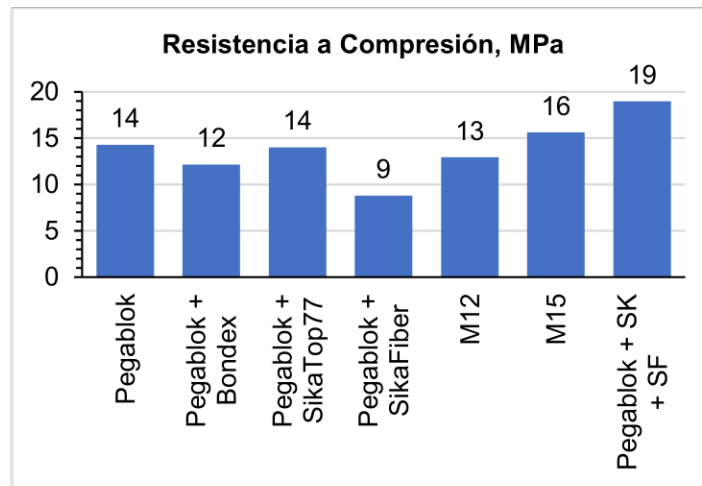


Figura 20: Resistencia promedio a compresión de los 7 tipos de mortero.

Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero Pegablok a compresión en parámetros de esfuerzo-deformación unitaria:

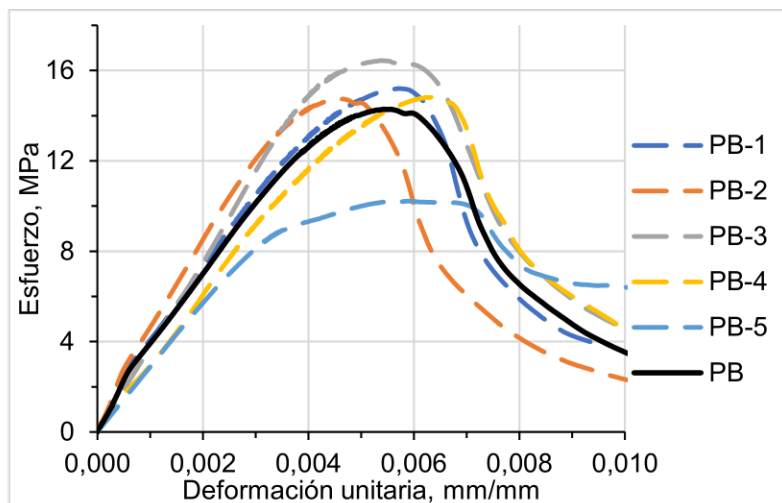
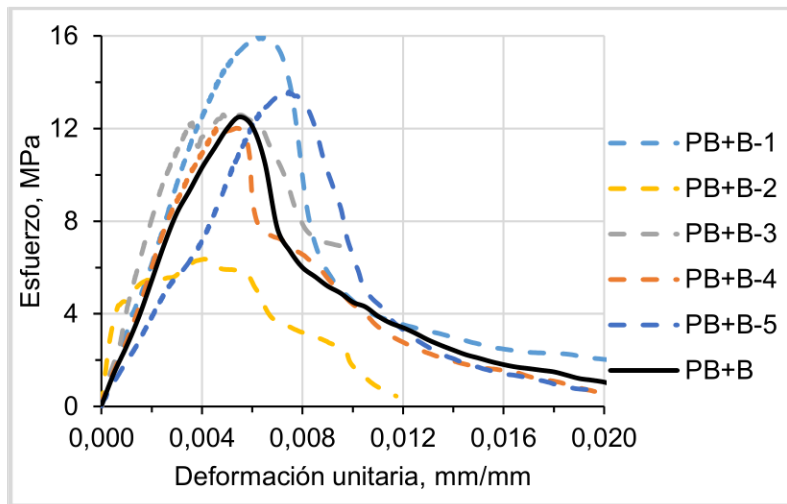


Figura 21: Ensayo a compresión uniaxial del mortero pegablok.

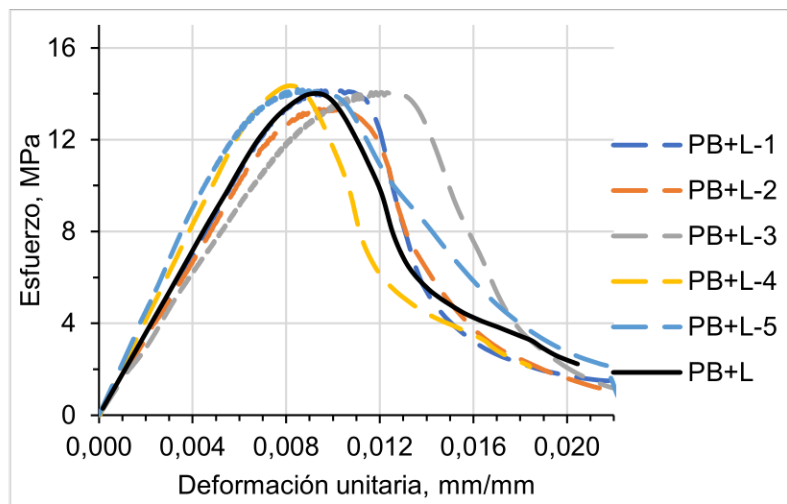
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos a compresión del mortero Pegablok + 25% Bondex a compresión en parámetros de esfuerzo-deformación unitaria:



*Figura 22: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + 25% Bondex.
Fuente: (Propia)*

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaTop 77 a compresión en parámetros de esfuerzo – deformación:



*Figura 23: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)*

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaFiber a compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

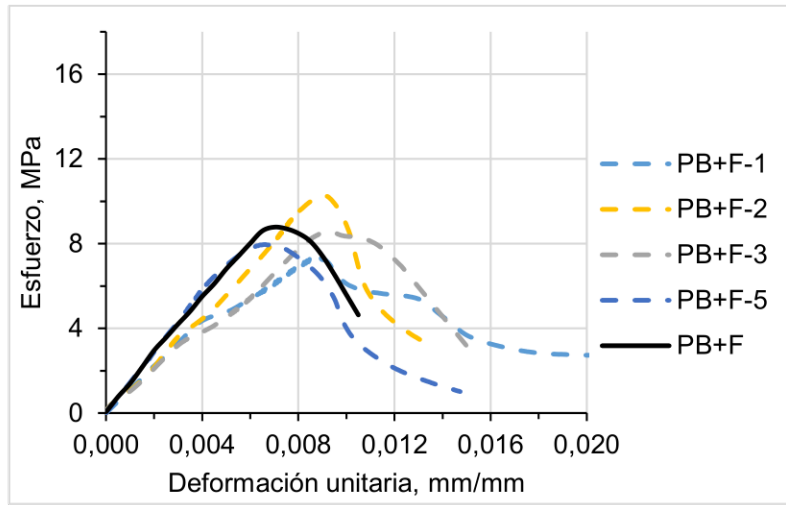


Figura 24: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaFiber.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77 a compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria

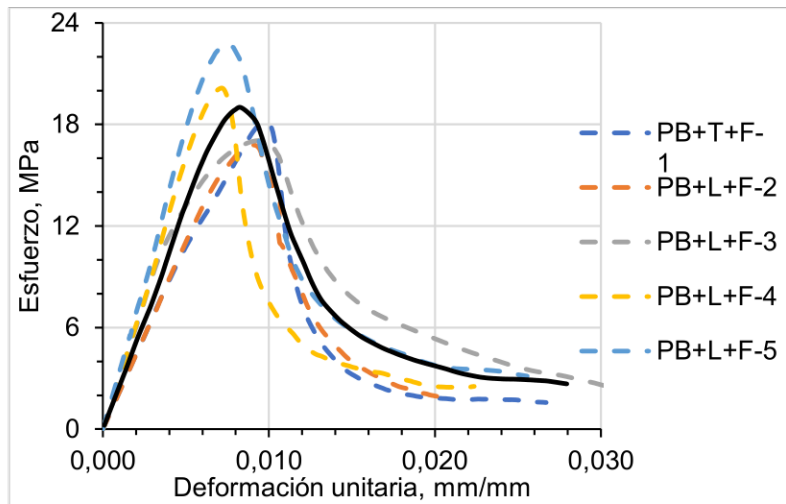


Figura 25: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero M12 a compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

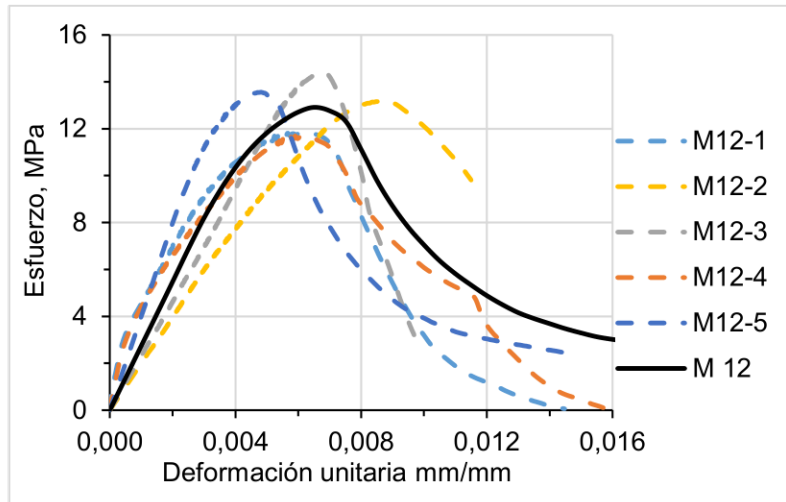


Figura 26: Ensayo a compresión uniaxial del mortero M12.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del mortero M15 a compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

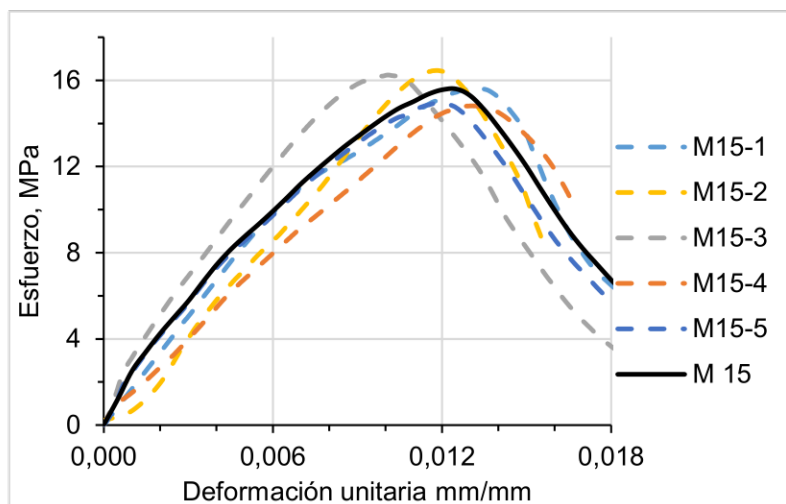


Figura 27: Ensayo a compresión uniaxial del mortero M15.
Fuente: (Propia)

4.2.2 Determinación del módulo de rotura en flexión de los diferentes tipos de mortero

Para determinar la resistencia a tracción en deflexión de los morteros se procedió de acuerdo con la norma EN-1015-11, la que nos indica que se deben elaborar especímenes tipo viguetas con dimensiones de 40 mm de ancho, 10 mm de altura y 160 mm de largo, con los distintos tipos de morteros. Después de 24 horas de secado se quitaron del molde y se colocaron a madurar en el agua por 28 días fecha estipulada en la normativa (EN-1015-11, 2006).

Antes de ser ensayados las viguetas se retiran del agua de curado, dejando secar durante 24 hora antes y se someten a carga para medir su resistencia a la flexión.

De la misma manera cómo se realizó los ensayos para los ladrillos se realizó los ensayos para las viguetas, encontrando el esfuerzo a tracción, usando prensa de CBR la cual nos proporciona el número de líneas. En esta ocasión como la maquina no nos facilita el dato de deformación se calculó a través de la formula $\sigma: E * \varepsilon$, donde se conoce el esfuerzo y el módulo de elasticidad calculado en los ensayos experimentales.



*Figura 28: Viguetas para ensayos a tracción.
Fuente: (Propia)*



Figura 29: Ensayo a tracción en la prensa de CBR.
Fuente: (Propia)

Los resultados de la resistencia a flexión se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3. Resultados de módulo de ruptura de morteros.
Fuente: Elaboración propia.

ENSAYOS A FLEXIÓN DE LOS DIFERENTES MORTEROS					
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Módulo de rotura		
			(MPa)	(kg/cm ²)	(MPa)
Mortero-Pegablok					
PB	8/6/2022	18/7/2022	4,34	41,95	4,12
PB	8/6/2022	27/7/2022	4,24		
PB	8/6/2022	27/7/2022	3,76		
Mortero-Pegablok+bondex					
PB+B	8/6/2022	27/7/2022	4,42	47,39	4,65
PB+B	8/6/2022	27/7/2022	4,87		
PB+B	8/6/2022	27/7/2022	4,66		
Mortero-Pegablok+sikatop77					
PB+ST	8/6/2022	18/7/2022	4,14	42,40	4,16
PB+ST	8/6/2022	18/7/2022	3,86		
PB+ST	8/6/2022	27/7/2022	4,49		
Mortero-Pegablok+sikafiber					
PB+SF	8/6/2022	18/7/2022	3,41	38,75	3,80
PB+SF	8/6/2022	27/7/2022	3,83		
PB+SF	8/6/2022	27/7/2022	4,17		
Mortero-M12 MPa					
M12	8/6/2022	27/7/2022	3,78	41,27	4,05
M12	8/6/2022	27/7/2022	4,41		
M12	8/6/2022	27/7/2022	3,95		
Mortero-M15 MPa					
M15	8/6/2022	27/7/2022	5,34	52,30	5,13
M15	8/6/2022	27/7/2022	4,72		
M15	8/6/2022	27/7/2022	5,33		

Mortero- Pegablok+sikaFiber+sikaTop 77				
PB+F+L	16/11/2022	16/01/2023	5,65	60,73
PB+F+L	16/11/2022	16/01/2023	5,45	
PB+F+L	16/11/2022	16/01/2023	6,78	

Análisis estadísticos a tracción en flexión de los 7 tipos de mortero:

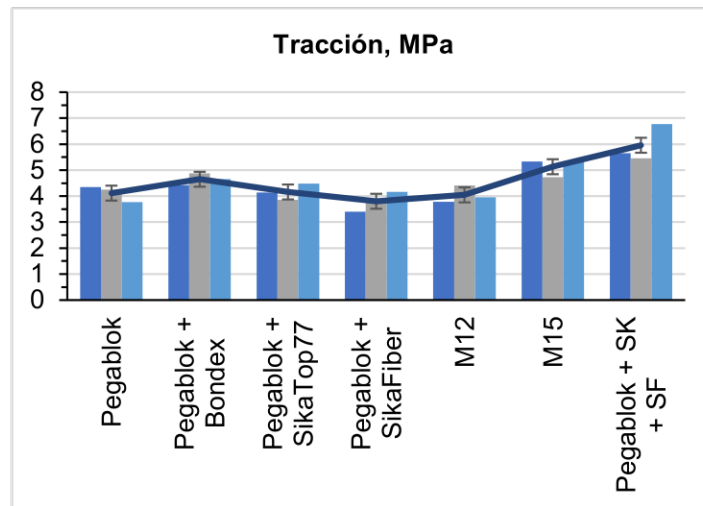


Figura 30: Análisis estadístico a Tracción de los 7 tipos de mortero.
Fuente: (Propia)

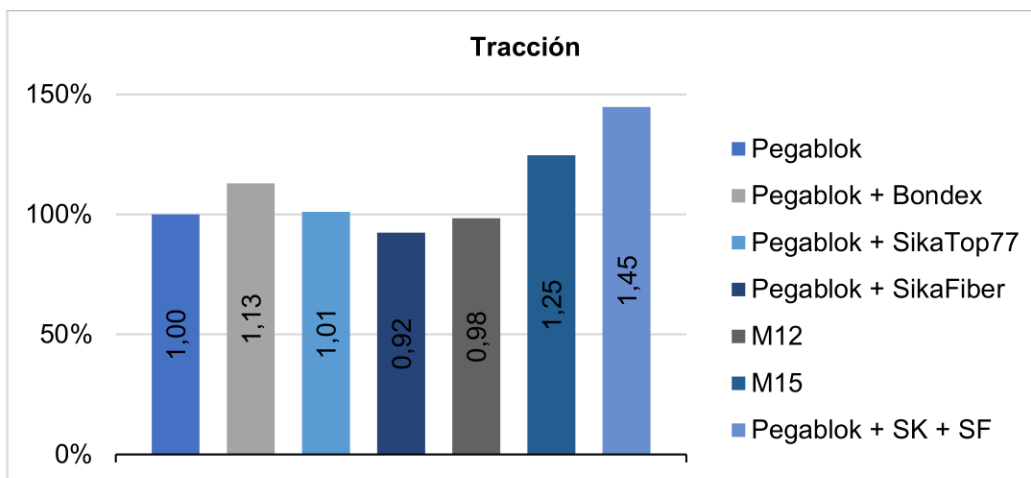
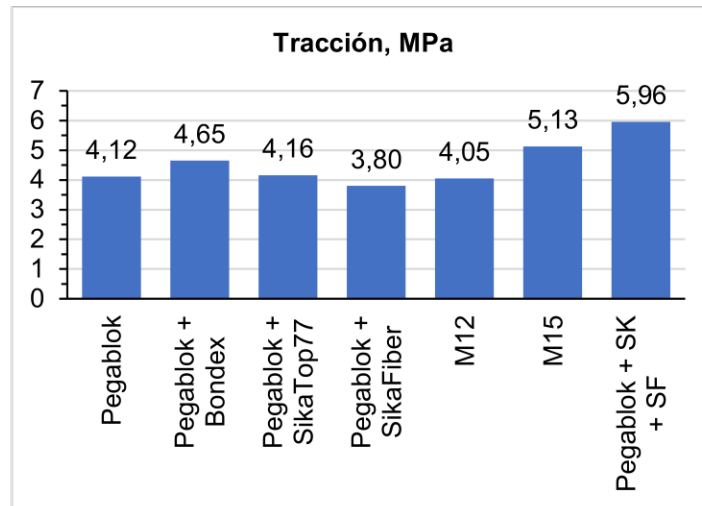


Figura 31: Porcentaje de influencia en la resistencia a tracción de los aditivos de morteros en comparación del mortero base.
Fuente: (Propia)



*Figura 32: Resistencia promedio a tracción en flexión de los 7 tipos de mortero.
Fuente: (Propia)*

4.2.3 Gráficos del comportamiento tenso-deformacional de los diferentes tipos de morteros

Se presentará modelos constitutivos de mampostería, lo que se entiende como el conjunto que forman dos materiales constituidos por ladrillos, estos pueden ser fabricados de forma natural o de forma industrializada, y un encadenamiento de juntas de mortero (Ulises & Domínguez, 2010). Con los resultados obtenidos de los ensayos de compresión y tracción, se han obtenido el comportamiento de la junta entre ladrillos con mortero que se presentan en los siguientes gráficos.

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero Pegablok a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

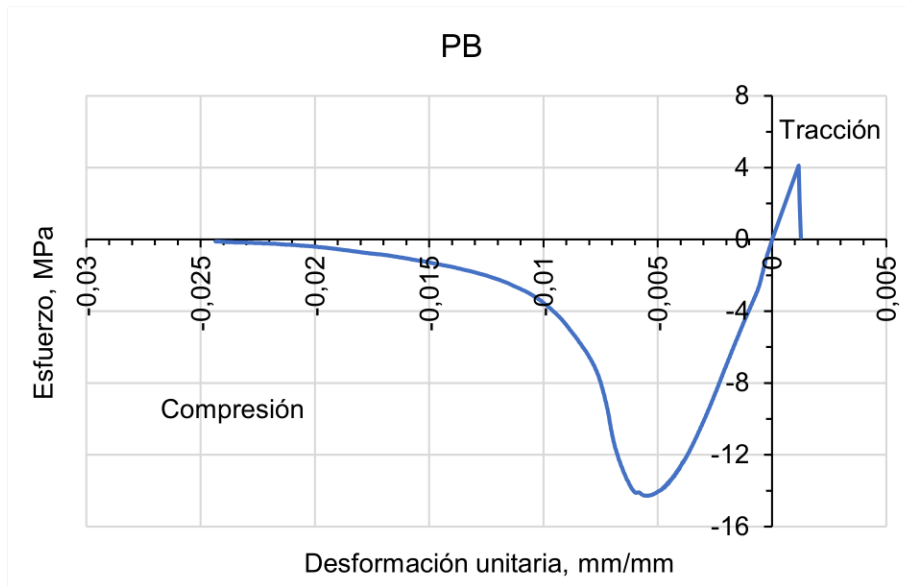


Figura 33: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok.
Fuente: (Propia)

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero Pegablok + 25% Bondex a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

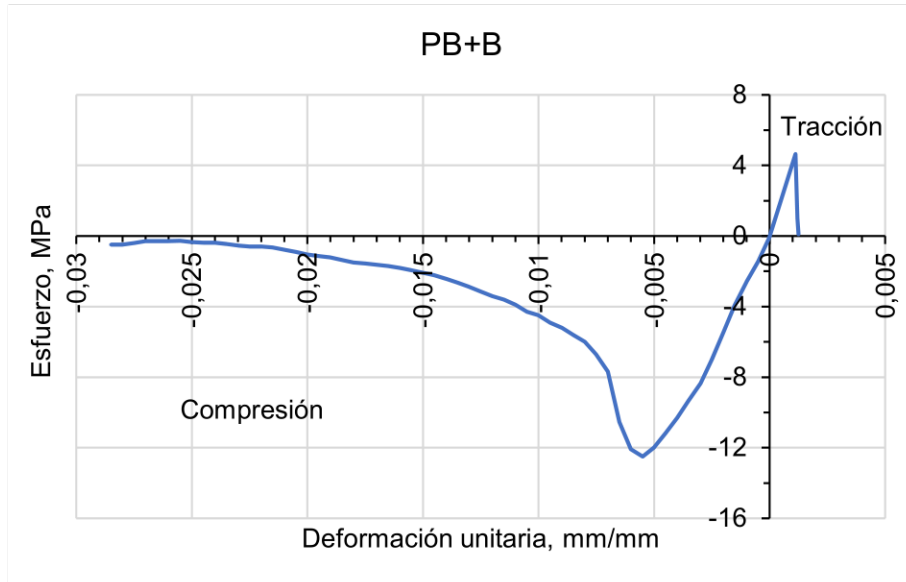


Figura 34: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + 25% Bondex.
Fuente: (Propia)

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaTop 77 a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

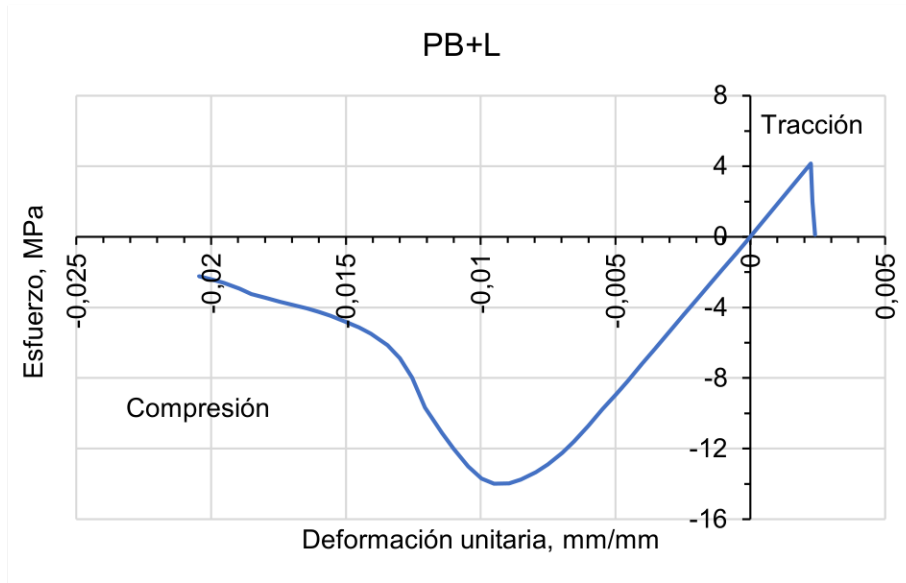


Figura 35: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaFiber a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

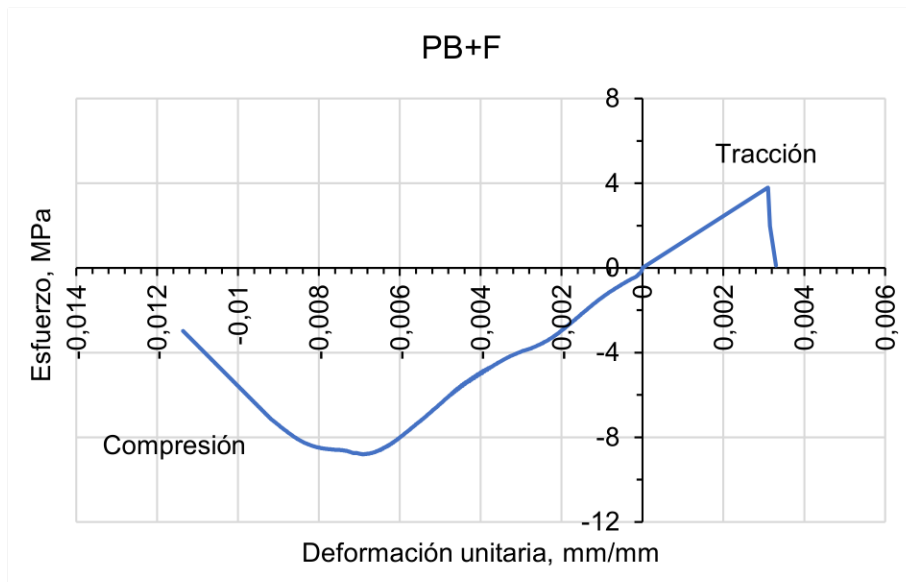


Figura 36: Curva del comportamiento mecánico del mortero Pegablok + SikaFiber.
Fuente: (Propia)

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77 a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

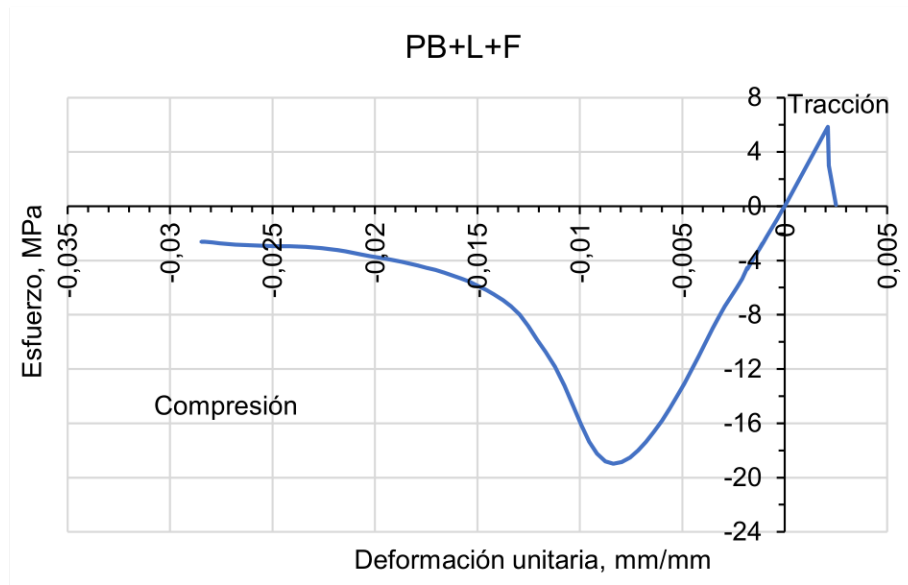


Figura 37: Curva del comportamiento mecánico de mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)

Resultados en modelos constitutivos de los ensayos del mortero M12 a tracción y compresión en parámetros de esfuerzo – deformación unitaria:

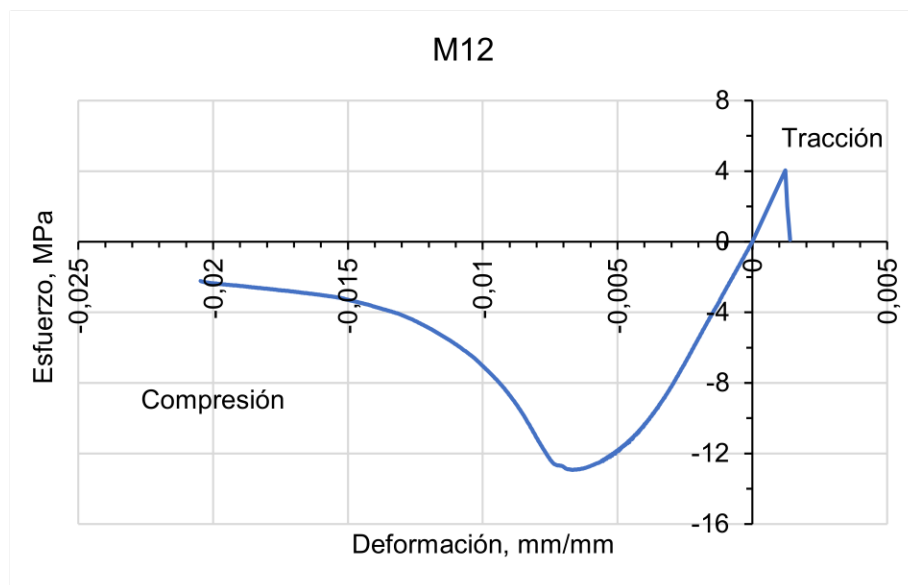


Figura 38: Curva del comportamiento mecánico de mortero M12.
Fuente: (Propia)

4.3. Análisis de mampuestos.

No se pueden considerar los morteros de pega sin antes clasificarlos en diferentes tipos según sus propiedades, dosificación o en que elemento se va a colocar. En el caso de mamposterías de ladrillo, es importante conocer el tipo de ladrillo con el que se va a trabajar, razón por la que se realizaron ensayos de los ladrillos mayormente usados en nuestro medio para determinar sus características físico-mecánicas que son directamente importantes al elegir un mortero de pega de mampostería.

La investigación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos incluye ensayos de compresión y módulo de rotura, para lo que se utilizaron muestras de ladrillo de arcilla cocida (panelón) procedentes de las provincias de Loja, Azuay y Morona Santiago.

4.3.1 Ensayo a compresión de ladrillos.

Para realizar estos ensayos partimos en rectificar los ladrillos a ensayar con una capa de 1 cm de mortero por cada lado.

Las resistencias de los diferentes fabricantes varían dándonos un promedio de 8.1 MPa, total de la resistencia de los ladrillos ensayados.

La resistencia a la compresión que puede soportar el ladrillo es un indicador importante al elegir un tipo de mortero de pega en la preparación o construcción de mampostería. Debido a que la resistencia de los mampuestos en una unidad de mampostería no tiene que ser mayor a la del componente ligante en esta ocasión el mortero de pega.



Figura 39: Rectificación de ladrillos.
Fuente: (Propia)



Figura 40: Ensayo a compresión del ladrillo.
Fuente: (Propia)

A continuación, se indica la tabla resumen de los ensayos a compresión:

Tabla 4. Resultados de resistencia a compresión.
Fuente: Elaboración propia.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS						
Valores promedios de la resistencia a la compresión f'_b, (MPa)				Dimensiones promedio, (cm)		
Lugar	Procedencia	Nº muestra	MPa	a. alto	b. ancho	c. largo
Loja	Fca. Ramírez	5	7,6	8,6	11,9	26,0
	APACATAMAYO	5	5,4	8,5	13,0	25,5
	Eterno Sol	5	4,5	8,3	13,5	25,5
	San Antonio	5	7,1	7,8	13,5	25,0
	L. Rueda	5	7,8	8,0	13,2	25,0
	L. Jiménez	5	8,4	8,6	12,5	26,0
Morona Santiago	Arapicos	5	7,2	7,2	12,0	25,2
Azuay	Artesano	5	7,1	7,4	13,1	26,4
	Falco	5	11,4	7,3	13,2	26,4
	Divino Niño	5	8,8	7,6	12,8	26,0
	Sinchi	5	12,3	7,3	12,6	25,6
	Pinduisaca	5	9,2	7,2	13,3	25,7

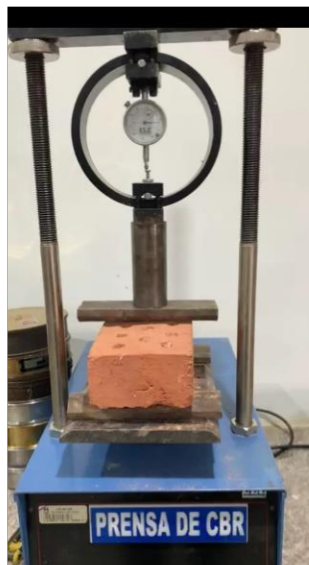
4.3.2 Ensayo a tracción de ladrillos.

La resistencia a la tracción en flexión de los ladrillos varía según los diferentes fabricantes, basándose en la normativa EN-1015-11, se puede obtener los resultados a tracción de las muestras, para realizar estos ensayos se utilizó la prensa de CBR, la misma que nos facilitó el número de líneas donde las muestras sufren la ruptura que a través de una fórmula se obtiene la carga máxima en libras. La cual nos dio una resistencia promedio a la flexión de 2.3 MPa, total de la resistencia de los ladrillos ensayados.

Fórmula para el cálculo de carga máxima en libras

$$5.7069 * x + 20.29$$

x: número de líneas



*Figura 41: Ensayo a tracción del ladrillo.
Fuente: (Propia)*

A continuación, se indica la tabla resumen de los ensayos a flexión:

*Tabla 5. Resultados de resistencia a flexión.
Fuente: Elaboración propia.*

RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LOS LADRILLOS						
Valores promedios de la resistencia a la tracción f'_{br} , (MPa)				Dimensiones de la muestra en cm.		
Lugar	Procedencia	Nº muestra	MPa	a. alto	b. ancho	c. largo
Loja	Fca. Ramírez	5	2,64	8,4	12,0	26,0
	APACATAMAYO	5	2,54	8,5	12,8	25,5
	Eterno Sol	5	1,37	8,3	13,5	25,1
	San Antonio	5	2,43	7,7	13,4	25,1
	L. Rueda	5	2,48	8,5	13,0	24,8
	L. Jiménez	5	2,11	8,7	12,5	26,1
Morona Santiago	Arapicos	5	0,95	7,2	11,9	25,4
Cuenca	Artesano	5	2,81	7,1	13,0	26,4
	Falco	5	2,51	7,1	13,2	26,4
	Divino Niño	5	2,55	7,8	13,0	26,5
	Sinchi	5	2,24	7,4	12,6	25,4
	Pinduisaca	5	2,68	7,6	13,3	26,1

4.4. Análisis de modelos simplificados de mampostería a esfuerzos tangenciales y normales en la junta de contacto ladrillo/mortero

Para realizar los ensayos de adherencia normal y tangencial de la interacción de contacto ladrillo/mortero en la junta horizontal de la mampostería se elaboraron modelos simplificados tipo cruz y tipo trío, respectivamente. Para lo que, después de analizar los mampuestos, se determinó usar los ladrillos de la fábrica Sinchi de la ciudad de Cuenca que tienen una resistencia de 10 MPa.

4.4.1 Ensayo a corte de los modelos simplificados tipo tríos.

Se elaboraron 5 especímenes de mampostería con los 7 tipos de morteros los mismos que se fabricó basándonos en el método propuesto por (Polyakov, 1959) una alternativa a lo expuesto en EN 1052-3-2002. La que nos indica que para realizar estos especímenes se coloca el primer ladrillo en una superficie limpia y nivelada, posteriormente se coloca la segunda unidad de ladrillo logrando un espesor de junta de mortero de 1.5 cm, se verifico

que este alineada con respecto a la primera unidad de ladrillo y el exceso de mortero fue retirado. Finalmente se coloca la tercera unidad de ladrillo repitiendo su mismo proceso.

Los especímenes tuvieron un secado de 24 horas para luego ser envalados por 28 días para finalmente ser ensayados.



Figura 42: Elaboración de los especímenes tipo tríos.
Fuente: (Propia)



Figura 43: Embalaje de los especímenes tipo tríos.
Fuente: (Propia)



Figura 44: Ensayo de los especímenes tipo tríos.
Fuente: (Propia)

Los resultados de los ensayos de los especímenes tipo tríos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resultados de los ensayos tipo tríos Ladrillo-Mortero.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LOS ESPÉCIMENES TIPO TRÍOS			
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Carga última (N)
Sinchi+Pegablok			
S+PB1	25/4/2022	30/6/2022	45.975
S+PB2	25/4/2022	7/7/2022	17.568
S+PB3	25/4/2022	12/7/2022	18.779
S+PB4	25/4/2022	12/7/2022	23.597
S+PB5	25/4/2022	12/7/2022	25.492
S+PB6	25/4/2022	12/7/2022	20.409
Sinchi+Pegablok+Bondex			
S+PB+B1	26/4/2022	12/7/2022	27.870
S+PB+B2	26/4/2022	12/7/2022	38.518
S+PB+B3	26/4/2022	12/7/2022	22.534
S+PB+B4	26/4/2022	12/7/2022	20.445
S+PB+B5	26/4/2022	12/7/2022	28.137
S+PB+B6	26/4/2022	12/7/2022	24.488
Sinchi+Pegablok+Sikatop77			
S+PB+ST1	22/6/2022	20/7/2022	31.085
S+PB+ST2	22/6/2022	20/7/2022	28.000
S+PB+ST3	22/6/2022	20/7/2022	24.323
S+PB+ST4	22/6/2022	20/7/2022	33.088
S+PB+ST5	22/6/2022	20/7/2022	10.361
S+PB+ST6	22/6/2022	20/7/2022	33.279
Sinchi+Pegablok+Sikafiber			
S+PB+SF1	22/6/2022	20/7/2022	21.314
S+PB+SF2	22/6/2022	20/7/2022	24.587
S+PB+SF3	22/6/2022	20/7/2022	20.392
S+PB+SF4	22/6/2022	20/7/2022	25.518
S+PB+SF5	22/6/2022	20/7/2022	17.581
S+PB+SF6	22/6/2022	20/7/2022	12.832
Sinchi+Mortero 12MPa			
S+M12-1	5/5/2022	19/7/2022	31.028
S+M12-2	5/5/2022	19/7/2022	23.723
S+M12-3	5/5/2022	19/7/2022	15.344
S+M12-4	5/5/2022	19/7/2022	15.905
S+M12-5	5/5/2022	19/7/2022	29.428
S+M12-6	5/5/2022	19/7/2022	25.146
Sinchi+Mortero 15 Mpa			
S+M15-1	22/7/2022	12/9/2022	21.669
S+M15-2	22/7/2022	12/9/2022	32.830
S+M15-3	22/7/2022	12/9/2022	11.825
S+M15-4	22/7/2022	12/9/2022	20.408
S+M15-5	22/7/2022	12/9/2022	8.817
Sinchi-Pegablok+Sikafiber+Sika Top77			
S+PB+L+F1	15/12/2022	16/01/2023	28.802

S+PB+L+F2	15/12/2022	16/01/2023	9.947
S+PB+L+F3	15/12/2022	16/01/2023	36.071
S+PB+L+F4	15/12/2022	16/01/2023	36.059
S+PB+L+F5	15/12/2022	16/01/2023	26.557

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok) en parámetros de carga – desplazamiento:

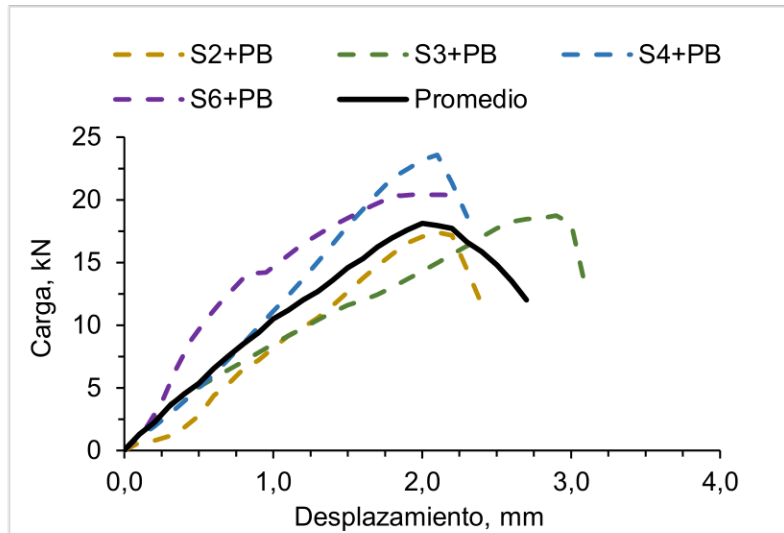


Figura 45: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok + 25% Bondex) en parámetros de carga – desplazamiento:

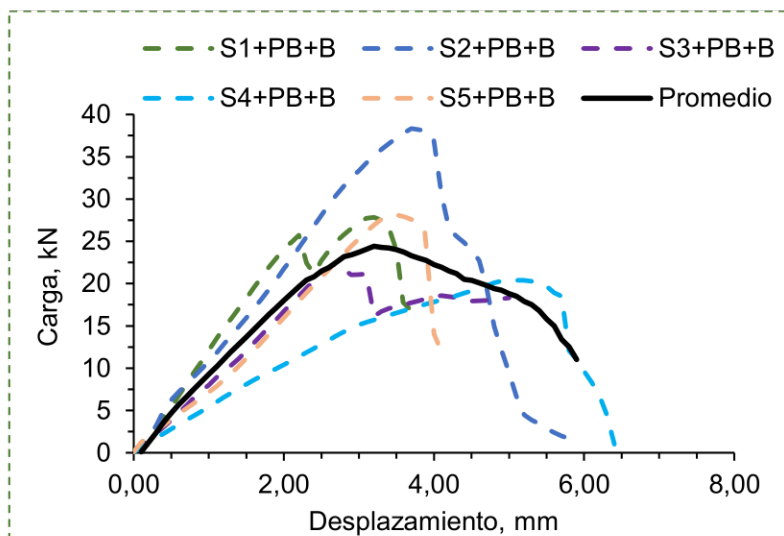


Figura 46: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + 25% Bondex.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok + SikaTop77) en parámetros de carga – desplazamiento:

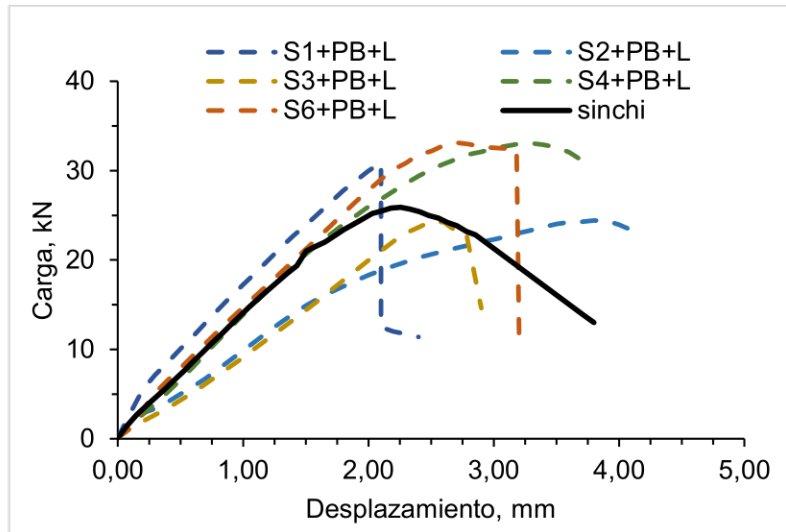


Figura 47: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo trios Sinchi + Pegablok + SikaTop77.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok+ Sikafiber) en parámetros de carga – desplazamiento:

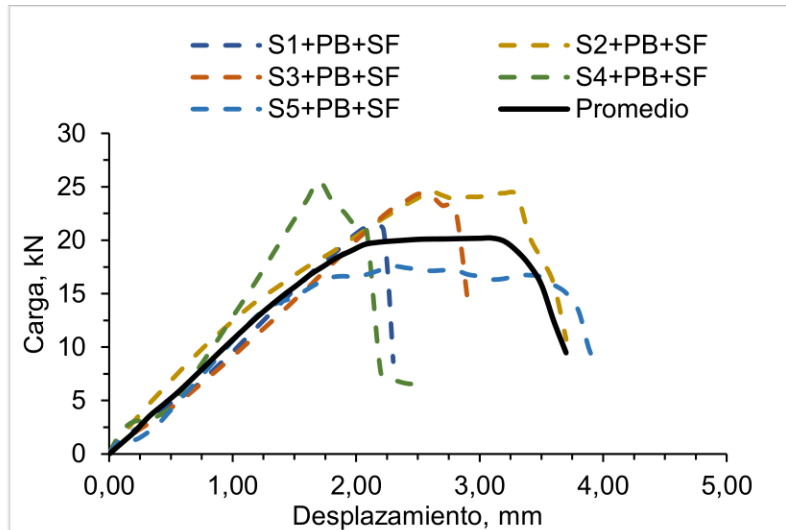


Figura 48: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo trios Sinchi + Pegablok + Sikafiber.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77) en parámetros de carga – desplazamiento:

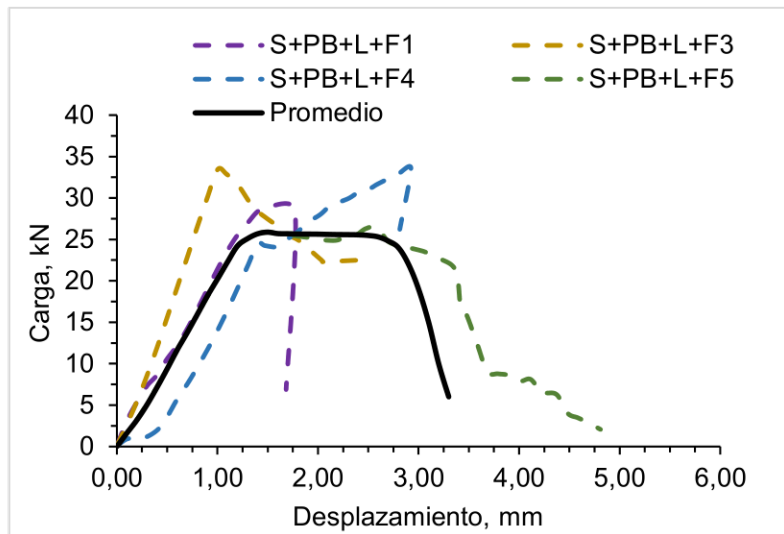


Figura 49: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)

Resultados en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Mortero 12MPa) en parámetros de carga – desplazamiento:

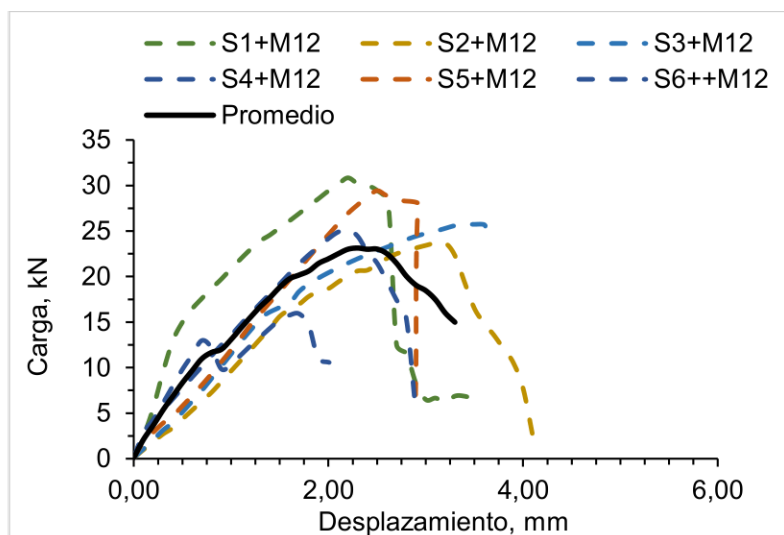


Figura 50: Ensayo de resistencia tangencial de los especímenes tipo tríos Sinchi + Mortero 12MPa.
Fuente: (Propia)

Tabla 7. Resultados de los ensayos de resistencia a corte.
Fuente: Elaboración propia.

ENSAYO DE RESISTENCIA A CORTE	
Tipo	Resistencia a corte (MPa)
Sinchi+Pegablok	
S+PB1	0,99
S+PB2	0,36
S+PB3	0,37
S+PB4	0,45
S+PB5	0,50
S+PB6	0,39
Sinchi+Pegablok+Bondex	
S+PB+B1	0,61
S+PB+B2	0,82
S+PB+B3	0,47
S+PB+B4	0,42
S+PB+B5	0,57
S+PB+B6	0,52
Sinchi+Pegablok+Sikatop77	
S+PB+L1	0,62
S+PB+L2	0,54
S+PB+L3	0,48
S+PB+L4	0,67
S+PB+L5	0,21
S+PB+L6	0,67
Sinchi+Pegablok+Sikafiber	
S+PB+F1	0,44
S+PB+F2	0,49
S+PB+F3	0,41
S+PB+F4	0,49
S+PB+F5	0,35
S+PB+F6	0,25
Sinchi+Mortero 10MPa	
S+M10-1	0,62
S+M10-2	0,46
S+M10-3	0,30
S+M10-4	0,30
S+M10-5	0,58
S+M10-6	0,49
Sinchi+Mortero 15 Mpa	
S+M15-1	0,45
S+M15-2	0,70
S+M15-3	0,25
S+M15-4	0,43
S+M15-5	0,19
Sinchi+Pegablok+Sikafiber+Sikatop77	
S+PB+SF+ST1	0,59
S+PB+SF+ST2	0,20
S+PB+SF+ST3	0,74
S+PB+SF+ST4	0,73
S+PB+SF+ST5	0,54

4.4.2 Ensayo de adherencia normal en modelos simplificados tipo cruces.

Se elaboraron 5 especímenes de mampostería con los 7 tipos de morteros los mismos que se fabricó basándonos en la normativa ASTM C321-00, la que nos indica que se debe aplicar el mortero con un espesor del 25 al 50% en la cara superior del ladrillo para asegurar una junta completa, el segundo ladrillo se colocó de manera perpendicular al ladrillo que contiene el mortero.

Posteriormente se dejó secar por 24 horas para luego ser envalado, este procedimiento ayuda a que los especímenes no pierdan su humedad durante sus 28 días de maduración, finalmente se ensayaron los especímenes tipo cruces los cuales nos proporcionan los resultados de resistencia adhesiva normal.



*Figura 51: Elaboración de especímenes tipo cruces.
Fuente: (Propia)*



*Figura 52: Embalaje de los especímenes tipo cruces.
Fuente: (Propia)*



Figura 53: Ensayo de los especímenes tipo cruces.
Fuente: (Propia)

Los resultados de los ensayos de los especímenes tipo cruces se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Resultado de los ensayos tipo cruces Ladrillo-Mortero.
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LOS ESPÉCIMENES TIPO CRUCES			
Tipo	Fecha de Elaboración	Fecha de ensayo	Carga última (N)
Sinchi-Pegablok			
S+PB1	15/11/2022	19/12/2022	1.275
S+PB2	15/11/2022	19/12/2022	3.258
S+PB3	15/11/2022	19/12/2022	Fracasó antes
S+PB4	15/11/2022	19/12/2022	2.718
S+PB5	15/11/2022	19/12/2022	1.476
Sinchi-Pegablok+Bondex			
S+PB+B1	26/04/2022	01/07/2022	
S+PB+B2	26/04/2022	21/07/2022	
S+PB+B3	26/04/2022	06/09/2022	1.314
S+PB+B4	26/04/2022	06/09/2022	1.366
S+PB+B5	26/04/2022	06/09/2022	2.883
Sinchi-Pegablok+Sikatop77			
S+PB+ST1	16/05/2022	06/09/2022	NO
S+PB+ST2	25/05/2022	08/09/2022	3.004
S+PB+ST3	25/05/2022	08/09/2022	4.766
S+PB+ST4	25/05/2022	08/09/2022	2.635
S+PB+ST5	25/05/2022	08/09/2022	942
S+PB+ST6	25/05/2022	08/09/2022	1.676
Sinchi-Pegablok+Sikafiber			
S+PB+SF1	22/06/2022	08/09/2022	1.353
S+PB+SF2	22/06/2022	08/09/2022	3.461
S+PB+SF3	22/06/2022	08/09/2022	4.755
S+PB+SF4	22/06/2022	08/09/2022	3.352
S+PB+SF5	22/06/2022	08/09/2022	
Sinchi-Mortero 12MPa			
S+M12-1	05/05/2022	09/09/2022	2.633
S+M12-2	05/05/2022	09/09/2022	2.519

S+M12-3	05/05/2022	09/09/2022	1.573
S+M12-4	05/05/2022	09/09/2022	2.243
S+M12-5	05/05/2022	09/09/2022	900
S+M12-6	05/05/2022	09/09/2022	2.880
Sinchi-Mortero 15MPa			
S+M15-1	05/05/2022	08/09/2022	2.143
S+M15-2	05/05/2022	08/09/2022	3.323
S+M15-3	05/05/2022	08/09/2022	2.382
S+M15-4	05/05/2022	08/09/2022	3.360
S+M15-5	05/05/2022	08/09/2022	2.102
Sinchi-Pegablok+Sikafiber+SikaTop77			
S+PB+L+F1	15/12/2022	16/01/2023	1.152
S+PB+L+F2	15/12/2022	16/01/2023	Fracasó antes
S+PB+L+F3	15/12/2022	16/01/2023	2.006
S+PB+L+F4	15/12/2022	16/01/2023	2.233
S+PB+L+F5	15/12/2022	16/01/2023	3.129

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok) en parámetros de carga – desplazamiento:

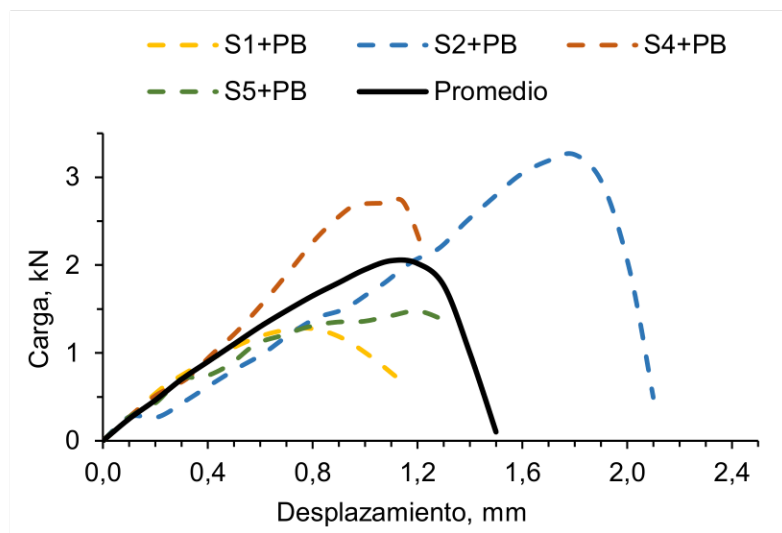


Figura 54: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok+ 25% Bondex) en parámetros de carga – desplazamiento:

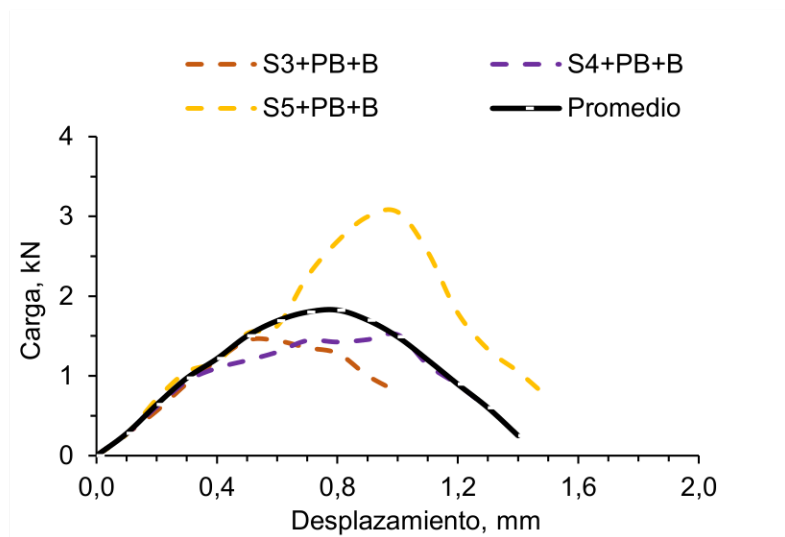


Figura 55: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + 25% Bondex.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok+ SikaTop77) en parámetros de carga – desplazamiento:

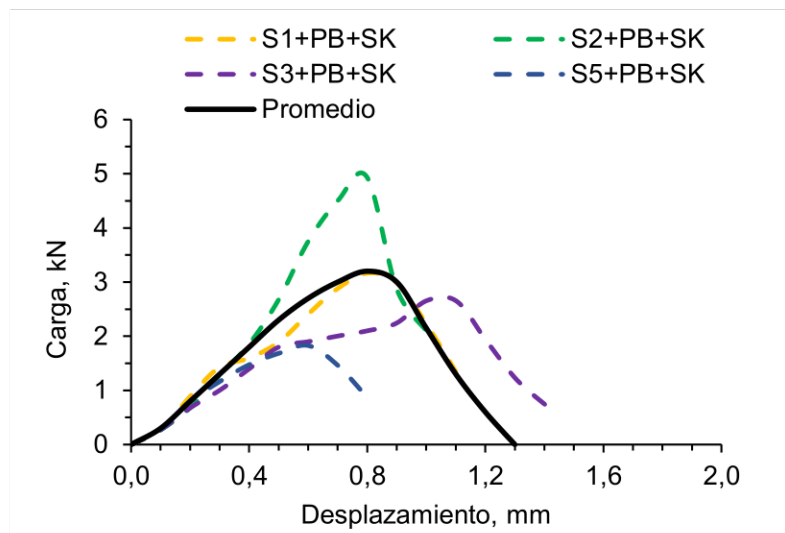


Figura 56: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + SikaTop77.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok+ Sikafiber) en parámetros de carga – desplazamiento:

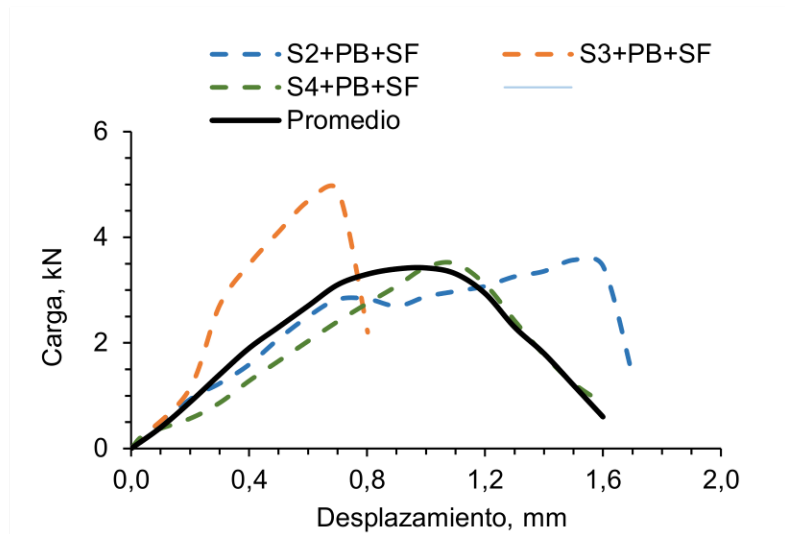


Figura 57: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + Sikafiber.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77) en parámetros de carga – desplazamiento:

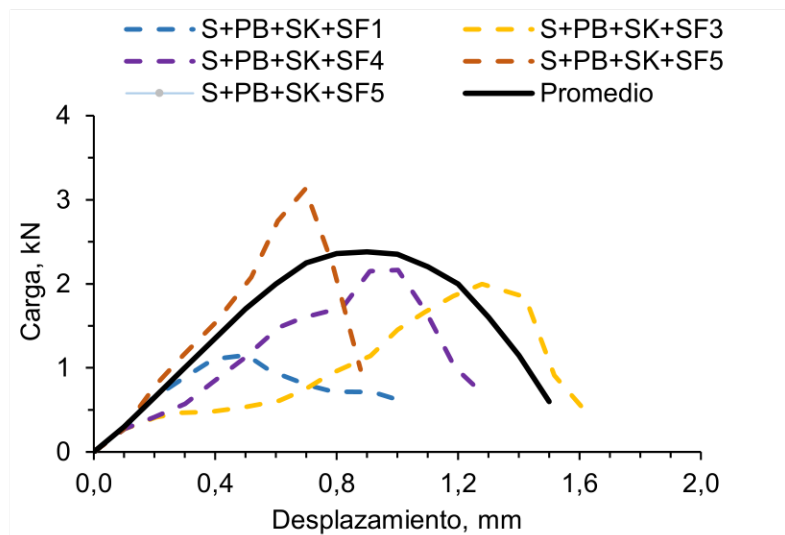


Figura 58: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Mortero 12MPa) en parámetros de carga – desplazamiento:

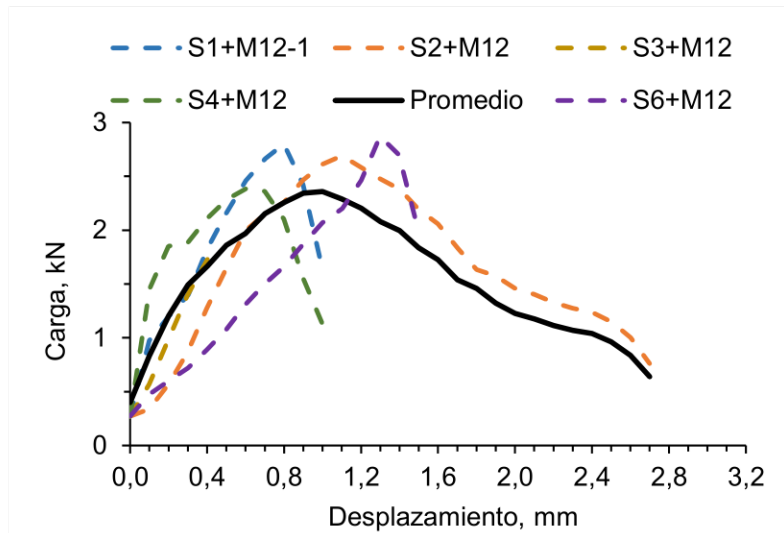


Figura 59: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Mortero 12MPa.
Fuente: (Propia)

Resultados promedio en gráficos de los ensayos del Ladrillo-Mortero (Mortero 15MPa) en parámetros de carga – desplazamiento:

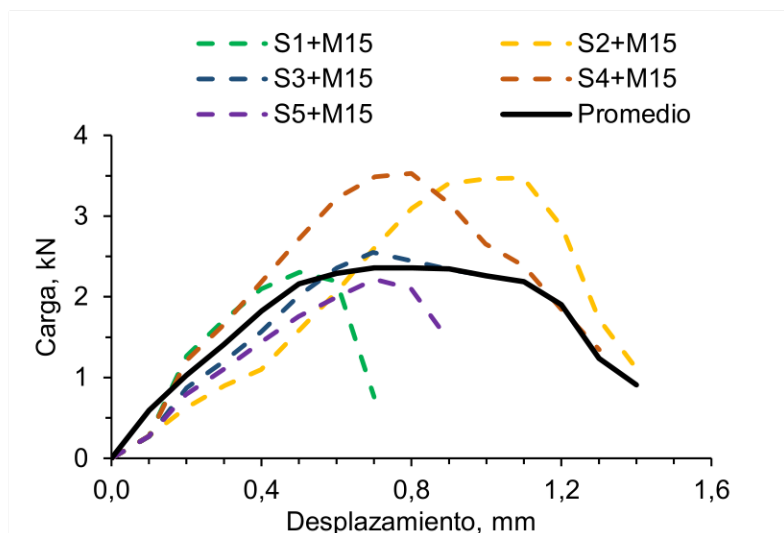


Figura 60: Ensayo de resistencia normal de los especímenes tipo cruces Sinchi + Mortero 15MPa.
Fuente: (Propia)

Tabla 9. Resultados de los ensayos de resistencia adhesiva normal.
Fuente: Elaboración propia.

ENSAYO DE RESISTENCIA ADHESIVA NORMAL	
Tipo	Resistencia normal (MPa)
Sinchi-Pegablok	
S+PB1	0,086
S+PB2	0,206
S+PB3	fracaso antes
S+PB4	0,171
S+PB5	0,087
Sinchi-Pegablok+Bondex	
S+PB+B1	fracaso antes
S+PB+B2	fracaso antes
S+PB+B3	0,075
S+PB+B4	0,080
S+PB+B5	0,163
Sinchi-Pegablok+Sikatop77	
S+PB+L1	fracaso antes
S+PB+L2	0,176
S+PB+L3	0,283
S+PB+L4	0,157
S+PB+L5	0,056
S+PB+L6	0,100
Sinchi-Pegablok+Sikafiber	
S+PB+F1	0,077
S+PB+F2	0,196
S+PB+F3	0,268
S+PB+F4	0,192
S+PB+F5	fracaso antes
Sinchi-Mortero 10MPa	
S+M10-1	0,156
S+M10-2	0,144
S+M10-3	0,094
S+M10-4	0,130
S+M10-5	0,052
S+M10-6	0,170
Sinchi-Mortero 15MPa	
S+M15-1	0,125
S+M15-2	0,194
S+M15-3	0,138
S+M15-4	0,197
Sinchi-Pegablok+Sikafiber+Sikatop77	
S-PB+SF+ST1	0,075
S-PB+SF+ST2	fracaso antes
S-PB+SF+ST3	0,126
S-PB+SF+ST4	0,143
S-PB+SF+ST5	0,200

En el siguiente capítulo se analizará la influencia de diferentes tipos de morteros en el desarrollo de las deformaciones elasto-plásticas de la mampostería, para lo cual vamos a

comparar diferentes morteros partiendo del mortero base Pegablok (PB), con la adición de diversos componentes como: Bondex (B), SikaFiber (F), SikaTop 77 (L), además se realizará la comparación del mortero M12.

4.5. Análisis de resultados.

A continuación, se analizará el comportamiento de los resultados ensayados, tanto a la combinación de los diferentes tipos de mortero como a los modelos simplificados de resistencia a corte y adherencia normal.

4.5.1 Comparación de los resultados realizados a los morteros de pega de mampuestos.

Se han realizado los ensayos sucesivamente de los diferentes tipos de mortero de pega para mampostería los mismos que son: Pegablok, Pegablok + 25% Bondex, Pegablok + SikaTop, Pegablok + SikaFiber, Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77 y mortero M12.

A continuación, realizaremos un comparativa de los diferentes tipos de mortero a compresión tanto en esfuerzo como en deformación unitaria.

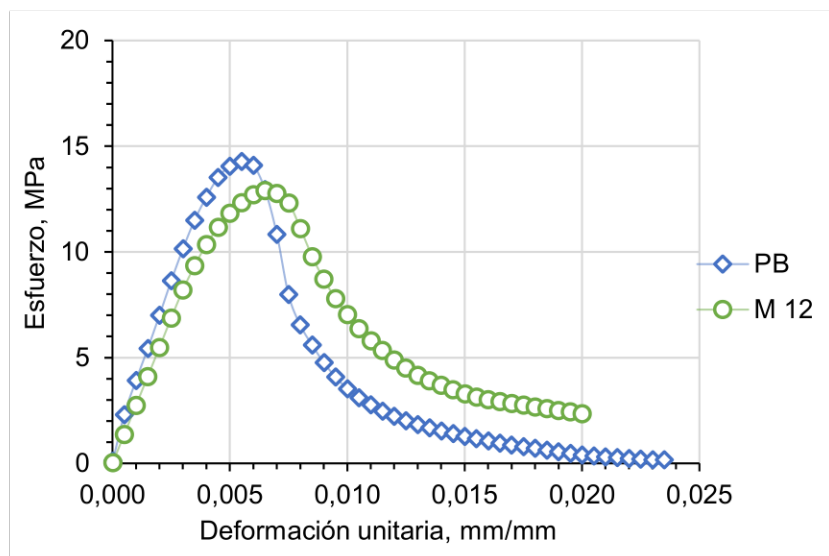


Figura 61: Ensayo a compresión uniaxial del mortero Pegablok, mortero M12.
Fuente: (Propia)

Considerando los resultados que muestra la gráfica 61, podemos deducir que el mortero base Pegablok tiene una mayor resistencia de 14,9 MPa a comparación que el mortero de dosificación M12 de 13,5 MPa, sin embargo, el mortero M12 presenta una mayor deformación a la carga última que el mortero base Pegablok.

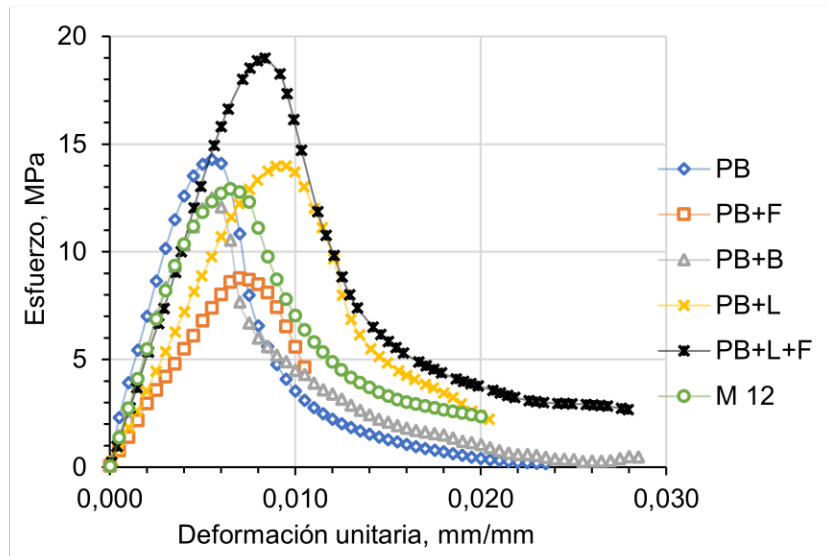


Figura 62: Ensayo a compresión uniaxial del mortero base (PB) con adición de Bondex (B), fibra (F), látex (L).
Fuente: (Propia)

Como se muestra en la figura 62, en cuanto a la adición de los diferentes componentes a nuestro mortero base Pegablok, se puede observar que tanto el 25% de Bondex como la Fibra bajan su capacidad de esfuerzo siendo la Fibra con menor resultado 9 MPa en comparación del PB de 14,9 MPa, sin embargo, la combinación de aditivos Pegablok + Fibra + Emulsión Adhesiva aumenta la resistencia a 19 MPa es decir aumenta en 27% la resistencia al mortero base Pegablok. El aditivo SikaTop 77 hace que tenga una resistencia similar al PB, pero su comportamiento es mejor en la deformación plástica a la carga última, así como el mortero base (PB) con adición de fibra.

Realizaremos un comparativa de las curvas del comportamiento mecánico de los diferentes morteros tanto a tracción y compresión.

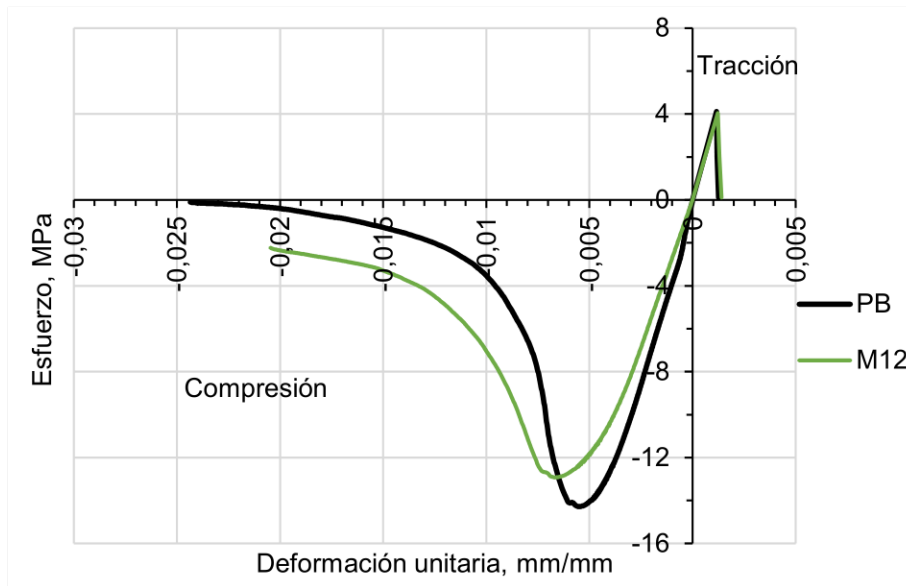


Figura 63: Curvas del comportamiento mecánico del mortero Pegablok, mortero M12.
Fuente: (Propia)

Se observa en la gráfica 63, que los dos morteros tienen un comportamiento similar a tracción con 4 MPa aproximadamente, sin embargo, en la parte a compresión se observa que el mortero base Pegablok tiene una mayor resistencia de 14 MPa que el mortero M12 de 13 MPa, en cuanto a la deformación el mortero M12 presenta una mejor fase de deformación a la carga última que el mortero Pegablok.

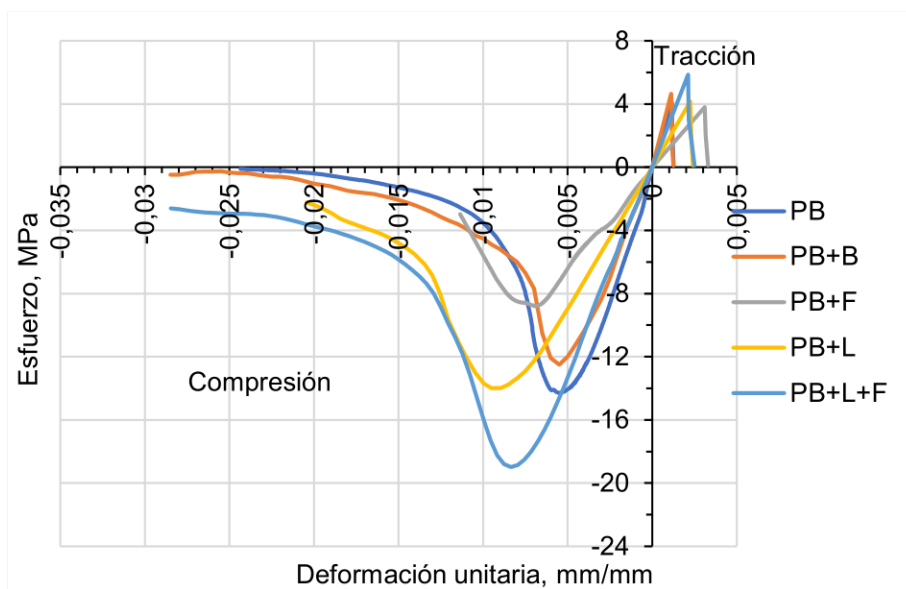


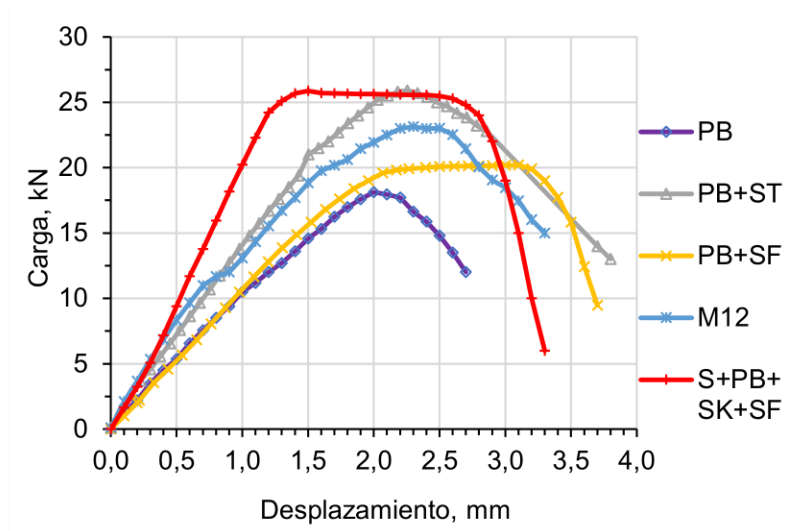
Figura 64: Curvas del comportamiento mecánico del mortero base (PB) con adición de Bondex (B), fibra (F), látex (L).
Fuente: (Propia)

Haciendo un análisis en la gráfica 64, se deduce que el mortero base Pegablok con adición de Fibra y Emulsión adhesiva es el que mayor esfuerzo resiste a tracción con 6 MPa a comparación de nuestro mortero base Pegablok, que comparte una resistencia a tracción con los morteros Pegablok + SikaFiber y Pegablok + SikaTop 77 con una resistencia de 4 MPa. Sin embargo, en la parte de compresión el mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77 es el que más resiste 19 MPa, en comparación del mortero base Pegablok 14,5 MPa. El mortero Pegablok + SikaFiber es el de menor resistencia 9 MPa, en cuanto a la deformación el que mejor desempeño presenta es el mortero Pegablok + SikaTop 77, de igual manera el Pegablok + SikaFiber, en comparación del mortero Pegablok + 25% Bondex que es el que peor comportamiento en deformación a la carga última.

4.5.2 Comparación de los resultados a corte realizados a los modelos simplificados tipo tríos.

En resumen, en la figura 65, de las medias de los especímenes ensayados nos indica que la resistencia adhesiva tangencial o de cizallamiento obtenida de los modelos simplificados tipo tríos son variables. La resistencia que revela la gráfica de las muestras con mortero Pegablok considerado el mortero base es el de menor resistencia a comparación de los demás modelos simplificados con una resistencia adhesiva tangencial de 17.5 kN, todas las muestras presentan el mismo comportamiento sin embargo los modelos simplificados con mortero de Pegablok + SikaTop 77 y Pegablok + Sikafiber + SikaTop 77 son los que mayor resistencia tienen de 26 kN, a comparación de los modelos con mortero Pegablok + SikaFiber con una resistencia de 20 kN y del mortero M12 con una resistencia de 23 MPa. Se debe tener en cuenta que los modelos simplificados con mortero Pegablok + SikaFiber + Sikatop tienen la mayor deformación a la carga última con un coeficiente de ductilidad de 2.3 seguido del motero Pegablok + Sikafiber con un coeficiente de ductilidad de 1.6 con respecto a los demás especímenes, como el mortero

base Pegablok, Pegablok + SikaTop 77 y mortero M12 que cuentan con la menor deformación a la carga última.



*Figura 65: Ensayos de resistencia tangencial de modelos simplificados tipo trios.
Fuente: (Propia)*

4.5.3 Comparación de los resultados de adherencia normal realizados a los modelos simplificados tipo cruces.

En resumen, en la figura 66 de la gráfica promedio nos muestra, que las resistencia adhesiva normal obtenida de los diferentes tipos de modelos simplificados tipo cruces madurados durante 28 días son variables, partiendo por las resistencia de las cruces con mortero Pegablok la cual tiene una resistencia de 2 kN la misma que se encuentra entre las cargas de las muestras con mortero Pegablok + 25% Bondex con una resistencia de 1.8 kN y las muestras con mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop77 con una resistencia de 2.4 kN. Las muestras con mortero Pegablok + SikaFiber es el que tiene la mayor resistencia de todos los modelos simplificados con un valor de 3,4 kN, sin embargo, se deber tener en cuenta que los modelos simplificados con mortero Pegablok + SikaFiber + SikaTop 77 es el que presenta mayor deformación a la carga última con un coeficiente de ductilidad de 1.71 seguido del mortero Pegablok + 25% Bondex con un coeficiente de

ductilidad de 1,5 a comparación del mortero base Pegablok y del mortero Pegablok + SikaTop 77 que cuentan con la menor ductilidad de todos.

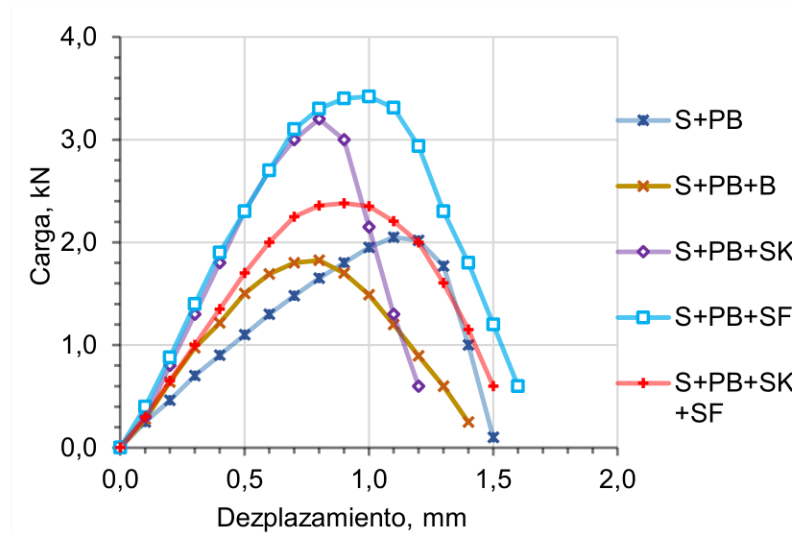


Figura 66: Ensayos de resistencia normal de modelos simplificados tipo cruces.
Fuente: (Propia)

Una vez realizado el análisis de resultados de los diferentes tipos de mortero, así como de los modelos simplificados tanto tríos como cruces se observó que la combinación del mortero base Pegablok + SikaTop 77 y la combinación del mortero Pegablok + SikaFiber es la óptima para obtener un mejor comportamiento tanto en la resistencia de adherencia normal y resistencia de adherencia tangencial en comparación con nuestro mortero base.

También se pudo deducir que el mortero al tener un menor módulo de elasticidad a comparación del hormigón y acero su deformación unitaria aumenta en comparación de dichos materiales. Estos resultados son corroborados con otras investigaciones como:

- Características de tensión-deformación de la mampostería de ladrillos de arcilla bajo compresión uniaxial (Kaushik et al., 2007).

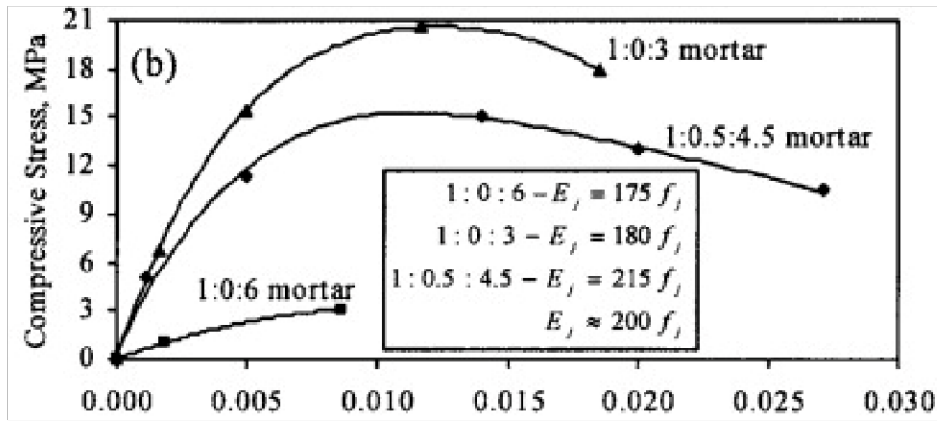


Figura 67: Ensayo a compresión uniaxial de morteros.
Fuente: (Kaushik et al., 2007)

- Evaluación experimental de modelos de predicción para el comportamiento mecánico de mampostería de mortero de cal no reforzada bajo compresión (Costigan et al., 2015).

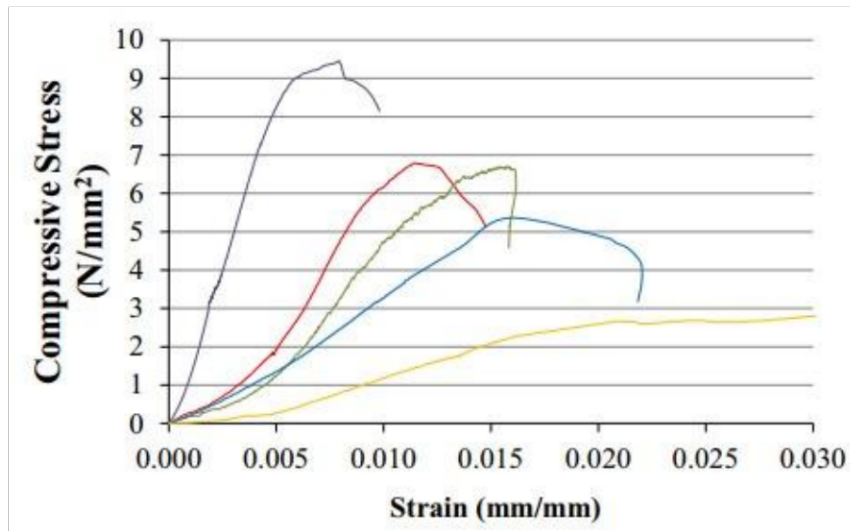


Figura 68: Ensayo a compresión uniaxial de morteros.
Fuente: (Costigan et al., 2015)

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

El estudio y los diferentes análisis que se ejecutaron en este proyecto experimental sobre los 6 tipos de morteros y sus modelos constitutivos nos permiten concluir:

- Se evidencio que las probetas recolectadas en obra no cuentan con un control de calidad establecida por la NTE INEN. Los ensayos realizados muestran que existe una gran dispersión en los valores de la resistencia a la compresión, los mismos que varían desde 4.5 MPa hasta 26 MPa
- Los morteros fabricados con diferentes combinaciones partiendo del mortero base Pegablok, sufren variaciones en sus resistencias a la compresión dependiendo del aditivo. Por ejemplo, la adición de fibra le disminuye la resistencia en un 61%, sin embargo, aporta al desarrollo en una fase de deformación plástica. El aditivo tipo látex (SikaTop 77) aumenta tanto su resistencia como la magnitud de la deformación bajo la carga última, pero no aporta al desarrollo de deformaciones plásticas. Los ensayos a tracción demostraron que la combinación de mortero en seco Pegablok más fibra (SikaFiber) y látex (SikaTop) aumenta la resistencia en un 50% al mortero base pegablok, de igual manera aumenta la magnitud de la deformación bajo la carga última.
- En los ensayos de esfuerzo adhesivo normal (cruces), el mejor comportamiento es la combinación con las fibras (Sikafiber) y látex (SikaTop), ya que aumenta el desarrollo a la fase de deformación plástica con un coeficiente de ductilidad de 1,38. En los ensayos de la resistencia adhesiva tangencial (tríos), el que mejor resistencia le aporta al mortero base Pegablok es la combinación con los aditivos (SikaTop 77) y (SikaFiber) con un 44% de mejora, de igual manera aumenta

considerablemente el desarrollo a la fase deformación plástica con coeficiente de ductilidad de 2.3.

- Existen pocas investigaciones en Ecuador acerca del mortero de pega, esto hace que se vuelva difícil su investigación y ensayos. En los laboratorios tanto institucionales como privados cuentan con instrumentación para ensayos enfocados en el hormigón y los materiales que lo constituyen, por su función estructural, es monitoreado continuamente. Las nuevas tendencias en nuestro país, es poder generar viviendas autosustentables con nuevos mampuestos o piezas para mampostería, lo que nos hace pensar que es de vital importancia el estudio de los productos complementarios que se utilizarían en la fabricación de los morteros de pega.
- Se debe realizar una investigación, que este enfocado en las necesidades y realidades de nuestro país, creando una normativa propia y no copiar normas establecidas por otros países que en su momento fueron estudiados, así mismo su realidad social y económica hacen que su sistema constructivo sea distinto al nuestro, es decir no se debería usar normas de otro país que establecieron sus parámetros y nosotros usarlos en el campo de la construcción.

5.2. RECOMENDACIÓN

En esta investigación la principal recomendación para determinar un mejor mortero de pega de mampostería se determina después de esta investigación; la resistencia a la compresión de un mortero no es lo fundamental que se debe tomar en cuenta en su elección al momento de ser utilizado en la construcción para mampostería, en si existen muchas propiedades durante su secado y estado plástico, que son más relevantes como su ductilidad. Además, se debe tomar en cuenta que se tiene que conocer las características

del mampuesto para elegir el mortero ideal ya que dependerá directamente de su calidad y comportamiento de la mampostería.

BIBLIOGRAFÍA

- Mortero premezclado para mampostería. Norma Técnica Colombiana NTC 3356, (2000).
- Método ensayo para determinar el módulo de elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a compresión. Norma Técnica Colombiana NTC 4025, 11 (2006).
- Aguirre López, C. A. (2017). Análisis de casos y diseño de guía pre y post eventos sísmicos [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO]. In *Director*. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300083&script=sci_arttext&tlng=n
- Alcocer, S. M. (1996). Comportamiento sísmico de estructuras de mampostería. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, A.C.*, 28.
- Alex, O. (2020). *Vulnerabilidad y Capacidad Sísmica de Edificaciones Tipo de Mampostería Confinada de la Ciudad de Cuenca* [Universidad del Azuay]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93538/13CAPITULO4.pdf>
- Andreotti, G., Graziotti, F., & Magenes, G. (2019). Expansion of mortar joints in direct shear tests of masonry samples: implications on shear strength and experimental characterization of dilatancy. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 52(4). <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1366-5>
- Antamba, G. R. G. (2017). *DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA ASOCIADA A LA FALLA POR TRACCIÓN DIAGONAL DE DOS TIPOS DE MAMPOSTERÍA SIMPLE: BLOQUE Y LADRILLO PARA SER USADOS EN MODELOS COMPUTACIONALES*.
- ASTM C 270, (2008).
- ASTM C 39/C 39M – 01., 3 (2014). <https://doi.org/10.1520/C0039>
- ASTM C321-00, ASTM Int. (2012).
- Augusto, L. J. (2004). *COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA CON REFUERZO EXTERIOR ESTUDIADOS EN MODELOS A ESCALA EN LA MESA VIBRATORIA*. Universidad de los Andes.
- Baqueiro, F., Gómez, M., Rivera, V., & Marín, V. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto. *Ingeniería*, 13(2), 41–50.
- Baqueiro Fernández, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J., & Vargas Marín, G. (2009). Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto (in Spanish: Determination of the diagonal compressive strength and the shear modulus of masonry constructed with hollow concrete. *Ingeniería*, 13(2), 41–50.
- Barreto Bernardo, Luis J. (2019). Universidad Peruana Los Andes. In *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/1625>
- Bonett Díaz. (1998). Capítulo 6 Comportamiento sísmicos de edificios de mampostería no reforzada. In *Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica*.

- Brigitte, S., Chiang, H., Andrés, J., & Cabezas, B. (n.d.). *DE UN EDIFICIO DE HORMIGÓN ARMADO AFECTION OF THE MAMPOSTERY IN THE DYNAMIC BEHAVIOR OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING*.
- Cabrera, J. (2022). *Que es la ductilidad II?* CivilGeeks.Com. <https://civilgeeks.com/2012/01/30/que-es-la-ductilidad-ii/>
- Cajamarca-Zuniga, D., & Kabantsev, O. (2023). 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. 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/10.22363/1815-5235-2022-18-2-161-171>
- Capozucca, R. (2017). Experimental response of historic brick masonry under biaxial loading. *Construction and Building Materials*, (157), 539–556. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.186>
- Castro Aguirre, J. C. (2016). *Las Fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento*. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23307>
- Costigan, A., Pavía, S., & Kinnane, O. (2015). An experimental evaluation of prediction models for the mechanical behavior of unreinforced, lime-mortar masonry under compression. *Journal of Building Engineering*, 4(October 2015), 283–294. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2015.10.001>
- Crisafulli, F. J. (1997). SISMIC BEHAVIOUR OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH MASONRY INFILLS. *News.Ge*, <https://news.ge/anakliis-porti-aris-qveynis-momava>.
- EN-1015-11, Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents 1 (2006).
- EN 1052-3-2002. (2007). *Methods of test for masonry - Part 3 - Shear Strength* (p. 15).
- 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>
- Gómez, J. F. (2015). *Comportamiento frente a la durabilidad de morteros de reparación de cemento modificados con polímeros*. 1–8.
- Encuesta de Edificaciones, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 28 (2016). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Encuesta_Edificaciones/2016/2016_EDIFICACION_ES_PRESENTACION.pdf
- Intaco. (2022). *Mortero para pegar bloques Pegablok tipo S*.
- José González. (2016). Estudio del mrtero de pega usado en el Cantón Cuenca. propuesta

- de mejora, utilizando adiciones de cal. In *Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Kabantsev, O., & Cajamarca-Zuniga, D. (2023). Improvement of the brick to increase the tangential bond strength of the masonry. *Materials Today: Proceedings*, (iCATCHCOME 2023), 8.
- Kabantsev, O. V. (2016a). Plastic deformation and fracture of masonry under biaxial stresses (in Russian). *Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]*, 2, 34–48.
- Kabantsev, O. V. (2016b). Scientific basis of the structural theory of masonry for the assessment of limit states of masonry structures in earthquake resistant buildings (in Russian). In *Doctoral Thesis*. National Research University. Moscow State University of Civil Engineering (MGSU).
- 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))
- Khan, I., Ashraf, M., & Fahim, M. (2021). Experimental characterization of brick masonry for lateral strength evaluation. *Magazine of Civil Engineering*, 104(4). <https://doi.org/10.34910/MCE.104.9>
- Kuzik, M. D., Elwi, A. E., & Cheng, J. J. R. (2003). Cyclic Flexure Tests of Masonry Walls Reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer Sheets. *Journal of Composites for Construction*, 7(1), 20–30. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1090-0268\(2003\)7:1\(20\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1090-0268(2003)7:1(20))
- León, E. Z. (2012). Mampostería Post-tensada. Una alternativa constructiva para Ecuador y regiones sísmicas. *Revista de Ingeniería y Obras Civiles*, 3, 23–43. <http://www.rioc.cl/index.php/RIOC/article/view/2.4>
- Livingston & Carlos, L. (2008). *REFORZAMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE LADRILLO ARTESANAL*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- López, J., Oller, S., & Oñate, E. (1998). *Cálculo del Comportamiento de la Mampostería Mediante Elementos Finitos*. http://catalog.upc.edu/record=b1185222~S1*cat
- Lopez Torres, C. U. (2016). *Modelado no lineal de muros de mampostería combinada y confinada*. 1, 24.
- Lourenco, P. B. (1996). *Computational Strategy for Masonry Structures* (Issue July).
- Maheri, M. R., Motielahi, F., & Najafgholipour, M. A. (2011). The effects of pre and post construction moisture condition on the in-plane and out-of-plane strengths of brick walls. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 44(2), 541–559. <https://doi.org/10.1617/s11527-010-9648-y>
- Mauricio, J., Donis, A., Por, A., Gabriel, I. J., & Morales, O. (2009). *Diseño De Morteros Con Cementos Hidráulicos Para La Construcción De Muros Con Elementos De Mampostería*.

- Miranda, E., & Garcia, J. (2003). *EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA POR DUCTILIDAD PARA ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA CIMENTADAS EN TERRENO FIRME*. 23.
- Diseño Sismo Resistente, Design and Optimization of Metal Structures 27 (2015).
<https://doi.org/10.1533/9781782420477.27>
- Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC: NEC-SE-MP - Mampostería Estructural, 1 (2014).
- Nelson D. Agüeraa, Miguel E. Tornelloa, C. D. F. a. (2013). *MAMPOSTERÍA NO REFORZADA BAJO CARGA AXIAL Y. XXXII*, 19–22.
- NTE INEN 292, Normalización técnica Ecuatoriana 7 (2015).
<http://181.112.149.204/buzon/normas/nte-inen-292-1.pdf>
- NTE INEN, 293:1977, 2 (2014).
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/293.pdf>
- NTE INEN 297, Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria 3 (1977).
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/297.pdf>
- Onischik, L. I. (1939). *Kamennie konstruksiy (in Russian: Masonry structures)*. Stroyizdat.
- Otavalo, J. H. (2017). Determinación De Los Principales Problemas De Configuración Estructural En Edificaciones, Que Aumentan La Vulnerabilidad Sísmica En El Ecuador. *30 De Juni De 2017*, 1, 153.
- 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.
https://www.researchgate.net/publication/319182048_Influencia_de_muros_de_mamposteria_en_el_comportamiento_de_edificios_de_Manta_durante_el_terremoto_de_16_de_abril_del_2016_Pedernales-Ecuador
- Page, A. W. (1979). Non-Linear Analysis of the Composite Action of Masonry Walls on Beams. *Proc Inst Civ Eng (London)*, 67(pt 2), 93–110.
<https://doi.org/10.1680/iicep.1979.2319>
- Peña, D. A. (2012). *Evaluación del comportamiento estructural de mampostería reforzada con trabas verticales de concreto simple ante solicitaciones sísmicas laterales* (pp. 17–18).
- Polyakov, S. V. (1959). *Bonding in Brickwork*. Gos Stroyizdat.
- Preciado, A. (2019). *Analysis of Behavior and Failure of Old URM Constructions During Strong*. January.
- Preciado, A., Rodríguez, Ó., Gutiérrez, 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>
- Quinde Pablo, R. E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca*. 1–12.
- 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.
- SikaFiber. (2019). *SikaFiber* ®. 1–2.
- SikaTop ®, 77. (2008). *SikaTop* ® -77 M. 3, 2–4.
- Ulises, S., & Domínguez, E. (2010). *Modelado no lineal de muros de mampostería combinada y confinada*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.
- Varela Rivera, J., Flores Chan, R., Baqueiro Fernández, L., & Vargas Marín, G. (2009). Determinación de la Resistencia a Tensión Fuera del Plano de la Mampostería de Bloques Huecos de Concreto (in Spanish: Determination of the out of plane flexural tensile strength of masonry constructed with hollow concrete blocks). *Ingeniería*, 13(1), 13–24.
- Viera, P., & Acero, M. (2022). Diseño de un mortero a partir de la caracterización de cal producida y comercializada por 5 proveedores en Ecuador. *NovasinerGía Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 5(2), 158–173. <https://doi.org/10.37135/ns.01.10.09>
- Viera, P., Morillo, D., & Parion, J. (2022). Influencia de fibras naturales y sintéticas en la permeabilidad de morteros de cemento - arena, y cemento, cal y arena. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 13(1), 59–71. <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3410>
- Zavala Wilbert. (2018). *VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL TESIS: Para optar el título profesional de Ingeniero Civil. "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LA ADHERENCIA DEL MORTERO T*. UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS.
- Zavalis, R., Jonaitis, B., & Lourenço, P. B. (2018). Experimental investigation of the bed joint influence on mechanical properties of hollow calcium silicate block masonry. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 51(4), 12. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1215-y>
- Zucchini, A., & Lourenço, P. B. (2002). A micro-mechanical model for the homogenisation of masonry. *International Journal of Solids and Structures*, 39(12), 3233–3255. [https://doi.org/10.1016/S0020-7683\(02\)00230-5](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(02)00230-5)

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Silvia Narcisa González Quizhpe portador de la cédula de ciudadanía N.º 1950008985 y John Andrés Ludeña Jiménez portador de la cedula de ciudadanía N.º 1105112039. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “ Influencia de diferentes tipos de mortero en la resistencia y desarrollo de deformaciones elasto-plásticas de las mamposterías” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco 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 y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, 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 febrero de 2023

F: 

Silvia Narcisa González Quizhpe

1950008985

F: 

John Andrés Ludeña Jiménez

1105112039