

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Influencia Del Enlucido En La Resistencia De Paredes De
Mampostería.**

AUTOR:

Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

Tutor:

Barros Cabezas, José Andrés

Guayaquil, Ecuador

23 de septiembre del 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero**.

TUTOR

f. 
Barros Cabezas José Andrés

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Alcívar Bastidas Stefany Esther

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Influencia del enlucido en la resistencia de paredes de mampostería** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR

f. *Fabricio Tumbaco*

Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Influencia del enlucido en la resistencia de paredes de mampostería**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 del mes de septiembre del año 2022

EL AUTOR:

f. *Fabricio Tumbaco*
Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

REPORTE URKUND



Document Information

Analyzed document	Tumbaco Fabricio FINAL .docx (D144031219)
Submitted	9/13/2022 11:05:00 PM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

Entire Document

TUTOR

f. _____
Barros Cabezas José Andrés

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme culminar otra etapa de mi vida. Quiero agradecer profundamente a mis padres por su apoyo, estoy totalmente agradecido por todo el esfuerzo que les ha demandado mi educación durante toda mi carrera universitaria.

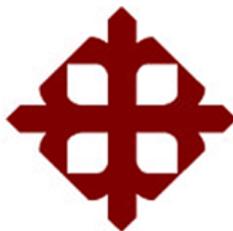
A mi mamá, por siempre impulsarme a seguir adelante a pesar de cualquier adversidad, por tus buenos consejos y no permitirme dejar las cosas a un lado, siempre guiarme y ayudarme a tomar buenas decisiones; de la misma manera agradezco a mi papá, por siempre estar presente y preocuparse por mí, siempre han sido un ejemplo para mí y son los pilares fundamentales en mi vida.

Agradezco a toda mi familia por el apoyo moral que siempre me da, a mis amigos más cercanos, por todas las noches y madrugadas de estudio y el apoyo que me dieron en este último semestre.

Un agradecimiento grande a mi tutor de tesis el Ing. José Barros por el apoyo que me ha brindado durante todo este periodo, más que nada agradezco su paciencia, por compartir su tiempo y seguir brindándome sus conocimientos y enseñanzas.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi hermana a mis padres y mis abuelos, son una parte muy importante de este logro y estoy feliz de que todos esten presentes en cada etapa de mi vida. A mi hermana, Valentina, porque sin ti los días serían muy diferentes, verte crecer me genera una alegría inmensa y estoy muy orgulloso de ti, quiero demostrarte que todo con esfuerzo y dedicación se puede lograr y deseo que seas mejor que yo en todos los sentidos. A mi familia gracias por todo el esfuerzo que han hecho y por el amor que me han dado, por su apoyo incondicional y por creer en mí.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Federico Von Buchwald, PHD
DECANO

f. _____

Ing. Guillermo Ponce Vázquez
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Alcívar Bastidas
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Introducción	2
Antecedentes	2
Objetivo General	3
Objetivo Específico	3
Justificación.....	3
Alcance.....	3
1. Marco Teórico	4
1.1 Mortero.....	4
1.2 Mampostería.....	10
1.3 Elementos de Mampostería	13
1.4 Normativa.....	14
2. Ensayos realizados a bloques de piedra pómez.....	15
2.1 Ensayo de compresión simple	17
2.2 Ensayo de absorción	19
2.3 Dimensiones del Bloque.....	20
2.4 Elaboración de las Probetas de Mortero y Pruebas Experimentales	22
2.5 Ensayo a flexión del mortero.....	24
2.6 Ensayo a Compresión del Mortero	27
2.7 Elaboración de las Paredes de Mampostería y Pruebas Experimentales.....	27
2.8 Cronograma de Elaboración y Ejecución de Ensayos.....	29
2.9 Pruebas experimentales a paredes de mampostería y bloques.	30
2.10 Ensayo de Compresión Axial Simple.....	30
2.11 Ensayo de Compresión Lateral.....	34
2.12 Ensayo de Compresión Diagonal	35
2.13 Ensayo a Flexión de las Paredes.....	39
3. Resultados	41

3.1	Resultados de las Pruebas realizadas a los Bloques de Piedra Pómez.	41
3.2	Resultados de las pruebas realizadas al mortero de “Pegablok”	44
3.3	Comparación entre la resistencia a compresión del bloque y la resistencia a compresión del mortero.....	46
3.4	Resultados de las Pruebas realizadas a las Paredes de Mampostería	46
3.5	Resultados del Ensayo de Compresión Axial Simple	47
3.6	Comparación entre la Resistencia a Compresión de los Prismas según la Norma ASTM C1314-14 vs Norma NTCM 04.	49
3.7	Resultados del ensayo de compresión lateral	51
3.8	Resultados del Ensayo de Compresión Diagonal	53
3.9	Comparación entre la resistencia a compresión diagonal de las paredes según la norma ASTM E519 vs norma NTCM 04.....	56
3.10	Resultados del ensayo a flexión	57
3.11	Comportamiento de las paredes de mampostería	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rendimiento del Pegablok	9
Tabla 2 Dosificación de agua.....	9
Tabla 3 Especificaciones Técnicas del Pegablok.....	10
Tabla 4 Cronograma de elaboración y rotura de especímenes.....	30
Tabla 5 Factores de corrección según relación h/b del prisma	33
Tabla 6 Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques de piedra pómez.....	41
Tabla 7 Porcentaje de Absorción de bloque de piedra pómez	42
Tabla 8 Coeficiente de saturación del bloque de piedra pómez.....	43
Tabla 9 Resultados de mediciones realizadas a bloques.....	43
Tabla 10 Resultados de ensayo a flexión de vigas de mortero “Pegablok”.....	44
Tabla 11 Resultados de ensayo a compresión de mortero “Pegablok”.....	44
Tabla 12 Resistencia a compresión de prismas según ASTM C1314-14	47
Tabla 13 Resistencia a compresión de prismas según NTCM 04.....	48
Tabla 14 Resistencia de paredes de mampostería frente a compresión lateral.	51
Tabla 15 <i>Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma ASTM E519.</i>	53
Tabla 16 Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma NTCM 04...	54
Tabla 17 Resultados del ensayo a flexión a paredes de mampostería.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mortero Pegablok	7
Figura 2 Falla por deslizamiento.....	11
Figura 3 Falla por las piezas	12
Figura 4 Falla por las juntas	12
Figura 5 Falla mixta	12
Figura 6 Falla por Flexocompresión	13
Figura 7 Bloque de piedra pómez	15
Figura 8 Geometría del bloque.....	15
Figura 9 Bloques a ensayar	15
Figura 10 Secado de bloques al horno	15
Figura 11 Muestras de bloque para ensayo a compresión.....	17
Figura 12 Preparación de mortero para capping	18
Figura 13 Capping a muestras de bloque.....	18
Figura 14 Bloques después del proceso de refrentado.....	18
Figura 15 Ensayo de bloques a compresión.....	18
Figura 16 Peso seco del bloque.....	19
Figura 17 Bloques sumergidos en agua	19
Figura 18 Bloque saturado de agua después de 24h	19
Figura 19 Dimensionamiento de bloques.....	20
Figura 20 Medición del bloque	22
Figura 21 Medición de la longitud del bloque	22
Figura 22 Moldes Metálicos para viguetas	23
Figura 23 Viguetas de mortero.....	24
Figura 24 Esquema de Ensayo a Flexión	25
Figura 25 Viguetas de mortero Pegablok (PB)	25
Figura 26 Marco de ensayo a Flexión de viguetas.....	26
Figura 27 Carga máxima soportada	26
Figura 28 Falla por flexión en viguetas.	27
Figura 29 Ensayo a compresión de mortero.....	27
Figura 30 Elaboración de pared	28
Figura 31 Prismas de bloques	28
Figura 32 Paredes de Mampostería.....	28

Figura 33 Paredes de Mampostería enlucidas	29
Figura 34 Prismas para ensayo a compresión	31
Figura 35 Esquema real de ensayo a compresión	31
Figura 36 Ensayo a compresión de prisma	31
Figura 37 Esquema de ensayo de compresión lateral	34
Figura 38 Pulida de lados con irregularidades	35
Figura 39 Colocación de paredes en la prensa hidráulica siguiendo el esquema dado	35
Figura 40 Similitud de la falla en el ensayo de compresión diagonal y en un sismo.	36
Figura 41 Esquema de ensayo de compresión diagonal.....	37
Figura 42 Mecanismo de respuesta sísmica de un edificio	39
Figura 43 Falla por flexión fuera del plano.....	39
Figura 44 Ensayo a flexión de paredes de mampostería	40
Figura 45 Resistencia a compresión de bloques	42
Figura 46 Resultados de resistencia a compresión del mortero	45
Figura 47 Resistencia a compresión del bloque vs resistencia del mortero	46
Figura 48 Resistencia a compresión de prismas según norma ASTM C1314-14.....	47
Figura 49 Resistencia a compresión de prismas según norma NTCM 04	48
Figura 50 Resistencia a compresión de los prismas según la norma ASTM C1314-14 vs norma NTCM 04	49
Figura 51 Falla por compresión simple de prisma sin enlucido	50
Figura 52 Falla en la parte superior por carga axial.....	50
Figura 53 Rotura por compresión simple de prisma con enlucido.....	50
Figura 54 Falla por compresión simple de prisma con enlucido	51
Figura 55 Resistencia a compresión lateral de las paredes	52
Figura 56 Falla por compresión lateral	52
Figura 57 Desprendimiento de hilada de bloque.....	52
Figura 58 Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma ASTM E519	54
Figura 59 Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma NTCM 04 .	55
Figura 60 Falla por compresión diagonal de pared sin enlucido	55
Figura 61 Falla por compresión diagonal de pared con enlucido	55
Figura 62 Resistencia a compresión diagonal de las paredes según la norma ASTM E519 vs norma NTCM 04	56

Figura 63 Resistencia a flexión de las paredes de mampostería	57
Figura 64 Falla a flexión de pared sin enlucido	58
Figura 65 Falla a flexión de pared con enlucido	58
Figura 66 Comparación entre el comportamiento de las paredes de mampostería con enlucido y sin enlucido.....	58
Figura 67 Resistencia a la compresión vs orientación de la carga con la hilada.	59
Figura 68 Comportamiento de las paredes de mampostería con enlucido y sin enlucido.	60
Figura 69 Comportamiento del bloque y mortero debido a la carga axial.....	50

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo estudiar la influencia que tiene el enlucido en la resistencia de las paredes de mampostería mediante la incorporación del mortero como un revestimiento de la pared. Para esto se fabricaron paredes a escala en donde a un grupo de elementos se les aplicó un revestimiento de mortero en cada lado de pared. Las paredes con enlucido y sin enlucido fueron sometidas a diferentes ensayos para obtener las resistencias a compresión, tracción y flexión. Estos ensayos buscan que las paredes se comporten de una manera similar a condiciones de cargas reales sean estas gravitacionales o sísmicas. Los resultados demuestran que las paredes de mampostería con enlucido tienen un mejor comportamiento y aportan una mayor resistencia. Para el caso de cargas gravitacionales la diferencia no es muy grande; sin embargo, en el caso del comportamiento sísmico específicamente fuera del plano, la diferencia si resultó significativa.

Palabras Claves: mortero, enlucido, mampostería, ensayo de compresión diagonal.

ABSTRACT

The objective of this investigation is to study the influence of plastering on the resistance of masonry walls by incorporating cement base mortar as a wall coating. In this sense, one fourth scale walls were built where a cement base mortar plastering was applied to a group of elements on each side of the wall. The plastered and unplastered walls were subjected to different tests to obtain the compressive, tensile and flexural strengths. These tests aim to model the behavior of the walls for the expected load condition like gravitational or seismic loads. The results show that plastered walls have better behavior and provide greater resistance. In the case of gravitational loads, the difference is not very important; but for the case of seismic behavior, especially out of the plane, the difference is significant.

Keywords: mortar, cement base plaster, masonry, diagonal compression test.

Introducción

Antecedentes

Según los autores Puneeth et al. (2016) la mampostería es un material compuesto que está formado por piezas mampuestas (bloques, ladrillos, piedras, piezas de barro y yeso) y mortero. El uso de estas estructuras se da desde épocas remotas en donde el hombre empieza a construir viviendas artificiales apilando piedras para crear un lugar que le permita protegerse de los distintos factores climáticos y otras amenazas.

Con el paso del tiempo se implementó el uso de morteros de barro para poder acomodar y asentar con mayor facilidad las piezas, creando estructuras de mayor altura y con mayor rigidez. Hoy en día el mortero es utilizado principalmente para unir las piezas de mampostería y sirve como revestimiento para las paredes, protegiéndolas de los agentes climáticos y otorgándoles cierta resistencia.

Los autores Donduren et al. (2016) señalan que la mayoría de las estructuras en las zonas rurales y semirurales de los países en desarrollo y subdesarrollados están hechas de materiales de mampostería. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2021), en las Estadísticas de Edificaciones (ESED) se muestra que uno de los sistemas de construcción más utilizados en todo el Ecuador es el de pórticos rellenos de mampostería, superando con más del 70% a otros sistemas constructivos como paredes prefabricadas y muros portantes. “En Ecuador y muchos países latinoamericanos este sistema es ampliamente usado para la construcción de viviendas unifamiliares de las zonas populares y otras edificaciones” (Cabrera, 2016, p.4).

A pesar de ser uno de los principales sistemas de construcción usados en el Ecuador, la mampostería es considerada frecuentemente como un material no estructural de secundaria importancia y no se la contempla como objeto de estudio. La realidad es que, este sistema de pórticos rellenos de mampostería sí incide en el comportamiento estructural de un edificio y lo puede hacer de manera perjudicial. Parte de su comportamiento crítico se da debido a la aplicación de cargas fuera del plano que se generan al momento de un evento sísmico. Ecuador, al estar ubicado

dentro del cinturón de fuego, se encuentra en una región con una alta actividad sísmica, un claro ejemplo de esto son las graves consecuencias que sufrieron la mayoría de las edificaciones en la zona de Pedernales a causa del terremoto de abril del 2016.

Con estos antecedentes, se evidencia la necesidad de realizar esta investigación, en donde se harán ensayos a paredes de mampostería elaboradas a escala; unas contarán con un revestimiento de mortero que se denomina “enlucido” y, otras estarán sin revestimiento; todo esto con el fin de comparar y dar a conocer de qué manera el mortero beneficia a las estructuras de mampostería, las características mecánicas que le otorga y la influencia directa en la resistencia de éstas.

Objetivo General

Establecer la influencia del enlucido en la resistencia y rigidez de paredes de mampostería no reforzada.

Objetivo Específico

- Medir la resistencia y rigidez de una pared de mampostería en compresión vertical, lateral y diagonal y la influencia del enlucido.
- Medir la resistencia y rigidez a flexión fuera del plano de una pared de mampostería y la influencia del enlucido.

Justificación

Se busca medir cual es la influencia que tiene el enlucido en la resistencia de las paredes de mampostería, analizando su comportamiento mediante la realización de diferentes ensayos; con el fin de tener una mejor idea de sus modos de falla e ir avanzando en el desarrollo de nuevas tecnologías, para mejorar el comportamiento de estos elementos no estructurales.

Alcance

Comparar los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los muretes con enlucido y los resultados de los muretes sin enlucido.

DESARROLLO

CAPÍTULO 1

1. Marco Teórico

En este capítulo se detallarán los conceptos y definiciones fundamentales que servirán como base para el desarrollo del proyecto de investigación; donde se describirán los materiales principales para la construcción de las paredes de mampostería, las normativas utilizadas para el estudio de las probetas y los ensayos que se realizarán posteriormente.

1.1 Mortero

Sánchez (2001) define al mortero como la mezcla de un material aglutinante, puede ser cemento portland u otros cementantes, un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, dependiendo del uso o la aplicación que se le quiera dar; esta mezcla, una vez endurecida, obtiene propiedades químicas, físicas y mecánicas muy parecidas a las del concreto y su principal función es la de unir piezas de mampostería.

El mortero también es usado como una capa de revestimiento para los elementos mampuestos, comúnmente denominada “enlucido”. Tiene diferentes funciones: sirve como protección de las paredes frente agentes externos tanto climáticos como químicos, les otorga rigidez y resistencia, permite dar un mejor acabado y uniformidad.

1.1.1 Componentes del Mortero

Según Crespo (2013) los componentes del mortero deben tener ciertas características; a continuación, se especifican algunas de ellas:

- **Conglomerantes o aglomerantes:** se emplean cemento, yeso, cal y otros tipos de materiales cementantes. En cuanto al cemento, normalmente se usan los

portland tipo I y II; el primero es un material de aplicación general y, el segundo, posee resistencia a los sulfatos.

- **Cargas minerales:** se refiere a la arena que puede ser: fina o triturada; y debe estar libre de contaminantes como: sales, arcilla o impurezas orgánicas.
- **Agua:** puede utilizarse cualquier tipo de agua potable, que esté libre de sustancias contaminantes como aceites, ácidos, sales o cualquier otra que resulte dañina.

1.1.2 Propiedades del Mortero

Los morteros presentan ciertas propiedades dependiendo del estado en que se encuentren; puede ser en estado fluido o sólido. Sánchez (2001) los describe de la siguiente manera:

a. Propiedades en estado Plástico o Fluido

1. **Manejabilidad:** es una medida de la facilidad de colocación de la mezcla. Está relacionada con la consistencia o estado de fluidez de la mezcla.
2. **Retención de agua:** mide la habilidad del mortero para mantener su plasticidad cuando está en contacto con una superficie absorbente, como una pieza de mampostería.
3. **Velocidad de endurecimiento:** se refiere a los tiempos de fraguado inicial y final de la mezcla, normalmente los límites están entre 2 y 24 horas, respectivamente.

b. Propiedades en estado sólido

1. **Retracción:** este efecto se da principalmente por las reacciones químicas de hidratación de la pasta. Una solución para reducir el efecto de retracción es el uso de arenas con texturas rugosas, que forman un esqueleto y no permiten los cambios de volumen y el posible agrietamiento.
2. **Adherencia:** es la capacidad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie que une el mortero con la estructura.

3. **Resistencia:** el mortero debe actuar como unión resistente entre las piezas de mampostería.
4. **Durabilidad:** es la resistencia a los agentes externos tales como las bajas temperaturas, penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, entre otros.

1.1.3 Tipos de Mortero

Los morteros se pueden identificar de acuerdo a los materiales que lo componen. Sánchez (2001) define tres tipos de mortero:

1. **Morteros calcáreos:** se refiere a los morteros que tienen como material aglomerante a la cal; este material hace que sea uno de los morteros más manejables, pero con bajas resistencias debido a su baja velocidad de endurecimiento.
2. **Morteros de cal y cemento:** a estos morteros también se les llama “morteros de cemento rebajados”, ya que se sustituye parte del cemento por cal; sus principales características son una gran trabajabilidad, buena retención de agua y altas resistencias iniciales.
3. **Morteros de cemento:** su material base es el cemento y normalmente su uso se da cuando se requieren resistencias iniciales altas o resistencias elevadas, todo esto depende de la relación agua-cemento que tenga la mezcla.

1.1.4 Clasificación de los Morteros

Según la norma ASTM C-270, existen 5 clasificaciones de morteros:

1. **Tipo M:** tiene mayor contenido de cemento y se lo usa generalmente para soportar grandes cargas de compresión; se lo aplica en estructuras ubicadas por debajo del nivel del suelo como cimientos y muros de contención.

2. **Tipo S:** su resistencia a la compresión está por debajo del tipo M y, así mismo, su aplicación se da para soportar la presión del suelo y estructuras por debajo del mismo.
3. **Tipo N:** posee una resistencia a la compresión media y está compuesto por cemento, cal y arena. Normalmente se lo usa para pegar piezas de mampostería y enlucir paredes debido a su resistencia a condiciones climáticas severas y altas temperaturas.
4. **Tipo O:** tienen una resistencia a la compresión baja y una capacidad estructural pobre; normalmente se los usa para el enlucido de paredes interiores y posee una buena consistencia y fácil aplicación.
5. **Tipo K:** su resistencia es mucho menor a la del tipo O y se utiliza principalmente para restaurar la mampostería.

1.1.5 Pegablok

Para el presente trabajo de titulación se propuso usar el mortero “Pegablok”, como se observa en Figura 1. Este es un mortero cementicio tipo N prefabricado y modificado con aditivos de alta calidad y cal hidratada.

Figura 1

Mortero Pegablok



Fuente: INTACO
S.A (2022)

Se puede destacar tres principales usos:

- Se lo puede usar en paredes de bloques sujetas a una compresión moderada.
- Sirve para la unión de piezas de mampostería y para el enlucido de paredes exteriores e interiores.
- Se puede usar tanto en mampostería reforzada o sin refuerzo.

El uso de este tipo de morteros tiene las siguientes ventajas:

- Posee una alta retención de agua que evita la necesidad de ajustar la consistencia con agua durante la aplicación.
- Tiene una gran trabajabilidad, evita agrietamientos y fisuras en paredes.
- Es una mezcla pre-dosificada; su calidad va a ser constante y solo depende de la cantidad de agua que se le agregue.
- Cumple las normas NTE INEN 2518 Tipo N, ASTM C 270 Tipo N y ASTM C 387.

Según la ficha técnica de “Pegablok” realizada por INTACO S.A. (2022), la preparación y aplicación de este mortero se debe realizar siguiendo estos pasos:

1. Antes de su aplicación, la superficie que estará en contacto con el mortero debe estar limpia y libre de polvo, procurando que la temperatura de esta no supere los 30° C, al momento de aplicar el mortero.
2. Para el mezclado, se debe incorporar agua limpia al mortero de acuerdo con el cuadro de dosificación de agua dependiendo del área de aplicación que se tenga. Se debe mezclar hasta obtener un mortero plástico y homogéneo.
3. Para la aplicación o colocación, se debe tener líneas guías o maestras para tener la hilada de bloques recta y se va colocando una capa uniforme de mortero encima de los bloques.
4. Se asienta la siguiente hilada respetando las maestras y el nivel, se presiona en dirección del bloque anterior y hacia abajo, se recogen los excesos de mortero y se procede a verificar que las hiladas estén alineadas. Este proceso se repite hasta alcanzar la altura requerida.
5. Se recomienda proteger las paredes de las lluvias y fuertes vibraciones y el curado de las juntas se debe realizar 72 horas después de la instalación.

El rendimiento del mortero de acuerdo al fabricante se resume en la Tabla 1; su dosificación de agua se presenta en la Tabla 2 y se detallan sus especificaciones técnicas en la Tabla 3.

Tabla 1

Rendimiento del Pegablok

Dimensiones del bloque (cm x cm x cm)	Espesor de la junta	Cantidad de bloques por saco
		40 kg
6 x 19 x 39	10 mm	24 – 28
9 x 19 x 39		20 – 23
14 x 19 x 39		17 – 20
19 x 19 x 39		15 - 18
6 x 19 x 39	15 mm	16 – 19
9 x 19 x 39		13 – 15
14 x 19 x 39		11 – 13
19 x 19 x 39		10 - 12

Fuente: Ficha Técnica de INTACO S.A. (2022)

Tabla 2

Dosificación de agua.

Dosificación de agua	Ecuador
Saco de 25 Kg	4.2 L a 4.5 L
Saco de 40 Kg	6.8 L a 7.3 L

Fuente: Ficha Técnica de INTACO S.A. (2022)

Tabla 3*Especificaciones Técnicas del Pegablok*

Información del Pegablok Tipo N		Requerimiento Tipo N	Resultado
		INTE 06-03-4:2010; NTE INEN 2518; ASTM C270	Ecuador
Flujo ASTM C 1437	%	110% ± 5%	110% ± 5%
Contenido aire ASTM C 231	%	≤ 14%	11
Retención agua ASTM C 1506	%	≥ 75%	84
Resistencia compresión a 28 días	7 días	-	41
ASTM C 109 (Kgf/cm²)	28 días	≥ 53	66

Fuente: Ficha Técnica de INTACO S.A. (2022)

Una vez analizados todos sus usos y ventajas, se determina que el Pegablok será el material utilizado como mortero de pega para las piezas de mampostería; así mismo, para el enlucido de las paredes, debido a su fácil preparación y sus buenas características mecánicas, además de cumplir con las normas NTE y ASTM.

1.2 Mampostería

Es un sistema de elementos mampuestos (bloques, ladrillos o piedras), unidas por un aglomerante como el mortero. Esta unión es muy importante ya que permite que la pared resista la acción de diferentes tipos de cargas ya sean de gravedad, viento o sismo.

Las estructuras de mampostería se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Mampostería no reforzada (pórticos rellenos de mampostería)
- Mampostería confinada
- Mampostería reforzada

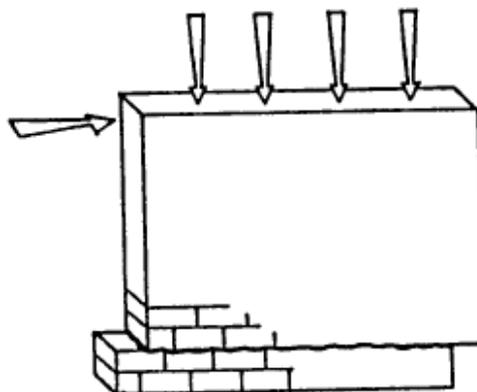
1.2.1 Comportamiento mecánico de las paredes de mampostería

El presente trabajo de titulación se enmarca en el comportamiento de los pórticos rellenos con mampostería por lo que se procede a revisar los distintos mecanismos de falla y propiedades mecánicas correspondientes a este sistema

1.2.2 Falla por Deslizamiento

La falla ocurre entre las piezas de mampostería y el mortero debido a la falta de adherencia entre las mismas, provocando el desprendimiento de una junta horizontal, según se observa en la Figura 2.

Figura 2
Falla por deslizamiento



Fuente: Edificaciones de mampostería para vivienda. (2003)
Pag (145)

1.2.3 Falla de Corte por Tensión Diagonal

Durante esta falla la pared se ve sometida a esfuerzos de compresión a lo largo de la diagonal en la cual se está aplicando la carga y al mismo tiempo está sometida a esfuerzos de tensión a lo largo de la diagonal perpendicular a la que se produce la compresión.

Esta falla se puede dar de tres maneras; la primera, Figura 3, es cuando la grieta atraviesa completamente las piezas de mampostería; es decir, que la resistencia a la tensión de las piezas es menor comparado con la resistencia de adherencia del mortero con las piezas. El segundo modo de falla, Figura 4, se da cuando el agrietamiento se produce en las juntas y sucede el efecto contrario a la primera falla. El tercer modo de falla, Figura 5, es cuando la resistencia a la tensión de ambas partes es la misma, entonces el agrietamiento se da tanto en las juntas como en las piezas.

Figura 3

Falla por las piezas



Fuente: Edificaciones de mampostería para vivienda. (2003) Pag (113)

Figura 4

Falla por las juntas



Fuente: Edificaciones de mampostería para vivienda. (2003) Pag (113)

Figura 5

Falla mixta



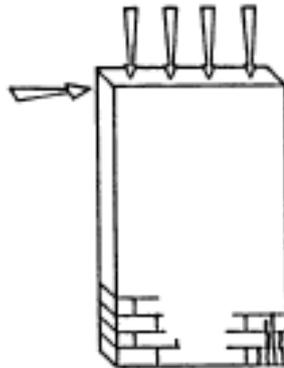
Fuente: Edificaciones de mampostería para vivienda. (2003) Pag (113)

1.2.4 Falla por Flexocompresión

El agrietamiento se presenta en las esquinas o centro de las paredes esbeltas en forma vertical, de acuerdo con lo que se observa en la Figura 6.

Figura 6

Falla por Flexocompresión



Fuente: Edificaciones de mampostería para vivienda. (2003) Pag (145)

1.3 Elementos de Mampostería

Las piezas de mampostería son los elementos que componen la pared, normalmente estas piezas son bloques prefabricados de forma prismática. Se diferencian entre sí tanto por la materia prima utilizada, su forma geométrica y por los diferentes procesos de fabricación. Las principales materias primas utilizadas son el cemento, la arcilla, barro y yeso, acompañadas de los agregados finos y gruesos.

Para este trabajo de titulación se usarán bloques de piedra pómez (BPP), para la elaboración de las paredes de mampostería. Las paredes serán construidas a escala de un cuarto del tamaño real. Se utilizaron bloques de escala reducida de 10x5.5x5 cm, tal como se muestra en la

Figura 7.

El BPP se caracteriza por tener una textura rugosa y ser más liviano en comparación con los bloques de hormigón; lo que ayuda a tener una mejor adherencia y manipulación al momento de elaborar las paredes.

Con el fin de determinar las características del bloque y evaluar sus propiedades mecánicas, se deben realizar las siguientes pruebas:

1.3.1 Ensayo de Compresión de Bloques

Según los autores Tena y Miranda (2003), la resistencia a compresión es uno de los parámetros más importantes de una pieza de mampostería desde el punto de vista estructural. Se determina por medio del ensayo de compresión de la pieza entera o de la mitad de ella.

Este ensayo se realiza siguiendo la norma ASTM C67 en donde se indica que la carga de compresión se debe aplicar en dirección perpendicular a la superficie de asiento y si esta superficie tiene irregularidades se debe colocar un recubrimiento de mortero en la cara del bloque que estará en contacto con los cabezales de la máquina para lograr que el contacto entre el bloque y los cabezales sea uniforme.

1.3.2 Ensayo de absorción y coeficiente de saturación

Los autores Gallegos y Casabonne (2005) indican que mediante este ensayo se mide la absorción de la unidad sumergida en agua limpia durante cinco y veinticuatro horas, y el coeficiente de saturación es la relación entre la absorción y la absorción máxima, en donde la absorción es la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca.

Este ensayo se realiza siguiendo la norma ASTM C67 en donde se indica que se debe obtener el peso seco de las unidades ensayadas y luego se obtienen los pesos de las unidades sumergidas en los tiempos antes dados, se obtienen las diferencias y se calcula la absorción y el coeficiente de saturación.

1.3.3 Ensayo de dimensionamiento

Mediante este ensayo se obtiene una dimensión promedio del elemento estudiado, para esto según los autores Gallegos y Casabonne (2005), el ensayo se debe efectuar sobre una muestra representativa de por lo menos cinco unidades y consiste en medir todas las dimensiones del elemento con una precisión al milímetro, se deben tomar al menos cuatro medidas de cada lado y se promedian los resultados.

1.4 Normativa

Debido a que las normas ecuatorianas se basan en normativas extranjeras, se prefirió tomar como referencias las siguientes normas:

Las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de Mampostería (NTCM-04) del Distrito Federal de México, en donde dentro del Tomo I se explica el procedimiento para realizar las pruebas de compresión simple de prismas y el ensayo de compresión diagonal para las paredes.

Las normas americanas de la ASTM (American Society for Testing and Materials):

- ASTM C67: Ensayo de compresión simple de bloques, ensayo de absorción, coeficiente de saturación y dimensionamiento del bloque.
- ASTM C348: Ensayo a flexión de viguetas de mortero.
- ASTM C349: Ensayo a compresión del mortero.
- ASTM C1314: Ensayo de compresión simple de prismas.
- ASTM E519: Ensayo de compresión diagonal de paredes de mampostería.

CAPÍTULO 2

2. Ensayos realizados a bloques de piedra pómez

A continuación, se muestra la forma y geometría de los bloques que serán ensayados

Figura 7

Bloque de piedra pómez.



Figura 8

Geometría del bloque.



Fuente: Autor.

Fuente: Autor.

Para todas las pruebas, la norma indica que los bloques y las muestras deben estar completamente secas, por lo que se las colocó en un horno a 110°C durante 24 horas para.

Figura 9

Bloques a ensayar.



Fuente: Autor.

Figura 10

Secado de bloques al horno.



Fuente: Autor.

2.1 Ensayo de compresión simple

La norma ASTM C67 indica que, para probar la resistencia a compresión de los bloques, se debe probar al menos cinco mitades de bloque que se encuentren completamente secos, como se puede observar en la Figura 11.

Figura 11

Muestras de bloque para ensayo a compresión.



Fuente: Autor.

Se debe realizar un proceso de “capping” o refrentado, que consiste en la aplicación de una capa de mortero a la cara superior e inferior del bloque, con el fin de nivelar las irregularidades de las caras de los bloques para que, al momento de realizar el ensayo a compresión, la aplicación de la carga sea sobre una superficie regular y los esfuerzos se transmitan de manera uniforme.

La velocidad de la carga aplicada debe estar entre los 50 ± 10 N/s y el tiempo de duración debe ser no menos de un minuto y no más de dos minutos.

Figura 12

Preparación de mortero para capping.



Fuente: Autor.

Figura 13

Capping a muestras de bloque.



Fuente: Autor.

Se realiza el proceso de capping a los bloques, como se muestra en la Figura 13 y se espera 48 horas para que obtengan una resistencia adecuada; esto para poder realizar el ensayo a compresión.

Figura 14

Bloques después del proceso de refrentado.



Fuente: Autor.

Figura 15

Ensayo de bloques a compresión.



Fuente: Autor

Una vez realizado el ensayo a compresión de las muestras de los bloques, se obtiene la carga última y se procede a calcular la resistencia a compresión con la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Ecuación 1. Resistencia a la compresión del bloque

Donde:

- R_c : resistencia a compresión (Mpa)
- F : carga última de la probeta (N)
- A : área sometida a la carga de compresión (mm²)

2.2 Ensayo de absorción

El propósito de este ensayo es determinar el porcentaje de absorción y el coeficiente de saturación que tiene el bloque de piedra pómez; la norma ASTM C67 indica que para realizar este ensayo se deben efectuar los siguientes puntos:

- Las muestras consisten en cinco mitades de bloque que se encuentren completamente secas.
- Antes de empezar el ensayo se debe pesar cada una de las muestras.
- Se debe sumergir las muestras en agua limpia a una temperatura que se encuentre entre 20° C a 30° C.

Figura 16

Peso seco del bloque.



Fuente: Autor.

Figura 17

Bloques sumergidos en agua.



Fuente: Autor.

- Una vez que hayan transcurrido cinco horas se procede a sacar las muestras y pesarlas para obtener un peso saturado a las 5 horas.
- Se realiza el mismo proceso después de transcurridas 24 horas; se las pesa y se obtiene el peso saturado a las 24 horas.
- Este proceso de pesaje no puede demorar más de 5 minutos para prevenir que la muestra pierda agua.

Figura 18

Bloque saturado de agua después de 24h.



Fuente: Autor.

Una vez realizado este proceso, se calcula el porcentaje de absorción y el coeficiente de saturación, con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{W_s - W_d}{W_d} * 100$$

Ecuación 2. Porcentaje de absorción del bloque

Donde:

- W_d : peso seco del material (g)
- W_s : peso saturado del material pasado 24 horas (g)

Coeficiente de Saturación

$$\text{Coef. Saturación} = \frac{W_{s24} - W_d}{W_{s5} - W_d} * 100$$

Ecuación 3. Coeficiente de saturación del bloque

Donde:

- W_d : peso seco del material (g)
- W_{s24} : peso saturado del material pasado 24 horas (g)
- W_{s5} : peso saturado del material pasado 5 horas (g)

2.3 Dimensiones del Bloque

La norma ASTM C67 especifica que, para realizar este ensayo de medición de las dimensiones del bloque, de acuerdo con lo observado en Figura 19, se debe utilizar ya sea una regla de acero graduada con divisiones de 1 mm., o un calibrador de precisión que tenga una escala que varíe de 25 a 300 mm.

Figura 19

Dimensionamiento de bloques.



Fuente: Autor.

Deben ser al menos cinco especímenes de prueba; a cada uno se le debe medir el ancho, largo y alto, realizando cuatro mediciones por cada lado, tomando dos medidas de cada extremo y otras dos medidas realizadas en el centro, estos valores se registran y se promedian para obtener las medidas definitivas del bloque. Este proceso de medición se puede observar en la Figura 20 y Figura 21.

Figura 20

Medición del bloque.



Fuente: Autor.

Figura 21

Medición de la longitud del bloque.



Fuente: Autor.

2.4 Elaboración de las Probetas de Mortero y Pruebas Experimentales

Para la elaboración de las probetas se cogió como muestra el mortero usado en la construcción de las paredes de mampostería, siguiendo las especificaciones técnicas del mortero “Pegablok”; en donde se detalla que, para el saco de 40 Kg se debería usar un aproximado entre 6.8 a 7.3 litros. Para este proyecto se usó aproximadamente 6.5 litros de agua obteniendo, una mezcla homogénea y trabajable.

2.4.1 Elaboración de las Probetas de Mortero

A la muestra del mortero se le realizarán ensayos a flexión elaborando 6 probetas, que se ensayarán a 28 días siguiendo las recomendaciones dadas por la norma ASTM C348-02. Para la realización de estos ensayos se utilizaron las siguientes herramientas:

- Moldes metálicos.
- Barra apisonadora
- Mazo de goma

Los moldes metálicos tienen forma prismática y son de 160x40x40 mm, antes de colocar la mezcla dentro de los moldes se los debe engrasar para que al momento de desmoldar las viguetas la mezcla no quede adherida al molde metálico, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Moldes Metálicos para viguetas.



Fuente: Autor.

2.4.2 Elaboración de las viguetas

Siguiendo las instrucciones de la norma ASTM C348-02, se detalla el proceso de elaboración de las viguetas:

1. Se distribuye una capa de mortero de 20 mm de espesor en los tres moldes, es decir hasta la mitad de estos.
2. Con la barra apisonadora se empieza a compactar la mezcla dándole 12 golpes alrededor de todo el molde, esto para eliminar vacíos y burbujas de aire logrando evitar pérdidas de humedad del mortero.
3. Se coloca la segunda capa de mortero alcanzando toda la altura de los moldes.
4. Se vuelve a compactar la mezcla con el mismo procedimiento del paso 2.
5. Por último, se enraza la superficie de cada molde procurando que quedo todo nivelado.

Figura 23

Viguetas de mortero



Fuente: Autor.

2.4.3 Curado de las probetas

Una vez terminado el proceso de elaboración de las viguetas, se esperan 24 horas para que el mortero fragüe y se endurezca y se procede a desmoldar las probetas.

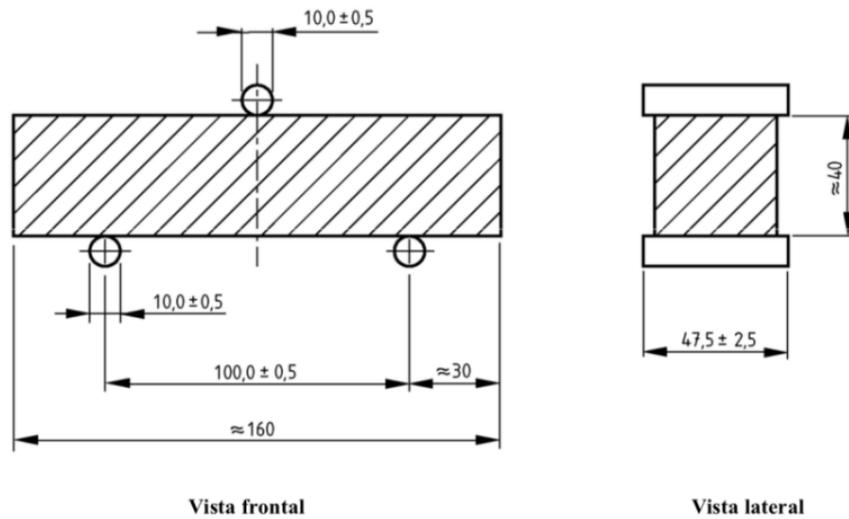
Para el proceso de curado se recomienda sumergir las probetas en agua saturada de cal para tener una mejor compactación y sellado del mortero; en cuanto a temperatura ideal se recomienda que debe estar entre los 17° C a 23° C. Estas probetas serán ensayadas a los 28 días según dice la norma.

2.5 Ensayo a flexión del mortero

Mediante este ensayo se logra determinar una medida de la resistencia a la tracción por flexión del mortero, en donde se aplica una carga en el centro de la luz o de la longitud de la viga para obtener la resistencia a la falla por momento de la vigueta.

Figura 24

Esquema de Ensayo a Flexión.

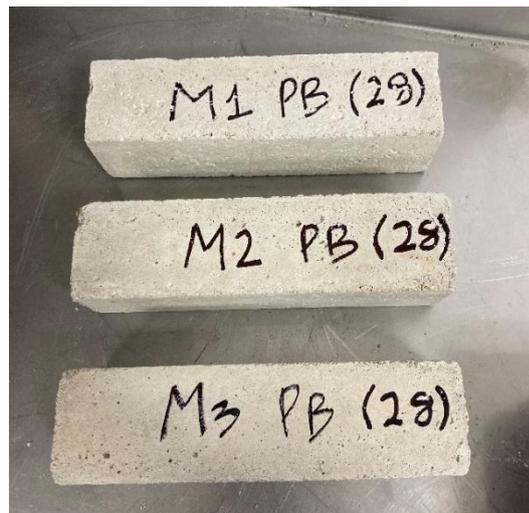


Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación. (2005)

Para realizar este ensayo, una vez cumplidos los 28 días después de la fundición de las viguetas, se las retira de la piscina de curado para poder obtener las dimensiones de cada una de ellas.

Figura 25

Viguetas de mortero Pegablok (PB)

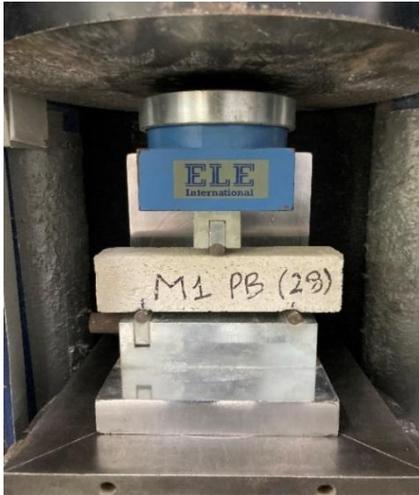


Fuente: Autor.

Se coloca cada vigueta en el marco de ensayo tal y como se muestra en la Figura 26, siguiendo el esquema dado y se empieza a aplicar la carga con una velocidad de 50 ± 10 N/s hasta la rotura, según se observa en la Figura 27.

Figura 26

Marco de ensayo a Flexión de viguetas.



Fuente: Autor.

Figura 27

Carga máxima soportada.



Fuente: Autor

Para calcular los esfuerzos a flexión se utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Ecuación 4. Esfuerzo a flexión

Donde:

$$M = \frac{P * L}{4} \quad c = \frac{h}{2} \quad I = \frac{b * h^3}{12}$$

Con lo que se obtiene la ecuación para calcular la resistencia a flexión de la vigueta:

$$R_f = \frac{1.5 * F_f * L}{h^3}$$

Ecuación 5. Resistencia a flexión

Donde:

- R_f : resistencia a flexión (Mpa)
- h : lado de la sección cuadrada de la vigueta (mm)
- F_f : carga aplicada en la mitad de la vigueta (N)
- L : distancia entre soportes (mm).

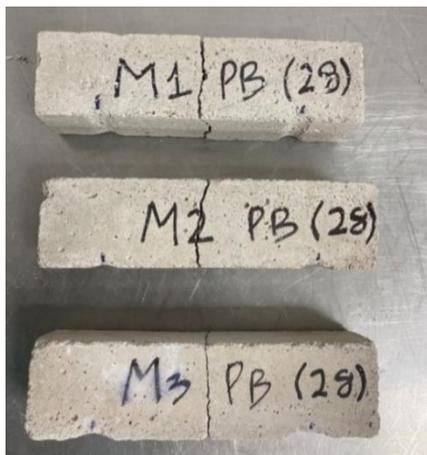
2.6 Ensayo a Compresión del Mortero

Para determinar la resistencia a la compresión del mortero se siguen las especificaciones dadas por la norma ASTM C349, en donde se indica que el ensayo a compresión se puede realizar posteriormente al ensayo de flexión.

Se debe utilizar las mitades de las viguetas que fueron ensayadas a flexión, que tienen una sección de 40x40 mm y una longitud variable. Estos remanentes son ubicados en un marco de carga de compresión, como se muestra en la **Figura 29**; en donde se tuvo que añadir un suple para poder alcanzar la altura de 50mm; la norma sugiere que se debe aplicar una velocidad de carga entre 50N/s y 500 N/s.

Figura 28.

Falla por flexión en viguetas.



Fuente: Autor.

Figura 29

Ensayo a compresión de mortero



Fuente: Autor.

Una vez realizado el ensayado se obtiene la carga de falla de cada de una de las probetas y se procede a calcular la resistencia a la compresión utilizando la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Ecuación 6. Resistencia a compresión

Donde:

- R_c : resistencia a compresión (Mpa)
- F : Carga última de la probeta (N)
- A : área sometida a la carga de compresión (mm^2)

2.7 Elaboración de las Paredes de Mampostería y Pruebas Experimentales

Se elaboraron 20 paredes de mampostería para los ensayos de Compresión Diagonal, Compresión Lateral y Flexión; de las cuales, 10 contaron con enlucido y las otras 10, no. Además, se fabricaron 6 prismas de bloques para el ensayo de compresión axial; de los cuales, 3 estuvieron sin enlucir y los otros 3 estuvieron enlucidos, como se muestra en la Figura 31 y la Figura 32.

Las paredes y las pilas fueron hechas con bloques de 10x5.5x5 cm y sus dimensiones fueron de 32x32 cm sin el enlucido, y con enlucido alcanzaron un tamaño de 33x33 cm; para las pilas las dimensiones fueron de 25x5 cm para aquellas sin enlucido, y con el enlucido obtuvieron un tamaño de 26x6 cm. Los ensayos se realizaron a los 28 días, cuando los especímenes adquirieron la resistencia óptima.

Para la elaboración de las pilas y paredes se utilizó un marco de madera que sirvió como guía para poder levantar las hiladas de bloques en dirección recta. Se engrasó el marco para poder retirar las paredes, sin que se adhieran a la madera.

Antes de empezar a levantar las filas de bloques, se los humedeció para que tengan una mejor adherencia y se procedió a ubicar la primera fila de bloques en la parte inferior y se fue añadiendo el mortero en las juntas de estos. Se añadió una capa

de 10 a 12 mm de espesor aproximadamente en la parte superior de los bloques, para pegar la segunda hilada; se procedió sucesivamente hasta obtener el tamaño requerido de la pared. Durante estas actividades, con la ayuda de un nivel o una escuadra, se verificó que los bloques estuvieran alineados y en dirección recta, evitando que se creen curvas que provoquen que el elemento falle de una manera no deseada. Lo mismo se realiza con las pilas de bloques.

Figura 30

Elaboración de pared.



Fuente: Autor.

Una vez que la pared ya está lista, se retiran los excesos de mortero en las juntas para que tenga un buen acabado.

Figura 31

Prismas de bloques.



Fuente: Autor.

Figura 32

Paredes de Mampostería



Fuente: Autor.

Se esperó 24 horas para que la pared tenga cierta rigidez y sea más manipulable, para poder aplicar el enlucido con el mortero de Pegablok; se añadió una capa de mortero de 5mm de espesor aproximadamente de cada lado de pared y en los filos se añadió la misma cantidad, para que las paredes con enlucido alcancen las dimensiones de 33x33x6 cm como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Paredes de Mampostería enlucidas.



Fuente: Autor.

Como se indica en las especificaciones técnicas del mortero Pegablok, se esperó 72 horas hasta que el mortero fragüe, para poder empezar a humedecerlo e hidratarlo; a fin de evitar la aparición de fisuras, y así alcanzar resistencias óptimas de las juntas y del enlucido.

2.8 Cronograma de Elaboración y Ejecución de Ensayos

Para la correcta ejecución de los ensayos, se elaboró un cronograma para llevar un control de la fecha en la que se elaboraron los especímenes y la fecha en la que se debía ensayar las paredes y pilas. Los detalles de este cronograma se muestran en la **Tabla 4.**

A cada tipo de espécimen se le asignó una nomenclatura que se detalla a continuación:

- CSE = Columnas sin enlucido
- CE = Columnas con enlucido
- PM-SE = Pared de Mampostería sin enlucido
- PM-E = Pared de Mampostería con enlucido

Tabla 4

Cronograma de elaboración y rotura de especímenes.

Descripción	Cantidad de Especímenes	Tipo de ensayo	Fecha de Elaboración	Fecha de Enlucido	Fecha de Ensayo
CSE	3	Compresión Simple	4/7/2022	-	1/8/2022
CE	3	Compresión Simple	4/7/2022	5/7/2022	1/8/2022
PM-SE	4	Compresión Diagonal	4/7/2022	-	1/8/2022
PM-E	4	Compresión Diagonal	4/7/2022	5/7/2022	1/8/2022
PM-SE	3	Compresión Lateral	26/7/2022	-	23/8/2022
PM-E	3	Compresión Lateral	26/7/2022	27/7/2022	23/8/2022
PM-SE	3	Ensayo a Flexión	22/7/2022	-	19/8/2022
PM-E	3	Ensayo a Flexión	22/7/2022	23/7/2022	19/8/2022

Fuente: Autor.

2.9 Pruebas experimentales a paredes de mampostería y bloques.

Para demostrar la influencia del enlucido en la resistencia de las paredes de mampostería, se realizaron los ensayos que se describirán en los siguientes apartados.

2.10 Ensayo de Compresión Axial Simple

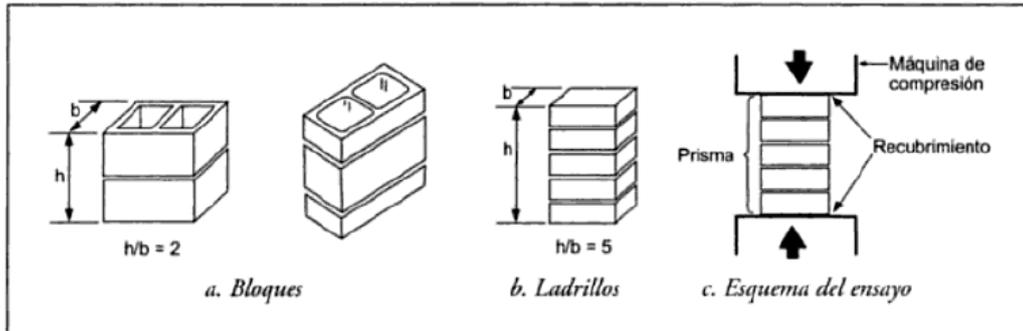
Para la realización de este ensayo, se usará como guía la norma ASTM C1314-14 y las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de Mampostería (NTCM-04), del Distrito Federal de México.

Este ensayo consiste en medir la resistencia a la compresión de la mampostería mediante la construcción de prismas de bloques, que deberán estar formados por al menos tres piezas sobrepuestas unidas con mortero y su relación altura/espesor debe estar comprendida entre 1.3 y 5.

Según Gallegos y Casabonne (2005), estos prismas no necesitan ser curados; lo que si es necesario, es que durante las primeras 24 horas requieren protegerse con una tela húmeda y luego se deberían ubicar bajo techo hasta que sean ensayados; lo que normalmente se realiza a los 28 días de edad.

Figura 34

Prismas para ensayo a compresión.



Fuente: Albañilería Estructural. Gallegos & Casabonne (2005).

Se recomienda, al menos, realizar el ensayo a tres prismas y se lo realiza en una máquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado, hasta que el prisma no admita más carga.

Figura 35

Esquema real de ensayo a compresión



Fuente: Autor.

Figura 36

Ensayo a compresión de prisma.



Fuente: Autor.

Con el análisis del esquema del ensayo y una vez obtenidos los resultados de las roturas, se procede a calcular la resistencia a la compresión del prisma con las fórmulas que se mostrarán, dependiendo de la norma se vaya a utilizar.

Para la norma ASTM C1314-14:

- Para calcular la resistencia a compresión de los prismas, una vez ensayados y obtenido la carga última soportada por cada prisma, se divide esta fuerza para el área sometida a compresión de cada uno y, utilizando los factores de corrección de esbeltez C de la Tabla 5, se multiplica el esfuerzo obtenido por el factor de corrección para encontrar la resistencia a compresión de cada prisma.
- Para obtener una resistencia general de cada grupo de prismas, simplemente se promedian las resistencias de cada uno.

$$R_{cp} = \frac{F_c}{A} * C$$

Ecuación 7. Resistencia a compresión de prismas según ASTM C1314-14

Donde:

- R_{cp} : resistencia a compresión de un prisma (Mpa)
- F_c : carga última soportada por el prisma (N)
- A : área sometida a la carga de compresión (mm²)
- C : factor de corrección de esbeltez.

Para la norma NTCM 04:

- Las especificaciones de la norma NTCM 04 son parecidas a las de la ASTM C1314-14; las resistencias de cada prisma se obtienen dividiendo la carga última para el área a compresión y se multiplica por su correspondiente factor de corrección de esbeltez C .

$$\overline{f_m} = \frac{F_c}{A} * C$$

Ecuación 8. Resistencia a compresión de prismas según NTCM 04.

Donde:

- f_m : resistencia a compresión de un prisma (Mpa)
- F_c : carga última soportada por el prisma (N)
- A : área sometida a la carga de compresión (mm²)
- C : factor de corrección de esbeltez.

La diferencia de este método con el anterior es que para obtener la resistencia promedio del grupo de prismas, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$f_m^* = \frac{\overline{f_m}}{1 + 2.5 c_m}$$

Ecuación 9. Resistencia a compresión del grupo de prismas según NTCM 04.

Donde:

- f_m^* : resistencia a compresión del grupo de prismas
- $\overline{f_m}$: promedio de las resistencias a compresión de los prismas (Mpa)
- c_m : coeficiente de variación de la resistencia a compresión de los prismas de mampostería, que en ningún caso se tomará inferior a 0.15.

Para ambas normas existen factores de corrección de esbeltez para las resistencias de acuerdo con la relación altura/espesor.

Tabla 5

Factores de corrección según relación h/b del prisma.

Factor de corrección de la esbeltez (C) vs esbeltez (h/b) del prisma							
Prisma h/b	1.3	1.5	2	2.5	3	4	5
Factor de corrección C según ASTM C1314	0.75	0.86	1	1.04	1.07	1.15	1.22
Factor de corrección C según NTCM 04	-	-	0.75	-	0.9	1	1.05

Fuente: Autor.

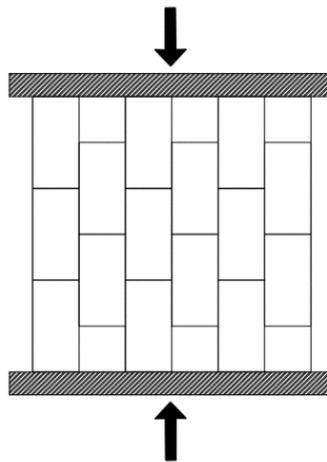
2.11 Ensayo de Compresión Lateral

No existe ninguna normativa que detalle o especifique como se debe realizar este ensayo, por lo que se tomó como guía el ensayo de compresión axial; se ensayaron seis muretes cuadrados, tres muretes sin enlucir de 32x32x5 mm y tres muretes enlucidos de 33x33x6 mm.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial sobre las paredes, pero esta vez, se las ubicaron en dirección opuesta, simulando que la fuerza aplicada sea de forma lateral; es decir, la carga está siendo aplicada en dirección paralela a las juntas y en dirección perpendicular a uno de los lados cortos del bloque que sería lo opuesto al ensayo de compresión axial simple. A continuación, se muestra un esquema de lo explicado en la Figura 37.

Figura 37

Esquema de ensayo de compresión lateral.



Fuente: Autor.

Para poder ensayar las paredes se tuvo que pulir los lados en donde se iba a aplicar la carga como se muestra en la Figura 38 para que la superficie sea uniforme y estable.

Figura 38

Pulida de lados con irregularidades.



Fuente: Autor

Figura 39

Colocación de paredes en la prensa hidráulica siguiendo el esquema dado.



Fuente: Autor

Para calcular la resistencia a compresión lateral de las paredes se utilizó la siguiente ecuación:

$$R_{cl} = \frac{F_c}{A}$$

Ecuación 10. Resistencia a compresión lateral.

Donde:

- R_{cl} : resistencia a compresión lateral de la pared (Mpa)
- F_c : Carga última soportada por la pared (N)
- A : área sometida a la carga de compresión (mm²)

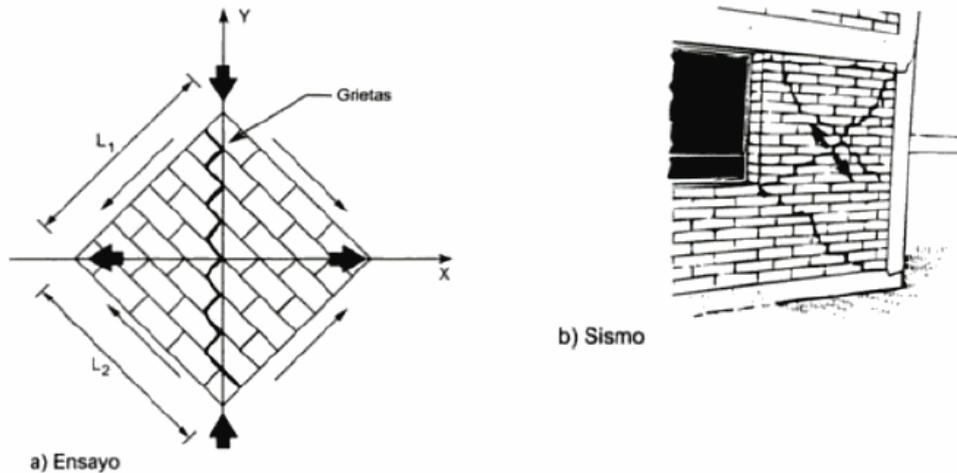
2.12 Ensayo de Compresión Diagonal

Según los autores Gallegos y Casabonne (2005), este ensayo es uno de los más utilizados para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tracción diagonal, debido a la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla

de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, de acuerdo como se observa en la Figura 40.

Figura 40

Similitud de la falla en el ensayo de compresión diagonal y en un sismo.



Fuente: Albañilería Estructural (Gallegos y Casabonne, 2005).

Para realizar este ensayo, se tomó como referencia las normas ASTM E519 y las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de Mampostería (NTCM-04) del Distrito Federal de México.

Ambas normas indican que, por lo menos, es necesario ensayar 3 muretes que tengan el mismo tamaño, el mismo tipo de material de mampostería, mismo mortero y hayan sido construidas por el mismo maestro albañil y serán ensayados a los 28 días de edad.

El ensayo consiste en cargar diagonalmente el murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la rotura; para esto, se deberá utilizar dos moldes, como se muestra en la Figura 41, que se acoplen a las esquinas superior e inferior para que la carga sea aplicada uniformemente sobre la superficie de falla.

Figura 41

Esquema de ensayo de compresión diagonal.



Fuente: Autor.

Dentro de este ensayo, las paredes pueden fallar de tres maneras. La primera es cuando la grieta atraviesa completamente las piezas de mampostería; es decir, que la resistencia a la tensión de las piezas es menor comparado con la resistencia de adherencia del mortero con las piezas. El segundo modo de falla se da cuando el agrietamiento se produce en las juntas y sucede el efecto contrario a la primera falla. En el tercer modo de falla, la resistencia a la tensión de ambas partes es la misma, entonces el agrietamiento ocurre tanto en las juntas como en las piezas.

Una vez obtenidas las cargas últimas, para calcular la resistencia al corte de las paredes se siguen los dos procesos indicados en las normas antes mencionadas;

Para la norma ASTM E519;

$$S_s = \frac{0.707 * P_u}{A_n}$$

Ecuación 11. Resistencia al corte de la pared según NTCM 04.

Donde:

- S_s : resistencia al corte sobre el área neta (Mpa)
- P_u : Carga última de rotura (N)
- A_n : área neta del espécimen (mm^2), calculada de la siguiente manera:

$$A_n = \left(\frac{w + h}{2} \right) * t * n$$

Ecuación 12. Área neta de la pared.

Donde:

- w : ancho de la pared (mm)
- h : altura de la pared (mm)
- t : espesor del espécimen (mm)
- n : proporción del área con relación al área bruta de las unidades.

Para la norma NTCM 04;

Esta normativa indica que primero se debe obtener la media de la resistencia a compresión diagonal de los muretes, es decir, se obtiene el esfuerzo de corte de cada murete dividiendo la carga última para el área neta y estos resultados son promediados.

$$\bar{v}_m = \frac{P_u}{A_n}$$

Ecuación 13. Media de la resistencia a compresión diagonal de los muretes.

Donde:

- \bar{v}_m : media de la resistencia al corte de todos los muretes (Mpa)
- P_u : carga última de rotura (N)
- A_n : área neta del espécimen (mm²).

Una vez que se obtuvo la media de los esfuerzos, se procede a calcular la resistencia a compresión diagonal de los muretes con la siguiente fórmula:

$$v_m^* = \frac{\bar{v}_m}{1 + 2.5 c_v}$$

Ecuación 14. Resistencia a compresión diagonal de los muretes según NTCM 04.

Donde:

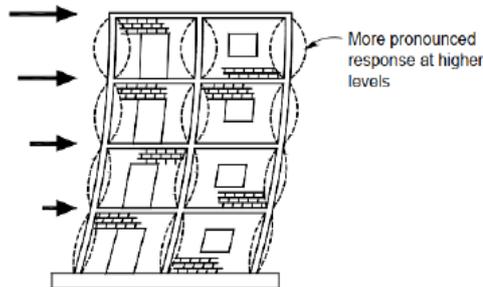
- v_m^* : resistencia a compresión diagonal de las paredes mampostería. (Mpa)
- $\overline{v_m}$: media de la resistencia al corte de todos los muretes (Mpa)
- C_v : coeficiente de variación de la resistencia a compresión diagonal de los muretes, que en ningún caso se tomará inferior a 0.20.

2.13 Ensayo a Flexión de las Paredes

Este ensayo es uno de los más importantes porque representa una forma de falla fuera del plano provocada por la acción de cargas sísmicas.

Figura 42

Mecanismo de respuesta sísmica de un edificio.



Fuente: Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings. (Tomazevic, 1999)

Figura 43

Falla por flexión fuera del plano.



Fuente: Seismic Design Guide (Astroza, 2011)

Para ensayar las paredes a flexión se realizó un proceso similar al ensayo a flexión de las viguetas de mortero. Se apoyó la pared en sus extremos sobre dos vigas W y se soldó un tubo circular hueco con una placa de acero que fue ubicada en el centro de la pared, con esto se logró simular el esquema a flexión de las viguetas, en donde se tenían dos rodillos de apoyo en los extremos y un rodillo en el centro que era el encargado de transmitir la carga por todo su ancho. A continuación, se muestra el esquema explicado.

Este ensayo fue realizado en el Centro de Investigación en Ingeniería Estructural Sismo-Resistente (CEINVES), se utilizó una gata hidráulica ENERPAC

que tiene una capacidad de 15 Ton y un manómetro ENERPAC G4039L que alcanza a medir hasta 10000 psi.

Figura 44

Ensayo a flexión de paredes de mampostería.



Fuente: Autor.

Una vez obtenidas las cargas últimas soportadas por cada pared, con la ayuda de la hoja de calibración se realizó la conversión de unidades del Sistema Inglés al Sistema Internacional, para poder trabajar con unidades consistentes.

Para calcular la resistencia a flexión se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_f = \frac{1.5 * F_f * L}{h^3}$$

Ecuación 14. Resistencia a flexión

Donde:

- R_f : resistencia a flexión (Mpa)
- h : espesor de la pared(mm)
- F_f : carga aplicada en la mitad de la pared(N)
- L : distancia entre soportes. (mm)

CAPÍTULO 3

3. Resultados

Se detallarán los resultados de las pruebas realizadas a todos los especímenes; primero se describirán los obtenidos a partir de las pruebas realizadas a los materiales, para después detallar los resultados de los ensayos realizados a las paredes de mampostería.

3.1 Resultados de las Pruebas realizadas a los Bloques de Piedra Pómez.

3.1.1 Resultados de Ensayo a Compresión

Tabla 6

Resultados obtenidos de los ensayos a compresión de los bloques de piedra pómez.

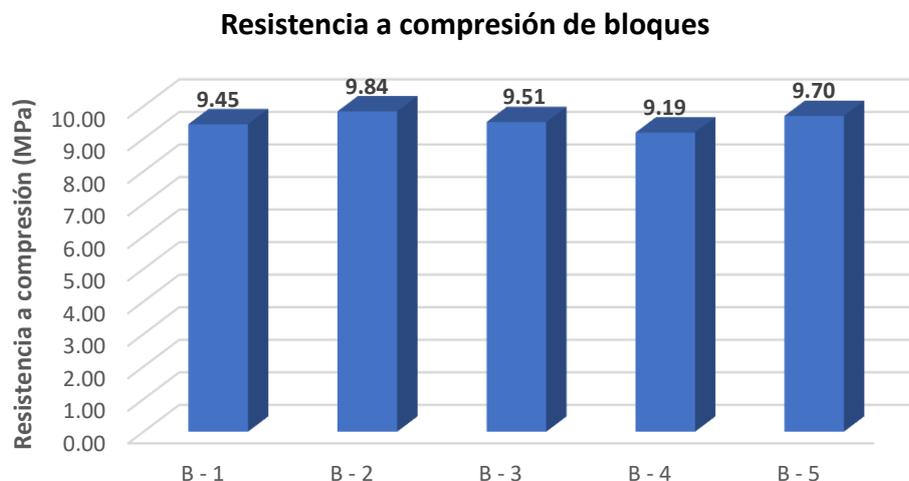
Probeta	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Promedio (Mpa)
B - 1	23616	2500	9.45	
B - 2	24606	2500	9.84	
B - 3	23785	2500	9.51	9.54
B - 4	22978	2500	9.19	
B - 5	24250	2500	9.70	
Desviación Estándar σ			0.25	

Fuente: Autor.

Como se muestra en la **Tabla 6** la resistencia a compresión promedio del bloque fue de 9.54 MPa, encontrándose un poco por debajo de la resistencia a compresión que señala la norma INEN 3066 que, para bloques usados en mampostería estructural, la resistencia debe ser de 12.4 MPa.

Figura 45

Resistencia a compresión de bloques.



Fuente: Autor.

3.1.2 Resultados de Porcentaje de Absorción y Coeficiente de Saturación del Bloque

Tabla 7

Porcentaje de Absorción de bloque de piedra pómez

Muestra	Peso saturado (g)	Peso seco (g)	Peso Húmedo (g)	% Absorción
M - 1	220.78	195.32	25.46	13.04
M - 2	213.33	186.24	27.09	14.55
M - 3	208.08	180.76	27.32	15.11
M - 4	224.95	197.20	27.75	14.07
M - 5	210.66	180.72	29.94	16.57
Promedio				14.67
Des. Estándar σ				1.31

Fuente: Autor.

Como se muestra en la Tabla 7 la absorción promedio del bloque después de 24 horas es de un 15% extra que su peso seco que se considera adecuado, ya que el límite es un $\leq 20\%$ extra que su peso seco.

Tabla 8

Coefficiente de saturación del bloque de piedra pómez

Muestra	Peso saturado (g)		Peso seco (g)	Coef. Saturación
	5 horas	24 horas		
M - 1	218.68	220.78	195.32	1.09
M - 2	212.51	213.33	186.24	1.03
M - 3	206.94	208.08	180.76	1.04
M - 4	223.39	224.95	197.20	1.06
M - 5	209.1	210.66	180.72	1.05
			Promedio	1.06
			Des. Estándar σ	0.02

Fuente: Autor.

3.1.3 Resultados de ensayo de dimensionamiento

Tabla 9

Resultados de mediciones realizadas a bloques

Muestra	Dimensiones Promedio			
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (g)
M - 1	101.75	51.76	54.45	336.85
M - 2	101.68	50.80	55.94	365.20
M - 3	101.39	51.26	55.89	353.36
M - 4	100.80	51.02	56.03	374.88
M - 5	101.51	51.04	56.24	387.78
	101.43	51.17	55.71	363.61

Fuente: Autor.

3.2 Resultados de las pruebas realizadas al mortero de “Pegablok”

3.2.1 Resultados de ensayo a flexión

Tabla 10

Resultados de ensayo a flexión de vigas de mortero “Pegablok”.

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Resistencia (Mpa)	Promedio (Mpa)
M1		1616	3.79	
M2	28	1469	3.44	3.74
M3		1703	3.99	
Desviación Estándar σ			0.28	

Fuente: Autor.

A continuación, en la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos a compresión del mortero de Pegablok.

Tabla 11

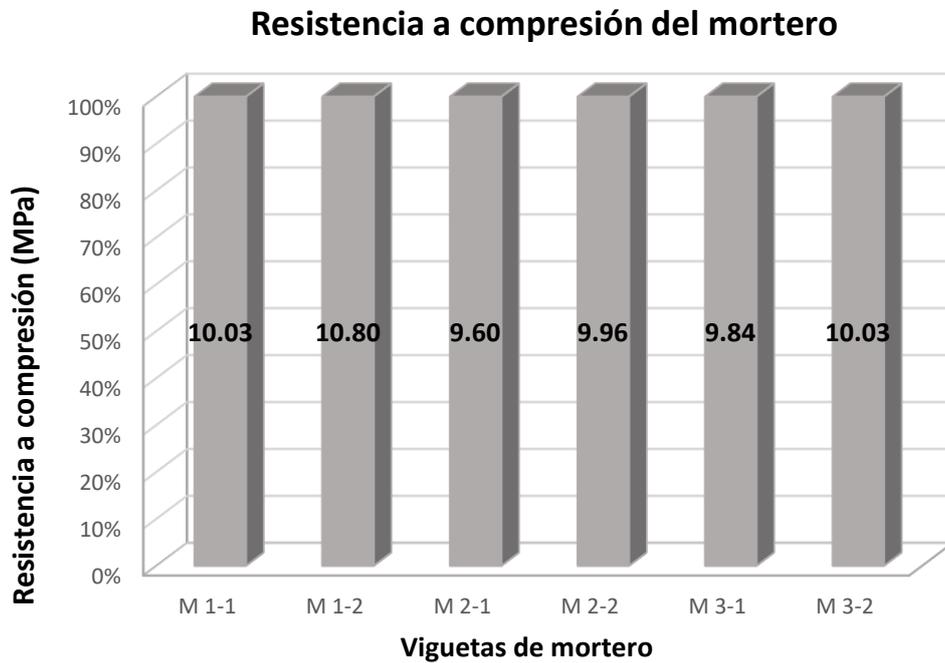
Resultados de ensayo a compresión de mortero “Pegablok”.

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Promedio (Mpa)
M 1-1		20,069	2000	10.03	
M 1-2		21,594	2000	10.80	
M 2-1	28	19,192	2000	9.60	10.04
M 2-2		19,924	2000	9.96	
M 3-1		19,686	2000	9.84	
M 3-2		20,056	2000	10.03	
Desviación Estándar σ				0.40	

Fuente: Autor.

Figura 46

Resultados de resistencia a compresión del mortero “Pegablok”.



Fuente: Autor.

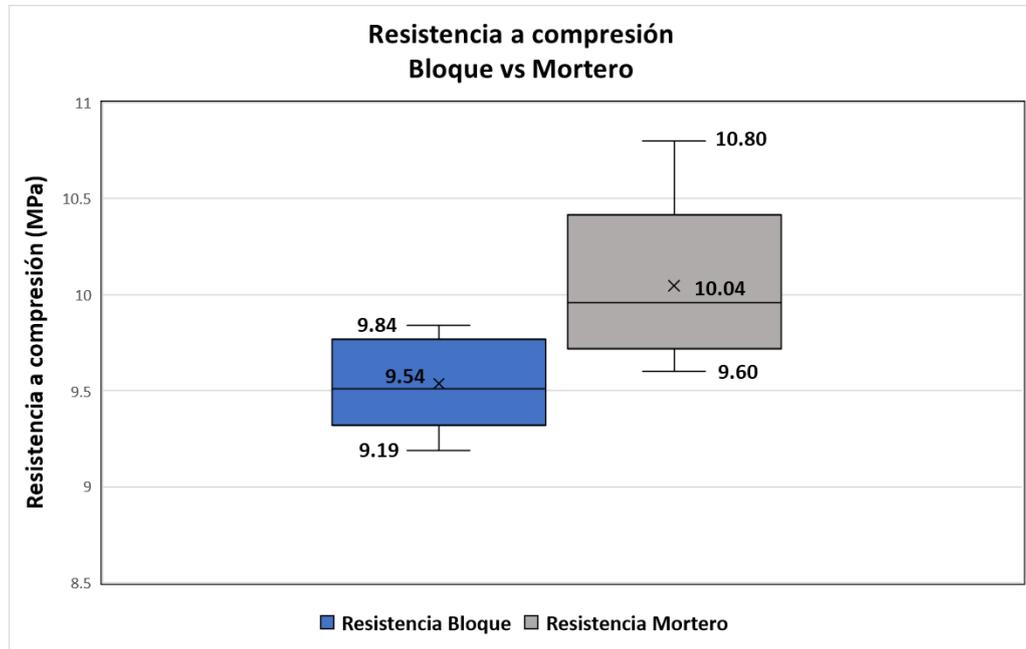
En la

Figura 46 se muestran las resistencias a compresión del mortero “Pegablok” en donde se obtiene un promedio de 10.04 MPa. Este resultado es casi el doble de lo estipulado en la norma INEN 2518 (2010), en donde señalan que para un cemento usado para mampostería Tipo N la resistencia a compresión debe ser 5.2 MPa

3.3 Comparación entre la resistencia a compresión del bloque y la resistencia a compresión del mortero.

Figura 47

Resistencia a compresión del bloque vs resistencia del mortero



Fuente: Autor.

En la **Figura 47** se realiza una comparación entre las resistencias a compresión del bloque y el mortero. Como se puede observar la resistencia del mortero es mayor teniendo como promedio 10.04 MPa y una resistencia máxima de 10.80 MPa, mientras que la resistencia promedio del bloque es de 9.54 MPa y alcanza una resistencia máxima de 9.84 MPa.

3.4 Resultados de las Pruebas realizadas a las Paredes de Mampostería

Estos resultados servirán para definir el comportamiento estructural de los diferentes elementos de albañilería frente a la acción de distintos casos de carga que tratan de asemejarse lo mejor posible a las fallas que tienen las paredes frente a acciones de cargas reales. Este comportamiento es el resultado de la interacción de todos sus componentes: bloque, mortero y enlucido; sometidos a cargas iguales a las del ensayo.

3.5 Resultados del Ensayo de Compresión Axial Simple

Este ensayo se realizó siguiendo dos normativas; la norma americana ASTM C1314-14 y la norma mexicana NTCM 04. A continuación se detallan los resultados obtenidos siguiendo las indicaciones de ambas normas.

3.5.1 Resultados bajo la norma ASTM C1314-14

Tabla 12

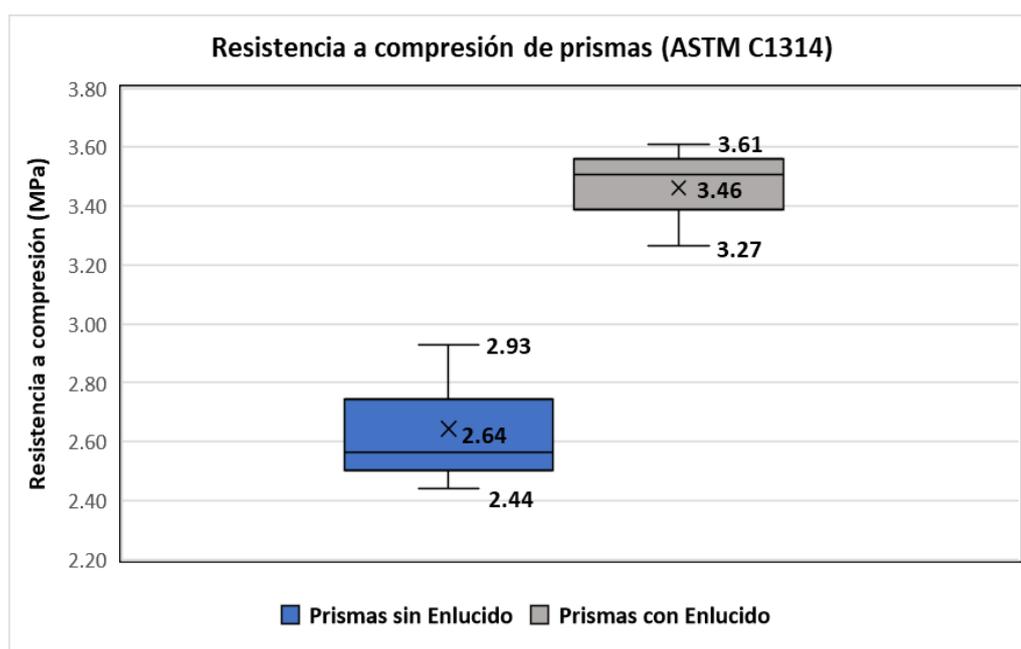
Resistencia a compresión de prismas según ASTM C1314-14

Probeta	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Factor de corrección de esbeltez (C)	Resistencias Corregidas (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)
PM-SE 1	12000	5000	2.40	1.22	2.93	2.64
PM-SE 2	10000	5000	2.00		2.44	
PM-SE 3	10500	5000	2.10		2.56	
PM-E 1	16200	6050	2.68	1.22	3.27	3.46
PM-E 2	17900	6050	2.96		3.61	
PM-E 3	17400	6050	2.88		3.51	

Fuente: Autor.

Figura 48

Resistencia a compresión de prismas según norma ASTM C1314-14



Fuente: Autor.

3.5.2 Resultados bajo la norma NTCM 04

Tabla 13

Resistencia a compresión de prismas según NTCM 04

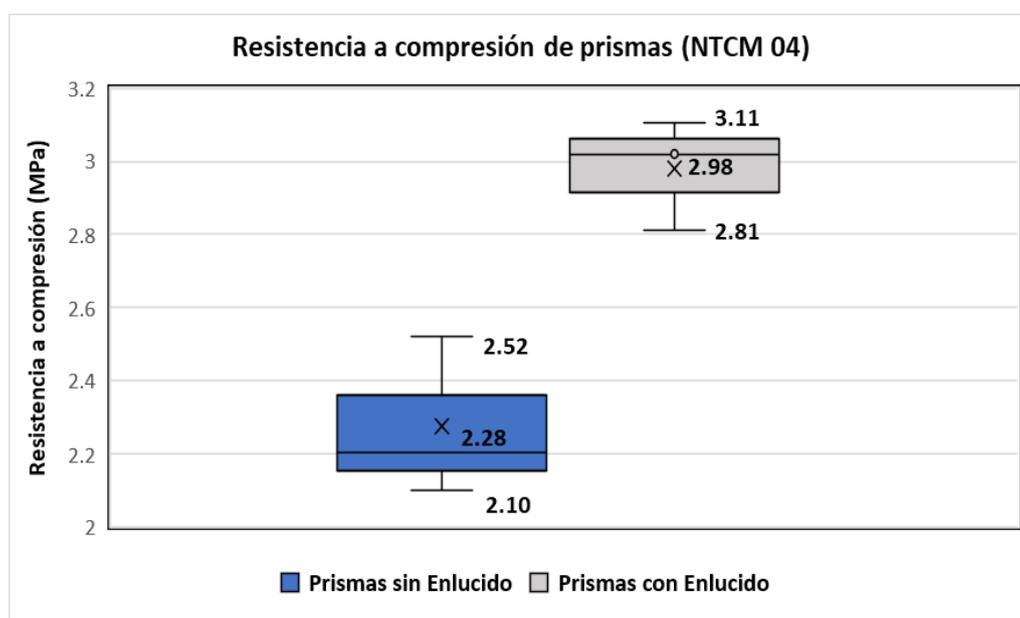
Probeta	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencias Corregidas (Mpa)	Media de las resistencias (Mpa)	Resistencia a compresión (Mpa)
PM-SE 1	12000	5000	2.40	2.52		
PM-SE 2	10000	5000	2.00	2.10	2.28	1.65
PM-SE 3	10500	5000	2.10	2.21		
PM-E 1	16200	6050	2.68	2.81		
PM-E 2	17900	6050	2.96	3.11	2.98	2.17
PM-E 3	17400	6050	2.88	3.02		

Fuente: Autor.

En la Tabla 13 para el cálculo de la resistencia a compresión corregida de los prismas se debe multiplicar las resistencias de cada prisma para un factor de corrección de esbeltez, que en este caso es 1.05, se obtiene la media de las resistencias y por último se calcula la resistencia a compresión utilizando la ecuación 9.

Figura 49

Resistencia a compresión de prismas según norma NTCM 04

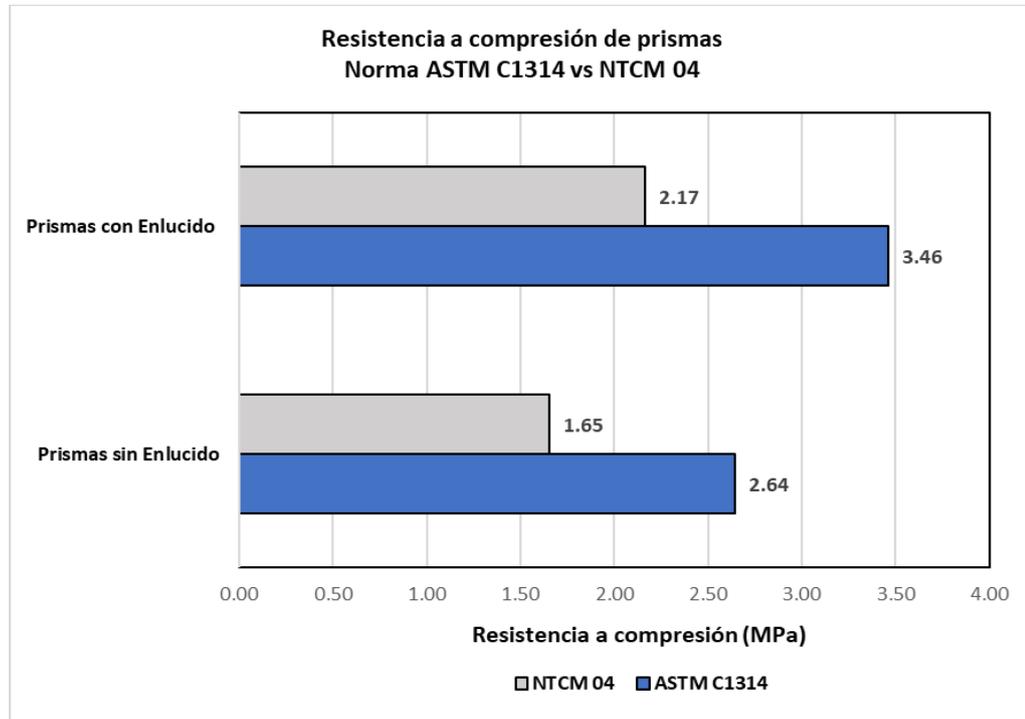


Fuente: Autor.

3.6 Comparación entre la Resistencia a Compresión de los Prismas según la Norma ASTM C1314-14 vs Norma NTCM 04.

Figura 50

Resistencia a compresión de los prismas según la norma ASTM C1314-14 vs norma NTCM 04.



Fuente: Autor.

En la **Figura 50** se hace una comparativa de la resistencia a compresión de prismas con y sin enlucido de acuerdo a las dos normas utilizadas. Se obtuvo que para ambas normas los prismas con enlucido alcanzan una mayor resistencia, pero se puede observar que los resultados de la norma Mexicana (NTCM-04) son inferiores a los de la norma americana ASTM C1314-14, debido a que en la norma mexicana la resistencia media a compresión de los prismas es dividido para un factor de corrección de variación de resistencias.

3.6.1 Falla de prismas por aplicación de carga axial

Figura 51

Falla por compresión simple de prisma sin enlucido.



Fuente: Autor.

Figura 52

Falla en la parte superior

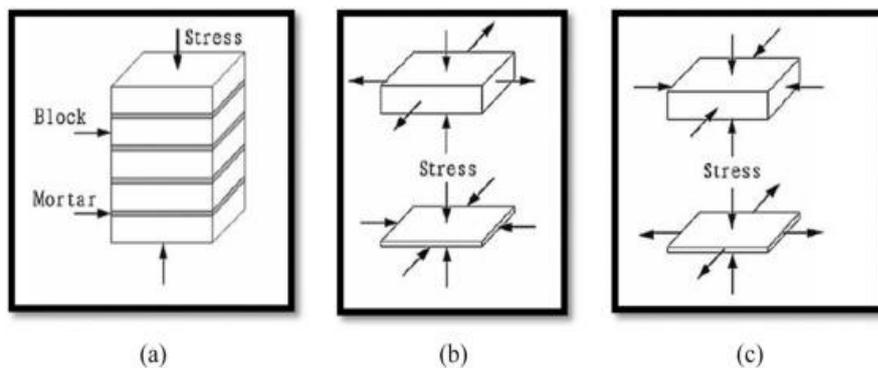


Fuente: Autor

En la Figura 51 y Figura 52, se muestran las fallas de los prismas sin enlucido. Se observa que la falla se da por aplastamiento de los bloques debido a que el mortero es más rígido que el bloque; en vez de tener esfuerzos a tensión en ambos ejes como se muestra en la Figura 53 (b) el bloque pasa a sufrir una compresión triaxial y el mortero sufre una compresión axial con tensión lateral en ambos ejes como se muestra en la Figura 53 (c).

Figura 53

Comportamiento del bloque y mortero debido a la carga axial.



Fuente: (Khorasani y Kabir, 2022)

Figura 54

Rotura por compresión simple de prisma con enlucido.



Fuente: Autor.

Figura 55

Falla por compresión simple de prisma con enlucido.



Fuente: Autor

Si se analiza la Figura 54 y Figura 55, se observa que lo primero que falla es el recubrimiento de mortero alrededor de todo el prisma; otorgándole una mayor rigidez y resistencia; restringiendo de cierta forma los esfuerzos tensionales que sufre el bloque y obligando a que lo primero que falle sea el mortero.

3.7 Resultados del ensayo de compresión lateral

Tabla 14

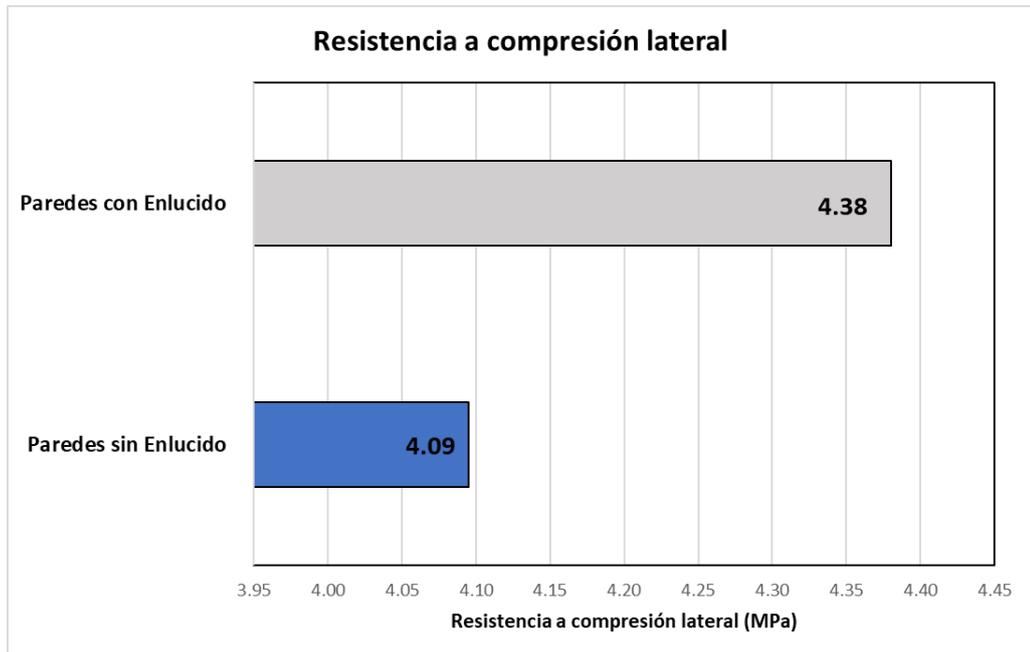
Resistencia de paredes de mampostería frente a compresión lateral.

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Área (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)
PM-SE 1		65300	16000	4.08	
PM-SE 2	28	66450	16000	4.15	4.09
PM-SE 3		64800	16000	4.05	
PM-E 1		80000	18150	4.41	
PM-E 2	28	79500	18150	4.38	4.38
PM-E 3		79000	18150	4.35	

Fuente: Autor.

Figura 56

Resistencia a compresión lateral de las paredes.



Fuente: Autor.

3.7.1 Falla de Paredes por Compresión Lateral

Figura 57

Falla por compresión lateral.



Fuente: Autor.

Figura 58

Desprendimiento de hilada de bloque.



Fuente: Autor.

Si se analiza la Figura 57 y Figura 58, la rotura se da en las juntas, causando la separación entre el bloque y el mortero; además se pudo observar que existió un pequeño pandeo de la pared; mientras que en la pared enlucida, el revestimiento de mortero ayudó a que la pared trabaje como un solo elemento; primero se dio la rotura del enlucido y luego se pudo observar que la falla fue conjunta; es decir, que la fisura se dio tanto en las juntas como en el bloque.

3.8 Resultados del Ensayo de Compresión Diagonal

Este ensayo se realizó siguiendo dos normativas; la norma americana ASTM E519 y la norma mexicana NTCM 04. A continuación, se detallan los resultados obtenidos siguiendo las indicaciones de ambas normas.

3.8.1 Resultados bajo la norma ASTM E519

Tabla 15

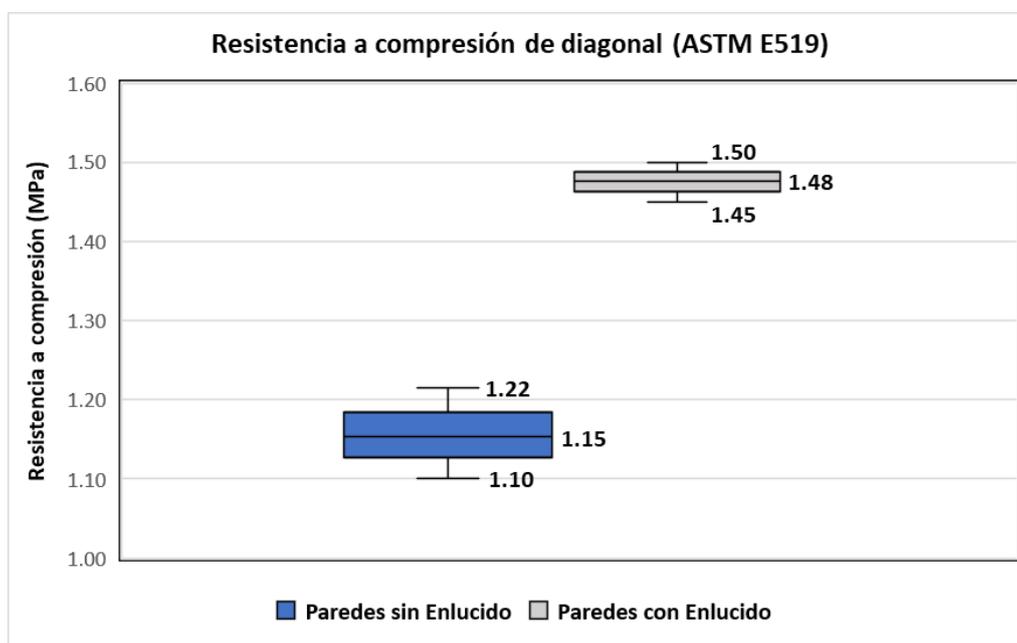
Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma ASTM E519.

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Área Neta (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)
PM-SE 1	28	26100	16000	1.15	1.16
PM-SE 2		27500	16000	1.22	
PM-SE 3		24900	16000	1.10	
PM-E 1	28	37200	18150	1.45	1.48
PM-E 2		37900	18150	1.48	
PM-E 3		38500	18150	1.50	

Fuente: Autor.

Figura 59

Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma ASTM E519.



Fuente: Autor.

3.8.2 Resultados bajo la norma NTCM 04

Tabla 16

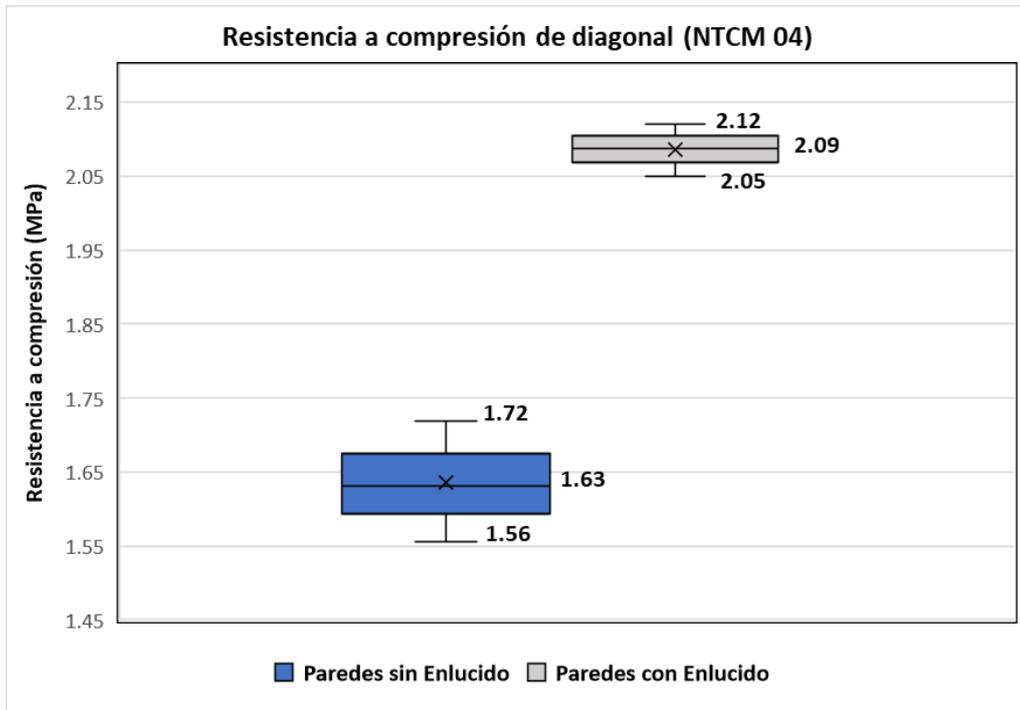
Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma NTCM 04

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Área Neta (mm ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)	Resistencia a compresión (Mpa)
PM-SE 1		26100	16000	1.63		
PM-SE 2	28	27500	16000	1.72	1.64	1.09
PM-SE 3		24900	16000	1.56		
PM-E 1		37200	18150	2.05		
PM-E 2	28	37900	18150	2.09	2.09	1.39
PM-E 3		38500	18150	2.12		

Fuente: Autor.

Figura 60

Resultados del ensayo de compresión diagonal según norma NTCM 04



Fuente: Autor.

3.8.3 Falla de paredes por compresión diagonal

Figura 61

Falla por compresión diagonal de pared sin enlucido.



Fuente: Autor.

Figura 62

Falla por compresión diagonal de pared con enlucido.



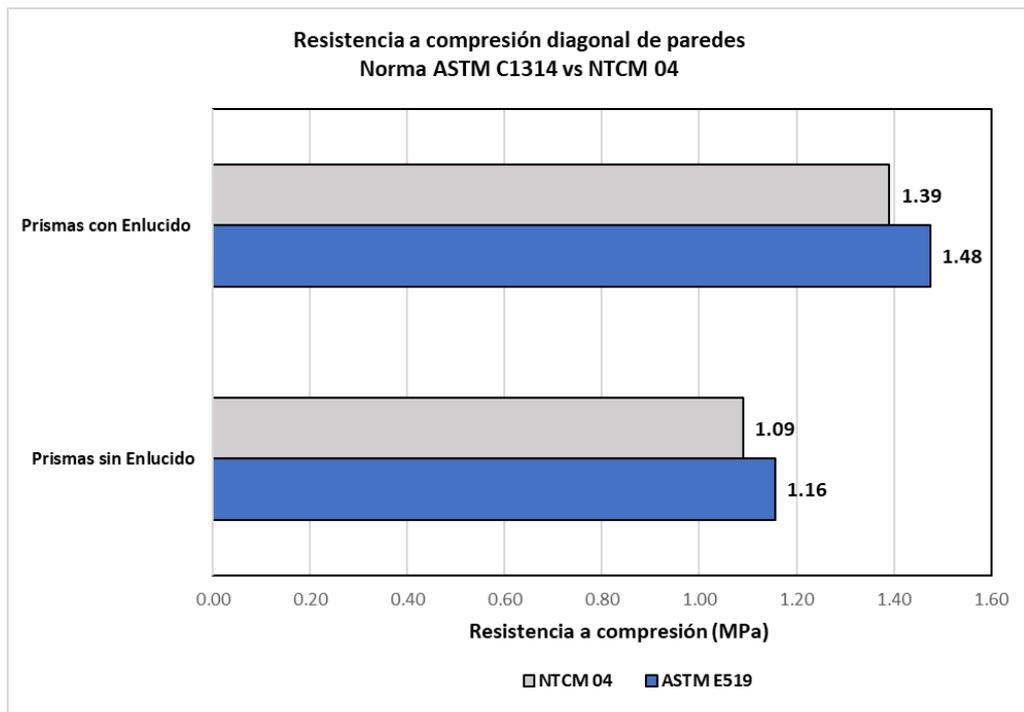
Fuente: Autor.

Si se analiza el agrietamiento de las paredes mostrado en la Figura 61 y Figura 62, se observa que se da de la misma manera; se presenta un tipo de patrón que tiene forma de escalera, que sigue la dirección de las juntas de mortero; la diferencia está en que, en las paredes sin enlucir una vez que se dio la rotura de la pared, se dividió en dos mitades; mientras que, en las paredes con enlucido una vez que se dio la falla, la pared permaneció un tiempo unida y ciertos bloques se empezaron a agrietar hasta separarse completamente, aportándole más resistencia a la pared.

3.9 Comparación entre la resistencia a compresión diagonal de las paredes según la norma ASTM E519 vs norma NTCM 04.

Figura 63

Resistencia a compresión diagonal de las paredes según la norma ASTM E519 vs norma NTCM 04



Fuente: Autor.

3.10 Resultados del ensayo a flexión

Tabla 17

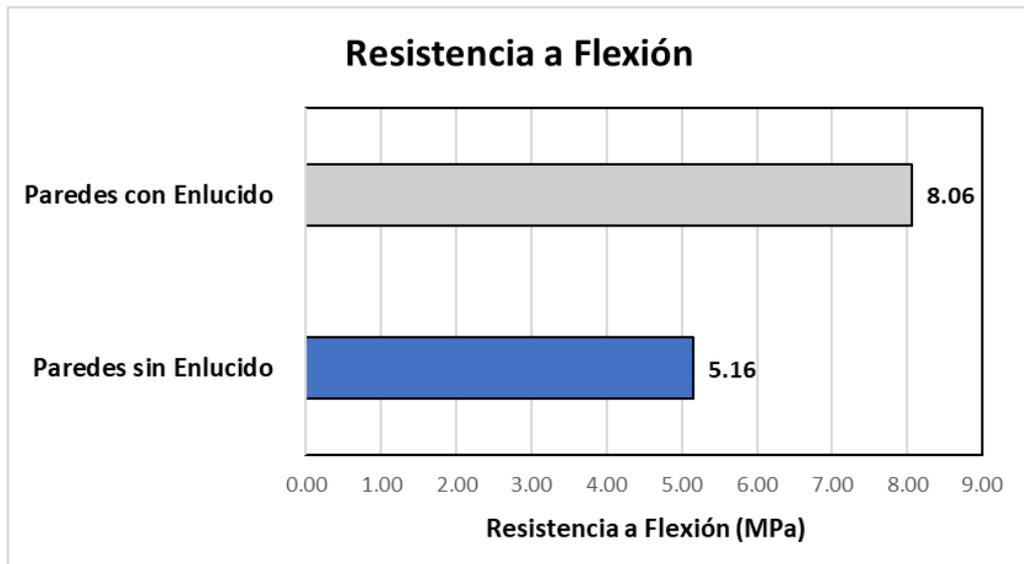
Resultados del ensayo a flexión a paredes de mampostería

Probeta	Edad (Días)	Carga (N)	Resistencia (Mpa)	Promedio (Mpa)
PM-SE 1	28	1935	5.81	5.16
PM-SE 2		1548	4.64	
PM-SE 3		1677	5.03	
PM-E 1	28	3612	8.47	8.06
PM-E 2		3225	7.56	
PM-E 3		3483	8.16	

Fuente: Autor.

Figura 64

Resistencia a flexión de las paredes de mampostería.



Fuente: Autor.

3.10.1 Falla de Paredes a Flexión

Figura 65

Falla a flexión de pared sin enlucido.



Fuente: Autor.

Figura 66

Falla a flexión de pared con enlucido.

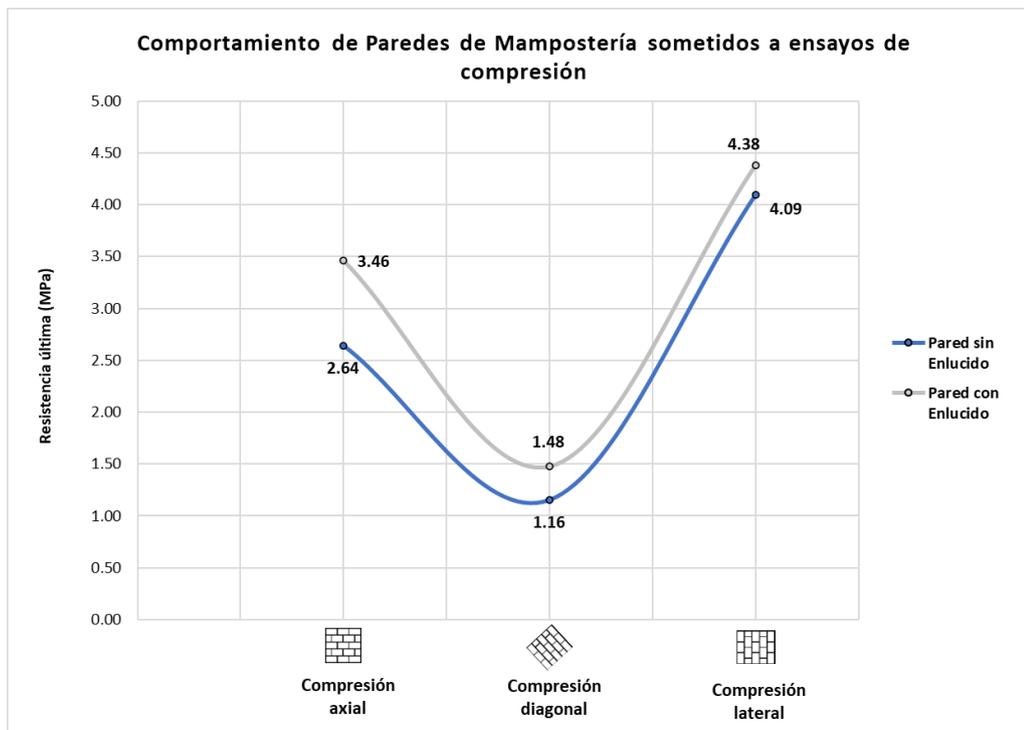


Fuente: Autor.

3.11 Comportamiento de las paredes de mampostería

Figura 67

Comparación entre el comportamiento de las paredes de mampostería con enlucido y sin enlucido.



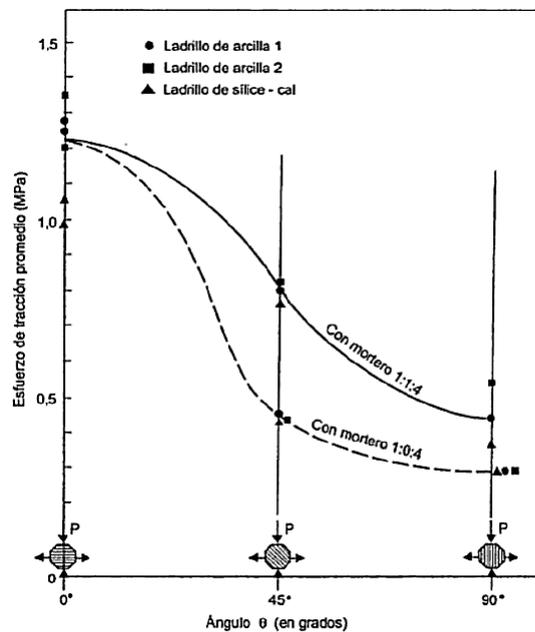
Fuente: Autor

En la Figura 67 se muestra las resistencias que tienen las paredes sometidas a carga axial con respecto a la orientación en la que fue aplicada la carga. Dentro de este trabajo de investigación se obtuvo que el mortero tiene más resistencia a la compresión que el bloque como se muestra en la Figura 47, es por esto que las resistencias máximas se obtiene en compresión lateral en donde el mortero es el que falla primero por tracción y no compresión axial; en donde el bloque es el que falla primero debido a que el mortero tiene mayor rigidez. Si se compara estos resultados con los resultados de los ensayos realizados por los autores Gallegos y Casabonne (2005) expuestos en la

Figura 68, se puede observar que la resistencia a compresión axial es la mayor debido a que en su estudio la resistencia del bloque es mayor que la de los morteros, mientras que la resistencia a compresión diagonal sigue estando por debajo de la resistencia a compresión axial.

Figura 68

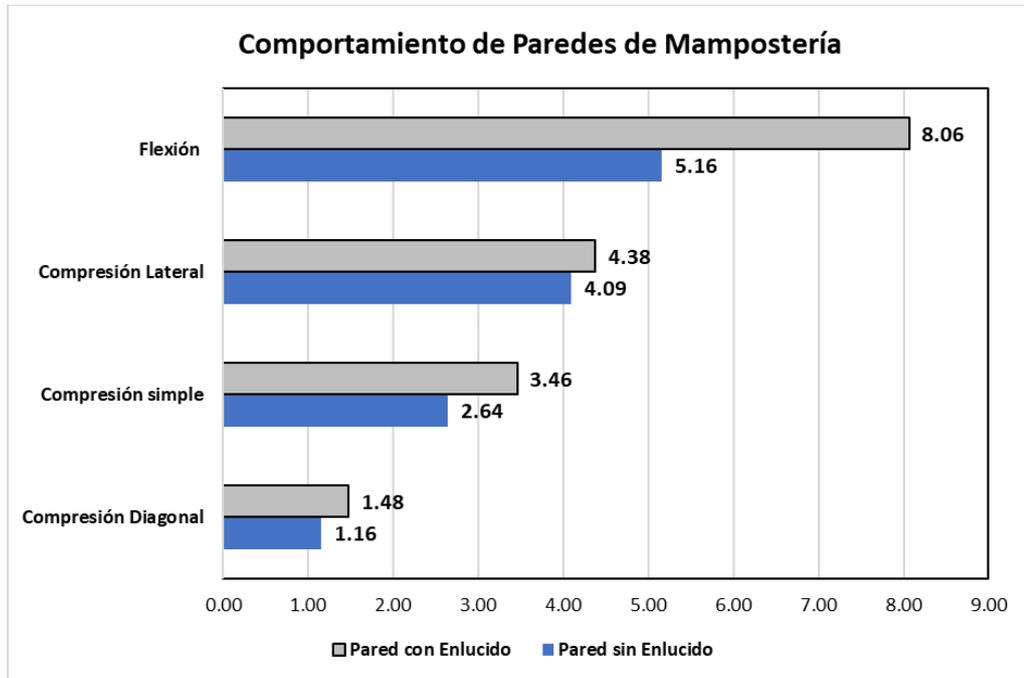
Resistencia a la compresión vs orientación de la carga con la hilada.



Fuente: Albañilería Estructural. (Gallegos y Casabonne, 2005).

Figura 69

Comportamiento de las paredes de mampostería con enlucido y sin enlucido.



Fuente: Autor.

Como se muestra en la Figura 69, el enlucido ayuda a las paredes de mampostería en todos los tipos de falla analizados; la influencia que tiene frente a cargas de compresión no es muy alta. Sin embargo, frente a cargas actuantes fuera del plano, tiene una mayor incidencia; esto es relevante, ya que el Ecuador se encuentra en una región con constante actividad sísmica y estos resultados nos demuestran lo importante que es el enlucido en las paredes mampostería.

CONCLUSIONES

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad conocer cuál es el factor o grado de resistencia que le aporta el enlucido a las paredes de mampostería; esto se pudo realizar mediante el ensayo de dos grupos de paredes hechas a escala; el primer grupo es simplemente la pared sin ningún tipo de revestimiento y el segundo grupo es la pared revestida o enlucida con mortero de “Pegablok”. Los dos grupos fueron sometidos a pruebas, los que permitieron comparar, de la manera más real y precisa posible, su comportamiento bajo las cargas sometidas en el ensayo, con el comportamiento que tienen las paredes frente a las cargas soportadas en situaciones reales. Las conclusiones que se presentan a continuación se han hecho en función de los resultados obtenidos en dichas pruebas; los que proporcionan una idea de cómo se comportan las paredes y el grado de resistencia que les aporta el enlucido.

- Los resultados a compresión de los prismas muestran que la resistencia promedio de los elementos enlucidos supera por un 24% a la resistencia de los prismas que no tienen enlucido; demostrando así que, el enlucido es un factor que ayuda al comportamiento de las paredes de mampostería frente a la aplicación de cargas axiales perpendiculares a las hiladas de los bloques; es decir, que aporta en la resistencia de las paredes frente a la acción de cargas gravitacionales que son las más predominantes.
- Para el ensayo de compresión lateral, las paredes con enlucido alcanzaron una resistencia a la compresión un 7% mayor que la resistencia de las paredes sin enlucido.
- El ensayo de compresión diagonal está relacionado directamente con la resistencia al corte de las paredes de mampostería; esta es una de las propiedades más importantes porque está ligada con la resistencia de las paredes contra cargas laterales en el plano. En este caso, las paredes con enlucido alcanzaron una resistencia a la compresión un 22% mayor que la resistencia de las paredes sin enlucido.
- El ensayo a flexión es uno de los más importantes debido a su influencia en la resistencia frente a cargas que se dan fuera del plano como el caso de las cargas sísmicas; la resistencia a flexión de las paredes con enlucido fue un 36% mayor que la resistencia de las paredes sin enlucido, debido a que el enlucido actúa

como una membrana que hace que la pared actúe como un solo elemento y restringe el desplazamiento, causado por cargas fuera del plano de sus componentes.

RECOMENDACIONES

Los resultados de estos ensayos demuestran que el enlucido puede mejorar el comportamiento de estos elementos, adicionalmente se complementa con otras líneas de investigación de la facultad en cuanto a la posibilidad de utilizar el enlucido para mejorar el comportamiento de estas paredes mediante la incorporación de fibras vegetales a la mezcla de mortero.

REFERENCIAS

- Cabrera, J. (2016). *Análisis del comportamiento de paredes de mampostería con bloque de cemento prefabricado utilizando mortero reforzado con fibra vegetal (abacá)*.
- Crespo, Santiago. (2013). *Materiales de construcción para edificación y obra civil*. (ISBN).
- Donduren, M. S., Kanit, R., Kalkan, I., y Gencel, O. (2016). Influence of special plaster on the out-of-plane behavior of masonry walls. *Earthquake and Structures*, 10(4), 769–788. <https://doi.org/10.12989/eas.2016.10.4.769>
- Gallegos, H., y Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural. Fondo Editorial, 3ra Edición*.
- Khorasani, F. F., y Kabir, M. Z. (2022). Experimental study on the effectiveness of short fiber reinforced clay mortars and plasters on the mechanical behavior of adobe masonry walls. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00918. <https://doi.org/10.1016/J.CSCM.2022.E00918>
- Puneeth, Rathan, Sandeepa, y Vinay. (2016). *Influence of plastering on strength of brick masonry*.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero. Bhandar Editores, Quinta Edición*.
- Tena, A., y Miranda, E. (2003). *Edificaciones de Mampostería para vivienda: Vol. Tercera Edición*. Fundación ICA.

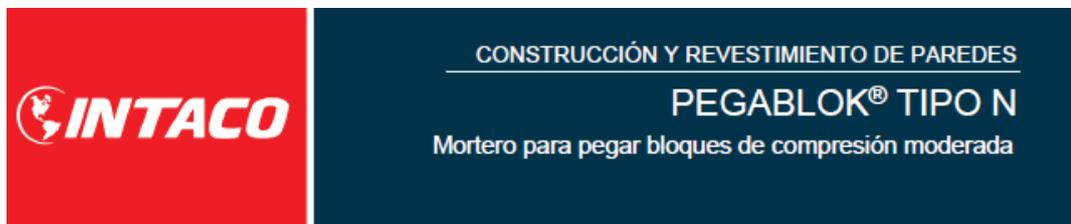
GLOSARIO

Mampostería: es un material compuesto que está formado por piezas mampuestas y mortero.

Aglomerante: son materiales que al hidratarse tienen la capacidad de unir elementos entre sí.

Compresión triaxial: se da cuando un elemento es sometido a presiones laterales y axiales

ANEXOS



DESCRIPCIÓN

Pegablok® Tipo N es un mortero cementicio modificado con aditivos de alta calidad, especialmente formulado para la instalación de bloques de concreto y de arcilla de compresión moderada en interiores y exteriores, sobre nivel de tierra.

USOS

- Paredes de bloques de compresión moderada.
- Sobre nivel de tierra.
- Exteriores e interiores.
- Para mampostería reforzada o sin refuerzo.

VENTAJAS

- Resistencia a la compresión superior a 53 kg/cm² (5,2 MPa o 740 psi) a los 28 días.
- Alta retención de agua que evita la necesidad de ajustar la consistencia con agua durante a aplicación.
- Gran trabajabilidad; consistencia plástica.
- Evita agrietamientos y fisuras en paredes.
- Excelente adherencia, no descuelga.
- Facilita dar un mejor acabado a la junta.
- Versus los morteros hechos en obra: mayor rapidez, menor desperdicio, mayor limpieza, menor esfuerzo físico, mayor productividad y ahorro en costos.
- Mezcla predosificada: calidad constante.
- Duradero; contiene arena de alta calidad y limpia. No contiene arena de mar ni de río.
- Cumple las normas NTE INEN 2518 Tipo N, ASTM C 270 Tipo N y ASTM C 387.

RENDIMIENTO (Cantidad de bloques)

Mampostería de concreto

Dimensiones del bloque (cm x cm x cm)	Espesor de la junta	Cantidad de bloques por saco	
		25 kg	40 kg
6 x 19 x 39	10 mm	15 - 18	24 - 28
9 x 19 x 39		12 - 14	20 - 23
14 x 19 x 39		10 - 12	17 - 20
19 x 19 x 39		9 - 11	15 - 18
6 x 19 x 39	15 mm	10 - 12	16 - 19
9 x 19 x 39		8 - 9	13 - 15
14 x 19 x 39		7 - 8	11 - 13
19 x 19 x 39		6 - 7	10 - 12

Mampostería de arcilla

Dimensiones del bloque (cm x cm x cm)	Espesor de la junta	Cantidad de bloques por saco	
		25 kg	40 kg
7 x 31 x 41	10 mm	12 - 14	20 - 22
9 x 31 x 41		8 - 10	14 - 16
10 x 20 x 40		11 - 12	18 - 20
7 x 31 x 41	15 mm	8 - 9	13 - 15
9 x 31 x 41		6 - 7	9 - 11
10 x 20 x 40		7 - 8	12 - 13

Un saco de 40 kg de Pegablok® Tipo N produce aproximadamente 20 litros de mortero. Los rendimientos son aproximados y varían de acuerdo con el ancho de la junta y las dimensiones del bloque. Estos datos se ofrecen solamente como una guía.

MODO DE EMPLEO

DOSIFICACIÓN DE AGUA

Dosificación de agua	Ecuador
Saco de 25 kg	4,2 L a 4,5 L
Saco de 40 kg	6,8 L a 7,3 L

PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

La superficie que vaya a estar en contacto con Pegablok® Tipo N debe estar limpia, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, efluencia y cualquier otro contaminante. Evite que la temperatura de la superficie supere los 30 °C en el momento de colocar el mortero. Limpie los lados de los bloques para asegurar una buena adherencia con el mortero.

MEZCLADO

Añada Pegablok® Tipo N al agua limpia de acuerdo con el cuadro de dosificación de agua. Mézclelos hasta obtener un mortero plástico y homogéneo.

COLOCACIÓN

Establezca las guías para la instalación y extienda una capa uniforme de Pegablok® Tipo N en la base. Asiente cada uno de los bloques sobre una capa uniforme de mortero respetando el aplomo y el nivel. Cada bloque debe tener mortero en la junta vertical antes de ser instalado. Presione hacia abajo y hacia el bloque colocado anteriormente. Recoja el exceso de mortero de la junta. Verifique constantemente el alineamiento de la pared. Dé acabado a las juntas con un sisador cuando el mortero haya obtenido una leve dureza. Proteja este producto de la lluvia y de vibraciones fuertes por un mínimo de 8 horas.

LIMPIEZA

Lave las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

CURADO

Se recomienda empezar el curado con agua a partir del día siguiente después de la colocación y extenderlo por 72 horas.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Ecuador
25 kg y 40 kg
Gris

DATOS TÉCNICOS

Cumple las normas ASTM C 270, Tipo N; NTE INEN 2518, Tipo N; INTE C91, Tipo N; ASTM C 387; INTE C109.

Información de Pegablok Tipo N	Resultados
Flujo ASTM C 1437	110% ± 5%
Contenido aire ASTM C 231	≤ 14%
Retención agua ASTM C 1508	≥ 75%
Resistencia compresión a 28 días ASTM C 109	≥ 5,2 MPa

Nota: En pruebas de laboratorio corridas por INTACO, Pegablok® Tipo M sometido a cámara de humedad por 12 meses no mostró ningún deterioro. Por el contrario, su resistencia con respecto a la de los 28 días se vio incrementada.

CONTRIBUCIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE

Información de contribución con el medio ambiente	
Desvío del vertedero	Los empaques de INTACO están hechos de papel y/o plástico que pueden ser desviados del vertedero.
Materiales regionales	Lugar de extracción de los agregados y de fabricación del cemento gris (para morteros de color gris) están dentro de un radio de 804 km de la planta de fabricación.
Bajas emisiones de VOC	Contenido de VOC: 0,0 g/L (menos agua). Cumple con niveles VOC del South Coast Air Quality Management District. Pruebas bajo método de ASTM D6886-03.

RECOMENDACIONES

Puede agregar pequeñas dosis de agua adicionales durante la utilización del mortero para mantener una consistencia adecuada y maximizar la adherencia, pero deseche el producto luego de 2 horas de haber sido mezclado. Procure una forma cóncava en la junta para mejorar la adherencia y la impermeabilidad. Procure que los bloques y el producto estén frescos en el momento de la instalación. No utilice agua para mezclar con temperatura mayor de 25 °C. Procure no construir paredes de bloques si se encuentra lloviendo o si se prevé que va a llover. En caso de paredes ya instaladas, protéjalas con plástico. En la medida de lo posible, utilice una máquina morterera para realizar la mezcla. Cuando requiera instalar tuberías dentro de las paredes luego de construídas, utilice una máquina cortadora para hacer las aberturas; no golpee la estructura.

LIMITACIONES

No utilice Pegablok® Tipo N para la instalación de bloques de arcilla de alta resistencia.

ALMACENAMIENTO

El tiempo de almacenamiento es de 6 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

PRECAUCIONES

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Ficha de Seguridad.

GARANTÍA

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO repondrá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.

Última versión: 2022-07-26



COSTA RICA

 clientes.cr@intaco.com

 (506) 2205-3333

ECUADOR

 clientes.ec@intaco.com

 (593) 1700-100-200

PANAMÁ

 clientes.pa@intaco.com

 (507) 840-1200

NICARAGUA

 clientes.ni@intaco.com

 (506) 2298-0120



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México • La Ciudad de la Esperanza

GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL

Órgano del Gobierno del Distrito Federal

DÉCIMA CUARTA ÉPOCA

6 DE OCTUBRE DE 2004

TOMO I No. 103-BIS



Designation: C 67 – 05

American Association State Highway and Transportation
Officials Standard
AASHTO No.: T 32-70

Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile¹

This standard is issued under the fixed designation C 67; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.



Designation: C 348 – 02

Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars¹

This standard is issued under the fixed designation C 348; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.



Designation: C349 – 08

Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)¹

This standard is issued under the fixed designation C349; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.



Designation: C1314 – 14

Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms¹

This standard is issued under the fixed designation C1314; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.



Designation: E519/E519M – 10

Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages¹

This standard is issued under the fixed designation E519/E519M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro** con C.C: #092611977-7 autor del trabajo de titulación: **Influencia Del Enlucido En La Resistencia De Paredes De Mampostería**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de septiembre de 2022

f. Fabricio Tumbaco

Nombre: Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro

C.C: 0926119777



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Influencia Del Enlucido En La Resistencia De Paredes De Mampostería.		
AUTOR(ES)	Tumbaco Maldonado, Fabricio Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Barros Cabezas, José Andrés		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 de septiembre de 2022	No. DE PÁGINAS:	68
ÁREAS TEMÁTICAS:	Hormigón, Estructuras y Construcción		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Mortero, Enlucido, Mampostería, Ensayo De Compresión Diagonal.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El presente trabajo de titulación tiene como objetivo estudiar la influencia que tiene el enlucido en la resistencia de las paredes de mampostería mediante la incorporación del mortero como un revestimiento de la pared. Para esto se fabricaron paredes a escala en donde a un grupo de elementos se les aplicó un revestimiento de mortero en cada lado de pared. Las paredes con enlucido y sin enlucido fueron sometidas a diferentes ensayos para obtener las resistencias a compresión, tracción y flexión. Estos ensayos buscan que las paredes se comporten de una manera similar a condiciones de cargas reales sean estas gravitacionales o sísmicas. Los resultados demuestran que las paredes de mampostería con enlucido tienen un mejor comportamiento y aportan una mayor resistencia, para cargas gravitacionales la diferencia no es muy grande pero en el caso del comportamiento sísmico, especialmente fuera del plano la diferencia es significativa.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593996810405	E-mail: Fabricio.atm23@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Glas Cevallos Clara		
	Teléfono: +593-984616792		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			