



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

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE
PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON
REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO**

**AUTOR:
ANDRÉS EDUARDO SOLÓRZANO VÁSQUEZ**

**DIRECTOR:
PHD. WALTER MERA ORTIZ**

2012 - 2013

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Andrés Eduardo Solórzano Vásquez, como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Civil.

TUTOR

PHD. Walter Mera Ortiz

REVISORES

Ing. Luis Yépez Roca

Lcda. Ruth Zambrano Saltos

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas Rossi

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013.

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Andrés Eduardo Solórzano Vásquez

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla, reforzadas con fibras de acero, previa a la obtención del Título de Ingeniero Civil, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme a las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013.

EL AUTOR

Andrés Eduardo Solórzano Vásquez

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Andrés Eduardo Solórzano Vásquez

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla, reforzadas con fibras de acero, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 22 del mes de Abril del año 2013.

EL AUTOR

Andrés Eduardo Solórzano Vásquez

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

PHD. Walter Mera Ortiz
Tutor

Ing. Luis O. Yépez Roca
Profesor Delegado

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

CALIFICACIÓN

Números

Letras

PHD. Walter Mera Ortiz

Tutor

DEDICATORIA

Este trabajo de grado se los dedico a mis padres, que con su valores y experiencias, me fueron guiando a lo largo de mi vida, ayudándome a madurar y forjándome en el ámbito personal, gracias a su infinito apoyo logré un paso más, ser un profesional.

Andrés Solórzano Vásquez

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, que ha estado junto a mi siempre, a lo largo de mi vida.

A mis profesores, que con sus conocimientos y experiencias, me han enseñado y guiado a largo de esta carrera. A mi tutor el PHD. Walter Mera Ortiz, que gracias a su orientación profesional me ayudó a realizar este trabajo de grado, y a todas las personas que directa o indirectamente hicieron parte de este logro alcanzado.

Y el más especial agradecimiento a mis padres que se han preocupado porque sea un profesional exitoso, han sido mi apoyo incondicional, siempre guiándome y ayudándome sin escatimar nunca ningún tipo de recurso, sin dejar pasar ningún tipo de detalle, siempre inculcándome lo mejor, a ellos el mayor de mis agradecimientos, por ser una pieza fundamental en mi vida, por ser quien soy, gracias.

Andrés Solórzano Vásquez

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	MORTERO.....	2
1.1	MORTEROS MÁS IMPORTANTES.....	2
1.1.1	Los morteros de cal.....	2
1.1.2	El mortero de cemento.....	3
1.1.3	El mortero de cemento cola.....	3
1.1.4	Morteros Expansivos (Grout).....	4
1.1.5	Mortero autonivelante.....	4
1.2	COMPONENTE DE LOS MORTEROS MÁS IMPORTANTES.....	6
1.2.1	Materiales Aglomerantes.....	6
1.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS MORTEROS.....	8
1.3.1	Plasticidad.....	8
1.3.2	Resistencia a la compresión.....	9
1.3.3	Adherencia.....	9
1.4	PROPIEDADES DEL MORTERO.....	10
1.4.1	Propiedades en estado fresco.....	10
1.4.2	Propiedades en estado endurecido.....	10
2	BLOQUES DE ARCILLA.....	13
2.1	EL LADRILLO COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO.....	13
2.1.1	La arcilla.....	13
2.1.2	Geometría.....	13
2.1.3	Tipos de ladrillo.....	14
2.1.4	Usos.....	16
2.1.5	Aparejos.....	17
2.1.6	Exigencias para la colocación de ladrillos.....	20
2.2	FABRICACION DE LADRILLOS.....	21
2.2.1	Proceso de elaboración.....	21
2.2.2	Maduración.....	22

2.2.3 Tratamiento mecánico previo.....	23
2.2.4 Depósito de materia prima procesada.....	24
2.2.5 Humidificación.....	24
2.2.6 Moldeado.....	24
2.2.7 Secado.....	24
2.2.8 Cocción.....	25
2.2.9 Almacenaje.....	26
2.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE BLOQUES DE ARCILLA Y BLOQUES DE CEMENTO.....	26
2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DIMENSIONES COMUNES EN ECUADOR.....	26
3 INTRODUCCIÓN.....	31
3.1 VENTAJAS.....	32
3.2 USOS.....	32
3.3 MORTERO CON FIBRA DE ACERO EN PAREDES DE MAMPOSTERÍA.....	33
3.4 DURACIÓN.....	33
4 PAREDES PARA ENSAYOS.....	35
4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS.....	35
4.1.1 Materiales.....	35
4.1.2 Herramientas.....	35
4.2 MANO DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN.....	36
4.3 DOSIFICACIÓN DE LA FIBRA EN EL MORTERO.....	37
4.4 EMPLEO DE LAS FIBRAS.....	38
4.5 CURADO DE LAS PAREDES.....	39
5 ENSAYO A FLEXIÓN.....	41
5.1 NOMENCLATURAS Y PROBETAS.....	42
5.2 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS.....	43
5.3 DESMOLDE DE LAS PROBETAS.....	45
5.4 CURADO DE LAS PROBETAS.....	46

5.5	ENSAYO A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS.....	46
5.6	CRONOGRAMA DE ROTURA DE LAS PROBETAS.....	48
5.7	CÁLCULO DE LOS REFUERZOS A FLEXIÓN.....	49
5.8	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS.....	50
6	ENSAYO A COMPRESIÓN.....	56
6.1	PROCEDIMIENTO.....	56
6.2	EQUIPO UTILIZADO.....	57
6.3	EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	58
6.4	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	59
7	ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE.....	61
7.1	PROCEDIMIENTO.....	61
7.2	EQUIPO UTILIZADO.....	62
7.3	EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	62
7.4	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE.....	63
8	COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO Y PAREDES CON BLOQUE DE ARCILLA.....	65
8.1	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE ARCILLA.....	65
8.2	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE CEMENTO.....	65
8.3	GRÁFICO COMPARATIVO: PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO VS. PAREDES CON BLOQUES DE ARCILLA. (COMPRESIÓN).....	66
8.4	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE ARCILLA.....	67
8.5	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE CEMENTO.....	67
8.6	GRÁFICO COMPARATIVO: PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO VS. PAREDES CON BLOQUES DE ARCILLA. (CORTE).....	68
9	CONCLUSIONES.....	69
10	RECOMENDACIONES.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

PAG

GRÁFICO 1. AGLOMERANTE CEMENTO.....	7
GRÁFICO 2. NOMENCLATURA DE LAS CARAS Y ARISTAS DE UN LADRILLO.....	14
GRÁFICO 3. APAREJO A LO LARGO.....	17
GRÁFICO 4. APAREJO A LO ANCHO.....	18
GRÁFICO 5. APAREJO INGLES.....	19
GRÁFICO 6. APAREJO EN PANDERETE.....	19
GRÁFICO 7. APAREJO PALOMERO.....	20
GRÁFICO 8. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DIMENSIONES COMUNES EN ECUADOR.....	29
GRÁFICO 9. FIBRAS DE ACERO.....	31
GRÁFICO 10. PESO DEL RECIPIENTE.....	37
GRÁFICO 11. PESO DEL RECIPIENTE MÁS LAS FIBRAS DE ACERO.....	38
GRÁFICO 12. FIBRAS DE ACERO ESPARCIDAS EN LA MEZCLA.....	38
GRÁFICO 13. MÁQUINA PARA EL ENSAYO DE LAS PROBETAS.....	41
GRÁFICO 14. MOLDE DE LAS PROBETAS.....	43
GRÁFICO 15. COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN LOS MOLDES.....	44
GRÁFICO 16. LAS MUESTRAS LISTAS PARA SER DESMOLDADAS UNA VEZ TRANSCURRIDAS LAS 24 HORAS.....	44
GRÁFICO 17. DESMOLDE DE LAS MUESTRAS DE MORTERO MÁS FIBRA.....	45
GRÁFICO 18. DESMOLDE DE LAS MUESTRAS SOLO MORTERO.....	45
GRÁFICO 19. CURADO DE LAS PROBETAS.....	46
GRÁFICO 20. ENSAYO DE PROBETA A FLEXIÓN.....	47

GRÁFICO 21. FALLA DE LA PROBETA DE MORTERO MÁS FIBRA.....	47
GRÁFICO 22. CARGA MÁXIMA.....	48
GRÁFICO 23. FALLA DE LA PROBETA SOLO MORTERO.....	51
GRÁFICO 24. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 7 DÍAS.....	53
GRÁFICO 25. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 14 DÍAS.....	53
GRÁFICO 26. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 28 DÍAS.....	54
GRÁFICO 27. TRASLADO DE PAREDES.....	56
GRÁFICO 28. COLOCACIÓN DE LA PARED DENTRO DEL PÓRTICO.....	57
GRÁFICO 29. GATO HIDRÁULICO.....	57
GRÁFICO 30. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.....	58
GRÁFICO 31. ENSAYO DE PARED DE MORTERO MÁS FIBRA.....	59
GRÁFICO 32. PARED LISTA PARA ENSAYO.....	61
GRÁFICO 33. FALLA PRODUCIDA POR CORTANTE.....	62
GRÁFICO 34. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL.....	66
GRÁFICO 35. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A CORTE.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

PAG

TABLA 1. BLOQUE DE CEMENTO.....	27
TABLA 2. BLOQUE DE ARCILLA.....	28
TABLA 3. NOMENCLATURAS Y PROBETAS.....	42
TABLA 4. CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DE PROBETAS.....	42
TABLA 5. CRONOGRAMA DE ROTURAS DE LAS PROBETAS.....	48
TABLA 6. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS.....	50
TABLA 7. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS.....	50
TABLA 8. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS.....	51
TABLA 9. RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS.....	52
TABLA 10. ENSAYOS A LOS 28 DÍAS.....	59
TABLA 11. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS.....	63
TABLA 12. ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE ARCILLA).....	65
TABLA 13. ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE CEMENTO).....	66
TABLA 14. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE ARCILLA).....	67
TABLA 15. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE CEMENTO).....	67

CAPÍTULO I

MORTERO

1. MORTERO

Crespo (2010, p. 153) dice que “el mortero es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el relleno de paredes. Los más comunes son los de cemento y están compuestos por cemento, agregado fino y agua. Generalmente, se utilizan para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes, etc.”

1.1 MORTEROS MÁS IMPORTANTES

En base a la experiencia realizada en trabajos de construcción, podemos clasificar a los morteros de la siguiente manera, considerándolos como los más importantes y más útiles constructivamente.

1.1.1 Los morteros de cal

Crespo (2010) dice que “son aquellos morteros que están fabricados con óxido de calcio - cal, arena y agua. La cal puede ser aérea o hidráulica, diferenciándose porque la hidráulica tiene un pequeño porcentaje de silicatos, lo que la hace más recomendable para su uso en ambientes húmedos. Este tipo de morteros no se caracterizan por su gran dureza a corto plazo, sino por su plasticidad, color, y maleabilidad en la aplicación”. (p. 154).

1.1.2 El mortero de cemento

Crespo (2010) dice que es un material de construcción obtenido al mezclar arena y agua con cemento, que actúa como conglomerante. El mortero de cemento se desarrolló a mediados del siglo XIX. (p. 154). Los morteros pobres o ásperos son aquellos que tienen poca cantidad de cemento y, por consiguiente, poseen menos adherencia y resultan más difíciles de trabajar. Por otro lado, los morteros que tienen gran cantidad de cemento se retraen y muestran fisuras, además de tener mayor costo. Estos factores hacen necesario buscar una dosificación adecuada. (Crespo 2010, p. 155)

El hormigón es un mortero de cemento especial al que se añade además de los componentes ya citados grava o piedras. La falta de trabajo de los morteros puede corregirse añadiendo aditivos plastificantes. También pueden mejorarse con la adición de otro tipo de conglomerantes, como la cal, o modificando la dosificación del mortero.

1.1.3 El mortero de cemento cola

Bustillo (2008) dice que “es un tipo de mortero adhesivo para la colocación en paredes y suelos de baldosas cerámicas, tanto en interiores como exteriores. Están compuestos por cemento de color gris o blanco, carga mineral de naturaleza silícea o calcárea y algunos aditivos. La adherencia se consigue tanto de forma mecánica, por la cristalización del cemento, como de forma química, por polimerización de resinas”. (p.66)

1.1.4 Morteros Expansivos (Grout)

Bustillo (2008) dice que “es un relleno estructural para la colocación bajo estructuras y maquinaria. Mortero especializado para el relleno de espacios. Mortero que no tenga contracción o que tenga expansión positiva”. (p. 66).

Existen varios usos del término:

- Grout de construcción (si tiene contracción a largo plazo)
- Grout de precisión
- Grout para la instalación de losetas
- Grout para pisos (relacionado a pisos epóxidos)

La necesidad de diferenciar el grout es que los morteros comunes de cemento portland tienen una contracción progresiva. Esta contracción vuelve a generar un hueco en el espacio que se esté llenando. (Bustillo 2008, p.67).

1.1.5 Mortero autonivelante

Bustillo (2008) dice que “es un tipo de mortero muy líquido, utilizado como base para diversos tipos de suelos: moquetas, suelos vinílicos, pisos, flotantes, etc.” (p. 67).

1.1.5.1 Composición

Bustillo (2008) dice que “los morteros autonivelantes se empezaron a desarrollar desde la década de los 70. Este producto, al igual que el resto de morteros, se compone de cemento y arena de granulometría fina. Sus características especiales se deben al uso de aditivos que le confieren mayor fluidez, lo que facilita un acabado más liso y nivelado. A pesar de su nombre,

este tipo de morteros no se nivelan ellos solos, sino que es necesario alisarlos manualmente”. (p.68).

Los aditivos utilizados más frecuentemente son:

- Superfluidificantes, para obtener un material más fluido y fácil de extender.
- Reductores de retracción, para limitar la retracción provocada por la gran cantidad de agua de la mezcla.
- Aireantes, para mejorar la plasticidad del material, y disminuir la densidad del material.
- Modificadores de viscosidad, para evitar que el árido se decante hasta el fondo.

El empleo de estos aditivos reduce ligeramente la resistencia de este tipo de morteros frente a los morteros convencionales y su tiempo mínimo de secado es de más de 24 horas.

1.1.5.2 Uso en construcciones

Crespo (2010) dice que “los morteros autonivelantes generalmente son usados en obras donde se requiere instalar anclajes de pernos en maquinaria para la industria, para la nivelación de platinas y apoyos de máquinas, columnas, vigas, entre otros elementos estructurales. También son usados para la reparación de concreto, en estructuras dañadas por ataques climáticos, estructuras con salitre; para este tipo de reparaciones se puede usar mortero líquido para mayor rapidez y protección de la estructura”. (p.160).

1.2 COMPONENTES DE LOS MORTEROS MÁS IMPORTANTES

Bustillo (2008) dice que “los morteros tradicionales o más importantes están compuestos por un aglomerante, arena y agua y en ocasiones de algún aditivo para conseguir las propiedades deseadas”. (p. 68). Mientras más agua tiene el mortero se obtienen peores resistencias mecánicas.

1.2.1 Materiales Aglomerantes

Se llaman materiales aglomerantes aquellos materiales que, en estado pastoso y con consistencia variable, tienen la propiedad de poderse moldear, de adherirse fácilmente a otros materiales, de unirlos entre sí, protegerlos, endurecerse y alcanzar resistencias mecánicas considerables. Estos materiales son de vital importancia en la construcción para formar parte de casi todos los elementos de la misma.

Crespo (2010) dice que “los aglomerantes pueden clasificarse según su necesidad de aire para fraguar, ello quiere decir que para elegir el tipo de mortero que se debe utilizar en determinada obra, es de suma importancia considerar la clase o tipo de aglomerante que lo compone; con ello el agregado pasa a segundo lugar”. (p.95).

1.2.1.1 Clasificación de los Aglomerantes

Se clasifican en:

- Aglomerantes Aéreos
- Aglomerantes Hidráulicos

1.2.1.1.1 Aglomerantes Aéreos

Crespo (2010) dice que “estos materiales pueden ser yeso, cal, magnesia, etc. requieren necesariamente la presencia del aire para fraguar y son los que empleamos en la terminación de revoques finos o acabados externos de la vivienda” (p. 95).

1.2.1.1.2 Aglomerantes Hidráulicos

Crespo (2010) dice que “estos materiales pueden ser el cemento, cal hidráulica, hormigón, baldosa hidráulica, etc. son los que pueden fraguar con o sin presencia del aire, incluso bajo el agua, son empleados por lo general en mampostería” (p. 96).

Los aglomerantes con características hidráulicas tienen más resistencia mecánica pero menos capacidad de adherencia que los aéreos; los aglomerantes aéreos tienen poca resistencia mecánica y mucha capacidad adherente, de ahí algunas consideraciones al momento de emplearse, hay que considerar el lugar de aplicación, temperatura, humedad, etc.

GRÁFICO 1. AGLOMERANTE CEMENTO



Las mezclas ricas en aglomerante, por encima de los límites de proporción indicados que posean además la característica de contener un menor volumen de agregados, tienen la característica de ser poco trabajable en estado fresco, y como resultado pueden mostrar fisuras en estado endurecido debido a la contracción natural de fragüe del aglomerante demasiado concentrado; esto se debe a que una de las funciones del agregado es la de incorporar masa a la mezcla, con lo cual se disminuyen los efectos de contracción de fragüe, al reducir la concentración del aglomerante.

Por su parte mezclas más pobres en aglomerante, por debajo de los límites de proporción indicados que conllevan intrínsecamente un mayor volumen de agregados, se separarán en estado fresco, no formando de esta manera una masa homogénea, con lo cual en estado endurecido, no presentarán resistencia ni adherencia.

1.3 CARACTERÍSTICA DE LOS MORTEROS

Los morteros presentan las siguientes características:

- Plasticidad
- Resistencia a la Compresión
- Adherencia

1.3.1 Plasticidad

Bustillo (2008) dice que “la plasticidad ayuda a lograr una buena unión entre los elementos constructivos cuando colocamos mampuestos, así como disminuir la penetración de agua en los cerramientos terminados” (p. 70).

1.3.2 Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión debe ser lo más elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. Para obtener una resistencia óptima de un mortero para muros a los 28 días se puede emplear la siguiente combinación:

Cemento - Cal - Arena

1:1:7

Cemento - Arena (Esta dosificación necesita siempre de aditivos por plasticidad)

1:6

1.3.3 Adherencia

La adherencia es una característica propia de los morteros de albañilería; es la propiedad que poseen los morteros de adherirse a los materiales con los cuales están en contacto (piedra, ladrillos, acero, etc.)

Los mecanismos de adherencia actúan en ambas fases del mortero (fresco y endurecido) proporcionando porosidad, rugosidad y una relación directa entre la resistencia a la compresión y la adherencia del mortero endurecido.

La diferencia entre porosidad y permeabilidad es la siguiente:

Bustillo (2008) dice que “la porosidad se presenta cuando por el fenómeno de la capilaridad, los vacíos existentes en un mortero pueden llenarse de líquido; en cambio la permeabilidad es la cantidad de agua que puede ingresar al mortero en una hora y a determinada presión” (p. 75).

1.4 PROPIEDADES DEL MORTERO

Podemos decir que las propiedades del mortero se van a presentar según su estado, este puede estar en estado fresco o en estado endurecido.

1.4.1 Propiedades en estado fresco

Se denomina a aquellas propiedades que hacen que el mortero sea trabajable y deformable plásticamente bajo la acción de pequeños esfuerzos.

- **Fluidez**

Permite deslizar la cuchara y posicionar los mampuestos

- **Cohesión**

Depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.

- **Retención**

Permite mejorar el trabajo, el agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos.

1.4.2 Propiedades en estado endurecido

Son aquellas que adquiere el mortero luego de haber alcanzado la edad necesaria para su resistencia mecánica.

- **Resistencia a la compresión**

Está asociada a la durabilidad e impermeabilidad. Interviene en la resistencia mecánica del muro.

- **Modulo deformación**

Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales.

- **Retracción secado**

Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de retracción.

CAPÍTULO II

BLOQUES

DE

ARCILLA

2. BLOQUES DE ARCILLA

Ferri (2011) dice que “el bloque de arcilla, también conocidos como ladrillo, es una pieza de construcción generalmente cerámica y con forma ortoédrica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de un operario. Se emplea en albañilería para la ejecución de obras en general” (p. 185).

2.1 EL LADRILLO COMO ELEMENTO CONSTRUCTIVO

2.1.1 La arcilla

Jiménez (2007) dice que “la arcilla con la que se elaboran los ladrillos es un material sedimentario de partículas muy pequeñas de silicatos hidratados de alúmina, además de otros minerales como el caolín, la montmorillonita y la illita” (p. 46).

Se considera el adobe como el precursor del ladrillo, puesto que se basa en el concepto de utilización de barro arcilloso para la ejecución de muros, aunque el adobe no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción. El ladrillo es la versión irreversible del adobe, producto de la cocción a altas temperaturas (350°).

2.1.2 Geometría

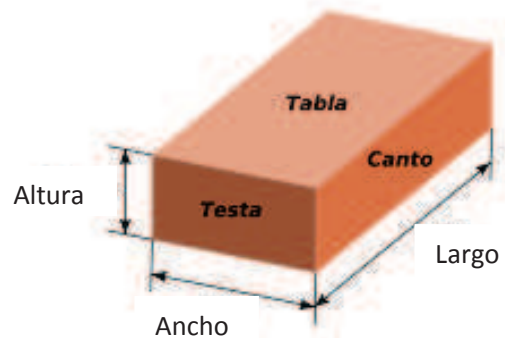
Jiménez (2007) indique su forma es la de un prisma rectangular, en el que sus diferentes dimensiones reciben el nombre de ancho, largo y alto, siendo el largo su dimensión mayor. Así mismo, las diferentes caras del ladrillo reciben el nombre de tabla, canto y testa (la tabla es la mayor). Por lo general, el largo es del doble de longitud que el ancho o, más exactamente,

dos veces el ancho más una junta, lo que permite combinarlos libremente. El alto del ladrillo, por el contrario, puede no estar modulado.

Existen diferentes formatos de ladrillo, por lo general son de un tamaño que permita manejarlo con una mano. En particular, destacan el formato métrico, en el que las dimensiones son 24 x 11,5 x 5,25 cm (cada dimensión es dos veces la inmediatamente menor, más 1 cm de junta).

Actualmente también se utilizan por su gran demanda, dado su reducido costo en obra, medidas de 50 x 24 x 5 cm.

GRÁFICO 2. NOMENCLATURA DE LAS CARAS Y ARISTAS DE UN LADRILLO



FUENTE: www.monografías.com

2.1.3 Tipos de ladrillo

Según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- **Ladrillo perforado**

Son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Se utilizan en la ejecución de fachadas de ladrillo.

- **Ladrillo macizo**

Aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla. Algunos modelos presentan rebajes en dichas tablas y en las testas para ejecución de muros sin llagas.

- **Ladrillo tejar o manual**

Simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.

- **Ladrillo aplantillado**

Aquel que tiene un perfil curvo, de forma que al colocar una hilada de ladrillo, generalmente a sardinel, conforman una moldura corrida. El nombre proviene de las plantillas que utilizaban los canteros para labrar las piedras, y que se utilizan para dar la citada forma al ladrillo.

- **Ladrillo hueco**

Son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa que reducen el peso y el volumen del material empleado en ellos, facilitando su corte y manejo. Aquellos que poseen orificios horizontales son utilizados para tabiquería que no vaya a soportar grandes cargas.

Pueden ser de varios tipos:

- Rasilla: su largo y ancho son mucho mayores que su grueso.
- Ladrillo hueco simple: posee una hilera de perforaciones en la testa.
- Ladrillo hueco doble: con dos hileras de perforaciones en la testa.
- Ladrillo hueco triple: posee tres hileras de perforaciones en la testa.

- **Ladrillo caravista**

Son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.

- **Ladrillo refractario**

Se coloca en lugares donde debe soportar altas temperaturas como hornos o chimeneas.

2.1.4 Usos

Ferri (2011) dice que “los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones. Se utiliza principalmente para construir paredes, muros o tabiques. Aunque se pueden colocar a hueso, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos” (p. 200).

2.1.5 Aparejos

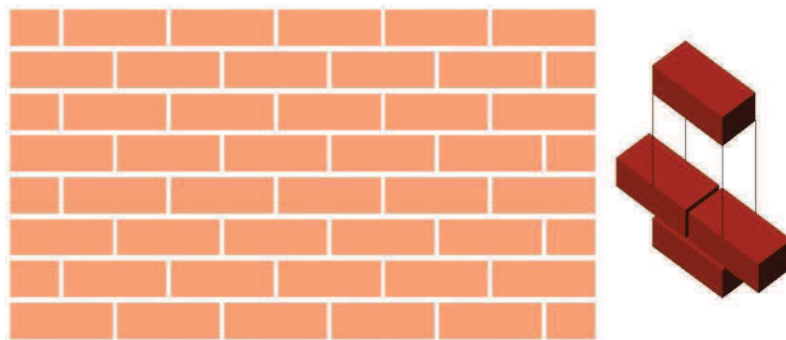
Jiménez (2007) dice que “es la ley de traba o disposición de los ladrillos en un muro, que estipula desde las dimensiones del muro hasta los encuentros y los enjarjes, de manera que el muro suba de forma homogénea en toda la altura del edificio” (p. 55).

Algunos tipos de aparejos son los siguientes:

- **Aparejo a lo largo**

Las caras del muro se forman por el largo del ladrillo, tiene un espesor de medio pie (el ancho) y es muy utilizado para fachadas de ladrillo cara vista.

GRÁFICO 3. APAREJO A LO LARGO



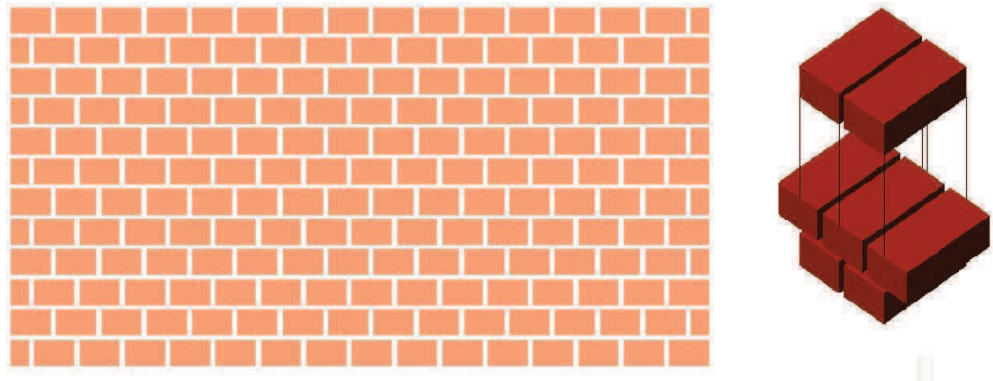
FUENTE: www.monografías.com

- **Aparejo a lo ancho**

En este caso el ancho forma los costados del muro y su espesor es de 1 pie (el largo). Muy utilizado en muros que soportan cargas estructurales

(portantes) que pueden tener entre 12,5 cm y 24 cm colocados a media asta o largo.

GRÁFICO 4. APAREJO A LO ANCHO



FUENTE: www.monografías.com

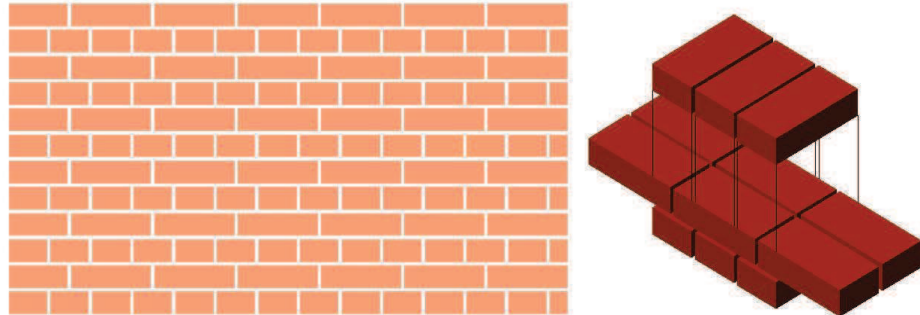
- **Aparejo a sardinel**

Aparejo formado por piezas dispuestas a sardinel, es decir, de canto, de manera que se ve el ancho

- **Aparejo inglés**

En este caso se alternan ladrillo a lo largo y ancho, trabando la llaga a ladrillo terciado, y con un espesor de 1 pie (el largo). Se emplea mucho para muros portantes en fachadas de ladrillo cara vista. Su traba es mejor que el muro a lo ancho pero su puesta en obra es más complicada y requiere mano de obra más experimentada. El dibujo no se corresponde con el tipo de aparejo.

GRÁFICO 5. APAREJO INGLÉS

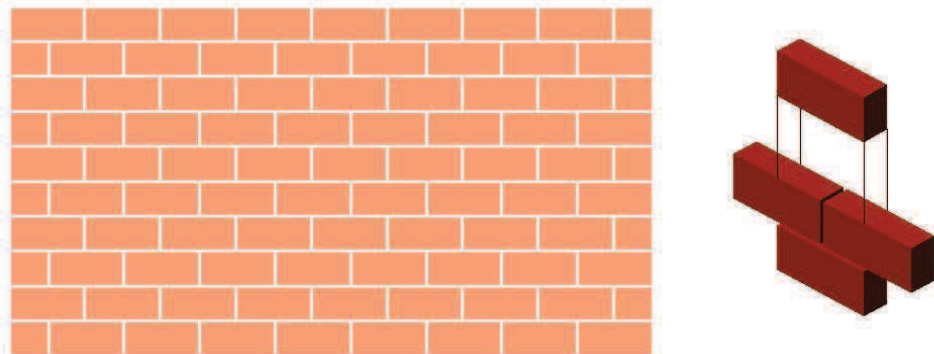


FUENTE: www.monografias.com

- **Aparejo en panderete**

Es el empleado para la ejecución de tabiques, su espesor es la altura de la pieza y no está preparado para absorber cargas excepto su propio peso.

GRÁFICO 6. APAREJO EN PANDERETE

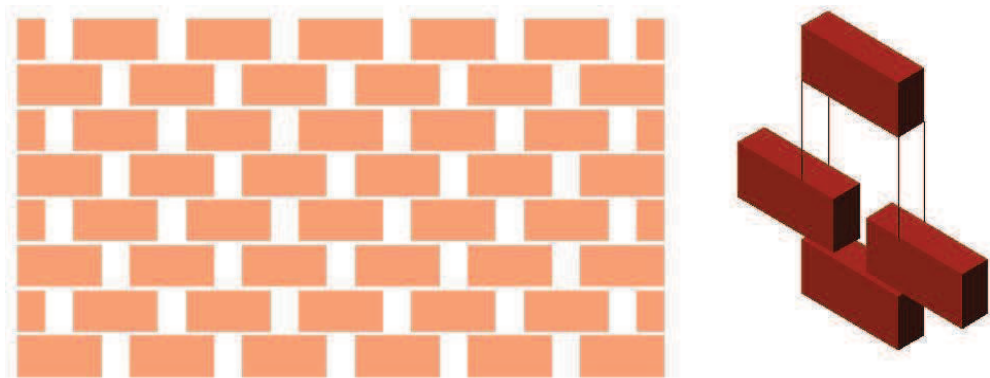


FUENTE: www.monografias.com

- **Aparejo palomero**

Es como el aparejo en panderete pero dejando huecos entre las piezas horizontales. Se emplea en aquellos tabiques provisionales que deben dejar ventilar la estancia y en un determinado tipo de estructura de cubierta.

GRÁFICO 7. APAREJO PALOMERO



FUENTE: www.monografías.com

2.1.6 Exigencias para la colocación de ladrillos

A continuación algunas sugerencias y exigencias en cuanto la colocación de los ladrillos:

- Colocarlos perfectamente mojados
- Colocarlos apretándolos de manera de asegurar una correcta adherencia del mortero
- Hiladas horizontales y alineadas
- Las juntas verticales irán alternadas sin continuidad con espesor de 1,5 cm.

- Los muros que se crucen o empalmen deberán ser perfectamente trabados
- Se controlará el plomo y nivel de las hiladas
- No se permite el empleo de clavos, alambres o hierros para la traba de paredes o salientes
- Las paredes irán unidas a las estructuras por armadura auxiliar (hierro 6mm de diámetro)

2.2 FABRICACIÓN DE LADRILLOS

2.2.1 Proceso de elaboración

Jiménez (2007) dice que hoy en día, en cualquier fábrica de ladrillos se llevan a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso al proceso de empaquetado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio.

Las partículas de los materiales son capaces de absorber higroscópicamente hasta un 70% de su peso en agua. Cuando está hidratada, la arcilla adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, a diferencia de cuando está seca; estado en el que presenta un aspecto terroso.

Durante la fase de endurecimiento, por secado o por cocción, el material arcilloso adquiere características de notable solidez, y experimenta una disminución de masa, por pérdida de agua, de entre un 5 y un 15%.

Una vez seleccionado el tipo de arcilla el proceso puede resumirse en:

- Maduración
- Tratamiento mecánico previo
- Depósito de materia prima procesada
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Almacenaje

2.2.2 Maduración

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogenización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

Jiménez (2007) dice que el reposo a la intemperie tiene la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de partículas arcillosas. La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece además la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

2.2.3 Tratamiento mecánico previo

Después de la maduración, que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración, que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. Los instrumentos utilizados en la pre-elaboración, para un tratamiento puramente mecánico suelen ser:

- Rompe-terrones, como su propio nombre indica, sirve para reducir las dimensiones de los terrones hasta un diámetro de entre 15 y 30 mm.
- Eliminador de piedras, está constituido generalmente por dos cilindros que giran a diferentes velocidades, capaces de separar la arcilla de las piedras.
- Desintegrador, se encarga de triturar los terrones de mayor tamaño, más duros y compactos, por la acción de una serie de cilindros dentados.
- Laminador refinador, está formado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación, entre sí, de 1 a 2 mm, espacio por el cual se hace pasar la arcilla someténdola a un aplastamiento y un planchado que hacen aún más pequeñas las partículas.

En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar todavía en el interior del material.

2.2.4 Depósito de materia prima procesada

Jiménez (2007) dice que a “la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico-químicas” (p. 25).

2.2.5 Humidificación

Jiménez (2007) dice que antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla de los silos y se lleva a un laminador refinador, y posteriormente a un mezclador humedecedor, donde se agrega agua para obtener la humedad precisa.

2.2.6 Moldeado

Jiménez (2007) dice que “el moldeado consiste en hacer pasar la mezcla de arcilla a través de una boquilla al final de la estructura. La boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir” (p. 26).

El moldeado se suele hacer en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130 °C y a presión reducida. Procediendo de esta manera se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

2.2.7 Secado

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material,

más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para poder pasar a la fase de cocción.

Jiménez (2007) dice que “esta fase se realiza en secaderos que pueden ser de diferentes tipos” (p. 27). A veces se hace circular aire de un extremo a otro por el interior del secadero, y otras veces es el material el que circula por el interior del secadero sin inducir corrientes de aire. Lo más normal es que la eliminación del agua del material crudo se lleve a cabo insuflando aire caliente con una cantidad de humedad variable. Eso permite evitar golpes termohigrométricos que puedan producir una disminución de la masa de agua a ritmos diferentes en distintas zonas del material y, por lo tanto, a producir fisuras localizadas.

2.2.8 Cocción

Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud, y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C.

En el interior del horno la temperatura varía de forma continua y uniforme. El material secado se coloca en carros especiales, en paquetes estándar y es introducido por una de las extremidades del túnel saliendo por el extremo opuesto una vez que está cocido.

Es durante la cocción cuando se produce la sinterización, de manera que la cocción resulta una de las instancias cruciales del proceso en lo que a la resistencia del ladrillo respecta.

2.2.9 Almacenaje

Jiménez (2007) dice que antes del “embalaje se procede a la formación de paquetes sobre pallets, que permitirán después moverlos fácilmente con carretillas de horquilla” (p. 28). El proceso de embalaje consiste en envolver los paquetes con cintas de plástico o de metal, de modo que puedan ser depositados en lugares de almacenamiento, para posteriormente ser trasladados en camión.

2.3 CUADRO COMPARATIVO ENTRE BLOQUES DE ARCILLA Y BLOQUE DE CEMENTO

Observar tablas 1 y 2.

2.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DIMENSIONES COMUNES EN ECUADOR

- Los bloques de arcilla son más grandes, de 1 a 2 bloques por m², que los bloques de cemento en Ecuador.
- Los bloques de arcilla son más livianos, permiten mejor movilidad y ahorro en mano de obra, hay bloques de arcillas lisos los cuales no se enlucen, dando una apariencia sobria y elegante en el acabado.
- Son refractarios a la temperatura
- Aislantes térmico, no permiten el paso del frío o del calor
- Mínima absorción,
- No permiten el paso del ruido (Acústico)

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

TABLA 1. BLOQUE DE CEMENTO

Unidad	Peso	Resistencia a	Absorción
cm	kg.	la Compresión	
10 x 20 x 40	11.3	No menor de 8.8 MPa (90 Kg/cm ²)	18%
12 x 20 x 40	12.4		
15 x 20 x 40	15.5		

Su peso específico es de: 1,400 kgf/m³.

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

TABLA 2. BLOQUE DE ARCILLA

Unidad	Peso	Resistencia a	Absorción
cm	kg.	la Compresión	
10 x 20 x 40	5.33	No menor de 4.9 MPa (50 Kg/cm ²)	17.1%
12 x 20 x 40	6.00		
15 x 20 x 40	6.66		

Su peso específico es de: 1,250 kgf/m³.

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

GRÁFICO 8. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DIMENSIONES COMUNES EN ECUADOR

BLOQUE RAYADO DE PARED

Cod.	Detalle	Cont./m ²	Medidas	Peso/Lts
1	Bloque Rasilla Rayada	8	10 x 30 x 41	24,00
2	Bloque Rasilla Rayada	8	07 x 30 x 41	19,58
3	Bloque Rasilla Rayada	12	07 x 20 x 41	11,66
4	Bloque 4H Rayada	12	08 x 20 x 41	13,42
5	Bloque 8H Rayada	12	10 x 20 x 41	16,00



BLOQUE DE LOSA

Cod.	Detalle	Cont./m ²	Medidas	Peso/Lts
6	Bloque 9H Rayada	12	15 x 20 x 41	19,14
7	Bloque 9H Rayada	12	20 x 20 x 41	25,74
8	Bloque 12H Rayada	12	20 x 25 x 41	28,38



BLOQUE LISO DE PARED

Cod.	Detalle	Cont./m ²	Medidas	Peso/Lts
9	Bloque Rasilla Liso	12	07 x 20 x 41	11,00
10	Bloque 4H Liso	12	08 x 20 x 41	12,00
11	Bloque 8H Liso	12	10 x 20 x 41	16,00
12	Bloque 9H Liso	12	15 x 20 x 41	22,00



FUENTE: Alfadomus

CAPÍTULO III

FIBRA ARTIFICIAL DE ACERO

Es por esto que este trabajo de grado pretende aprovechar las bondades de la fibra de acero en paredes de mampostería, dándole una mayor resistencia a la comprensión y a la tracción, resistencias que serán comprobadas en base a los respectivos ensayos.

3.1 VENTAJAS

- Reducción de tiempo y costo de construcción hasta 30%
- Ahorro de desperdicios por traslape y armado de refuerzo
- Ahorro directo en hormigón por vertido directo del mixer en pisos o losas, no se necesita bombeo. El mixer puede transitar sobre terreno compactado
- Reducción del costo de mantenimiento y construcción de juntas al permitir hacerlas más distanciadas
- Menor costo de mantenimiento por tener un concreto más durable
- Incremento de la capacidad de carga frente a los refuerzos convencionales
- Mayor resistencia a la fatiga y al impacto
- Mayor velocidad en ejecución comparado con los refuerzos convencionales
- Mayor durabilidad del concreto por tener mejor control de fisuras

3.2 USOS

Las fibras de acero pueden ser usadas en muchas obras de ingeniería civil, por ejemplo:

- Pisos industriales, steel deck y pavimentos
- Túneles y revestimiento de taludes
- Puentes y elementos prefabricados

3.3 MORTERO CON FIBRA DE ACERO EN PAREDES DE MAMPOSTERÍA

La propuesta de construir paredes más resistentes usando las fibras de acero, se hace en vista de que muchas veces las paredes hechas con mortero convencional, se fisuran fácilmente, la idea de implementar esta fibra al mortero es evitar eso y dar mayor resistencia a la pared como tal.

En base a la investigación realizada he considerado que la fibra es muy conveniente y que esta trabaja de una manera tridimensional, ya que al ser mezclada con el mortero actúa en los tres planos, ayudando a contener algún tipo de fisura que se llegase a presentar en la pared, además de esto podemos concluir que:

- Existe refuerzo en toda la mezcla
- Siempre habrá acero en el lugar correcto en el momento correcto, lo que impedirá que una fisura pase a la parte superior ya que redistribuye esfuerzos
- Se reducen los tiempos de construcción al no tener que habilitar acero tradicional
- Tiene una resistencia al impacto muy superior a un concreto tradicional

3.4 DURACIÓN

El hormigón o mortero con fibras de acero es más duradero que el hormigón normal del mismo diseño de mezcla. Las fibras dentro del entorno alcalino del hormigón están protegidas contra la corrosión.

Con la correcta selección de mezcla y utilizando los procesos normales de acabado, muy pocas fibras quedaran expuestas en la superficie de la pared.

CAPÍTULO IV

CONSTRUCCIÓN DE PAREDES PARA ENSAYOS

4. PAREDES PARA ENSAYOS

Para la realización de los ensayos tanto a compresión como de cortante se construyeron ocho paredes con bloques de arcillas, cuatro paredes construidas solo con mortero y cuatro paredes construidas con mortero más fibra de acero.

De las cuales se ensayó una pared con mortero a compresión y una pared con mortero a cortante, además una pared con mortero más fibra a compresión y una pared con mortero más fibra a cortante. Dejando cuatro paredes más para ensayos de durabilidad. Las dimensiones de las paredes son de 1.10m x 1.10m, con un enlucido promedio de 1.5cm por cada cara.

4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS

4.1.1 Materiales

Los materiales Utilizados:

- 200 bloques de arcillas
- 15 sacos de cemento
- 15 sacos de arena
- 1 caja de fibra de acero (20 kg)

4.1.2 Herramientas

Para la construcción de las paredes se utilizaron herramientas menores que se detallan a continuación:

- Plomada, utilizada para comprobar las irregularidades verticales al momento de construir la pared
- Nivel, sirve para verificar las paredes se construyan de forma correcta en sentido vertical y horizontal, y también cuando se moldean los filos para que queden nivelados
- Flexómetro, se utiliza para medir las dimensiones de las paredes
- Bailejo, herramienta con la que se mezclan los componentes del mortero, también es utilizada para el enlucido
- Cajón, es el recipiente donde se elabora el mortero
- Regla, utilizada para enlucir para sacar el excedente de mortero y dejar el enlucido a la medida que se necesite
- Paleta, se la utiliza para dar el acabado a las paredes y filos

4.2 MANO DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de las paredes se utilizaron 2 albañiles y 3 oficiales, por una semana de trabajo aproximadamente.

Las paredes se levantaron sobre tiras de cartón, para facilitar su traslado hasta el interior del laboratorio. A medida que se iban pegando los bloques con el mortero se iban apuntalando las paredes para evitar que estas se caigan.

Las paredes se construyeron en forma sucesiva, una vez pegados los bloques, se procedió a enlucirlas y a sacar filo.

4.3 DOSIFICACIÓN DE LA FIBRA EN EL MORTERO

Para la construcción de las paredes con fibra de acero se utilizó 1.5 kg por saco de cemento. Luego se procedió a coger un recipiente práctico para colocar las fibras y pesarlas.

El peso del recipiente es de 10.3 gr.; el recipiente más las fibras de acero pesa 503.4 gr. Así que se vertió tres veces el recipiente con las fibras de acero dentro del cajón de la mezcla del mortero para alcanzar la dosificación deseada.

A continuación el detalle:

Para la construcción de las paredes se utilizó la proporción, cemento- arena de 1:2, como se especifica:

- Arena 100 000 gr.
- Cemento 50 000 gr.
- Agua 22 540 gr.
- Fibras de acero 1 500 gr.

GRÁFICO 10. PESO DEL RECIPIENTE



FUENTE: Andrés Solórzano

GRÁFICO 11. PESO DEL RECIPIENTE MÁS LAS FIBRAS DE ACERO



FUENTE: Andrés Solórzano

4.4 EMPLEO DE LAS FIBRAS

Se procedió a esparcir las fibras a mano con el fin de tener una mezcla uniforme sobre la arena y el cemento previamente pesada, una vez dispersó todo el material de forma uniforme, se mezcló con una pala y bailejo hasta obtener una masa de carácter homogénea.

GRÁFICO 12. FIBRAS DE ACERO ESPARCIDAS EN LA MEZCLA



FUENTE: Andrés Solórzano

4.5 CURADO DE LAS PAREDES

Una vez terminadas las paredes, se procedió a regarlas diariamente, curándolas, para evitar el agrietamiento producto del rápido fraguado. Lo ideal es que las paredes no presenten ningún tipo de fisuras en el momento de ensayarlas.

CAPÍTULO V

**Pruebas experimentales del
comportamiento del mortero de
cemento reforzado con fibras de
acero**

ENSAYO A FLEXIÓN

5. ENSAYO A FLEXIÓN

Para llevar a cabo el ensayo a flexión del mortero de cemento se tomó como referencia la Norma ASTM C-348-97 (Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars).

GRÁFICO 13. MÁQUINA CONTROLS 50 KN.



MÁQUINA PARA REALIZAR EL ENSAYO DE LAS PROBETAS

Para la identificación de las probetas, se las ha clasificado por fecha de moldeo y en la siguiente prueba se han considerado probetas de dos composiciones diferentes de mortero de 40x40x160 mm:

- Las primeras en estado puro
- Y otras con fibras de acero

5.1 NOMENCLATURAS Y PROBETAS

TABLA 3. NOMENCLATURAS Y PROBETAS

Tipo	Descripción	Nomenclatura
1	Mortero	S/M
2	Mortero + Fibra	M + F

TABLA 4. CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DE PROBETAS

NOVIEMBRE 2012						
LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
29	30	31	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23 6 M + F	24 6M + F (Desmolde)	25
26	27	28 6 S/M	29 6.S/M (Desmolde)	30	1	2

5.2 ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS

Para la elaboración de las probetas se realizó el siguiente proceso:

- Se tomó una pequeña muestra de la mezcla con la que se estaban construyendo las paredes
- Se procedió a limpiar el molde y se lo engrasó para que al momento de desmoldar la muestra no se pegue

GRÁFICO 14. MOLDE DE LAS PROBETAS



FUENTE: Andrés Solórzano

- Se coloca el mortero en el molde metálico en capas uniformes de 15mm, las cuales se compactaron para eliminar burbujas de aire o vacíos con una espátula especial que no retiene agua con el fin que la mezcla no pierda humedad, inmediatamente se golpeó el molde a su alrededor con un martillo de goma, con la precaución que el material no se segregue.

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

- Para concluir se enraza la superficie eliminando cualquier excedente de material posible.

GRÁFICO 15. COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN LOS MOLDES



FUENTE: Andrés Solórzano

GRÁFICO 16. LAS MUESTRAS LISTAS PARA SER DESMOLDADAS UNA VEZ TRANSCURRIDAS LAS 24 HORAS

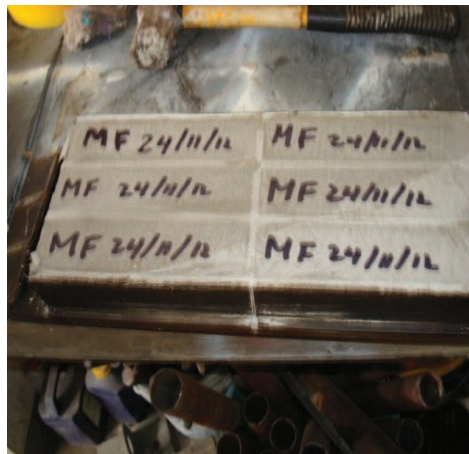


FUENTE: Andrés Solórzano

5.3 DESMOLDE DE LAS PROBETAS

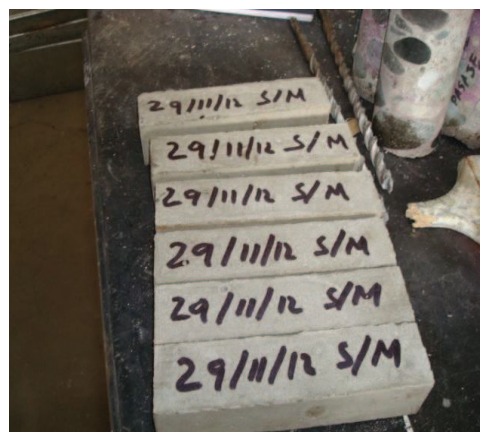
Una vez concluido el proceso de elaboración de las probetas, se las deja reposar en el molde por un lapso de 24 horas hasta que hayan fraguado para proceder a desmoldarlas.

GRÁFICO 17. DESMOLDE DE LAS MUESTRAS DE MORTERO MÁS FIBRA



FUENTE: Andrés Solórzano

GRÁFICO 18. DESMOLDE DE LAS MUESTRAS SOLO MORTERO

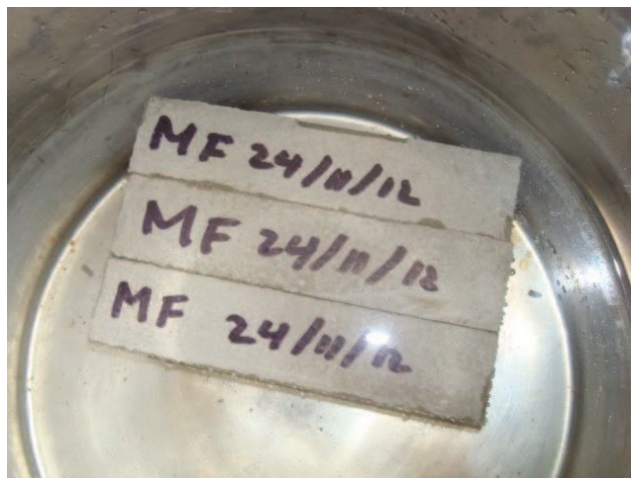


FUENTE: Andrés Solórzano

5.4 CURADO DE LAS PROBETAS

Luego de haber ejecutado el desmolde de las probetas, se realizó el curado respectivo en una piscina de agua por los siguientes 7, 14 y 28 días para luego someterlas a los ensayos correspondientes de flexión.

GRÁFICO 19. CURADO DE LAS PROBETAS



FUENTE: Andrés Solórzano

5.5 ENSAYO A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS

Para el ensayo a flexión se retira las probetas del reservorio por el tiempo determinado (7, 14 y 28 días), se las lleva a la máquina de ensayo y se procede a aplicar la carga a velocidad constante hasta que el elemento falle y se registra la máxima carga que ha soportado.

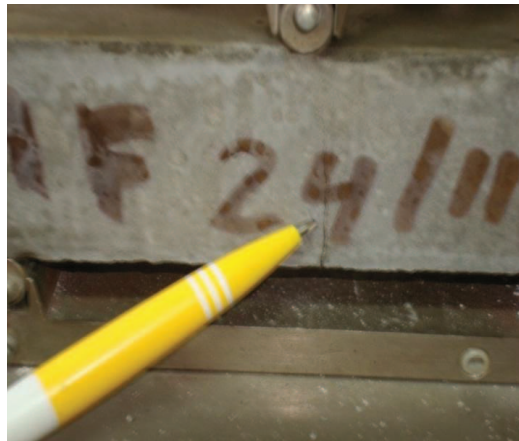
GRÁFICO 20. ENSAYO DE PROBETA A FLEXIÓN



FUENTE: Andrés Solórzano

- La carga se ejerce en el centro y perpendicular a la sección más corta de la probeta como se muestra en el gráfico 20.

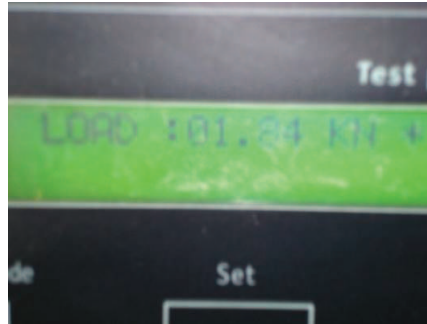
GRÁFICO 21. FALLA DE LA PROBETA DE MORTERO MÁS FIBRA



FUENTE: Andrés Solórzano

Como se puede observar en el gráfico 21, al ensayar la probeta se genera una fuerza que provoca una fisura central, a pesar de eso, la probeta no falla por completo en su totalidad gracias a la intervención de la fibra de acero.

GRÁFICO 22. CARGA MÁXIMA



FUENTE: Andrés Solórzano

El gráfico 22 nos indica la carga máxima que ha soportado la probeta de mortero más fibra a los 7 días.

5.6 CRONOGRAMA DE ROTURA DE LAS PROBETAS

TABLA 5. CRONOGRAMA DE ROTURAS DE LAS PROBETAS

DICIEMBRE 2012						
LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM
26	27	28	29	30	1 2 M+F 7 días	2
3	4	5	6 2 S/M 7 días	7	8 2 M+F 14 días	9
10	11	12	13 2 S/M 14 días	14	15	16
17	18	19	20	21	22 2 M+F 28 días	23
24	25	26	27 2 S/M 28 días	28	29	30

5.7 CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS A FLEXIÓN

La siguiente fórmula se emplea para el cálculo a flexión:

$$R_f = \frac{Mc}{I}$$

- En donde:

R_f: Esfuerzo a flexión

M: Momento Máximo

I: Inercia

- Si:

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$I = \frac{h}{2}$$

$$b = h$$

- Se obtiene lo siguiente:

$$Z = \frac{1,5PL}{h^3}$$

P= Fuerza N

L= 120mm

h= 40mm

5.8 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS

En la tabla 6 se puede observar los ensayos a los 7 días.

TABLA 6. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 7 DÍAS

Probetas	Carga (KN)
01-12-2012 / M+F	1,84
01-12-2012 / M+F	1,50
06-12-2012 / S/M	1,50
06-12-2012 / S/M	1,69

En la tabla 7 se puede observar los ensayos a los 14 días.

TABLA 7. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 14 DÍAS

Probetas	Carga (KN)
08-12-2012 / M+F	2,14
08-12-2012 / M+F	1,91
13-12-2012 / S/M	1,80
13-12-2012 / S/M	1,79

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

En la tabla 8 se puede observar los ensayos a los 28 días.

TABLA 8. ENSAYOS A FLEXIÓN A LOS 28 DÍAS

Probetas	Carga (KN)
22-12-2012 / M+F	2,31
22-12-2012 / M+F	2,41
27-12-2012 / S/M	2,53
27-12-2012 / S/M	2,53

GRÁFICO 23. FALLA DE LA PROBETA SOLO MORTERO



FUENTE: Andrés Solórzano

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

TABLA 9. RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS

Días de Curado	Probetas	Fuerza (KN)	Resistencia Flexión (Mpa)	Resistencia Promedio (Mpa)
7	M+F 1	1,84	5,18	4,70
7	M+F 2	1,50	4,22	
7	S/M 1	1,50	4,22	4,49
7	S/M 2	1,69	4,75	
14	M+F 1	2,14	6,02	5,70
14	M+F 2	1,91	5,37	
14	S/M 1	1,80	5,06	5,05
14	S/M 2	1,79	5,03	
28	M+F 1	2,31	6,50	6,64
28	M+F 2	2,41	6,78	
28	S/M 1	2,53	7,12	7,12
28	S/M 2	2,53	7,12	

GRÁFICO 24. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 7 DÍAS

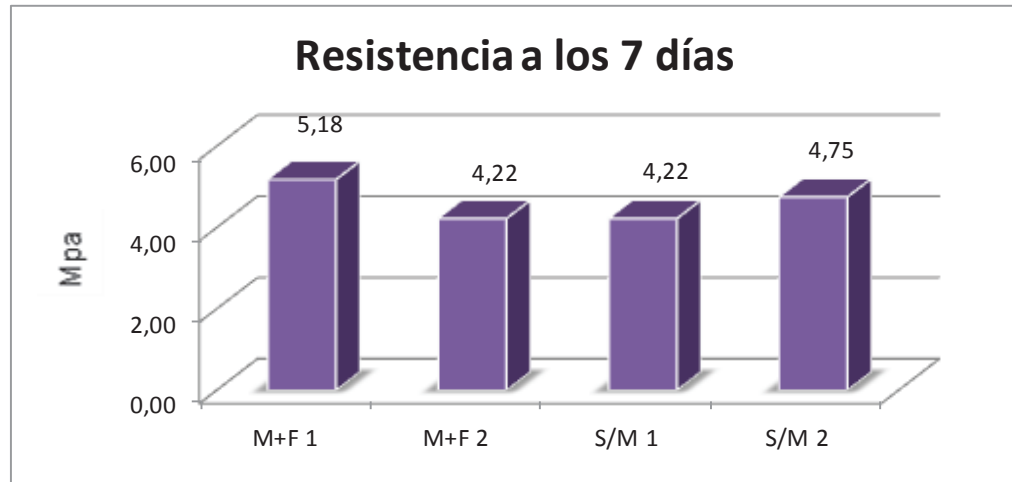


GRÁFICO 25. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 14 DÍAS

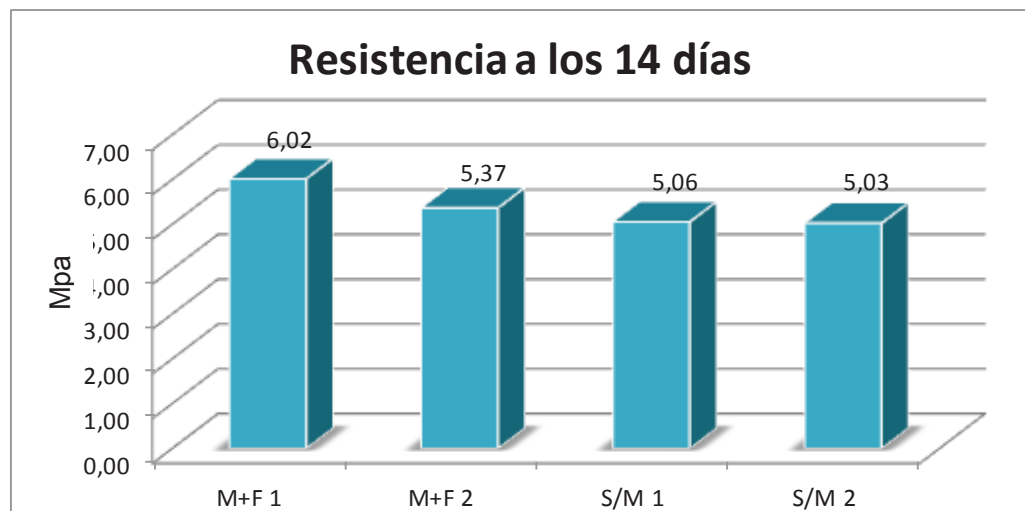
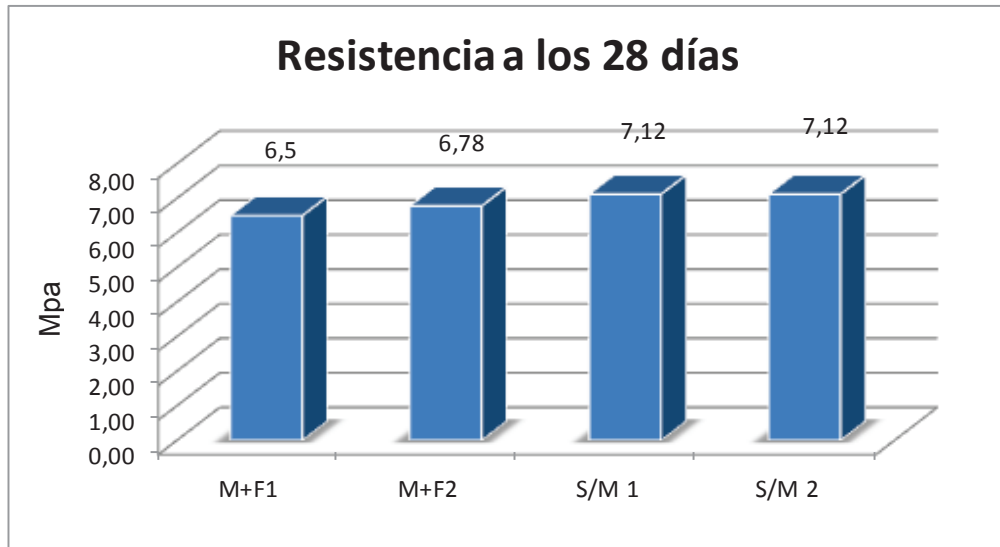


GRÁFICO 26. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LAS PROBETAS A LOS 28 DÍAS



CAPÍTULO VI

**Pruebas experimentales del
comportamiento del mortero de
cemento reforzado con fibras de
acero**

ENSAYO A COMPRESIÓN

6. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para determinar la resistencia de la pared o su deformación realizamos el ensayo técnico de compresión diagonal. En base a este ensayo pudimos hacer el estudio comparativo entre el mortero simple y el mortero más la fibra de acero.

6.1 PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo de compresión diagonal primero se trasladaron las paredes hasta el lado lateral del laboratorio de estructuras “CEINVES”. Una vez ahí, las paredes se las amarraron con una banda, siendo elevadas con un teclé y llevadas hasta el interior del laboratorio, para minutos después ensayarlas.

GRÁFICO 27. TRASLADO DE PAREDES



FUENTE: Andrés Solórzano

Luego se ajusta la altura de la viga metálica del pórtico a la altura de la pared, dejando espacio considerable para la colocación del gato hidráulico,

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

esto es 2.00 m. aproximadamente y poco a poco se coloca la pared dentro del pórtico para su respectivo ensayo.

GRÁFICO 28. COLOCACIÓN DE LA PARED DENTRO DEL PÓRTICO



FUENTE: Andrés Solórzano

6.2 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado es un gato hidráulico marca ENERPAC, con capacidad de hasta 112 KN. Además, herramientas menores, como llave de tuercas, rache, etc.

GRÁFICO 29. GATO HIDRÁULICO



FUENTE: Andrés Solórzano

6.3 EJECUCIÓN DEL ENSAYO

Una vez listas las paredes las colocamos en el interior del pórtico en forma de rombo, sobre bases rectangulares de acero, donde se asientan la punta de la pared. Se trata en lo posible que las paredes no se fisuren ni se rajen en la manipulación ni en la colocación en el interior del pórtico, para que no haya imprecisión en la hora del resultado de la compresión de dicha pared.

GRÁFICO 30. EJECUCIÓN DEL ENSAYO



FUENTE: Andrés Solórzano

Una vez colocadas las paredes en su sitio, se la gradúa y se la inmoviliza con la ayuda del gato hidráulico, de ahí se empieza aplicar ciclos de carga de 100 psi hasta que el elemento falle.

Se ensayaron dos paredes, una con contenido de solo mortero y la otra con mortero más fibra de acero.

GRÁFICO 31. ENSAYO DE PARED DE MORTERO MÁS FIBRA



FUENTE: Andrés Solórzano

6.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

TABLA 10. ENSAYOS A LOS 28 DÍAS

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	5000	70.00
Mortero + Fibra	6500	91.00

CAPÍTULO VII

**Pruebas experimentales del
comportamiento del mortero de
cemento reforzado con fibras de
acero**

ENSAYO A CORTANTE

7. ENSAYO DE RESISTENCIA AL CORTE

Para determinar la resistencia al corte trabajamos con una nueva pared y se le aplicó una fuerza normal, así mismo una vez ensayada se hizo un estudio comparativo entre la pared con mortero simple y la pared con la fibra de acero.

7.1 PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo de resistencia al corte, de igual manera se trasladaron las paredes hasta el interior del laboratorio. En este ensayo se coloca la pared en forma rectangular a diferencia del ensayo de compresión.

Luego se coloca el gato hidráulico en la parte superior izquierda del pórtico, de ahí se procedió a colocar la pared en el interior del pórtico y se la aseguró por el otro lado colocando un elemento rígido en la parte inferior derecha.

GRÁFICO 32. PARED LISTA PARA ENSAYO



FUENTE: Andrés Solórzano

7.2 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado es un gato hidráulico marca ENERPAC, con capacidad de hasta 8000 psi. Además, herramientas menores como llave de tuercas, rache, etc.

7.3 EJECUCIÓN DEL ENSAYO

Se trata en lo posible que las paredes no se fisuren ni se rajen en la manipulación ni en la colocación en el interior del pórtico, para que no haya una falsa impresión de que la pared ya está fallando en el momento de realizar el ensayo.

Una vez colocadas las paredes en su sitio, se la gradúa y se la inmoviliza con la ayuda del gato hidráulico, de ahí se empieza aplicar ciclos de carga de 100 psi hasta que el elemento falle. Se ensayaron dos paredes a cortante, una con contenido de solo mortero y la otra con mortero más fibra de acero.

GRÁFICO 33. FALLA PRODUCIDA POR CORTANTE



FUENTE: Andrés Solórzano

7.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE

TABLA 11. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	5300	74.2
Mortero + Fibra	5400	75.6

CAPÍTULO VIII

**COMPARACIÓN DE
RESULTADOS:**

**PAREDES CON
BLOQUE DE CEMENTO
VS.**

**PAREDES CON
BLOQUE DE ARCILLA**

8. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO Y PAREDES CON BLOQUE DE ARCILLA

Para poder determinar las ventajas y desventajas del presente trabajo de grado, es necesario recopilar los resultados presentados en los capítulos anteriores y compararlos con el trabajo de grado que se está llevando a cabo simultáneamente con el tema Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Cemento con Refuerzo de Fibras de Acero.

8.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE ARCILLA.

TABLA 12. ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE ARCILLA)

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	5000	70.00
Mortero + Fibra	6500	91.00

8.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE CEMENTO.

Resultados Recuperado de: Álvaro Bastidas Izurieta (2013). Trabajo de Grado, Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Cemento Reforzadas con Fibras Artificiales de Acero. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Observar tabla 13.

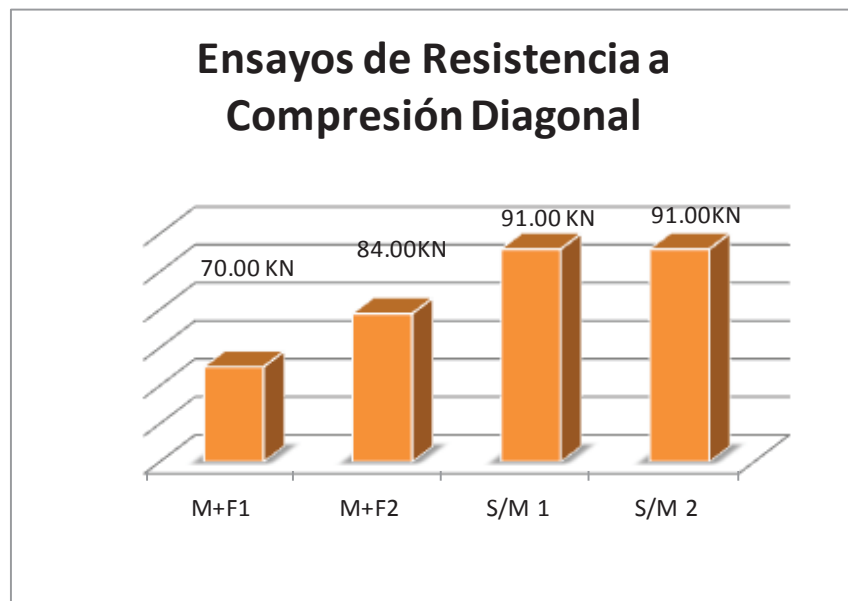
TABLA 13. ENSAYOS A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE CEMENTO)

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	6000	84.00
Mortero + Fibra	6500	91.00

FUENTE: Álvaro Bastidas

8.3 GRÁFICO COMPARATIVO: PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO VS PAREDES CON BLOQUES DE ARCILLA. (COMPRESIÓN).

GRÁFICO 34. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN DIAGONAL



FUENTE: Andrés Solórzano

8.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE ARCILLA.

TABLA 14. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE ARCILLA)

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	5300	74.20
Mortero + Fibra	5400	75.60

8.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE DE LAS PAREDES CONSTRUIDAS CON BLOQUES DE CEMENTO.

Resultados Recuperado de: Álvaro Bastidas Izurieta (2013). Trabajo de Grado, Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Cemento Reforzadas con Fibras Artificiales de Acero. Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Observar tabla 15.

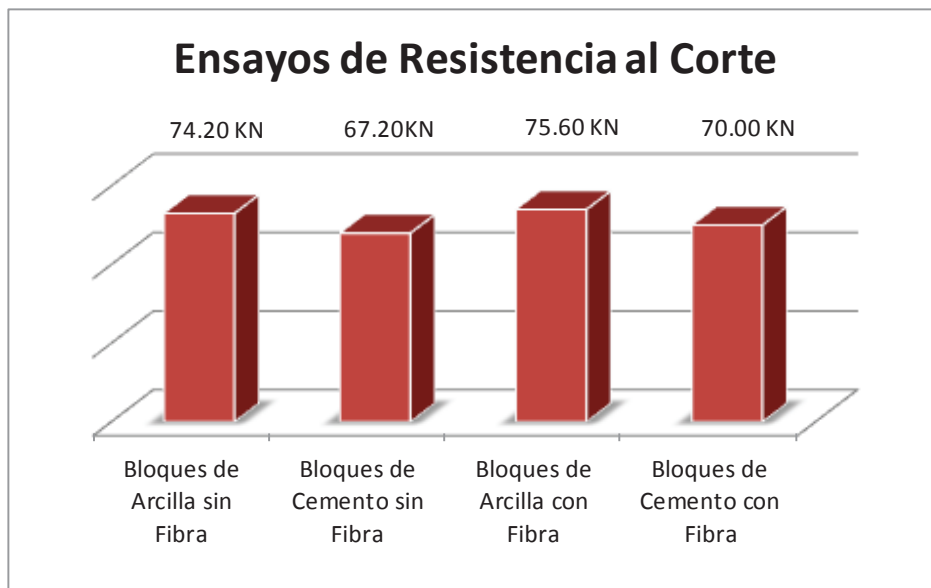
TABLA 15. ENSAYOS A LOS 28 DÍAS (BLOQUES DE CEMENTO)

Especímenes de Prueba	Presión (PSI)	Carga (KN)
S/M	4800	67.20
Mortero + Fibra	5000	70.00

FUENTE: Álvaro Bastidas

8.6 GRÁFICO COMPARATIVO: PAREDES CON BLOQUES DE CEMENTO VS PAREDES CON BLOQUES DE ARCILLA. (CORTE)

GRÁFICO 35. CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A CORTE



FUENTE: Andrés Solórzano

9. CONCLUSIONES

El objetivo del presente trabajo de grado es realizar un estudio en el cual comparemos la resistencia de las paredes, usando el mortero convencional y luego agregando a ese mortero fibras de acero.

La idea de hacer este estudio, es ver que tan conveniente puede resultar trabajar con las fibras de acero, ya sea en la parte constructiva como en la parte económica.

Luego de haber realizado los respectivos ensayos a flexión, compresión diagonal y cortante, podemos concluir lo siguiente:

- ✓ La fibra de acero es un material de fácil accesibilidad en el mercado, se puede encontrar en el país sin ningún problema ya que varios distribuidores lo venden a nivel local y nacional, su costo es relativamente barato, se puede conseguir la fibra de acero a un costo aproximado de \$ 1.00 el kilo.
- ✓ La dosificación usada fue 1.5 kg de fibra por saco de cemento (50kg), corroborando su bajo costo.
- ✓ Al realizar los ensayos de las probetas a flexión se pudo determinar que la presencia de la fibra en el mortero lo hace un material menos resistente, pero sin embargo más dúctil.
- ✓ Al realizar el ensayo de compresión diagonal, dio como resultado que las paredes de mortero con fibras de acero resistieron un 23 % más

que las construidas solo con mortero. Y las fisuras se presentaron de forma leve en la parte inferior, donde se asentaba con la base de

acero. En cambio la pared de solo mortero falló prácticamente en su totalidad, presentó una grieta que se manifestó desde la punta superior hasta la punta inferior de la pared.

- ✓ En el ensayo a cortante, se consiguió un leve incremento de resistencia por parte de las paredes de mortero con fibras de acero con un incremento de 2 %. Además aportó mucho al control de fisuras, ya que al momento de fallar, estas no se prolongaron, evitando el desmoronamiento del elemento.

- ✓ Comparando los resultados obtenidos de los ensayos de compresión diagonal y a cortante con el Trabajo de Grado del Sr. Alvaro Bastidas Izurieta (Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de Paredes de Mampostería con Bloques de Concreto, Reforzadas con Fibras Artificiales de Acero) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, en el que se construyeron las paredes con bloques de cemento y reforzadas con la misma fibra, podemos concluir que poseen una menor resistencia a compresión diagonal y una similar resistencia a cortante.

- ✓ Una vez estudiado a fondo la implementación de fibras de acero en la mezcla del hormigón como mortero y enlucido para la construcción de elementos de mampostería, se determinó como un material dúctil, ajustable para sobrellevar acciones dinámicas, ya que evita el desmoronamiento de los elementos de mampostería, y fácilmente trabajable para el albañil.

10. RECOMENDACIONES

- ✓ Una acotación muy importante, es la supervisión de la construcción de las paredes a los albañiles. Es importante esta supervisión constante para que las paredes estén bien alineadas y no haya problemas de paredes mal construidas.
- ✓ Otro punto, es el curado de las paredes, ya que si éstas no son curadas apropiadamente, con los cambios de temperatura pueden contraerse, produciendo fisuras. Es importante que las paredes que se van a ensayar no presenten fisuras, ya que en el ensayo, a medida que se le va aplicando carga a las paredes estas empiezan a fallar y se puede confundir la falla de agrietamiento por mal curado con la carga aplicada por el gato hidráulico.
- ✓ El espesor del enlucido debe ser de 1 a 1.5 cm por cara. Si las paredes tienen diferentes espesores de enlucidos, los ensayos van arrojar distintos valores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arguello, L. (2007). *La Tenacidad de hormigones reforzados con Fibras de Acero*. Recuperado el 16 de abril de www.buscalibre.com

Bustillo, Manuel (2008). *Hormigones y Morteros*. Recuperado el 16 de abril de www.editorial-club-universitario.es

Crespo, Santiago (2010). *Materiales de Construcción para Edificaciones y Obra Civil*. Recuperado el 16 de abril de www.editorial-club-universitario.es

Ferris, Jaime (2011). *Fundamentos de Construcción*. Recuperado el 16 de abril de www.books.google.com.ec

Ferris, Jaime (2010). *Principios de Construcción*. Recuperado el 16 de abril de www.amvediciones.com

Jiménez, Luis (2007). *Técnica de la Construcción con ladrillo*. Recuperado el 16 de abril de www.civil-libros.blogspot.com

García, A. (2010). *Hormigón Armado*. Recuperado el 16 de abril de www.amvediciones.com

Calavera, J. (2003). *Ejecución y control de las estructuras de Hormigón*. Recuperado el 16 de abril de www.amvediciones.com

Gili, G. (1993) *Hormigones ligeros armados*. Recuperado el 16 de abril de www.casadellibro.com

ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA CON BLOQUES DE ARCILLA CON REFUERZO DE FIBRAS DE ACERO

Roche, R. (2008) *Hormigón reforzado*. Recuperado el 16 de abril de www.tuslibrosenlinea.blogspot.com

Facultad de Arquitectura. Universidad Católica de Guayaquil (2002) *Morteros*. Guayaquil

Asociación nacional de fabricantes de bloques de mampostería de hormigón. (2010). *Catálogo de obra civil*. Recuperado el 16 de abril de www.forte.es

Herrera, A. (2011) *Manual de construcción de mampostería*. Recuperado el 16 de abril de www.santafeart.com

Sotomayor, J. (2011). Trabajo de Grado (*Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla reforzadas con fibras artificiales y su durabilidad*). Guayaquil

Bastidas, A. (2013). Trabajo de Grado (*Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de cemento reforzadas con fibras de acero*). Guayaquil

ANEXOS

ANEXO A

Designación ASTM C-348-97

**Método a Flexión de Morteros de
Cemento-Hidráulico**

ANEXO A

Designación ASTM C-348-97

Método a Flexión de Morteros de Cemento-Hidráulico

Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del esfuerzo a flexión de morteros de cemento-hidráulico. Los valores declarados en unidades SI son contemplados en la norma.

Valores en unidades SI se obtendrán por mediciones en unidades del sistema internacional o por conversión apropiada, usando las reglas de conversión y redondeo dados por la norma IEEE/ASTM SI 10, de medidas hechas en otras unidades.

Esta norma no pretende cubrir todas de las preocupaciones concernientes a la seguridad ni cualquier otra, asociada con su uso. Es de responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada.

Resumen del Método de ensayo

El mortero de la prueba usado consta de una parte de cemento y 2,75 partes de arena por unidad de masa. El volumen del agua para cementos Portland son mezclados con los ratios agua-cemento especificados. Los prismas de la prueba, de 40 por 40 por 160 mm son moldeados por [tamping] en dos capas. Se curan un día en los moldes y desmoldados al día siguiente para su curado.

Importancia y uso

Este método de ensayo proporciona un medio para determinar la fuerza de flexión de morteros del cemento-hidráulico. Las porciones de los testigos del mortero probados a flexión por este método son usados para la

determinación de fuerza de compresión de acuerdo con Método de ensayo C 349.

Aparato

Pesos, aparatos de pesado y graduaciones de vidrio, conformarán las secciones del Aparato según el Método de ensayo C 109/ C 109M.

Mezclador, recipiente y paleta, un mezclador mecánico eléctricamente manejado del tipo con paleta y recipiente de mezclado, como está especificado en la sección del aparato del ensayo C 305.

Moldes de los Especímenes

Los moldes de los testigos serán de 40 por 40 por 160 mm estarán diseñados de tres en tres en un mismo molde y se diseñarán de tal manera que se amoldarán con sus ejes longitudinales en una posición horizontal. Se harán los moldes de un metal duro, que no sea atacado por el mortero de cemento, y con una dureza Rockwell de no menos de HRB 55.

Las partes de los moldes serán marcadas por juegos y, cuando sean ensambladas, estará firmemente ajustadas y seguramente sostenidas juntas.

Los lados de los moldes estarán lo suficientemente rígidos para prevenir derrames o alabeos. Las caras del interior de los moldes deberán ser superficies completamente planas con una variación permisible, en cualquier línea de superficie de 50 mm, de 0,3 mm para moldes nuevos y 0,05 mm para moldes usados. La distancia entre lados opuestos será $40 \pm 0,13$ mm para moldes nuevos y $40 \pm 0,3$ mm para moldes usados. La altura de los moldes será 40 mm con variaciones permisibles de +0,25 y -0,15 mm para moldes nuevos, y +0,25 y -0,40 mm para moldes usados. La longitud interior de los moldes estará entre $160 \pm 2,5$ mm. El ángulo entre caras interiores adyacentes y los planos superiores e inferiores del molde estarán entre $90 \pm$

0,5, medidos a puntos un poco alejado de las intersecciones de las caras. La placa de la base será de aproximadamente 10 mm de espesor con una superficie plana de 200 por 180 mm con una variación permisible en cualquier línea de superficie de 50 mm de 0,03 mm.

La espátula se hará de un material no absorbente, no abrasivo, tal como un compuesto de caucho con una dureza de 80+-10 o hecho de madera de roble dando la propiedad no absorbente mediante la inmersión durante 15 min. en parafina a aproximadamente 200°C (392°F). La cara de la espátula será de 22 por 85 mm.

La espátula se diseñará siguiendo la guía de la espátula y se hará de metal con una dureza Rockwell de no menos que HRB 55 que no sea atacada por el mortero de cemento.

Se usará el método del punto central de carga en la realización de las pruebas de flexión de los testigos. El aparato usado se diseñará de tal manera que las fuerzas aplicadas al espécimen serán solo verticales y aplicadas sin excentricidad.

Un aparato que logra este propósito, y que es usado en pruebas de compresión es mostrado en la parte inferior. El aparato para realizar pruebas de flexión en testigos de mortero se diseñará tratando de incorporar los principios siguientes:

La distancia entre apoyos y puntos de aplicación de la carga quedarán constante.

La carga normal se aplicará a la superficie cargada del espécimen de tal manera que evite toda la excentricidad de carga.

La dirección de las reacciones debe ser paralela a la dirección de la carga aplicada durante la prueba.

La carga debe ser aplicada a una frecuencia uniforme para evitar una ruptura repentina.

La máquina para realizar pruebas de compresión usada como el aparato para realizar pruebas de flexión, del tipo hidráulico conforme a los requisitos mostrados en Método de Pruebas ASTM C 109/ C 109M.

Materiales

Arena normal graduada:

La arena usada para realizar los testigos de prueba será arena silicia natural, conforme con la especificación ASTM C 778.

Número de especímenes

Tres o más testigos podrán ser elaborados para cada periodo de prueba.

Procedimiento

El proporcionamiento, consistencia, y mezcla del mortero normal estará de acuerdo con la Sección del Procedimiento de Método de la **Prueba ASTM C 109**.

Se determinará la fluidez de acuerdo con Método de la **Prueba ASTM C 109**.

Inmediatamente luego de la realización de la prueba de fluidez, retornar el mortero de la mesa flujo al recipiente de mezclado. Rápidamente comenzar a introducir la espátula abajo del lote del mortero y remover cualquier residuo que estuviera en los lados del recipiente de mezclado y entonces mezclar nuevamente el lote entero 15 s a velocidad media.

Cuando una parada doble se hace inmediatamente para especímenes adicionales, la prueba de fluidez se omite y el mortero se puede quedar en el recipiente de mezcla por 90 s sin cubrir.

Empezar a moldear los testigos dentro de un lapso total de tiempo de no más de 2 min. y 30 s después de la realización de la mezcla de la parada del mortero.

Uniformemente distribuir una capa de mortero aproximadamente de 20 mm de espesor en cada uno de los tres moldes con la espátula. Entonces se compacta la mezcla de mortero en cada molde con doce golpes de la espátula, aplicado en tres rondas de cuatro golpes cada una, se debe completar los doce golpes en aproximadamente 15 sg. Para cada golpe sostener la espátula en posición horizontal 25 mm sobre el nivel del mortero y entonces empujar directamente con fuerza suficiente para sacar fuera una cantidad pequeña de mortero bajo la superficie de la espátula. Llenar los moldes con mortero distribuyendo uniformemente y compactar en la misma manera como la capa del fondo. Entonces quite el exceso de mortero sobre los moldes a lo largo de toda longitud de ellos, luego de esto dejar reposar los testigos para su posterior desmoldamiento.

Almacenar los especímenes de la prueba de acuerdo con Método de la Prueba C 109/ C109M.

Determinación del esfuerzo a flexión

Probar los especímenes inmediatamente después de ser retirados del gabinete húmedo en el caso de especímenes de 24 h.

Almacenar en agua en el caso de todo otros especímenes. Todos los especímenes de prueba designados para determinado tiempo de curado se romperán dentro de la tolerancia permisible detonada abajo:

Tabla 14. Tolerancia admisible para la determinación del esfuerzo a flexión

Edad de la prueba	Tolerancia permisible (h)
24 horas	+ - 12
3 días	+ - 1
7 días	+ - 3
28 días	+ - 12

Limpiar cada testigo a una condición de superficialmente seco, y quitar cualquier grano de arena sueltos o incrustaciones en las caras que estarán en contacto con las superficies de la presión de los puntos de apoyo y aplicación de la carga. Chequee estas caras, si hay una curvatura apreciable, se deben allanar las superficies o desechar el espécimen.

Centrar el pedestal en la placa de la base de la máquina directamente abajo del centro de la cabeza esférica superior y poner la placa de presión. Ate el aparato del centro-carga a la cabeza esférica. Vuelva el espécimen en su lado con respecto a su posición como en el molde y posicionarlo en los apoyos del aparato de ensayos. La línea del centro longitudinal del espécimen estará directamente sobre el punto medio de ambos apoyos. Ajuste el aparato de carga de manera que su borde de la presión este precisamente a ángulos rectos de la longitud del prisma y paralelos a su cara superior. Tenga cuidado en asegurarse de que el contacto entre el espécimen y el borde de carga sea continuo cuando la carga sea aplicada. Aplique la carga a razón de 2640+-110 N (600+_25lbf / min.) que deberá ser indicada dentro de una exactitud de +-1% en un dial graduó con incrementos de no más de 44 N (10 lbf). Estimar el máximo de carga total cerca de 22 N (5lbf).

Cálculo

Registrar el máximo de carga total indicada por la máquina de ensayos y calcular el esfuerzo de flexión (por el tamaño del particular de espécimen y condiciones de prueba descritas aquí) en Mpa como sigue:

$$S = 0,0028 P$$

Dónde:

S= esfuerzo a flexión, Mpa

P= carga total máxima, N

Especímenes Defectuosos y Retest

Especímenes de prueba que son obviamente defectuosos o que por el resultado de sus esfuerzos difieren por más de 10% del valor del promedio de todos los especímenes de la prueba hechos de la misma muestra y probados en un mismo período no se considerará para determinar el esfuerzo a flexión. Si después de desechar especímenes o valores de esfuerzos, si quedarán menos de dos valores para determinar el esfuerzo a flexión en cualquier período dado se hará retest.

Precisión

Las declaraciones de la precisión siguientes son aplicables cuando un resultado de la prueba es el promedio del esfuerzo a flexión de por lo menos tres testigos moldeados de una sola parada de mortero y ensayados al mismo tiempo de curado. Esto es aplicable a morteros realizados con cemento tipo, I, IA, IS, III probados a 3, 7, o 28 días.

Precisión de varios laboratorios

El coeficiente de variación se ha encontrado estar alrededor de 8,4%. Por consiguiente, los resultados de una sola parada ensayados por dos laboratorios diferentes no deben diferir por más de 23,8% de su promedio.

Precisión de un solo laboratorio

El coeficiente de variación de un solo laboratorio se encuentra por 5,1%. Por consiguiente, los resultados de dos paradas de mortero hechas con los mismos materiales o en el mismo día o dentro de la misma semana no deben diferir el uno del otro por más de 14,4% de su promedio.

ANEXO B

Designación ASTM – C13114-01

**Prueba Estándar para la
Determinación del Esfuerzo a la
Compresión de Prismas de
Mampostería**

ANEXO B

Designación ASTM – C13114-01:

Prueba Estándar para la Determinación del Esfuerzo a la Compresión de Prismas de Mampostería

Alcance

Esta prueba cubre procedimientos de construcción y ensayos de prismas de mampostería y procedimientos para determinar el esfuerzo de compresión, y determinar relaciones con el esfuerzo de compresión específico. En vista de que este test se usa con propósitos de investigación la construcción y procedimientos de la prueba dentro de los límites sirve como una pauta y proporciona parámetros de control.

Construcción de Prismas de Albañilería

Estructurar un juego de prismas por cada combinación de materiales y cada edad de la prueba a la que la fuerza de compresión será aplicada, los bloques utilizados en la elaboración de los prismas de mampostería deberán ser representativos de los que se van a usar en edificaciones.

Construya los prismas en una base nivelada. Construya los prismas en un sitio donde quedarían sin ser movidos hasta que sean transportadas para su ensayo.

Estructuración de los Prismas

Se debe orientar las unidades en el prisma como en la construcción correspondiente. Al tiempo de la elaboración del prisma, las superficies de las unidades deben estar libres de humedad.

La longitud de los prismas de mampostería puede ser reducida a una unidad individual por medio de un corte de las unidades antes de la elaboración del prisma de mampostería. La longitud mínima de prisma será 4 in o 100mm.

Se deben elaborar los prismas de mampostería con camas de mortero llenas.

Este prisma de mampostería se debe elaborar con un mortero similar analizado en construcciones. Usualmente el espesor de la junta del mortero y el método de posicionamiento y alineación de las unidades, deben ser el mismo utilizado en construcciones. Del mismo modo se deben eliminar los excesos en las juntas del mortero así como las de los costados de los prismas puesto que podrían influir en los resultados.

Se debe elaborar los prismas con un mínimo de dos unidades de alto y una relación altura – espesor, hp/tp , entre 1,3 y 5,0. Donde hp representa la altura del prisma y tp la dimensión lateral del mismo.

Inmediatamente luego de la construcción de los prismas de mampostería, cerrar la bolsa para mantener la humedad constante alrededor del prisma.

Prismas Llenos de Mortero

Donde la construcción correspondiente a ser llenos de mortero, la lechada de los prismas debe ser realizada no antes de 24 horas ni más de 48 horas precedidas a la elaboración de los prismas de mampostería. Se debe utilizar una lechada representativa de la lechada usada en las construcciones correspondientes. Antes de poner la lechada, se quitará las gotas del mortero de la lechada de espaciamiento. Grouted prismas no contendrán refuerzo.

Transporte de los Prismas de Mampostería

Antes de transportar los prismas de mampostería, se debe atar cada prisma para prevenir daños durante la manipulación y transporte. Se deben asegurar los prismas de mampostería para prevenir efectos desagradables, daños, o ladeados de la cima durante su transporte.

Curado

Después de las 48 horas iniciales de curado, se debe mantener los prismas de mampostería en un área con una temperatura de $75\pm 15^{\circ}\text{F}$ ($24\pm 8^{\circ}\text{C}$).

Los prismas de mampostería se deberán probar a una edad de 28 días o a diferentes edades designadas con anticipación a la prueba y se deberá ensayar un juego de prismas de mampostería para cada edad. La edad de los prismas será considerada desde su elaboración en los prismas de mampostería vacíos, y desde el día de la inclusión de la lechada para las unidades de mampostería rellenas de mortero.

Preparación para el Ensayo

Para la medición de los prismas de mampostería se mide la longitud, altura y ancho a los bordes de la cima y caras del fondo de los prismas con una exactitud de 0,05 in o 1,3 mm. Para determinar la longitud y ancho se deberán tomar cuatro lecturas de cada dimensión y promediar las cuatro medidas tomadas, el valor a obtener será el considerado para los cálculos a realizar.

Procedimiento de Ensayo

Aparato de Ensayo

La máquina de ensayos tendrá una exactitud de más o menos 1,0% encima del rango de carga. El plato superior deberá estar sobre un asiento esférico de metal firmemente ligado al centro de la cabeza superior de la máquina. El centro de la esfera quedará al centro de la superficie sostenida en su asiento esférico pero será libre de moverse en cualquier dirección, y su perímetro tendrá por lo menos $\frac{1}{4}$ in. (6,3 mm) para poder acomodar los especímenes cuyas superficies no estén en paralelo.

Para instalar el prisma de mampostería en la máquina de prueba hay que limpiar las caras de los platos de presión, y el espécimen de prueba. Luego se debe posicionar el espécimen de la prueba en el plato de presión inferior. Alinear ambos ejes centroidales del espécimen con el eje central de la máquina de compresión. Como el plato superior es regulable se debe acomodar el plato superior para que asiente gentilmente sobre la parte

superior del prisma de mampostería hasta lograr un asiento uniforme de este plato sobre el espécimen.

La aplicación de la carga al prisma debe ser estimada como la mitad de la carga esperada a una velocidad conveniente. Aplique la carga restante a una frecuencia uniforme en no menos que 1 min ni más de 2 min.

Describe el tipo de falla como sea posible ilustrarla, luego se determinan los modelos de falla y se realiza un boceto u se obtiene una fotografía. Se nota el tipo de falla ocurrida en los lados y en la parte inferior de los prismas de mampostería antes de obtener la falla para luego identificarlos.

Cálculo de Resultados de las Pruebas

Se toma el área de la sección neta de los prismas de mampostería sin relleno así como el área neta de las unidades de mampostería (bloques).

Calcular cada fuerza del prisma de mampostería dividiendo la fuerza máxima de compresión de cada prisma para el área neta de la sección de ese prisma y expresar el resultado de lo más cercano a 10 psi (69 KPa).

Se deben calcular por separados los dos juegos de prismas de mampostería, los que no están rellenos y los que sí tienen relleno.

Fuerza de Compresión de Mampostería

Se debe calcular el radio h_p/t_p proporcionado por cada prisma usando la altura y por lo menos una dimensión lateral de ese prisma. Luego se determina el factor de corrección de la tabla. Si el radio proporcionado por los prismas se encuentra entre los valores de la tabla, determinar el factor de corrección correspondiente por interpolación lineal entre los valores dados.

Multiplicar la fuerza obtenida en el ensayo del prisma de mampostería por el factor de corrección del prisma respectivo.

Calcular la fuerza de compresión del prisma de mampostería (fmt) para cada grupo de prismas de mampostería y promediar los valores obtenidos.

ANEXO C

Designación ASTM C 72-98

**Método de la Prueba Standard para
Test de Conducción de Esfuerzos
para Paneles Utilizados en la
Construcción de Edificios**

ANEXO C

Designación ASTM C 72-98

Método de la Prueba Standard para Test de Conducción de Esfuerzos para Paneles Utilizados en la Construcción de Edificios

Carga Terrible

Evaluación de materiales de la parte exterior en un marco de madera normal

Alcance

Este método de la prueba mide la resistencia de tableros, teniendo un marco de madera normal, con materiales tales como tabla estructural aislante, contrachapando, yeso, tableros, etc., a una carga terrible tal como se impondría por vientos sobre una pared orientada a 90° del tablero. Se piensa proporcionar un procedimiento fiable, uniforme para determinar la resistencia a carga terrible provista por esos materiales como normalmente son empleados en la construcción de un edificio. Desde que se emplea un marco normal, la ejecución relativa de la parte exterior es el objetivo de la prueba.

Se conduce esta prueba con ideas regularizadas, procedimientos de carga y métodos para medir deflexión, tanto como los detalles para asegurar su reproducción real en el marco. Se le adicionan las recomendaciones de los fabricantes de la parte exterior para atar la parte exterior del marco y para informar el comportamiento del espécimen encima de su rango entero de uso.

En la aplicación de los resultados, se tomará en cuenta cualquier variación en la construcción y concesión debidamente detallada o condiciones de la prueba en servicio real.

Especímenes de Prueba

Tamaño y Número

El espécimen de la prueba será construido como debe: 2,4 por 2,4 (8ft por 8ft) y se construirá el marco y un mínimo de tres tableros de cada construcción se probará. Es la intención de este procedimiento y de la prueba evaluar el efecto de endurecimiento del material de la parte exterior; por consiguiente, se construirá tan cercanamente como sea posible. Se construirán nuevos marcos para cada test. Todos los miembros del marco estarán entre 12% y 15% y no variará más del 3% del volumen de la humedad inicial cuando se prueba el tablero.

Aplicación del Espécimen del Ensayo

El método de aplicar el forro exterior será precisamente como especificó el fabricante. Se recomendará el espacio de broches. Se manejarán broches para el forro exterior sólo fuera del montante de cada esquina. La importancia de la atadura de forro exterior al marco no puede ser sobreestimada. Diferencias de los bordes, producen ángulos entre el broche y el forro exterior produciendo efectos apreciables en los resultados de prueba. A menos que por otra parte, se manejen broches perpendiculares a la superficie del forro exterior con el centro de cada broche especificando la distancia del borde del forro exterior.

Aparato

El aparato deberá ser ensamblado. Se medirá la carga por medio de una máquina de comprobación, o un dinamómetro atado a cables que cargan el espécimen, o en unión con una gata hidráulica usada para aplicar la carga. Las paredes esenciales del aparato de comprobación exclusivo del marco de la carga, se describe de la siguiente manera.

Base y Marco de Carga

El panel de prueba se atará a una madera o plato del acero que está atado rígidamente a la base del marco de carga en tal manera que cuando se atormenta el tablero, el forro exterior no dará en el marco de carga. Este miembro estaría de cualquier sección convenientemente cruzada, pero estará por lo menos tan largo como el tablero y no más grande en anchura que el espesor del marco 89 mm (3 ½ in). Se proporcionarán medios para atar la parte inferior del tablero firmemente a este miembro.

Sostenimiento Abajo

Un sostenimiento abajo se proporcionará para superar la tendencia a levantarse un extremo del tablero para superar la tendencia a levantarse un extremo del tablero cuando se aplica la carga. Se proporcionarán platos y rodillos entre el espécimen de la prueba y el sostenimiento debajo de manera que la cima del espécimen se puede deslizar horizontalmente con respecto a la base sin interferencia innecesaria del sostenimiento abajo porque la cantidad de tensión en los rodamientos del sostenimiento abajo tienen un efecto en los resultados de la prueba.

Carga del Aparato

La carga debe ser aplicada al espécimen en un incremento de 89 por 89 mm (3,5 por 3,5 in) firmemente hecha a los platos superiores del tablero. La carga será una fuerza de compresión contra el final de la madera atada al plato superior. Cuando se usa una máquina de prueba, se pueden usar poleas; cables y poleas se usan para transmitir el movimiento vertical de la tensión de la máquina al movimiento horizontal del espécimen.

Las guías laterales se proporcionarán de manera que el espécimen se deforma en un plano. Los rodillos deben servir para reducir la fricción al mínimo. Las guías laterales se atarán firmemente al marco de la carga. Los platos para los rodillos serían de hasta 300 mm (12 in) en longitud.

Deformímetros

Se proporcionarán para medir el desplazamiento de las partes diferentes del tablero durante la prueba. Se grabarán las lecturas al menos de 0,25 mm (0,01 in), se mostrarán las ubicaciones de los deformímetros tanto en la parte inferior izquierda como inferior derecha y en las esquinas superiores. El deformímetro inferior izquierdo, que se ata al montante, medirá cualquier rotación del tablero, el deformímetro inferior derecho cualquier deslizamiento del tablero, y el deformímetro superior derecho superiores el total de los otros dos más la deformación del tablero. Por consiguiente, la deflexión horizontal del tablero a cualquier carga es la lectura el dial derecho superior menos la suma de las lecturas de otro dos.

Procedimiento

Aplicación de Carga

Aplicar la carga continuamente a lo largo de toda la prueba a una velocidad constante del movimiento del aparato cargante usado. La velocidad recomendada para la realización de la prueba deberá ser de tal manera que la carga de 3,5 KN (790 lbf) se completará en no menos de 2 min. La carga de 7,0 a los 10,5 KN (1570 a 2360 lbf) es la carga total y la falla empleará la misma velocidad que la usada anteriormente. Se debe dar la velocidad utilizada en el reporte de la prueba.

Procedimiento de Carga

Cargar los especímenes en tres fases a 3,5; 7,0 y 10,5 KN (790, 1570 y 2360 lbf) a una carga uniforme.

Después de la carga de 3,5 KN (790 lbf) en el espécimen, se debe quitar toda de la carga y cualquier deflexión residual denotada el tablero. Entonces cargar el espécimen a 7,0 KN (1570 lbf) y de nuevo quitar la carga y notar cualquier cambio adicional; después de estor incrementar la carga a 10,5 KN (2360 lbf), y remover la carga de nuevo notando algún cambio en el

espécimen. Aplicar la carga continuamente por cada uno de los incrementos de carga especificados, para obtener datos de carga – desviación. Obtenga estos datos por lo menos cada 900 N (200 lbf) de carga. Se debe obtener las deflexiones durante el ciclo de carga y, si se desea, durante el ciclo de la descarga también.

Después de cargar el espécimen como se especificó cargar de nuevo hasta la falla o hasta que la deflexión total del panel sea 100 mm (4 in). Obtenga lecturas de deflexión para los mismos intervalos de carga como se usó por las otras cargas.

Cálculos e Informes

Deformaciones

Para cada deformímetro u otro aparato de medición, calcular el movimiento baja cada carga terrible como la diferencia entre las lecturas cuando se aplica la carga y las lecturas iniciales al inicio de la prueba. Calcule lecturas fijas como la diferencia entre las lecturas cuando se quita la carga y las lecturas iniciales.

Datos de Presentación

Informar deflexiones de 3,5; 7,0 y 10,5 KN (790, 1570 y 2360 lbf) y después de la carga a estas cantidades. Presentar las curvas de carga - deflexión obtenida durante la carga a la falla y a 3,5; 7,0 y 10,5 KN en forma de una gráfica. Incluyendo la carga máxima y cualquier observación presentada en la conducta del panel durante la prueba y falla. Exprese las deflexiones residuales como porcentajes de las deflexiones producidas en milímetros o pulgadas. Si el espécimen falla, describir el plano de falla visible. Describa en el informe el tipo de forro exterior usado, el método de aplicar el forro exterior, el tipo y espacio de broches, y el método velocidad de carga empleado.

Informe

Mostrar los resultados de cada uno de las pruebas gráficamente, dibujar las cargas como ordenadas y las deformaciones como abscisas para cada test.

Se harán por lo menos tres especímenes por cada prueba, y se mostrarán los resultados por cada prueba en la misma gráfica. Promediar los tres valores para cada deformación y dibujar este promedio a lápiz en la gráfica. Las curvas carga – deformación serán líneas continuas. Aunque no se designa el espécimen particular por cada punto en la gráfica registrarlos en las hojas de los datos del laboratorio. Si se obtienen las lecturas bajo grandes cargas para algunos especímenes que para otros, dibujar todos los valores, pero dibujar las curvas sólo a los valores promedio por lo que hay tres valores.