



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO  
DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**

**Gilva Azucena Gutiérrez Recinos**  
Asesorado por el Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO  
DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GILVA AZUCENA GUTIÉRREZ RECINOS**

ASESORADO POR EL ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Walter Rolando Salazar González
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel López Juárez
EXAMINADOR	Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de mayo 2012

  
**Gilva Azucena Gutiérrez Recinos**

Guatemala, 15 de enero de 2013

Ingeniero Guillermo Francisco Melini Salguero  
Coordinador del Departamento de Materiales  
Escuela de Civil  
Facultad de ingeniería

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con los resultados por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (Bloques de concreto y ladrillo tayuyo)**, presentado por la estudiante Gilva Azucena Gutiérrez Recinos.

Considerando que el trabajo de graduación se ha desarrollando satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección del tema, hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado.

Sin otro en particular, atentamente:

  
Ing. Mario Corzo Ávila  
Colegiado No. 2089  
Asesor de Trabajo de Graduación.





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil  
Guatemala,  
21 de febrero de 2014

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Gilva Azucena Gutiérrez Recinos, quien contó con la asesoría del Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero  
Coordinador del Área de Materiales y  
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA  
AREA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIONES CIVILES  
USAC

/bbdeb.  
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





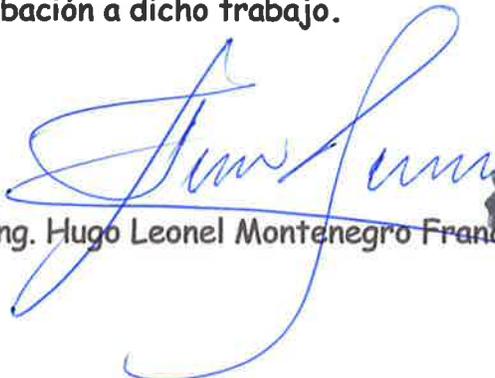
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, al trabajo de graduación de la estudiante Gilva Azucena Gutiérrez Recinos, titulado **EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2014.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala

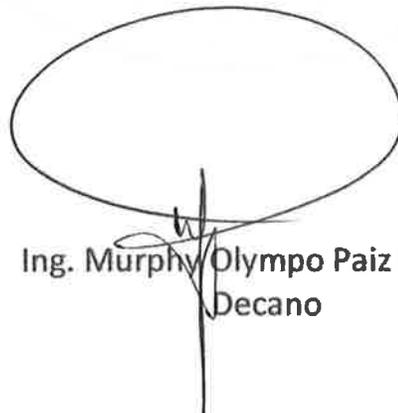


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 118 .2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DE MORTEROS PREFABRICADOS Y LA IMPORTANCIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD EN MAMPUESTOS (BLOQUES DE CONCRETO Y LADRILLO TAYUYO)**, presentado por la estudiante universitaria **Gilva Azucena Gutiérrez Recinos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 12 de marzo de 2014

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme todo, aunque no merezca nada.
<b>Mis padres</b>	Rubén Gutiérrez y Ana María Recinos de Gutiérrez, por inspirarme en todo tiempo.
<b>Mis hermanos</b>	Rubén, Elva María, Blanca Rosa y Ana Mercedes, por estar en todo momento.
<b>Toda mi familia</b>	Tías, tíos, primos, primas y demás, por su sabiduría y apoyo.
<b>Todas las personas</b>	Amigos, compañeros y demás personas que de forma directa o indirecta contribuyeron a mi formación profesional, a cada uno en especial.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser quién provee todo, pero en especial sabiduría, salud, economía y los deseos de superación.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	En especial a la Facultad de Ingeniería por la formación recibida.
<b>Mis padres</b>	Por la oportunidad y todos los sacrificios incondicionales.
<b>Mis hermanos</b>	Por estar en todo momento.
<b>Ingeniero Mario Corzo</b>	Por compartir sus experiencias, sabiduría y apoyo en cada persona que pasa por sus manos, por ser un excelente catedrático y amigo, al igual que a Fabio Sanchez.
<b>Todas las personas</b>	Familia, amigos, compañeros y demás personas que de forma directa o indirecta contribuyeron a mi formación profesional, a cada uno en especial.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. DEFINICIÓN DE MATERIALES USADOS EN MAMPOSTERIA NO REFORZADA .....	1
1.1. Adherencia .....	1
1.2. Adobe .....	1
1.3. Aglomerantes aéreos .....	1
1.4. Aglomerantes hidráulicos .....	2
1.5. Agregados .....	2
1.5.1. Agregado fino .....	2
1.5.2. Agregado grueso .....	2
1.6. Agua .....	3
1.7. Bloques de concreto .....	3
1.8. Cal .....	3
1.9. Cal apagada .....	4
1.10. Cal viva.....	4
1.11. Cementos normales .....	4
1.11.1. Cemento Portland.....	4
1.11.2. Cemento ferro-Portland .....	5
1.11.3. Cementos de altos hornos.....	5

1.11.4.	Calidad del cemento.....	5
1.11.5.	Marcas distintivas.....	6
1.11.6.	Cemento puzolánico.....	7
1.11.7.	Cemento súper sulfatado (o siderúrgico sulfatado).....	7
1.12.	Hormigón.....	8
1.13.	Ladrillo.....	8
1.14.	Materiales aglomerantes.....	8
1.15.	Mortero.....	9
1.15.1.	Mortero prefabricado.....	9
1.16.	Yeso.....	11
2.	GENERALIDADES.....	13
2.1.	Unidades de mampostería.....	14
2.1.1.	Piedra.....	14
2.1.2.	Adobe.....	14
2.1.3.	Ladrillo.....	14
2.1.3.1.	Perforados.....	15
2.1.3.2.	Sólidos o no perforados.....	15
2.1.4.	Propiedades físicas.....	15
2.1.4.1.	Contracción:.....	16
2.1.4.2.	Resistencia a compresión.....	16
2.1.4.3.	Contenido de humedad y absorción.....	17
2.2.	Mortero.....	18
2.2.1.1.	Mortero tipo M.....	19
2.2.1.2.	Mortero tipo S.....	20
2.2.1.3.	Mortero tipo N.....	20
2.2.1.4.	Mortero tipo O.....	20
2.2.2.	Mortero con cal.....	21

2.2.3.	Mortero con cemento.....	22
2.2.4.	Mortero de cemento para mampostería.....	22
2.2.5.	Mortero prefabricado o predosificado .....	23
2.2.6.	Propiedades del mortero en estado endurecido .....	24
2.2.6.1.	Retracción.....	24
2.2.6.2.	Absorción.....	24
2.2.6.3.	Resistencia a la compresión .....	25
2.2.6.4.	Durabilidad.....	26
2.2.6.5.	Permeabilidad.....	26
2.2.6.6.	Eflorescencia .....	26
2.2.6.7.	Apariencia.....	27
2.3.	Prisma .....	27
2.4.	Fallas por corte.....	28
2.4.1.	Modos de falla .....	28
2.5.	Resistencia a corte de mampuestos (f'm).....	29
2.6.	Ensayos para muros de mampostería .....	30
2.6.1.	La resistencia a corte.....	30
2.6.2.	Resistencia de adherencia.....	30
2.6.3.	Resistencia a compresión.....	31
3.	ENSAYOS Y RESULTADOS .....	33
3.1.	Generalidades .....	33
3.2.	Ensayos de adherencia .....	34
3.2.1.	Ensayos de adherencia con mampuestos húmedos.....	35
3.2.1.1.	Mortero prefabricado .....	36
3.2.1.1.1.	Prismas de ladrillo .....	36
3.2.1.1.2.	Prismas de bloque.....	37
3.2.1.2.	Mortero tradicional .....	37

	3.2.1.2.1.	Prismas de block de concreto .....	38
	3.2.1.2.2.	Prismas de ladrillo .....	38
3.2.2.		Ensayos de adherencia con mampuestos secos ....	39
	3.2.2.1.	Mortero prefabricado .....	39
	3.2.2.1.1.	Prismas de ladrillo .....	40
	3.2.2.1.2.	Prismas de block de concreto .....	41
	3.2.2.2.	Mortero tradicional o de cemento .....	41
	3.2.2.2.1.	Prismas de ladrillo .....	42
	3.2.2.2.2.	Prismas de block de concreto .....	43
3.3.		Ensayos a corte .....	43
	3.3.1.	Ensayos de corte con mampuestos húmedos .....	45
	3.3.1.1.	Mortero tradicional .....	45
	3.3.1.1.1.	Prismas de ladrillo .....	47
	3.3.1.1.2.	Prismas de block de concreto .....	47
	3.3.1.2.	Mortero prefabricado .....	48
	3.3.1.2.1.	Prismas de ladrillo .....	48
	3.3.1.2.2.	Prismas de block de concreto .....	49
	3.3.2.	Ensayos de corte con mampuestos secos .....	49
	3.3.2.1.	Mortero tradicional .....	49
	3.3.2.1.1.	Prismas de ladrillo .....	50
	3.3.2.1.2.	Prismas de block de concreto .....	51
	3.3.2.2.	Mortero prefabricado .....	51
	3.3.2.2.1.	Prismas de ladrillo .....	52

	3.3.2.2.2.	Prismas en block de concreto.....	52	
4.		ANÁLISIS GRÁFICO .....	55	
4.1.		Generalidades .....	55	
4.2.		Análisis gráfico de ensayos en adherencia.....	55	
	4.2.1.	Ensayos en block de concreto .....	56	
	4.2.2.	Ensayos en mampuestos de ladrillo .....	57	
4.3.		Análisis gráfico de los ensayos de adherencia en los diferentes tipos de mortero .....	59	
	4.3.1.	Ensayos de adherencia con mortero tradicional .....	59	
	4.3.2.	Ensayos de adherencia con mortero prefabricado.....	60	
	4.3.3.	Análisis comparativo de adherencia .....	61	
4.4.		Análisis gráfico en deformaciones en prismas a corte.....	63	
	4.4.1.	Análisis gráfico en deformaciones en prismas a corte en estado húmedo .....	63	
	4.4.1.1.	Ensayos de corte con mortero prefabricado.....	63	
		4.4.1.1.1.	Prismas de block de concreto 14 días .....	63
		4.4.1.1.2.	Prismas de block de concreto a 28 días .....	64
		4.4.1.1.3.	Prismas de ladrillo tayuyo a 14 días .....	66
		4.4.1.1.4.	Prismas de ladrillo tayuyo a 28 días .....	67
	4.4.1.2.	Ensayos de corte con mortero tradicional .....	68	

4.4.1.2.1.	Prismas de block de concreto a 7 días.....	69
4.4.1.2.2.	Prismas de block de concreto a 14 días.....	70
4.4.1.2.3.	Prismas de block de concreto a 28 días.....	71
4.4.1.2.4.	Prismas de ladrillo 7 días .....	72
4.4.1.2.5.	Prismas de ladrillo tayuyo a 14 días.....	73
4.4.1.2.6.	Prismas de ladrillo tayuyo a 28 días.....	73
4.4.2.	Análisis gráfico en deformaciones de primas a corte en estado seco .....	75
4.4.2.1.	Ensayo a corte mortero prefabricado (L).....	75
4.4.2.1.1.	Prisma de block 14 días .....	75
4.4.2.1.2.	Prismas de block 28 días .....	76
4.4.2.1.3.	Prismas de Ladrillo tayuyo 14 días.....	77
4.4.2.1.4.	Prismas de ladrillo tayuyo 28 días.....	78
4.4.2.2.	Ensayos a corte con mortero tradicional (C).....	79
4.4.2.2.1.	Prismas de block 14 días .....	79

	4.4.2.2.2.	Prismas de block 28 días.....	80
	4.4.2.2.3.	Prisma de ladrillo 14 días.....	81
	4.4.2.2.4.	Prismas de ladrillo 28 días.....	82
5.	ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN ELEMENTOS PRISMÁTICOS.....		85
5.1.	Análisis del comportamiento de los prismas de adherencia ....		86
5.1.1.	Humedad relativa.....		87
	5.1.1.1.	Humedad relativa septiembre 2012 ....	88
	5.1.1.2.	Humedad relativa octubre 2012.....	89
	5.1.1.3.	Humedad relativa noviembre 2012.....	90
5.1.2.	Temperatura .....		91
	5.1.2.1.	Temperatura septiembre 2012.....	92
	5.1.2.2.	Temperatura octubre 2012 .....	93
	5.1.2.3.	Temperatura noviembre 2012.....	94
5.1.3.	Evaporación.....		95
	5.1.3.1.	Evaporación septiembre 2012 .....	96
	5.1.3.2.	Evaporación octubre 2012 .....	97
	5.1.3.3.	Evaporación noviembre 2012 .....	98
5.2.	Análisis del comportamiento de prismas ensayados a corte ...		98
5.2.1.	Humedad relativa.....		99
	5.2.1.1.	Humedad relativa septiembre 2012 ....	99
	5.2.1.2.	Humedad relativa octubre 2012.....	100
5.2.2.	Temperatura .....		101
	5.2.2.1.	Temperatura septiembre 2012.....	102
	5.2.2.2.	Temperatura octubre 2012 .....	103

5.2.3.	Evaporación .....	103
5.2.3.1.	Evaporación septiembre 2012.....	104
5.2.3.2.	Evaporación octubre 2012.....	105
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES .....		111
BIBLIOGRAFÍA.....		113
APÉNDICES.....		115
ANEXO.....		123

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Proporciones para morteros a base de cemento y cal .....	21
2.	Disposición prisma de adherencia .....	35
3.	Disposición de prisma para ensayo a corte.....	44
4.	Resistencias en prisma de adherencia en blocks de concreto durante el proceso de fraguado .....	56
5.	Resistencia obtenida en prismas de adherencia de ladrillo durante su proceso de fraguado.....	57
6.	Ensayos de resistencia en prismas de adherencia con mortero tradicional.....	60
7.	Prismas en adherencia con mortero prefabricado.....	61
8.	Comparativa de resistencias de prismas en adherencia durante el fraguado en ambos mampuestos y morteros .....	62
9.	Esfuerzo deformación promedio del prisma a corte con mortero prefabricado en block de concreto a 14 días.....	64
10.	Esfuerzo deformación promedio del prisma a corte con mortero prefabricado en block de concreto a 28 días.....	65
11.	Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de bloque de concreto a corte con mortero prefabricado a 14 días .....	67
12.	Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de mortero prefabricado a 28 días.....	68
13.	Esfuerzo deformación promedio prisma húmedo de block de concreto con mortero tradicional a 7 días .....	69

14.	Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de block de concreto a 14 días.....	70
15.	Esfuerzo deformación promedio de prismas húmedos de block de concreto con mortero tradicional a 28 días .....	71
16.	Prisma húmedo de ladrillo con mortero tradicional a 7 días .....	72
17.	Prisma húmedo de ladrillo con mortero de cemento a 14 días .....	73
18.	Esfuerzo deformación promedio, prisma húmedo de ladrillo a 28 días.....	74
19.	Esfuerzo deformación promedio, en prismas secos de block de concreto con mortero prefabricado a 14 días .....	76
20.	Esfuerzo deformación promedio, prisma seco en block de concreto con mortero prefabricado de 28 días .....	77
21.	Esfuerzo deformación promedio prisma seco de ladrillo tayuyo de 14 días.....	78
22.	Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero prefabricado a 28 días .....	79
23.	Esfuerzo deformación promedio de prismas secos blocks de concreto con mortero tradicional a 14 días .....	80
24.	Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de block de concreto con mortero tradicional a 28 días .....	81
25.	Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 14 días.....	82
26.	Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 28 días.....	83
27.	Humedad relativa media (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	89
28.	Humedad relativa media (presentes en el mes de octubre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	90

29.	Humedad relativa media (presentes en el mes de noviembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	91
30.	Temperatura (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	93
31.	Temperatura (presentes en el mes de octubre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	94
32.	Temperatura (presentes en el mes de noviembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	95
33.	Evaporación (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	96
34.	Humedad relativa media (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	97
35.	Evaporación (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en adherencia).....	98
36.	Humedad relativa (presentes en el mes de noviembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	100
37.	Humedad relativa (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	101
38.	Temperatura (presentes en el mes de septiembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	102
39.	Temperatura (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	103
40.	Evaporación (presentes en el mes de septiembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	105
41.	Evaporación (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte).....	106

## TABLAS

I.	Cuadro de resistencia a compresión de block de concreto.....	17
II.	Resistencia a la compresión de los cubos de morteros preparados en laboratorio.....	19
III.	Guía para seleccionar morteros de mampostería.....	20
IV.	Propiedades del mortero.....	23
V.	Ensayos de adherencia de mortero prefabricado húmedo .....	36
VI.	Ensayos de adherencia con mortero tradicional húmedo .....	38
VII.	Ensayos de adherencia con mortero prefabricado en mampuestos en estado seco.....	40
VIII.	Ensayos de adherencia en mortero tradicional con mampuestos secos.....	42
IX.	Ensayos de prismas a corte con mortero tradicional en mampuestos húmedos.....	46
X.	Ensayos de prismas a corte con mortero prefabricado en mampuestos húmedos.....	48
XI.	Ensayos de prismas a corte con mortero tradicional en mampuestos secos.....	50
XII.	Ensayos de prismas a corte con mortero prefabricado en mampuestos secos.....	52

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>cm</b>	Centímetros
<b>C<sub>p</sub></b>	Coeficiente de variación de la resistencia a compresión en piezas de mampostería
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	Hidróxido de calcio
<b>Kg</b>	Kilogramos
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	Kilogramos sobre centímetro cuadrado
<b>Kg/dm<sup>3</sup></b>	kilogramos sobre decímetro cúbico
<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramos sobre metro cuadrado
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramos sobre metro cúbico
<b>Lb</b>	Libras
<b>PSI</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>Mpa</b>	Megapascales
<b>milímetros</b>	Milímetro
<b>No.</b>	Número
<b>CaO</b>	Óxido de calcio
<b>%</b>	Por ciento
<b>f'm</b>	Resistencia a compresión de piezas de mampostería
<b>V<sub>m</sub></b>	Resistencia de diseño a corte o compresión diagonal



## **GLOSARIO**

<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para pruebas y materiales o American Society Testing Materials, por sus siglas en inglés. Es un contribuyente técnico del ISO y mantiene un liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias, para las cuales elabora sus normas.
<b>DIN</b>	Instituto Alemán de Normalización, por sus siglas en Alemán Deutsches Institut für Norming. Dedicado a elaborar estándares técnicos o normas que pretenden garantizar que sus contenidos correspondan con el estado de la ciencia.
<b>Elasticidad</b>	Propiedad que tienen los cuerpos de recuperar su forma prismática (forma geométrica definida) al ser descargados.
<b>FHA</b>	Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas.
<b>Pétreo</b>	Material proveniente de la roca, piedra o peñasco; regularmente se encuentra en forma de block, losetas o fragmentos de distintos tamaños.

<b>Prisma</b>	Elemento conformado por piezas superpuestas con mortero de pega en una proporción de altura-ancho de 5 a 1.5, dependiendo de los medios experimentales.
<b>Tezontle</b>	Roca roja de origen volcánico que se ubica en las laderas de los cerros, volcanes y depresiones. Se produce a partir de piedra pómez, arena y magma. Se emplea en la construcción de casas o diques y en la industria minera.
<b>UBC</b>	Código Uniforme de la Construcción (Uniform Building Code); usado sobre el oeste de Estados Unidos, reemplazado en el 2000, por el IBC. Basado en las condiciones de construcción California, con la intención de promover la seguridad pública y proporcionar requisitos estándar para la construcción segura que no varían de una ciudad a otra.
<b>UGC</b>	Cemento de uso general en la construcción. Es un cemento Portland con adición de puzolana natural (según Cementos Progreso). Puede ser utilizado prácticamente en todas las actividades típicas de construcción, en especial en la fabricación de concreto premezclado y mezclado en obra y en la elaboración de morteros de diferentes tipos.

**Zona elástica**

También llamado límite elástico. Es la tensión más allá de la cual el material no recupera totalmente su forma original al ser descargado, sino que, queda con una deformación residual.



## RESUMEN

El presente trabajo surge a través de la necesidad de conocer, en los sistemas constructivos de muros de mampostería, la nueva implementación de sistemas de morteros prefabricados buscando una comparación de los resultados respecto del uso del mortero elaborado *in situ* o tradicional de cemento y un mortero comercial o prefabricado.

Se ofrece además, un resultado comparativo en la resistencia alcanzada de ambos, una comparación por influencia en los cambios atmosféricos presentes en el fraguado inicial de los prismas evaluados y las características presentes durante el ensayo.

La evaluación técnica se realizó por medio de resultados de ensayos de prismas de adherencia y corte, con una comparación de la reacción del mortero prefabricado y tradicional para mampuestos de block de concreto y ladrillo tayuyo, ambos en estado húmedo y seco.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la confiabilidad en la adherencia existente en el uso de morteros prefabricados con la influencia del sistema, con un contenido de humedad variable en la mampostería.

### **Específicos**

1. Conocer la adherencia existente entre el mortero prefabricado y el mampuesto en condiciones de baja o inexistente humedad en los block de concreto y ladrillo tayuyo o de barro cocido.
2. Determinar la influencia de la humedad en el proceso constructivo de muros de mampostería.
3. Conocer la variabilidad de la calidad del mortero relacionado con los cambios atmosféricos presentes en la elaboración de un prisma o muro.



## INTRODUCCIÓN

La siguiente propuesta consiste en elaborar una investigación sobre la adherencia contenida entre el mortero y el mampuesto. El mortero a usar es prefabricado y tradicional, tratando de conocer la influencia que tendría al aplicar o no humedad en el proceso de fraguado en elementos de mampuestos de concreto y ladrillo tayuyo.

Los sismos, a lo largo de la historia, han sido causa de numerosas muertes alrededor del mundo; debido en gran manera al colapso de todo tipo de estructuras. Como lo dice el INSIVUMEH en la sección de Sismología, Guatemala es un país rodeado de tres placas tectónicas que originan una gran cantidad de temblores. El sismo y el viento generan una acción de fuerza horizontal transmitida a los muros, esta fuerza horizontal se transforma en una fuerza resistente o cortante; originada por la adherencia y fricción existente entre el mortero y la unidad de mampostería.

Se estudia la adherencia del mortero influenciada por la humedad contenida en la unidad de mampostería que, generalmente se coloca en estado seco, con un tipo de mortero premezclado y otro tradicional. Tomando en cuenta las condiciones reales de construcción del medio; así como la resistencia o corte existente, esto debido a la necesidad que actualmente existe de conocer sus propiedades, gracias a la comercialización del mortero prefabricado con un consumo cada día mayor.

El proceso de investigación consiste en elaborar prismas con dos tipos de morteros, en los cuales se elabora una comparación en la resistencia, tomando

como base el proceso del levantado de prismas con un mortero tradicional con mampuestos humedecidos previo al levantado para elaborar un proceso de fraguado lento, comparado con el mortero prefabricado tratado con las condiciones que marca el diseñador, pudiendo corroborar la calidad generada por ambos morteros en condiciones de secado natural (a la intemperie), estas comparaciones se realizan con ensayos en muestras a 7, 14 y 28 días.

# **1. DEFINICIÓN DE MATERIALES USADOS EN MAMPOSTERIA NO REFORZADA**

## **1.1. Adherencia**

Es una de las propiedades de los materiales aglomerantes y de gran importancia para el diseño de elementos estructurales. Propiedad que depende no tanto de la rigidez y resistencia de la pasta, sino de la tendencia de asentarse o contraerse con los cambios de humedad y temperatura. Se reduce por ciclos de secado y mojado, carga o congelamiento.

## **1.2. Adobe**

Son piezas moldeadas de barro sin cocer, de dimensiones variables; constituyen un producto de regular calidad por su escasa resistencia y poca durabilidad. Se fabrican con cierta cantidad de arena. No poca para que no produzca reventaduras, ni mucha para que no se desmorone.

## **1.3. Aglomerantes aéreos**

Aglomerantes que sólo fraguan al tener contacto con el aire y no contienen arcilla; estos morteros no son resistentes al agua, como la cal, magnesio y el yeso.

#### **1.4. Aglomerantes hidráulicos**

Estos son los aglomerantes que fraguan lo mismo con el aire que con el agua. Al incluirle puzolana a la cal o al cemento da como resultado un producto hidráulico. Estos aglomerantes, al igual que los aéreos reaccionan con el agua y fraguan en un tiempo más o menos corto, formando cuerpos cristalinos capaces de aglomerar a otros materiales inertes.

#### **1.5. Agregados**

Se llama así a los materiales pétreos *inertes* resultantes de la fragmentación natural de las rocas u obtenidos de la trituración de las mismas o de otros materiales inertes suficientemente duros, Se clasifica en fino y grueso.

##### **1.5.1. Agregado fino**

Procedente de depósitos de ríos, lagos, de trituración de piedra de cantera o de la grava entre otros. Los depósitos varían según la graduación, calidad y uniformidad que se desee del material, usualmente debe lavarse, tamizarse y triturarse para separarse por tamaño, el cual debe pasar por tamiz No. 4 (4,76 milímetros de abertura).

##### **1.5.2. Agregado grueso**

Es el material que queda retenido en el tamiz de 4 765 milímetros de abertura y pasa por el tamiz de 150 milímetros o 6 pulgadas de abertura. Material inerte proveniente de grava natural, de trituración de piedra caliza o de grava.

## **1.6. Agua**

El agua de mezcla debe ser potable en lo posible. No debe contener sustancias reactivas o nocivas como limos finos en cantidades grandes, aceites, ácidos y sales alcalinas, especialmente sulfatos y cloruros, ni material orgánico proveniente de desagües.

## **1.7. Bloques de concreto**

Se entiende por block, ladrillo, tabique y tabicón de concreto, al material de construcción de forma prismática, sólido o con huecos; fabricado con cemento y agregados apropiados, tales como: arena, grava, piedra triturada, piedra pómez, escoria volcánica, también conocida como tezontle; arcillas expandidas, pizarras expandidas, etc. Los blocks de concreto utilizados en la construcción responden a necesidades diversas, tanto en muros interiores o exteriores con carga o sin carga; así como los blocks huecos que han sido una solución práctica y económica para aligerar las losas de concreto, evitando ranuras excesivas en losas y muros.

## **1.8. Cal**

Producto de la canalización y descomposición de las rocas calizas, el calentarlas a temperaturas entre 900 °C a 1 400 °C, que produce la cal viva, la cual al ponerse al contacto con el agua, produce la cal apagada, de aspecto polvoriento y pastoso.

## **1.9. Cal apagada**

El  $\text{Ca(OH)}_2$  hidróxido de calcio, llamada cal apagada. El  $\text{Ca(OH)}_2$  es un sólido blanco amarillento pulverulento, algo soluble en el agua a la que comunica un color blanco. La cal apagada es una pasta que se endurece lentamente al aire; este endurecimiento se llama fraguado; que es debido a desecación por evaporación del agua y a la carbonatación subsiguiente por absorción del  $\text{CO}_2$  del aire.

## **1.10. Cal viva**

El  $\text{CaO}$  u óxido de calcio se llama cal viva, es un sólido blanco, aparentemente cristalizado, producto de la fundición de la piedra caliza. Su peso específico es del orden de 2 a 2,3 y es inestable por tener gran avidez por el agua.

## **1.11. Cementos normales**

Los cementos normales vienen reglamentados por las Norma DIN 1164. Por su composición se clasifican en diferentes tipos de cementos.

### **1.11.1. Cemento Portland**

Se fabrica moliendo finalmente el clínker o productos conglomerados resultantes de la cocción. Es el componente fundamental o básico para todos los cementos normales. Normado por ASTM C150 y por la COGUANOR NGO 41016.

Dos clases o tipos especiales de cemento Portland son: el cemento metalúrgico y el blanco.

El cemento metalúrgico, la alúmina queda casi totalmente sustituida por el óxido de hierro o de algún otro metal. Por esta razón, este cemento resiste bien el agua de mar o de pantanos. El cemento blanco es un cemento Portland muy bajo en óxido férrico. Tiene color blanco puro.

### **1.11.2. Cemento ferro-Portland**

Se obtiene moliendo conjuntamente a gran finura una mezcla de 70 partes en peso de clínker de cemento Portland y 30 partes en peso (como máximo) de escorias (hidráulicas) de altos hornos, granulados por enfriamiento brusco.

### **1.11.3. Cementos de altos hornos**

Se obtiene moliendo conjuntamente con gran finura una mezcla de 15 a 69 partes en peso de clínker de cemento Portland y 85 a 31 (respectivamente) escorias (hidráulicas) de altos hornos granulados por enfriamiento brusco.

### **1.11.4. Calidad del cemento**

Todos los cementos se encuentran en el mercado a base de tres calidades.

Estas calidades se ven designadas según sus resistencias a la compresión, que alcanza como mínimo las probetas de morteros normales preparadas y conservadas según prescribe las normas durante 28 días. Donde se distinguen:

- Cemento normal 225: cemento corriente, con una resistencia mínima a la compresión de 225 kilogramos sobre centímetro cuadrado a los 28 días.
- Cemento normal 325: súper cemento o cemento de alta calidad, con una resistencia mínima a la compresión de 325 kilogramos sobre centímetro cuadrado a los 28 días.
- Cemento normal 425: súper cemento extra o cemento de muy alta calidad, con una resistencia mínima a la compresión de 425 kilogramos sobre centímetro cuadrado a los 28 días.

#### **1.11.5. Marcas distintivas**

El envase, que en la mayoría de los casos es el saco de papel de 3 o 4 hojas, tiene capacidad de 42,5 kilogramos en Guatemala, aunque es variable según el país. Debe llevar claramente legible la denominación del tipo o clase de cemento, la calidad, el peso bruto, el nombre de la empresa productora y su marca. Las impresiones de estas características y el color del envase distinguen y caracterizan la calidad del cemento. Según su resistencia, el cemento debe ir en sacos de diferente color:

- Baja resistencia, saco color pardo
- Media resistencia, saco verde
- Alta resistencia, saco rojo

### **1.11.6. Cemento puzolánico**

Fundamentado en la ASTM C 595 – 89, ASTM C 593 – 04, ASTM C 1157 – 04 y ASTM C 821 – 04 y antiguamente en la norma alemana DIN 1167. Es un aglomerante hidráulico y se compone de clínker de cemento Portland normal (ASTM C 150 y antiguamente la DIN 1164) y de puzolana o tras normal (ASTM C 150 y antiguamente la DIN 51 043), conjuntamente molido de fábrica a la debida finura y consiguientemente mezclados de manera íntima. El cemento puzolánico se fabrica según los tipos de mezcla.

Con 30 partes en peso de puzolana o tras y 70 partes en peso de clínker de cemento Portland (cemento puzolánico 30:70), o con 40 partes de peso de puzolana o tras y 60 partes de peso en clínker de cemento Portland (cemento puzolánico 40:60). El cemento puzolánico 30:70 se designa con la denominación de cemento puzolánico regular. El cemento puzolánico, que más se utiliza en Guatemala, es la combinación de cemento Portland más puzolana.

### **1.11.7. Cemento súper sulfatado (o siderúrgico sulfatado)**

Antiguamente se le denominaba cemento de yeso y escorias. Según la ASTM C150, C1012, C452, C114 -04 y antiguamente la DIN 4210, consiste en escorias de altos hornos básicos, granulados por enfriamiento brusco, molidos finamente, y piedra de yeso finamente molidas, que también pueden estar sustituidas por yeso con otros grados de hidratación.

El cemento súper sulfatado puede servirse en las calidades. Puede ser empleado de acuerdo con la ASTM C150, C206, C207 y antiguamente la DIN 1045 y la DIN 1164. No es admisible su mezcla con otros aglomerantes como cemento normal, cal o yeso.

## **1.12. Hormigón**

El concreto u hormigón es una mezcla dosificada de agregados inertes, cemento y agua. Este está formado por una parte activa que es el pegamento y una parte inerte que son los agregados. El pegamento, una pasta de agua y cemento, es el componente activo que llena los vacíos entre las partículas, dando lubricación a la masa y resistencia e impermeabilidad al concreto endurecido. El agregado, también proporciona resistencia y la durabilidad al concreto, por ello la calidad del mismo rige sus propiedades finales.

## **1.13. Ladrillo**

Son prismas que pueden manejarse con una sola mano, es uno de los 5 materiales predominantes más usados en la construcción guatemalteca en paredes exteriores como muros de carga o tabiques según Instituto Nacional de Estadística (INE) en el censo del 2002. La materia prima para la fabricación de ladrillo de barro cocido es la arcilla con ciertas propiedades, tales como plasticidad, absorción de agua, capacidad de aglutinamiento, poca contracción al secado y buen comportamiento al proceso de cocción. Pueden ser perforados o con huecos de un 5 a un 33 por ciento del área bruta, ladrillos macizos sin agujeros, conocidos como el tayuyo, y los block de barro cocido, entre otros.

## **1.14. Materiales aglomerantes**

También llamados materiales cementantes son materiales amasados con agua, que tienen como principal propiedad el fraguar y endurecer. Los aglomerantes más utilizados en la construcción guatemalteca son: cal y

cemento. Estos se mezclan con los agregados, arena y grava formando morteros y concretos.

### **1.15. Mortero**

Se denomina mortero a la mezcla de arena, cal o cemento y agua. La arena interviene como materia inerte, cuya finalidad es dar solidez a la masa desecada y evitar el resquebrajamiento que se produciría si se empleara solamente el aglomerante; su característica es endurecerse con el tiempo y formar una masa común con los materiales que une. Como morteros de albañilería se emplean; principalmente los de cal, de cemento y los de cal y cemento.

Cuando más resistencia a la compresión tiene un mortero, tanto más disminuye su ductilidad y elasticidad.

#### **1.15.1. Mortero prefabricado**

Es una obra de fábrica con menor resistencia a la compresión, pero con mayor ductilidad y elasticidad en el mortero empleado será, por consiguiente, más segura contra roturas o grietas, porque el mortero actuará de almohadilla o resorte elástico en caso de asientos, trepidaciones y contracciones que pueden producir movimientos.

El mortero de alta resistencia, además es en general, menos fácil de trabajar y poner en obra: llena solo imperfectamente las desigualdades superficiales de los ladrillos o piezas de albañilería y con las trepidaciones y los asientos que, generalmente se producen en las paredes recién construidas de desprendimiento con facilidad de dichos elementos. Por tales razones, en la

mayoría de los casos, con un mortero de alta resistencia se logran en la obra de fábrica menores resistencias que con morteros más plásticos, dúctiles y elásticos que poseen mayor poder para retener el agua y que, aun en el caso de ser colocados en obra junto con ladrillos muy absorbentes, siguen conservando su plasticidad.

Si se desea lograr la resistencia máxima que puede dar un mortero de albañilería, debe preservársele de una desecación demasiado rápida. La importancia que esto tiene, así como la de graduar bien el humedecimiento y la plasticidad del mortero, como se denotaba en la antigua norma alemana DIN 1053.

Los ladrillos y block deben mojarse previamente de acuerdo con su absorción y el estado de la atmósfera, a fin de que no roben al mortero más que una reducida cantidad de agua y se logran así buenas adherencias entre los elementos. El mortero debe conservar la humedad necesaria para poder desarrollar su proceso de fraguado.

Los morteros destinados a revoques o revestimientos y enlucidos interiores o exteriores tienen, en general, que cumplir con los mismos requisitos citados. Solo se obtendrá con ello una buena protección contra los agentes atmosféricos cuando el revestimiento se halle perfectamente adherido a la superficie que le sirve de soporte y esté exento de grietas. Cuando es fabricado, es algo elástico, por lo que es necesario que el revestimiento también lo sea, a fin de que los movimientos que en el soporte se produzcan puedan ser absorbidos por ellos, sin que se pierda adherencia con la estructura portante ni las tensiones den lugar a la aparición de grietas. Para los trabajos de revoques y enlucidos son, pues apropiados, principalmente, los morteros de cal y los de cal y cemento. Estas clases de morteros permiten que en locales utilizados

como estancia permanente de personas o de ganado, pueda establecerse a través de los elementos prefabricados o elementos de mampostería un intercambio de aire y humedad sin gran dificultad.

Solamente se emplea el mortero de cemento en sitios donde se requiere un enlucido impermeable, por ejemplo, en la impermeabilización de bodegas, depósitos, etc. Se forma entonces, una especie de cubierta enlucida, que impide la respiración de los elementos prefabricados.

En tiempo de heladas ha de suspenderse la construcción de obras de albañilería a la intemperie.

#### **1.16. Yeso**

Es el aglomerante más antiguo, producto de la deshidratación total o parcial de la piedra de yeso. El yeso es el semihidratado, dentro del cual se encuentran los yesos negros y los blancos. El primero se utiliza para obras que no van a ser vistas y, las segundas, para enlucir las paredes. Este aglomerante es de poco uso en las construcciones guatemaltecas.



## 2. GENERALIDADES

Los materiales predominantes en la construcción de vivienda en Guatemala, según el censo de población y vivienda del 2002 del INE son el block, adobe, madera, ladrillo, entre otros, con los que se adaptan los materiales naturales abundantes en el entorno, elaborados a partir de la arcilla, arena y piedra, considerados como elementos duraderos y resistentes a cargas a compresión. Los elementos cuentan con diferentes características, propiedades y comportamientos según la calidad de la materia prima o forma de elaboración, tanto como mampuestos o sistemas complejos, como el muro de una vivienda. Un elemento de gran importancia que repercute en la calidad del elemento o del sistema complejo es la intervención de la capacidad humana, la temperatura ambiente, y la calidad de los materiales para garantizar su buen funcionamiento.

Debido a los avances de la tecnología, no solo los mampuestos se elaboran de manera manufacturada o prefabricada, también el mortero de pega que tradicionalmente se elaboraba de forma artesanal o *in situ*; encontrándose en diferentes presentaciones, siendo su uso cada vez de mayor relevancia en la construcción. Esto produce la importancia de estudiar la capacidad del mortero a través de la calidad del sistema de muros de albañilería, comparando la capacidad de resistir cargas entre el levantado con mortero prefabricado y el uso de mortero tradicional, para determinar la predominación de cada uno.

## **2.1. Unidades de mampostería**

La mampostería consiste, generalmente, en una masa sólida producida por unidades separadas por un ligamento, que actualmente, en la mayoría de los casos corresponde a un mortero prefabricado. Los principales materiales que pueden ser utilizados para su construcción son:

### **2.1.1. Piedra**

Material utilizado en la antigüedad, más en las construcciones romanas, debido a su alta resistencia y abundancia en el medio. Actualmente se utiliza alrededor del mundo como piedra triturada o de menor tamaño para manipularla de forma más eficiente. Se utiliza en diferentes tamaños como materia prima para formar otros elementos.

### **2.1.2. Adobe**

Forma antigua de construcción. Son bloques formadas con tierra arcillosa, mezclada con paja, arena, estiércol u otro material, elaborado a mano o con ayuda de moldes de madera, compactadas en forma manual y secado al sol.

### **2.1.3. Ladrillo**

Mampuesto fabricado con una gran variedad de materiales, tales como: barro seco, arcilla, pizarra, arcilla cocida o la mezcla de estos. El proceso de fabricación consiste en someter a la unidad a temperaturas entre 750 grados centígrados y 1 300 grados centígrados, de tal forma que el agua se evapore y las partículas de arcilla endurezcan, causando así la fusión de los componentes debido a las elevadas temperaturas. Posteriormente da lugar una vitrificación

parcial y la temperatura se mantiene por un tiempo preestablecido de entre 40 y 150 horas, en donde el enfriamiento debe ser controlado, ya que puede alterar la calidad de la unidad. Los ladrillos de arcilla pueden clasificarse en dos tipos: perforados y sólidos o no perforados.

#### **2.1.3.1. Perforados**

Son ladrillos huecos aquellos cuyo volumen de perforación supera al 33 por ciento del neto del ladrillo.

Corresponde a piezas macizas perforadas. Las piezas cuyas perforaciones son paralelas a cualquiera de sus aristas y su volumen total de perforación es superior a un 5 por ciento pero nunca mayor al 33 por ciento.

#### **2.1.3.2. Sólidos o no perforados**

Son aquellos de masa compactada y de forma regular, generalmente suelen llevar dos perforaciones paralelas a una de las aristas, con el fin de lograr aligerarlos de tal manera que se puedan trabajar con mortero en hiladas.

#### **2.1.4. Propiedades físicas**

Se consideran como predominantes en la mampostería, las propiedades: contracción, resistencia a compresión, contenido de humedad y absorción.

#### **2.1.4.1. Contracción**

Los mampuestos varían considerablemente en el contenido de humedad, debido a la variación en la producción, el curado, las condiciones ambientales durante el transporte, el almacenamiento y la instalación final.

#### **2.1.4.2. Resistencia a compresión**

La resistencia a compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensayo especificado en la Norma: 21-17 del UBC-97 sección 2105.

Para diseño se empleará un valor de resistencia, a compresión en el mampuesto, medida sobre el área bruta, que se determinará como el que se alcanza, por lo menos por el 98 por ciento de las piezas producidas. La resistencia de diseño se determinará con base en la información estadística existente sobre el producto o a partir de muestreos de la pieza, ya sea en planta o en obra.

Si se opta por el muestreo, se obtendrán al menos tres muestras, cada una de diez piezas, de lotes diferentes de la producción. La resistencia de diseño se calculará como:

$$f'm = \frac{fm}{1 + 2.5Cp}$$

Donde:

fm = resistencia a compresión de las piezas, referidas al área bruta.

Cp= coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

- 0,20 para piezas provenientes de plantas, con sistema de control de calidad.
- 0,30 sistema mecanizado, sin control de calidad.
- 0,35 Producción artesanal.

Tabla I. **Cuadro de resistencia a compresión de block de concreto**

Tipos de bloque	Grosor mínimo de paredes del bloque	Variaciones permisibles para las 3 dimensiones	Resistencia a compresión a 28 días (m)	Máxima absorción de agua 24 hrs. (n)
<b>A</b>	3,0 cm	4 mm	50 kg/ cm <sup>2</sup>	30%
<b>B</b>	2,5 cm	4 mm	35 kg/ cm <sup>2</sup>	30%
<b>C</b>	2,5 cm	4 mm	25 kg/ cm <sup>2</sup>	30%

Fuente: Norma FHA. p. 8 – 10

### 2.1.4.3. **Contenido de humedad y absorción**

Son las propiedades más importantes de las unidades y tienen un efecto considerable sobre las características de la mampostería.

El contenido de humedad se define como la masa de agua por unidad de volumen, la cual puede ser expresada en términos absolutos o en términos relativos a la densidad de la unidad cuando está seca. El intervalo típico de este parámetro es de 50 a 60 kilogramos sobre metro cúbico y de 2 a 3 por ciento, respectivamente.

La capacidad de la unidad para absorber agua se mide por dos parámetros; la absorción total y la tasa inicial de absorción. El primer parámetro representa la cantidad de agua requerida para saturar la unidad de

mampostería, mientras que la tasa inicial de absorción o succión, es la masa de agua absorbida por unidad de área y por unidad de tiempo, medida en valores que varían entre 0,5 y 1,5  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{min}}$

## **2.2. Mortero**

El mortero es una mezcla de cementante, agregados y agua. Todos los morteros están obligados a cumplir con la Norma ASTM C279 y las especificaciones de propiedades y dosificaciones en la tabla 2103.7. La cal hidratada se suele añadir al mortero para aumentar la trabajabilidad, capacidad de retención de agua y la elasticidad. Sin embargo, la adición de cal hidratada, también disminuye la resistencia a la compresión.

En el tamizado de la arena, el porcentaje de 5 a 10 por ciento de finos (que pasan el tamiz 200) contribuye en el mortero a la plasticidad y trabajabilidad. En construcción de mampostería, están disponibles tres tipos de materiales de cemento para hacer morteros y cuatro tipos de morteros.

Tras la elaboración del mortero, no se permite refraguar el mortero para mampostería, en donde el mortero no usado debe ser desechado dentro de las 2 ½ horas después del mezclado inicial.

Tabla II. **Resistencia a la compresión de los cubos de morteros preparados en laboratorio**

<b>Mortero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Resistencia promedio a la compresión a los 28 días, min, PSI (Mpa)</b>
Cal-cemento	M	2500 (17,2)
	S	1800 (12,4)
	N	750 (5,2)
	O	350 (2,4)
Cemento de mortero	M	2500 (17,2)
	S	1800 (12,4)
	N	750 (5,2)
	O	350 (2,4)
Cemento de mampostería	M	2500 (17,2)
	S	1800 (12,4)
	N	750 (5,2)
	O	350 (2,4)

Fuente: ASTM C270-07, tabla No. 22.

La selección del mortero debe ser según su uso debido a que no existe un mortero que sea aplicable con éxito a todo trabajo. El variar las proporciones, mejora algunas propiedades a expensas de otras.

### **2.2.1.1. Mortero tipo M**

Es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión. Por su durabilidad, se usa en estructuras en contacto con el suelo, tales como: cimientos, muros de contención, aceras, tubería de agua servida y pozos.

### 2.2.1.2. Mortero tipo S

Alcanza alta resistencia en adherencia se utiliza en estructuras sujetas a cargas compresivas normales, en revestimientos o pega de baldosas de barro cocido.

### 2.2.1.3. Mortero tipo N

Alcanza alta resistencia en adherencia. Se utiliza en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones. Este mortero es de mediana resistencia.

### 2.2.1.4. Mortero tipo O

Mortero de baja resistencia y mucha cal. Utilizado en paredes, divisiones sin carga y para el revestimiento exterior.

Tabla III. **Guía para seleccionar morteros de mampostería**

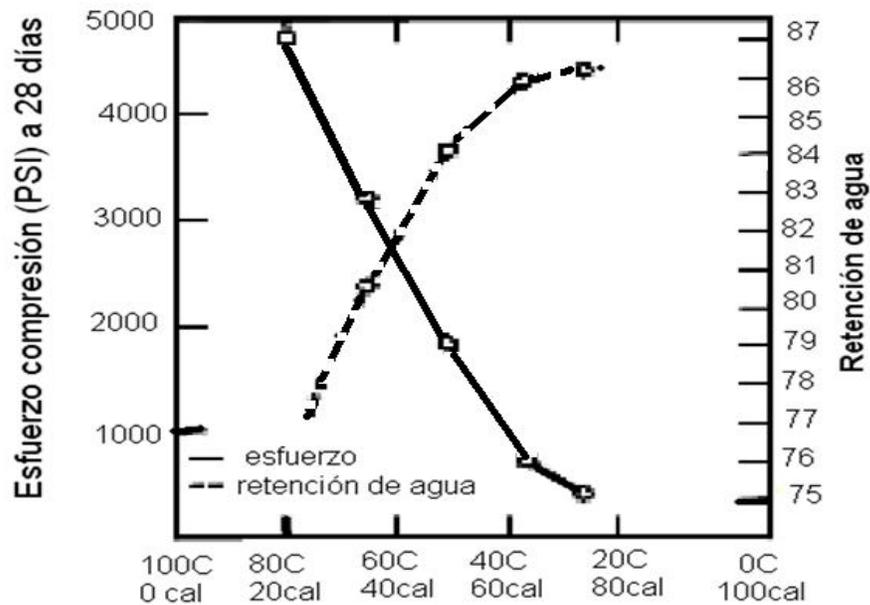
Localización	Segmento constructivo	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior sobre el terreno	Paredes de carga	N	S o M
	Paredes sin carga	O	N o S
Exterior bajo el terreno	Muros de cimentación	S	M o N
	Muros de contención		
	Pozos, descargas de aguas negras		
Interior	Paredes de carga	N	S o N
	Divisiones sin carga	O	N o S

Fuente: American Society for Testing and Materials, ASTM C-270, p. 155

### 2.2.2. Mortero con cal

Esta combinación de cemento y cal ofrece las mejores propiedades de los dos materiales deseables en la construcción de mampostería. Considerando que el cemento contribuye a un alta resistencia a la compresión, los resultados de morteros de cemento – arena en la baja resistencia de agua y puede estar sujeta a la fisuración. La adición de cal reduce la fuerza de compresión, pero aumenta remanecía de agua y reduce así el agrietamiento. Las proporciones de varias combinaciones de cemento y cal se muestran en la figura 1. La gráfica siguiente muestra la relación entre varias proporciones de cemento y cal contra esfuerzos y retención de agua.

Figura 1. **Proporciones para morteros a base de cemento y cal**



Fuente: CORZO ÁVILA, Mario Rodolfo. Notas mampostericas de una sabandija. p. 6.

### **2.2.3. Mortero con cemento**

Este mortero a base de cemento hidráulico con contenido de aire sirve para mejorar las propiedades de resistencia a la flexión de uniones. Debido a que es un cemento hidráulico, no se agrega cal para hacer el mortero.

### **2.2.4. Mortero de cemento para mampostería**

El mortero de albañilería es un producto patentado y contiene una mezcla de cemento, piedra caliza y otros materiales. También cuenta con eliminadores de aire y aditivos que repelen el agua. Debido a que la piedra caliza es un componente de la mezcla de cemento de albañilería, no se requiere la adición de cal.

La selección del mortero a usar no debe basarse exclusivamente en la resistencia a la compresión. Los tipos de morteros S pueden ofrecer resistencia a la compresión. Comparable a la de tipo de mortero M con la ventaja añadida de una mejor viabilidad. Los morteros de alta contracción aumentan la fuerza en las uniones de las unidades y, también puede dar lugar a una contracción mayor de mortero que se debe al contenido de cemento.

Tabla IV. **Propiedades del mortero**

<b>Mortero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Resistencia promedio a la compresión a los 28 días, min, PSI (Mpa)</b>	<b>Retención de agua mínimo (%)</b>	<b>Contenido de aire máximo (%)</b>
Cal cemento	M	2500 (17,2)	75	12
	S	1800 (12,4)	75	12
	N	750 (5,2)	75	14
	O	350 (2,4)	75	14
Cemento de mortero	M	2500 (17,2)	75	12
	S	1800 (12,4)	75	12
	N	750 (5,2)	75	14
	O	350 (2,4)	75	14
Cemento de mampostería	M	2500 (17,2)	75	18
	S	1800 (12,4)	75	18
	N	750 (5,2)	75	20
	O	350 (2,4)	75	20

Fuente: Norma UBC 97, tabla 2103. 7 (2).

### **2.2.5. Mortero prefabricado o predosificado**

Este mortero es dosificado y mezclado en planta con los requerimientos de trabajabilidad, contenido de aire, retención de agua y resistencia a la compresión, de diferentes tipos presentados en la Norma ASTM C270.

Su presentación es en sacos, lo que ahorra tiempo para la elaboración de una mezcla homogénea de los agregados y los materiales aglomerantes, a estos solo debe verterse el agua indicada para obtener la trabajabilidad, resistencia y rendimiento que el fabricante haya dispuesto.

## **2.2.6. Propiedades del mortero en estado endurecido**

Se consideran como predominantes las siguientes propiedades del mortero en estado endurecido.

### **2.2.6.1. Retracción**

Se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en pastas con una alta relación agua – cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento.

En zonas calurosas y de mucho viento, el agua del mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas. Lo mismo ocurre si la base es muy absorbente. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Para evitar la retracción al secado (puzolánico o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos.

### **2.2.6.2. Absorción**

La propiedad más importante del mortero es su habilidad de adherirse a las piezas de mampostería o de acero. En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que lo une con la estructura. La adherencia afecta en gran forma la permeabilidad y la resistencia a la flexión.

En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero, así como un porcentaje de absorción proporcional a la resistencia de agua del mortero.

Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para su colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería, ya que permite una íntima unión entre las piezas. Sin curado húmedo, los morteros con el contenido de humedad mayor, logran un curado mejor y alcanzan mayor resistencia a la adherencia. Los ensayos en especímenes almacenados al aire favorecen a los morteros que contienen cal porque esta retiene mayor cantidad de agua.

### **2.2.6.3. Resistencia a la compresión**

Una vez aplicado en obra, el mortero debe actuar como unión resistente. Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero debe soportar cargas altas y sucesivas. Siendo esta un indicio de la resistencia a tensiones de corte y a tensiones de tracción.

Hay dos leyes fundamentales que se aplican a la resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregado, la primera dice: con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero, y la segunda: con el mismo porcentaje de cemento el volumen de mortero, el más resistente y, generalmente más impermeable es aquel que tenga mayor densidad, es decir, aquel que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos.

#### **2.2.6.4. Durabilidad**

La durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos como: las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencia, agentes corrosivos o choques térmicos, entre otros; sin deterioro de sus condiciones físico – químicas con el tiempo. En general se cree que los morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y generalmente en condiciones de ambientes agresivos.

#### **2.2.6.5. Permeabilidad**

La permeabilidad es la característica de dejar filtrar, ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles suelen golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto es que la junta de mortero no es tan buena, y se puede producir grietas que favorezcan alguna filtración.

#### **2.2.6.6. Eflorescencia**

La eflorescencia es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared y la cristalización de las sales solubles, ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia.

### **2.2.6.7. Apariencia**

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de block a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficie. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales.

### **2.3. Prisma**

De conformidad con la Norma ASTM C 1314. El prisma es el método más racional para la determinación de la resistencia, ya que toma en cuenta las propiedades de las unidades de mampostería y morteros como un sistema compuesto.

La fuerza de ensayo del prisma, dependiendo de la que se quiere establecer, ya sea la fuerza a compresión, corte, adherencia o fricción; se basa en las dimensiones del prisma y su disposición en forma para la elaboración del ensayo. Estos ensayos permiten simular la forma de trabajo de la mampostería, como simulación en un muro de los cuales en forma generalizada tienden a trabajar por corte y carga axial; adicionalmente se deberá tener presente la acción del volcamiento y los efectos de momento producidos por la acción de cargas fuera del plano en los muros de mampostería, las que serán resistidas por la combinación de la mampostería con el acero; que sería la mampostería reforzada o confinada que forma una estructura mucho más rígida; la cual no se estudiará debido a que se intenta verificar la resistencia comparativa del mortero tradicional y el mortero prefabricado.

## **2.4. Fallas por corte**

Ante las cargas laterales inducidas por viento o sismo, es necesario evaluar adecuadamente la resistencia a cortante. Los esfuerzos de corte son combinados con los esfuerzos de compresión producidos por cargas gravitatorias u otras acciones. El cortante puro, que no tiene aplicación práctica, por lo que la resistencia a corte de la mampostería se investiga considerando el efecto de los esfuerzos de compresión en la dirección normal a las juntas horizontales. En otros casos de esfuerzos más complejos (esfuerzos biaxiales) es necesario utilizar un criterio de falla general para evaluar la resistencia de la mampostería.

### **2.4.1. Modos de falla**

El comportamiento de la mampostería se caracteriza por dos efectos importantes:

- La respuesta frágil de las unidades de mampostería en tracción
- La debilidad introducida por las juntas de mortero

Los modos de falla resultan de la combinación de grietas de tensión diagonal cruzando las unidades y las grietas a lo largo de las uniones del mortero-unidad.

Se consideran tres tipos de falla

- Fricción – cortante: esta ocurre para esfuerzos normales de compresión baja, por la unión débil entre el mortero y la unidad, dando lugar a esfuerzos cortantes de deslizamiento entre las juntas horizontales.

- Tensión diagonal: se produce directamente sobre las unidades de mampostería para esfuerzos normales de compresión moderada.
- Compresión: se presenta para cargas axiales grandes que representan esfuerzos normales altos, comparados con los esfuerzos de corte.

## 2.5. Resistencia a corte de mampuestos ( $f'_m$ )

La resistencia de diseño a corte o compresión diagonal de la mampostería,  $V_m$ , sobre el área bruta de la diagonal, se determinará con el siguiente procedimiento:

- El valor de la resistencia está referido a 28 días. Sí se considera que el muro recibirá las acciones de diseño antes de este lapso, se recomienda que los prismas tengan una longitud de, al menos, una vez y media de la longitud de la del mampuesto y el número de hiladas necesarias, para que la altura sea aproximadamente igual a la longitud.
- Los prismas se ensayarán sometiéndolos a una carga de compresión monótona a lo largo de su diagonal y el esfuerzo cortante medio se terminará dividiendo la carga máxima entre el área bruta del prisma, medida sobre la misma diagonal. Con base en esta modalidad se estudiará con mayor precisión el mortero y a su vez el sistema.
- La resistencia de diseño a corte o compresión diagonal  $V_m$  será igual a :  

$$V_m = \frac{V_m}{1+2.5C_v}$$
en donde la ecuación es igual a la ecuación de compresión, y  $V_m$  es igual a la medida del cortante del prisma, sobre el área bruta medida a lo largo de la diagonal paralela a la carga.

## **2.6. Ensayos para muros de mampostería**

Si se quiere instaurar la resistencia de los muros de mampostería del mortero de pega o del sistema del mismo, se establece por medio de prismas elaborados con elementos a utilizar y enlazados con los diseños propuestos para su construcción, luego se ensayan con un incremento de carga hasta que sobrevenga la falla. La disposición del prisma y el punto de aplicación de la carga, depende de lo que se propuso analizar, esto puede ser: compresión, adherencia y corte.

### **2.6.1. La resistencia a corte**

La resistencia a corte en los prismas de mampostería se evalúa con un prisma de relación 1:2 de ancho por alto respectivamente, en donde el prisma se coloca a un ángulo de 45 grados para inducir esfuerzos cortantes en el sistema.

Para evitar datos erróneos en el ensayo es recomendable apoyar el prisma sobre platinas en sus esquinas superior e inferior, en donde será apoyado el prisma y la otra para el gato hidráulico que aplicará la carga hasta llevarlo a su falla, se tomarán datos de la deformación obtenida en los laterales libres del prisma, por cada aplicación de carga hasta llevarlo a su falla. A este ensayo también se le conoce como de compresión diagonal.

### **2.6.2. Resistencia de adherencia**

El ensayo se emplea para determinar la adherencia existente entre el mortero y las unidades de mampostería.

En este ensayo se aplica una incrementación de carga horizontal hasta llevarlo a su falla, se aplica una carga vertical que se denomina de confinamiento, ya que permite que el prisma no se mueva mientras se le aplica la carga horizontal. Estos mismos parámetros se evalúan en la fricción del sistema, conociendo la deformación por cada aplicación de carga.

### **2.6.3. Resistencia a compresión**

Se elabora un prisma de relación 1:2 de ancho por alto, con los mampuestos dispuestos. Se ensaya aplicando carga vertical con un gato hidráulico sobre una superficie que distribuya la carga sobre toda la cara superior del prisma, hasta que sobrevenga la falla.



### **3. ENSAYOS Y RESULTADOS**

#### **3.1. Generalidades**

El propósito del análisis es determinar la resistencia del mortero tradicional o de cemento, en comparación de la resistencia del mortero prefabricado, evaluándolo por medio de prismas que simulan muros de albañilería no confinada. Aplicando muestras de 7, 14 y 28 días, elaborando un modelo comparativo entre el uso de mampuestos en estado húmedo y seco.

Considerando únicamente en el estudio la capacidad del mortero, se pretende únicamente evaluarlo por medio del ensayo a corte y de adherencia, evaluando sus capacidades por medio de los dos tipos de mampuestos con mayor trascendencia en el país, como el ladrillo macizo de barro cocido o tayuyo, y el bloque de concreto.

El mortero de mezcla tradicional fue elaborado con una dosificación de cemento; arena y cal de 1:2.5:0.25 respectivamente según Normas ASTM C150 y ASTM C595. Para la elaboración del mortero prefabricado se utilizó cemento ugc, cal hidratada (marca Horcalsa) y arena de río tamizada por tamiz No. 4.

El mortero prefabricado de selección para la comparación en la calidad de la adherencia es de venta nacional, de tipo N, considerando como el mortero de uso general: que indica cumplir con la Norma ASTM C270.

Los elementos prismáticos de concreto tanto enteros como mitades del tipo B; de 35 kilogramos de resistencia a compresión, que cumple con la

Norma ASTM C90, al igual que ladrillo macizo de barro cocido. Los prismas han sido evaluados en estado húmedo y seco. Los mampuestos en estado húmedo, considerados de la siguiente forma: los block de concreto fueron humedecidos previo a su colocación en el prisma, y el ladrillo hasta la saturación del mismo (cese del burbujeo del mampuesto sumergido en agua).

Los prismas se elaboraron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad San Carlos de Guatemala, en la sección de Estructuras. Su fraguado fue a la intemperie, pues se simula las condiciones reales que sufría un muro, a diferencia de elaboración en condiciones ideales, que rara vez se presentan.

### **3.2. Ensayos de adherencia**

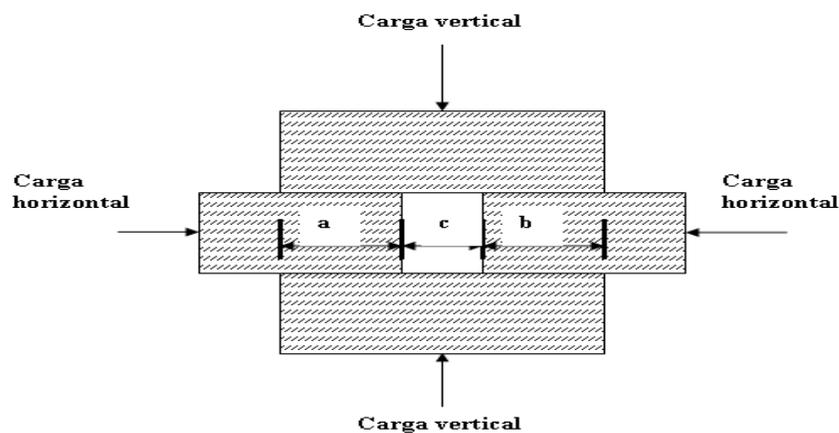
Estudia la acción de una fuerza horizontal en un muro ocasionado normalmente por el viento o sismo, a la cual se contrapone una fuerza resistente o fuerza de cortante; originadas por adherencia existente entre el mortero y la unidad de mampostería, en este caso se someten los prismas a cargas laterales, colocando el prisma dentro de un marco que permite una adecuada aplicación de cargas horizontales, la carga de confinamiento se aumenta a partir de la obtención de la falla por adherencia.

Para la elaboración de los ensayos, el prisma se coloca dentro de un marco de acero, el cual permite la colocación de dos gatos hidráulicos en los laterales del prisma para la posterior aplicación de carga en forma gradual y controlada; más una carga de cero en su vertical superior, que se utiliza para estabilizar y evitar que el prisma falle por movimientos o por flexión. El gato hidráulico marca Owatona de 10 toneladas usado en todos los ensayos de

adherencia para la aplicación de la carga lateral. En la carga axial un gato hidráulico marca Enerpac RC 1012.

El prisma para ensayar la adherencia es dispuesta como se muestra en la figura 2, en ambos tipos de mampuestos.

Figura 2. **Disposición prisma de adherencia**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 3.2.1. **Ensayos de adherencia con mampuestos húmedos**

La adherencia ha sido evaluada por medio de prismas dispuestos de la forma que aparece en la figura anterior; en donde se evaluaron dos clases de mortero, el prefabricado y el tradicional, con mampuestos húmedos y secos en block de concreto y ladrillo tayuyo; ensayados de 7 a 28 días.

### 3.2.1.1. Mortero prefabricado

Según los ensayos realizados, se observa en la tabla V, que en los prismas en estado húmedo se logra obtener una mejor adherencia en mampuestos de block, esto respecto al ladrillo.

Tabla V. **Ensayos de adherencia de mortero prefabricado húmedo**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Largo (b)	Ancho ©	Separación (mm)	Carga (psi)	Carga (kg)	Área de contacto	Esfuerzo de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )
28	Block	H	L	83,3	15,85	3,6	6,30	1300	1459,55	228,24	12,79
28	Ladrillo	H	L	58,0	19,41	11,0	8,65	1400	1571,82	854,15	3,68
14	Block	H	L	84,8	16,18	3,6	5,73	1100	1235,00	232,92	10,60
14	Ladrillo	H	L	62,0	19,33	11,0	7,93	1400	1571,82	850,30	3,70

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

#### 3.2.1.1.1. Prismas de ladrillo

El ladrillo húmedo, con mortero prefabricado, presenta una resistencia de diseño puntual de 3,7 kilogramos sobre centímetro cuadrado. En donde se cree que la eflorescencia producida por la saturación del ladrillo, genera la estabilidad de las propiedades del mortero prefabricado.

### **3.2.1.1.2. Prismas de bloque**

En los prismas de bloque húmedo se presenta un aumento durante el proceso de fraguado, en donde produce un aumento del 20 por ciento a 28 días, produciendo una resistencia de adherencia promedio de 11,70 kilogramos sobre centímetro cuadrado, esto se debe a la superficie poco absorbente que presenta el mampuesto, permitiendo mantener las propiedades internas del mortero durante el fraguado.

Con los datos anteriores se puede constatar que en los prismas con base en bloque de concreto se logra un aumento de un 365 por ciento en la resistencia, sobre la resistencia obtenida en los prismas a base de ladrillo. Constatando que el bloque de concreto logra mantener las propiedades internas del mortero lo que permite resistir cargas internas.

### **3.2.1.2. Mortero tradicional**

El uso del mortero de tradicional o de cemento dosificado según la Norma ASTM C 270, ha sido ensayado con los dos tipos de mampuestos: ladrillo tayuyo y block, encontrándose estos en estado húmedo obtuvo la siguiente información según tabla VI.

Tabla VI. **Ensayos de adherencia con mortero tradicional húmedo**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Largo (b)	Ancho ©	Separación falla (mm)	Carga (lbs)	Carga (kg)	Área de contacto	Esfuerzo de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )
28	Block	H	C	83,0	16,75	3,6	5,0	3828,5	1740,23	241,20	14,43
28	Ladrillo	H	C	55,1	19,86	11,0	3,0	4507,8	2048,98	873,95	4,69
14	Block	H	C	81,0	16,24	3,6	3,0	2655,3	1206,93	233,82	10,32
14	Ladrillo	H	C	57,5	19,6	11,0	4,9	3458,0	1571,82	862,40	3,65
7	Block	H	C	81,5	16,13	3,6	6,0	2840,5	1291,14	232,20	11,12
7	Ladrillo	H	C	55,0	19,93	11,0	1,0	3952,0	1796,36	876,70	4,10

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 3.2.1.2.1. Prismas de block de concreto

En los prismas de block de concreto se considera el mampuesto con mayor estabilidad en estado húmedo, produciendo una resistencia promedio de 7 a 28 días de 11,95 kilogramos sobre centímetro cuadrado, evaluando un aumento en un 35 por ciento y una resistencia a 28 días de 14,43 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

### 3.2.1.2.2. Prismas de ladrillo

En los prismas de ladrillo se observa un incremento en un 28 por ciento de 7 a 28 días, con una resistencia promedio de 4,10 kilogramos sobre centímetro cuadrado. A 28 días obtuvo una resistencia de 4,69 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Con los datos anteriores se observa que el mortero tradicional logra una mayor estabilidad en los elementos a base de bloque de concreto en estado húmedo.

### **3.2.2. Ensayos de adherencia con mampuestos secos**

Para elaborar la comparación en la capacidad de adherencia entre el mortero prefabricado y el mortero tradicional o de cemento es necesario analizar el comportamiento del sistema a través del mortero y el mampuesto en estado húmedo y en estado seco, designando una comparación de la capacidad del sistema y una simulando del uso en obra de los mismos.

En la realidad guatemalteca se ha detectado que en la mayoría de las construcciones en mampostería existe la tendencia a utilizar los mampuestos en estado seco; por lo que se considera necesario concebir el mampuesto seco como parte de la idea comparativa de su uso.

#### **3.2.2.1. Mortero prefabricado**

En los ensayos en prismas de mortero prefabricado se observa en la tabla VII, una disminución en la resistencia durante las diferentes etapas del fraguado siendo de 7, 14 y 28 días, pudiendo deberse la dispersión a las condiciones atmosféricas predominantes durante el levantado del prisma.

En estado seco, se puede observar que la mayor adherencia existente con el mortero prefabricado se dio en el bloque de concreto, debido a la superficie poco absorbente que mantiene la plasticidad del mortero, mientras logra su nivel de fraguado. El block muestra una base poco absorbente que mantiene la plasticidad del mortero, mientras logra su nivel de fraguado. El ladrillo tayuyo

muestra una base altamente absorbente, casi de forma instantánea, produciendo una cristalización en el mortero en donde realmente no existe el proceso de endurecimiento del mortero como la unión o retracción.

Tabla VII. **Ensayos de adherencia con mortero prefabricado en mampuestos en estado seco**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Largo (b)	Ancho ©	No. caras fallidas	Separación por falla (mm)	Carga (lbs)	Carga (kg)	Área de contacto	Esfuerzo de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )
28	Block	S	L	84,5	15,76	3,6	3,0	5,44	1852,5	842,05	226,98	7,42
28	Ladrillo	S	L	68,0	19,45	11,0	2,0	1,00	988,0	449,09	855,80	1,05
14	Block	S	L	84,7	15,75	3,6	2,5	3,00	3149,3	1431,48	226,80	12,6 2
14	Ladrillo	S	L	57,0	20,33	11,0	3,0	2,00	741,0	336,82	894,52	0,75
7	Block	S	L	85,5	47,00	3,6	3,0	0,00	3334,5	1515,68	676,80	4,48
7	Ladrillo	S	L	58,0	19,15	11,0	3,0	2,00	864,5	392,95	842,60	0,93

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos CII 2012

### 3.2.2.1.1. Prismas de ladrillo

El ladrillo seco presenta una resistencia promedio de durante su fraguado de 0,91 kilogramos sobre centímetro cuadrado. La resistencia es demasiado baja para su utilización de manera estructural, esto se debe a la cristalización del mortero de forma casi inmediata al contacto con el mampuesto. Esta

absorción es causada por la base altamente absorbente del mampuesto impidiendo un correcto fraguado.

#### **3.2.2.1.2. Prismas de block de concreto**

El bloque de concreto en estado seco presenta esfuerzos con dispersiones de entre 8.17 kilogramos sobre centímetro cuadrado a 7.42 kilogramos sobre centímetro cuadrado. Esta resistencia es casi 10 veces mayor a la obtenida con los prismas de ladrillo, ya que la base del bloque de concreto es de baja absorción manteniendo la plasticidad, permitiendo un mejor fraguado.

#### **3.2.2.2. Mortero tradicional o de cemento**

En los ensayos de prismas en estado seco de mortero tradicional o de cemento de block y ladrillo tayuyo se observa según tabla VIII, que los elementos elaborados en block logran obtener resistencia razonable, mientras que los de ladrillo tayuyo logran una resistencia y adherencia casi nula, debido a que con el manipuleo se causa un desprendimiento.

Tabla VIII. **Ensayos de adherencia en mortero tradicional con mampuestos secos**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Largo (b)	Ancho ©	No. caras fallidas	Separación por falla (mm)	Carga (lbs)	Carga (kg)	Área de contacto	Esfuerzo de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )
28	Block	S	C	83,5	15,5	3,6	1,5	1,75	2099,5	954,32	223,74	8,53
28	Ladrillo	S	C	64,0	13,5	11,0	3,5	2,00	864,5	392,95	595,65	1,32
14	Block	S	C	82,8	16,0	3,6	2,5	1,50	2223,0	1010,45	229,92	8,79
14	Ladrillo	S	C	63,5	19,3	11,0	2,0	1,00	988,0	449,09	847,00	1,06
7	Block	S	C	82,5	16,3	3,6	4,0	5,00	2593,5	1178,86	234,00	10,08
7	Ladrillo	S	C	54,0	19,1	11,0	3,0	0,00	370,5	168,41	841,50	0,40

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos CII 2012.

### 3.2.2.1. Prismas de ladrillo

Los prismas a base de mampuestos de ladrillo seco, con mortero tradicional se logra mantener en pocas ocasiones una adherencia en el sistema, siendo la eliminación del mortero sin ningún esfuerzo. Estos presentan una separación promedio de 1 milímetro; el deslizamiento promedio es de 3 caras, lo que indica que el mortero no logra absorber las tensiones internas, normales ni las tangenciales en la unión de la estructura, mostrando grietas visibles durante el proceso de fraguado. Estos elementos logran fallar a cargas mínimas o incluso mientras el manipuleo del prismas. Al finalizar el fraguado obtiene una resistencia de 1,32 Kilogramos sobre centímetro cuadrado y un promedio durante el proceso de fraguado de 0,93 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

#### **3.2.2.2. Prismas de block de concreto**

En los primas de block de concreto secos, a base de mortero tradicional se logra mantener de forma más prolongada la plasticidad del mortero y la superficie seca del mampuesto de concreto evitando la retracción del mismo. El esfuerzo alcanzado durante el proceso de fraguado no presenta un comportamiento deseado; muestra una resistencia promedio de 9,13 kilogramos sobre centímetro cuadrado alcanzado una resistencia a los 28 días de 8,50 kilogramos sobre centímetro cuadrado siendo este 8 veces mayor que en el ladrillo. La disminución de la resistencia muestra la influencia de las condiciones atmosféricas, debido a que la temperatura y la humedad presentes durante el proceso de fraguado. La humedad ambiental permite que el mortero absorba humedad y se prolongue el tiempo de fraguado mejorando la calidad del sistema.

#### **3.3. Ensayos a corte**

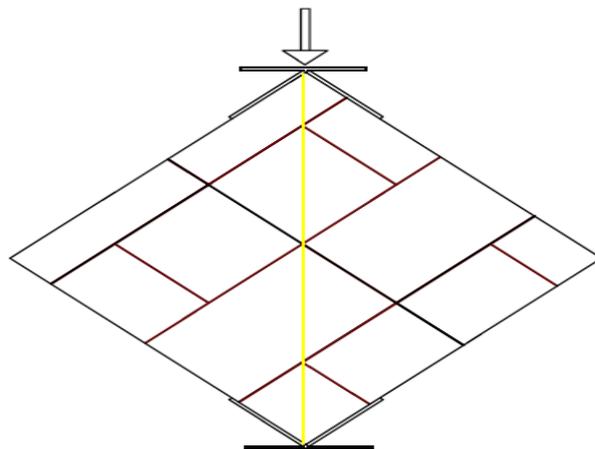
El ensayo a corte en prismas permite el estudio del mortero a través de la representación de la fuerza cortante que podría actuar de forma paralela a una pared o muro representada por sismos, en donde interfiere la unión o la correcta adherencia entre el mortero y el mampuesto para poder resistir.

El prisma, al ser ensayado, se le coloca sobre una base de placa de acero, en donde se apoya a 45 grados. A su vez se coloca otra placa en el esquina superior, sobre esta placa se coloca un gato hidráulico de marca Enerpac tipo RC de diferentes capacidades, que aplica una fuerza de compresión monótona a lo largo de su diagonal hasta llevarlo a la falla o colapso. El esfuerzo cortante medio determina la capacidad de esfuerzos resultantes del prisma; obteniéndose al dividir la carga máxima resistente entre

el área bruta del mismo, área medida sobre la diagonal. En las esquinas horizontales se toman las deformaciones para conocer el acomodamiento del prisma o su forma de falla por medio de un deformómetro en cada lado de este.

En los ensayos se aplican a 2 muestras por cada prisma de una relación de 1:2 en una base y alto, respectivamente en relación de las dimensiones del mampuesto. En donde se tomaron mampuestos de block de concreto y ladrillo tayuyo con mortero de pega de los tipos tradicional o cemento y prefabricado. Los mampuestos se encuentran dos estados para su levantado, estado seco y húmedo; evaluando la resistencia promedio a 14 y 28 días. En el ensayo se dispone de la forma en la figura 3.

Figura 3. **Disposición de prisma para ensayo a corte**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### **3.3.1. Ensayos de corte con mampuestos húmedos**

Con el ensayo de compresión diagonal conocido como ensayo a corte se pretende determinar la capacidad de unión entre el mortero y el mampuesto a través del comportamiento del sistema en relación con la acción de un sismo.

#### **3.3.1.1. Mortero tradicional**

Los elementos prismáticos de albañilería elaborados con mortero de cemento, con la dosificación tradicional presenta un comportamiento con poca dispersión en los valores de la resistencia en cargas aplicadas para ambos estados, en estado húmedo y seco del mampuesto, proveyendo de datos puntuales en elementos de ladrillo tayuyo más que en elementos de block de cemento. La tendencia de falla de los prismas es a corte puro, lo que hace considerar al mortero como estable por su forma de falla.

Tabla IX. **Ensayos de prismas a corte con mortero tradicional en mampuestos húmedos**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Área de contacto		Carga (Psi)	Gato	Área de gato (Plg <sup>2</sup> )	Esfuerzo de diseño
					Ancho (cm)	Diagonal (cm)				
28	Block	H	C	129,25	14	82,0	3500	RC102	2,24	3,10
14	Block	H	C	123,50	14	80,6	4250	RC102	2,24	3,83
7	Block	H	C	127,50	14	82,0	4500	RC102	2,24	3,99
28	Ladrillo	H	C	96,25	11	68,3	2650	RC256	5,16	8,28
14	Ladrillo	H	C	98,67	11	66,3	1750	RC256	5,16	6,21
7	Ladrillo	H	C	105,00	11	68,3	3000	RC102	2,24	4,07

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos elaborados en CII 2012.

En la tabla IX anterior se pueden observar los promedios de los ensayos en donde los prismas de block de concreto tienden a disminuir la resistencia a lo largo del proceso de fraguado, pudiendo atribuírsele a los cambios de temperatura atmosférica que produce una reacción química en la pasta. Mientras que en los prismas de ladrillo se observa un incremento en la resistencia debido a la eflorescencia del mampuesto por la saturación obtenida previo al levantado.

#### **3.3.1.1.1. Prismas de ladrillo**

En los prismas de ladrillo se presenta una saturación completa en el mampuesto, lo que provoca un fenómeno conocido como eflorescencia, representado por una expulsión del agua de adentro hacia afuera de los mampuestos. Este fenómeno permite mantener la plasticidad del mortero por tiempo prolongado, produciendo una mayor reacción química en el sistema durante el proceso de fraguado. Los prismas de ladrillo mantienen una resistencia promedio de 6,20 kilogramos sobre centímetro cuadrado y una resistencia máxima de 8,28 kilogramos sobre centímetro cuadrado, manteniendo una dispersión de un 34 por ciento entre la resistencia máxima y la promedio. Estos resultados demuestran que la resistencia aumenta de una forma muy significativa en el ladrillo, dada sus condiciones de saturación o su propiedad de eflorescencia.

#### **3.3.1.1.2. Prismas de block de concreto**

En los prismas de block de concreto se presenta una leve dispersión en la resistencia en su proceso de fraguado (de 7 a 28 días), se cree que la estabilidad de obtenida es presentada por la base poco absorbente del mampuesto, permitiendo mantener la plasticidad del mortero durante el proceso de fraguado. Obteniendo prismas con una resistencia precisa a lo largo de su fraguado con una resistencia promedio de 3,64 kilogramos sobre centímetro cuadrado y una resistencia máxima de 3,99 kilogramos sobre centímetro cuadrado, presentando una diferencia de un 30 por ciento.

### 3.3.1.2. Mortero prefabricado

En la tabla X se puede observar que el mortero prefabricado y los mampuestos en estado húmedo se logra mejorar el proceso de fraguado, en donde el comportamiento del ladrillo logra tener una mejor estabilidad que en los prismas de block de concreto, estos prismas de concreto obtienen una disminución notable en su resistencia, atribuyéndolo a los cambios atmosféricos presentes en el proceso de fraguado de los mampuestos.

Tabla X. **Ensayos de prismas a corte con mortero prefabricado en mampuestos húmedos**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Área de contacto		Carga (Psi)	Gato	Área de gato (Plg2)	Esfuerzo de diseño (Kg/cm2)
					Ancho (cm)	Diagonal (cm)				
28	Block	H	L	127,00	14	81,75	2600	RC102	2,24	2,31
14	Block	H	L	130,00	14	80,50	3900	RC102	2,24	3,52
28	Ladrillo	H	L	105,29	11	67,00	1600	RC256	5,16	5,09
14	Ladrillo	H	L	107,00	11	67,10	3750	RC102	2,24	5,17

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

#### 3.3.1.2.1. Prismas de ladrillo

En los prismas de ladrillo se presenta una resistencia promedio de 5,13 kilogramos sobre centímetro cuadrado, con una mayor estabilidad en la resistencia con una diferencia poco significativa de un 1,5 por ciento con una

resistencia máxima de un 5,17 por ciento. Esta resistencia se le atribuye a la eflorescencia presentada en el mampuesto y a los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado (ver capítulo 5).

#### **3.3.1.2.2. Prismas de block de concreto**

En los prismas a base de block de concreto se observa una resistencia promedio de 2,91 kilogramos sobre centímetro cuadrado; con una disminución de un 34 por ciento durante el proceso de fraguado, atribuyendo los cambios atmosféricos presentes durante el periodo de elaboración.

### **3.3.2. Ensayos de corte con mampuestos secos**

Con los ensayos a compresión diagonal, más conocido como corte para prismas de block y ladrillo en estado seco con dos tipos de mortero (tradicional y prefabricado), pretende determinar la resistencia en el sistema a través de la acción del sismo.

#### **3.3.2.1. Mortero tradicional**

En los ensayos a corte de los mampuestos secos con la mezcla tradicional según tabla XI, se obtiene un descenso de la resistencia en los mampuestos de bloques de concreto, pero en los prismas de ladrillo tayuyo se presenta una consistencia en su resistencia. A su vez, el ladrillo tayuyo presenta una retracción en el mortero debido a que el mampuesto en estado seco tiende a absorber la humedad del mortero formando fisuras prematuras, estas fisuras o grietas se presentan por las tensiones internas que el mortero resiste por la base absorbente del mampuesto. A diferencia que el bloque de concreto es un mampuesto con una superficie rugosa poco absorbente; permitiendo una

reacción química de la hidratación en la pasta, lo que permite una correcta adherencia entre el mampuesto y el mortero.

Tabla XI. **Ensayos de prismas a corte con mortero tradicional en mampuestos secos**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Área de contacto		Gato	Área de gato (Plg2)	Esfuerzo de diseño (Kg/cm2)
					Ancho (cm)	Diagonal (cm)			
28	Block	S	C	128,75	14	81,50	RC102	2,24	2,28
14	Block	S	C	127,25	14	82,00	RC102	2,24	2,88
28	Ladrillo	S	C	90,75	11	65,95	RC53	0,99	1,55
14	Ladrillo	S	C	96,25	11	68,25	RC53	0,99	1,29

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 3.3.2.1.1. Prismas de ladrillo

En los prismas de ladrillo seco se observa una resistencia promedio de 1,42 kilogramos sobre centímetro cuadrado, manteniendo un aumento de la resistencia durante el proceso de fraguado de un 20 por ciento. Al finalizar el proceso de fraguado (28 días) se obtiene una resistencia a corte de 1,55 kilogramos sobre centímetro cuadrado. El aumento en la resistencia a pesar de ser baja la resistencia obtenido en los prismas se le atribuye a los cambios atmosféricos presentes en la elaboración de los mampuestos, ya que este aumento no es considerable sin una humedad que pueda ser absorbida por el ladrillo debido a su superficie altamente absorbente.

### **3.3.2.1.2. Prismas de block de concreto**

En los prismas de block de concreto secos se observa en la tabla XI una resistencia promedio durante el proceso de fraguado de 2,58 kilogramos sobre centímetro cuadrado, considerada como una resistencia aceptable a pesar del estado seco del mampuesto, indicando que el estado del mortero es plástico y no es necesario humedecer el mampuesto para obtener adherencia en el sistema (mampuesto y mortero). En el proceso de fraguado los prismas obtienen una disminución de un 2,4 por ciento en la resistencia durante el proceso de fraguado. Con una resistencia de 2,28 kilogramos sobre centímetro cuadrado; atribuyéndole la disminución a los cambios atmosféricos presentes durante la elaboración y el proceso de fraguado.

### **3.3.2.2. Mortero prefabricado**

El mortero prefabricado mantiene una dosificación entre la mezcla preparada en sacos y agua a utilizar por cada saco; siendo elaborada según el diseñador y los usos que llegan a variar según el tipo de mortero. En la tabla XII se puede constatar que los prismas de block de concreto seco, logran una mayor resistencia que los de ladrillo, a lo que se le atribuye la superficie poco absorbente del mampuesto.

Tabla XII. **Ensayos de prismas a corte con mortero prefabricado en mampuestos secos**

Edad	Tipo	Estado	Producto	Peso (lb)	Área de contacto		Gato	Área de gato (Plg <sup>2</sup> )	Esfuerzo de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )
					Ancho (cm)	Diagonal (cm)			
28	Block	S	L	134,00	14,00	81,75	RC102	2,24	2,45
14	Block	S	L	130,25	14,00	82,00	RC102	2,24	2,84
28	Ladrillo	S	L	98,50	11,00	67,00	RC53	0,99	2,01
14	Ladrillo	S	L	92,40	11,00	65,00	RC53	0,99	1,07

Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 3.3.2.2.1. Prismas de ladrillo

En los prismas de ladrillo seco, el mortero prefabricado obtiene una resistencia promedio a corte de 1,54 kilogramos sobre centímetro cuadrado. En donde el ladrillo presenta una retracción en el mortero; aumentando los cambios de volumen bruscos y el peligro de grietas en la adherencia entre el mortero y el mampuesto, soportando tensiones internas, produciendo fallas prematuras por la alta absorción de la superficie del mampuesto, en donde no soporta cargas altas ni sucesivas.

### 3.3.2.2.2. Prismas en block de concreto

En los prismas en block de concreto secos el mortero prefabricado logra mantener una resistencia considerable, con una resistencia promedio de 2,64 kilogramos sobre centímetro cuadrado. Se observa una estabilidad en la

resistencia, atribuyéndolo a la superficie poco absorbente del mampuesto, donde logra soportar tensiones sucesivas y moderadas.



## **4. ANÁLISIS GRÁFICO**

### **4.1. Generalidades**

El análisis gráfico en los ensayos incide en la comparación de los resultados entre los diferentes tipos de mampuestos, morteros y estados presentes en cada ensayo. Esto permite elaborar un resultado de mayor solidez acerca del comportamiento del sistema, pero en especial del mortero y su incidencia en un sistema.

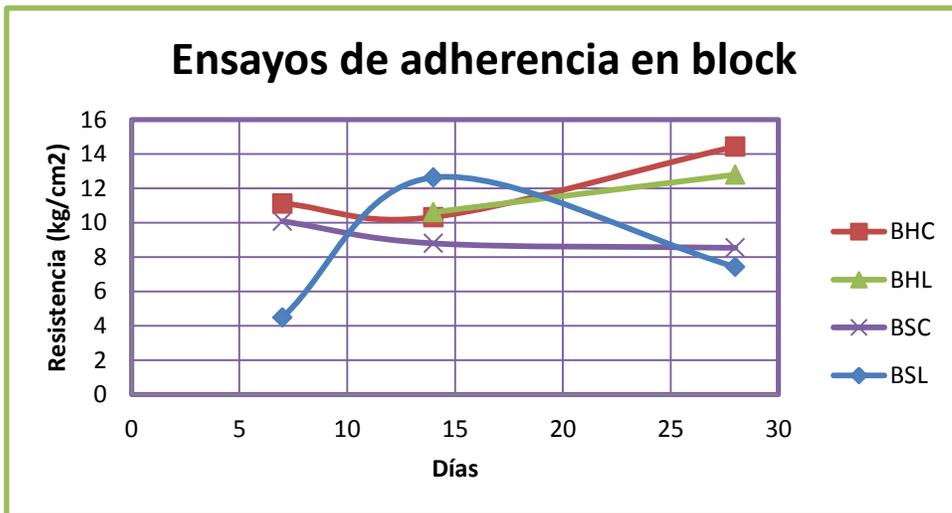
### **4.2. Análisis gráfico de ensayos en adherencia**

El análisis gráfico en los ensayos en prismas de adherencia de block y ladrillo tayuyo, para los dos tipos de mortero (prefabricado y tradicional) se dispusieron como se describe a continuación:

#### 4.2.1. Ensayos en block de concreto

Se elabora un análisis comparativo de los ensayos en prismas de adherencia en blocks de concreto según la gráfica siguiente en donde se observa el mampuesto, en estado húmedo y seco, para los dos tipos de mortero tanto el de cemento (c) como el prefabricado (L).

Figura 4. Resistencias en prisma de adherencia en blocks de concreto durante el proceso de fraguado



Fuente: elaboración propia, con base en resultados obtenidos de ensayos CII 2012.

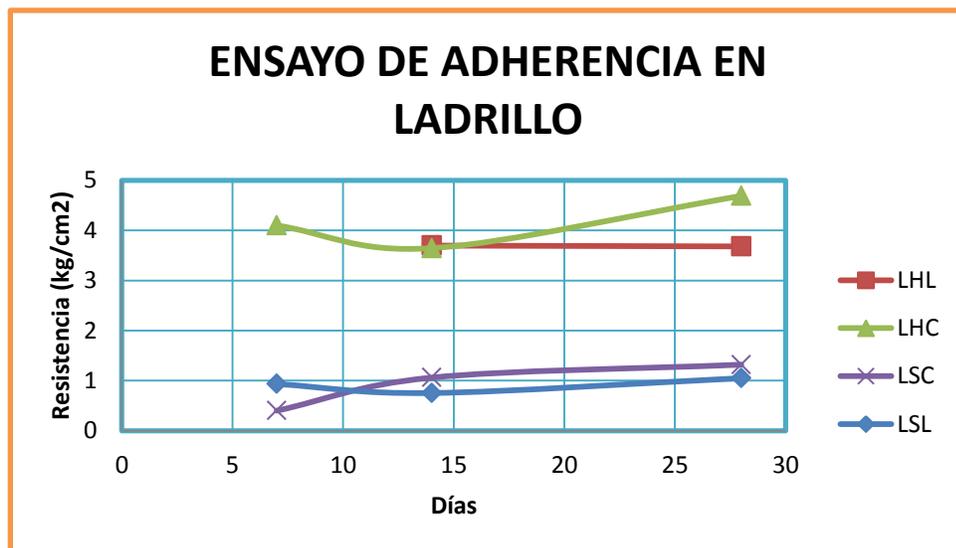
En el análisis, se presenta un crecimiento lineal en los prismas en estado húmedo, siendo el área de contacto la misma. Se observa mayor adherencia en los prismas de mampuestos húmedos que mantuvieron un aumento gradual en la resistencia; con poca dispersión entre el mortero tradicional y el mortero prefabricado, pero los mejores resultados se obtienen en el mortero tradicional. En donde ambos morteros pueden ser aplicables en los mismos usos, pero con mampuestos en estado húmedo, ya que en estado seco la adherencia baja cerca de 8 kilogramos sobre centímetro cuadrado; siendo la resistencia media

alcanzada por prismas en estado húmedo; lo que se considera como una resistencia aceptable para muros que no resistirán cargas o simples tabiquerías.

#### 4.2.2. Ensayos en mampuestos de ladrillo

En la figura 5 se presenta la resistencia obtenida a lo largo del proceso de fraguado en los prismas de ladrillo tayuyo en estado húmedo y seco con morteros de pega tradicional o de cemento (C) y prefabricado (L).

Figura 5. **Resistencia obtenida en prismas de adherencia de ladrillo durante su proceso de fraguado**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

Se puede notar que el ladrillo al ser un elemento de alta absorción y por su propiedad de eflorescencia en estado húmedo mantiene la plasticidad del mortero por mayor tiempo que ningún otro elemento, además de las condiciones atmosféricas presentes en el sistema, ya que el mampuesto y el mortero pueden absorber humedad del ambiente cuando este sea propicio para

lograrse. En estado húmedo se espera encontrar mayor resistencia en el prisma debido a una correcta retracción, con absorción y adherencia entre el mortero y el mampuesto, favoreciendo también la permeabilidad de un mortero trabajable. El ladrillo húmedo concibe mayor resistencia y un comportamiento ascendente justificado por su área de contacto mayor, que en los prismas de block de concreto.

El ladrillo seco mantiene resistencias cerca de 1 kilogramo sobre centímetro cuadrado, en donde no se mantiene la adherencia del sistema, ni en las primeras 24 horas de fraguado, por lo que el ladrillo seco se considera como ineficiente en adherencia y en resistencia a corte. El ladrillo al encontrarse en estado seco tiende a absorber de forma prematura la humedad del mortero, volviéndolo no plástico y presentando fisuras en el mismo; proveyéndolo de bajas resistencias a tensiones internas. Cuando el mampuesto se encuentra en estado saturado tiende a producir eflorescencia, emanando del estado del mampuesto, prolongando la plasticidad al mortero que provee de una mayor estabilidad.

Se consideran las formas de reacción de ambos morteros, dado que su comportamiento es similar en ambos estados, aunque la escala de la resistencia es altamente dispersa en los estados. Siendo el mortero tradicional en ambos mampuestos quien obtiene mayor resistencia a las tensiones cortantes y tensiones de tracción presentes en el proceso de fraguado.

En estado seco se espera una disminución en la capacidad de resistencia a las tensiones cortantes y tensiones de tracción dentro del mortero, por su falta de adherencia y su falta de retracción. Los morteros, en mampuestos absorbentes como el caso del ladrillo seco, logran una cristalización prematura de las sales solubles pertenecientes al mortero. Sin embargo, el mampuesto de

menor área como el bloque de concreto, logra una mayor resistencia que la mayor área encontrada en el ladrillo tayuyo, pero a su vez disminuye la resistencia por encontrarse en estado seco por la absorción inmediata de la plasticidad del mortero por la cristalización de sus sales.

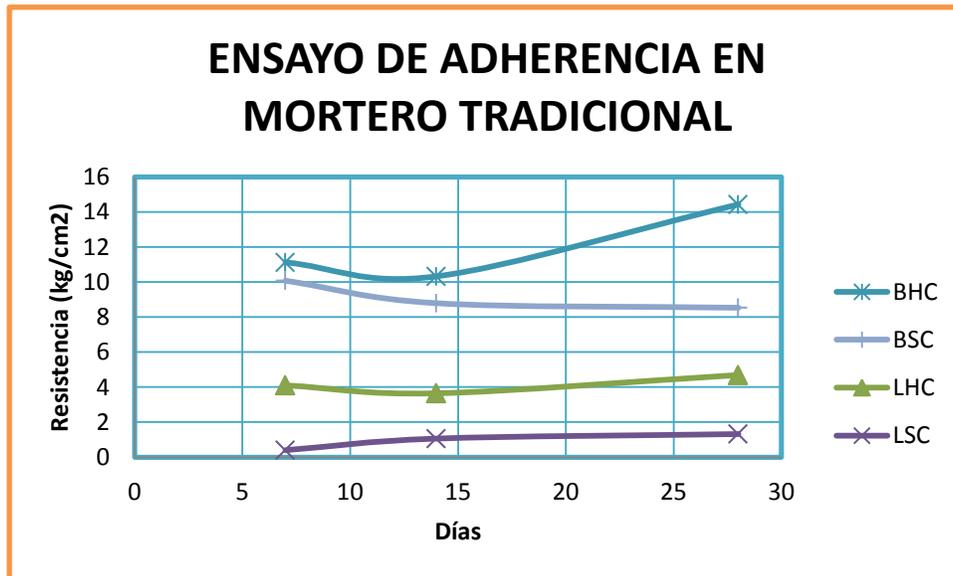
### **4.3. Análisis gráfico de los ensayos de adherencia en los diferentes tipos de mortero**

Conforme a los ensayos se elabora un análisis sobre la adherencia obtenida en los morteros tradicional y prefabricado durante su proceso de fraguado, en donde los mejores resultados se obtuvieron en ambos mampuestos en estado húmedo.

#### **4.3.1. Ensayos de adherencia con mortero tradicional**

En la figura 6, se puede observar que el mejor comportamiento en el mortero tradicional se encuentra en el prisma de block de concreto, más que en los prismas de ladrillo tayuyo; esto a pesar que el área de contacto es mayor en el ladrillo que en mampuestos de block de concreto, encontrándose ambos mampuestos en estado húmedo y en estado seco.

Figura 6. **Ensayos de resistencia en prismas de adherencia con mortero tradicional**



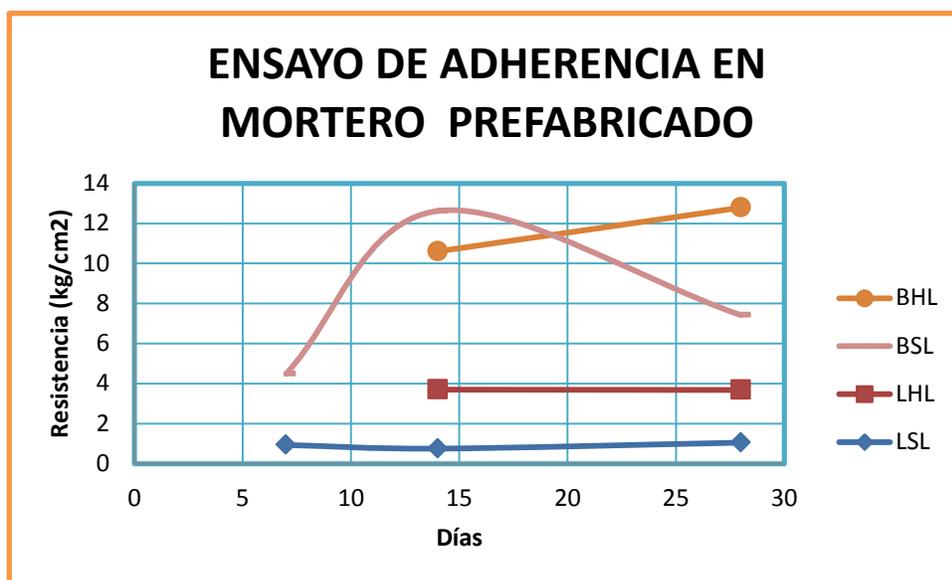
Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

Los prismas de block de concreto en estado seco y húmedo con una resistencia promedio de aproximadamente 12 kilogramos sobre centímetro cuadrado, logrando mayor resistencia que en los prismas de ladrillo en estado seco y húmedo con una resistencia promedio de 3 kilogramos sobre centímetro cuadrado aproximadamente. Indicando que el mortero tradicional logra mayor adherencia y resistencia a corte en prismas de block de concreto.

#### 4.3.2. **Ensayos de adherencia con mortero prefabricado**

En la figura 7, de ensayos de adherencia con mortero prefabricado, se observan las resistencias obtenidas en prismas con un proceso de fraguado de mampuestos de block de concreto y ladrillo tayuyo en estado seco y estado húmedo. Con una gran dispersión en la resistencia en prismas de block de concreto sobre los de ladrillo tayuyo.

Figura 7. **Prismas en adherencia con mortero prefabricado**



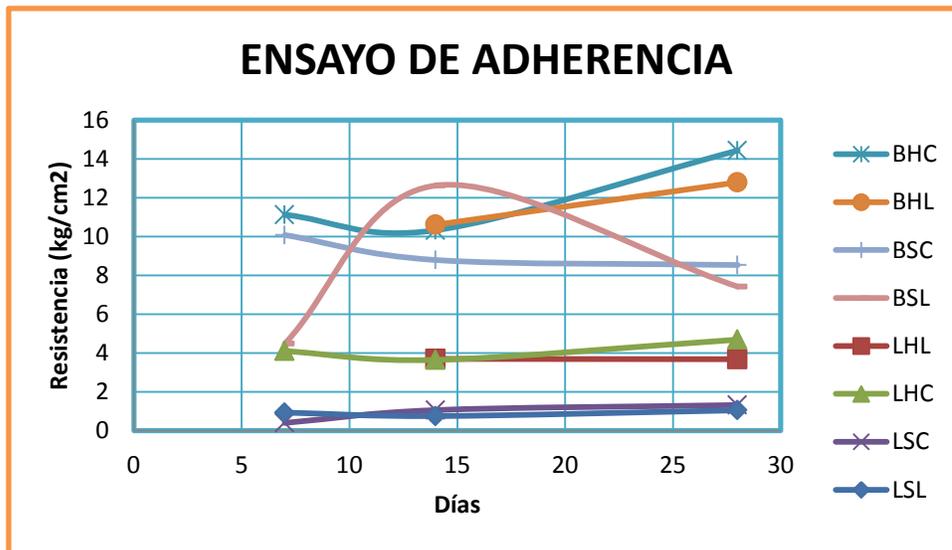
Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

Los prismas de block de concreto llegan a obtener mejor resistencia que los de ladrillo; sin importar su resistencia, esto a pesar de la variante del área de contacto, en donde la del ladrillo es mucho mayor que la de los block de concreto. Se le atribuye que la resistencia de los block de concreto logra, aproximadamente, tres veces más resistencia que los prismas de ladrillo tayuyo en estado húmedo, donde la eflorescencia actúa mejorando su resistencia.

#### 4.3.3. Análisis comparativo de adherencia

En la figura 8, de ensayos en adherencia, se observan los dos tipos de mortero tanto el tradicional (C) como el prefabricado (L) con los dos tipos de mampuestos ensayados (block de concreto (B) y ladrillo tayuyo (L)) en los dos estados analizados (húmedo y seco).

Figura 8. **Comparativa de resistencias de prismas en adherencia durante el fraguado en ambos mampuestos y morteros**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

Se observa que el comportamiento por cada mampuesto es el mismo, esto quiere decir que los mampuestos de block de concreto tienen un comportamiento similar ascendente en sus mismos puntos; en donde los prismas de block de concreto logran la mejor resistencia, considerándose como el elemento más estable, a pesar de su dispersión entre los resultados en estado húmedo y estado seco. Aumentando su resistencia hasta cuatro veces sobre la resistencia del ladrillo. Por lo que los muros de block de concreto se consideran más resistentes para muros de carga.

Los prismas de ladrillo en estado húmedo logran una mejor resistencia que en estado seco, donde la resistencia máxima en estado húmedo es de 4 kilogramos sobre centímetro cuadrado y una resistencia en estado seco de cerca de 1,5 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

#### **4.4. Análisis gráfico en deformaciones en prismas a corte**

El análisis gráfico en deformaciones en prismas a corte con elementos de block y ladrillo tayuyo en estado seco y estado húmedo, con los dos tipos de mortero se clasificaron como se describe a continuación.

##### **4.4.1. Análisis gráfico en deformaciones en prismas a corte en estado húmedo**

El análisis gráfico de ensayos a corte con prismas en estado húmedo con elementos de block de concreto y ladrillo tayuyo, ensayados con los dos tipos de mortero, prefabricado y tradicional, en donde el primero logra mantener una precisión en la resistencia alcanzada durante el proceso de fraguado, y el segundo mantiene una dispersión en la resistencia alcanzada.

##### **4.4.1.1. Ensayos de corte con mortero prefabricado**

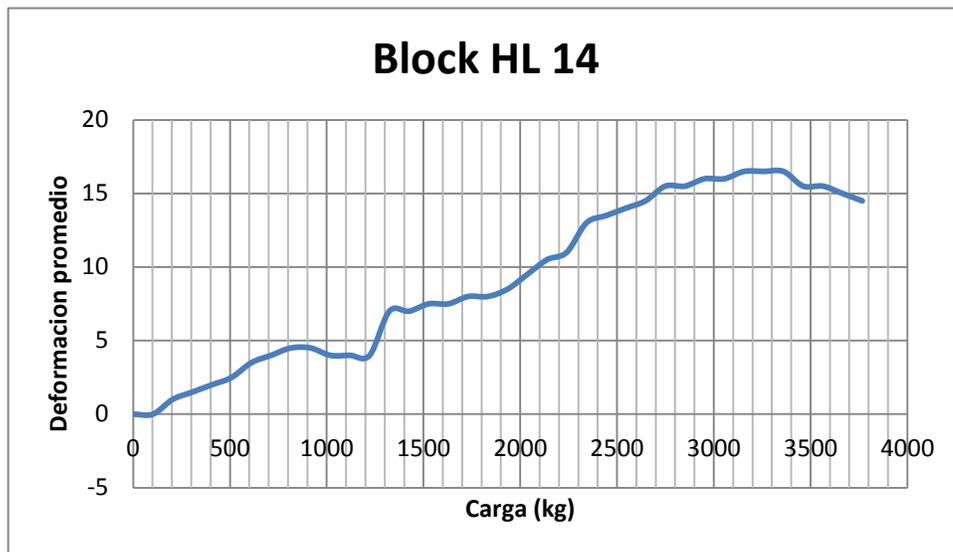
Los ensayos a corte con mortero prefabricado, logra mantener una precisión en los resultados en la resistencia de diseño con el mortero durante su proceso de fraguado 7, 14 y 28 días.

##### **4.4.1.1.1. Prismas de block de concreto 14 días**

En la figura 9, se observa que el prisma obtiene un acomodamiento antes de encontrar la falla, estos acomodamientos produjeron grietas en el sistema y cortes en los mampuestos, induciendo a una falla por corte, pero con adherencia en el sistema (entre el mortero y el mampuesto). Esta alta

adherencia se le atribuye a los procesos atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial.

Figura 9. **Esfuerzo deformación promedio del prisma a corte con mortero prefabricado en block de concreto a 14 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

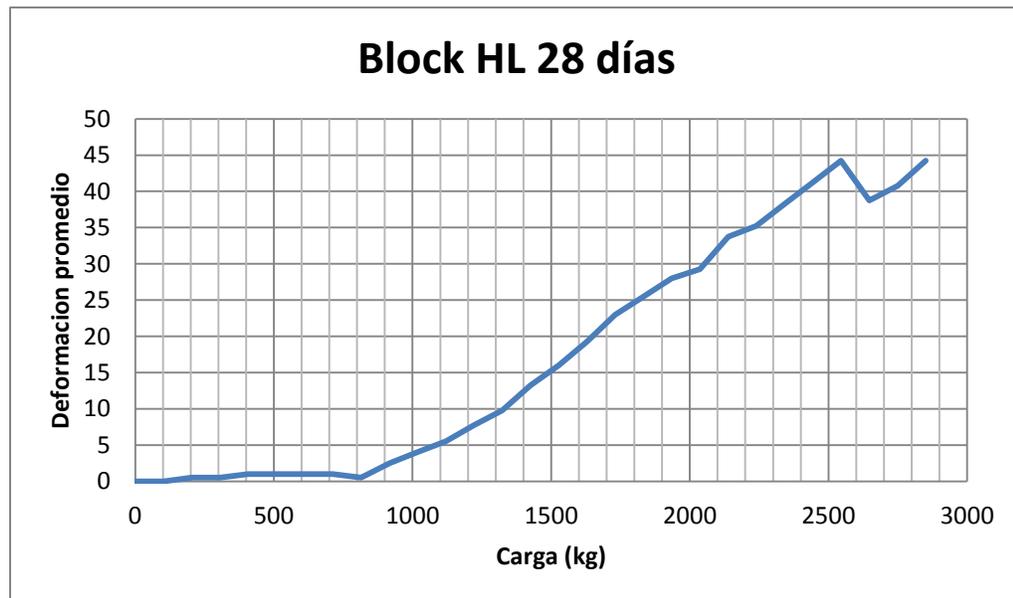
La figura 9, carga-deformación del block HL 14 días, muestra que el elemento presenta un buen comportamiento hasta las 815 kilogramos, en donde el prisma sufre un acomodamiento y se recupera hasta los 1 325 kilogramos, iniciando una deformación más notoria, alcanzando su zona plástica cerca de 2 500 kilogramos.

#### **4.4.1.1.2. Prismas de block de concreto a 28 días**

El prisma de block de concreto húmedo con mortero prefabricado de 28 días, muestra una linealidad en la zona elástica; iniciando la zona elástico -

plástica hasta una resistencia superior de 2 250 kilogramos, en donde surge un acomodamiento y a su vez, una resistencia última que provoca la falla.

Figura 10. **Esfuerzo deformación promedio del prisma a corte con mortero prefabricado en block de concreto a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

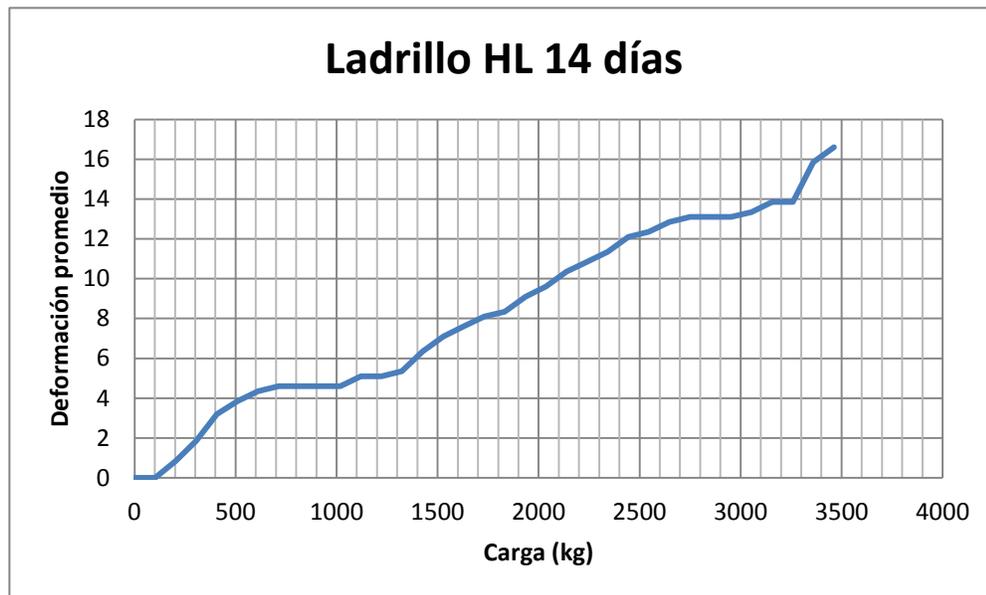
Se observa un comportamiento similar entre los elementos de 14 y 28 días en los prismas de block de concreto en estado húmedo con el mortero prefabricado. Lo que indica la consistencia de comportamiento y falla en este sistema y un resistencia al corte puntuales entre el periodo de fraguado estudiado en el sistema. En donde se observa que el sistema de blocks húmedos con mortero prefabricado puede diseñarse a una resistencia de 5 000 libras. Con un esfuerzo de diseño promedio durante el proceso de fraguado de 2,92 kilogramos sobre centímetro cuadrado, lo que es altamente aceptable para mampuestos tipo B, dada el área de contacto presente en estos sistemas (block de concreto y mortero). Se le atribuye el comportamiento a los cambios

atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial y a la humedad del mampuesto.

#### **4.4.1.1.3. Prismas de ladrillo tayuyo a 14 días**

Según el elemento que muestra la figura 11, se interpreta que inicialmente se mantiene en la zona elástica hasta una resistencia cerca de 1 350 kilogramos, en donde luego surge un pequeño acomodamiento y recuperación hasta 2 725 kilogramos, alcanzando su resistencia última a 3 450 kilogramos y luego la falló o colapso el prisma, observando acomodamientos que inducen a corte puro. Se espera que estos resultados altos en resistencia sean a causa de la humedad existente, sea a causa de la saturación y eflorescencia en el mampuesto.

Figura 11. **Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de bloque de concreto a corte con mortero prefabricado a 14 días**



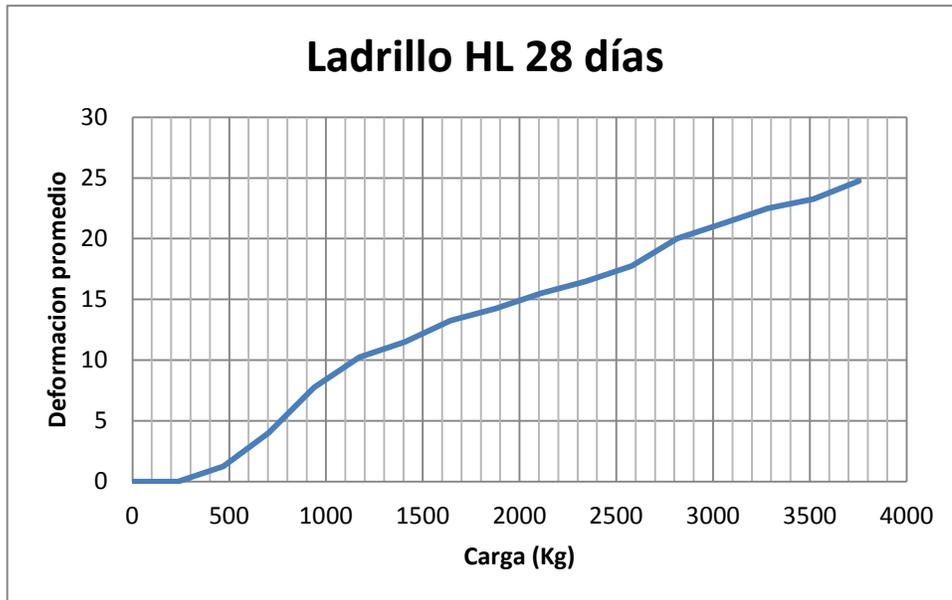
Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### **4.4.1.1.4. Prismas de ladrillo tayuyo a 28 días**

El prisma húmedo de mortero prefabricado con mampuesto de ladrillo a 28 días, mantiene una linealidad en su falla durante la zona elástico – plástica, produciendo un pequeño acomodamiento antes de su falla.

Se obtienen en ambos elementos una forma de falla muy parecida, donde se observa que ambos elementos llegan hasta su estado elástico antes de su falla. Pudiendo justificarlo al tipo de mampuesto, el ladrillo logra absorber humedad desde el ambiente y al estar saturado no logra llegar a su zona plástica, sino a un colapso prematuro por aplastamiento al dejar su estado plástico. Presentando una resistencia promedio durante el proceso de fraguado en el sistema de 2 500 kilogramos.

Figura 12. **Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de mortero prefabricado a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

En el sistema de prismas de ladrillo tayuyo húmedos con mortero prefabricado se presenta una resistencia de diseño alta durante el proceso de fraguado de 5,13 kilogramos sobre centímetro cuadrado, considerándose altamente aceptable para mampuestos tipo B. Pudiendo justificar este comportamiento a la humedad presente en el mampuesto y a los cambios atmosféricos presentes durante el fraguado inicial.

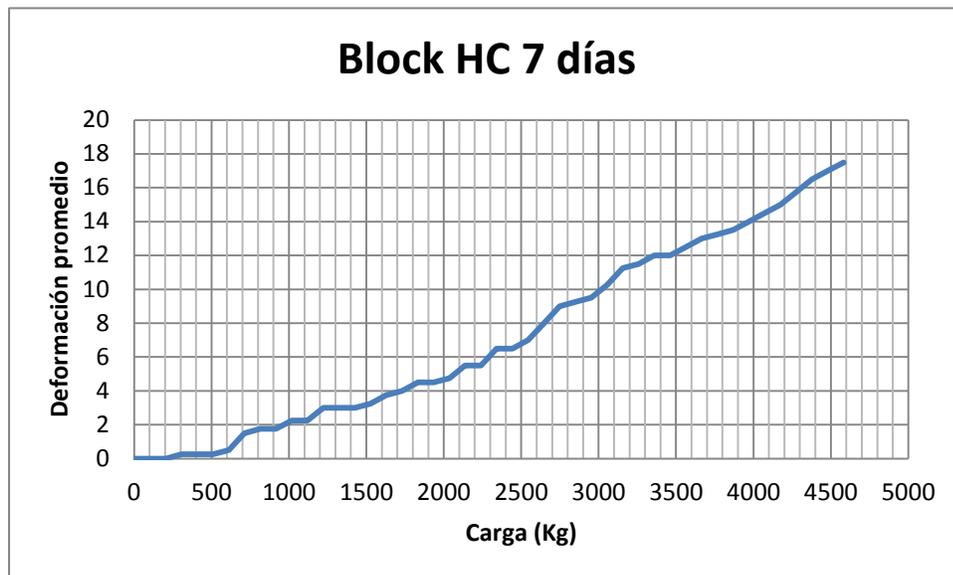
#### **4.4.1.2. Ensayos de corte con mortero tradicional**

En ensayos de prismas a corte con mortero tradicional de block de concreto presentan un incremento a lo largo del proceso de fraguado sin tomar en cuenta el estado del mampuesto, esto debido a su superficie poco absorbente que le permite al mortero fraguar correctamente. Mientras que en ensayos de ladrillo tayuyo logra resistencias considerables en estado húmedo.

#### 4.4.1.2.1. Prismas de block de concreto a 7 días

El prisma húmedo de blocks de concreto con mortero tradicional a 7 días logró un adecuada adherencia, fallando arriba de los 4 545 kilogramos, pero con una zona elástica del mortero de hasta 2 725 kilogramos, en donde se le atribuye la alta resistencia a la humedad contenida en el mampuesto. Siendo muy buena la adherencia para la edad temprana del sistema.

Figura 13. **Esfuerzo deformación promedio prisma húmedo de block de concreto con mortero tradicional a 7 días**

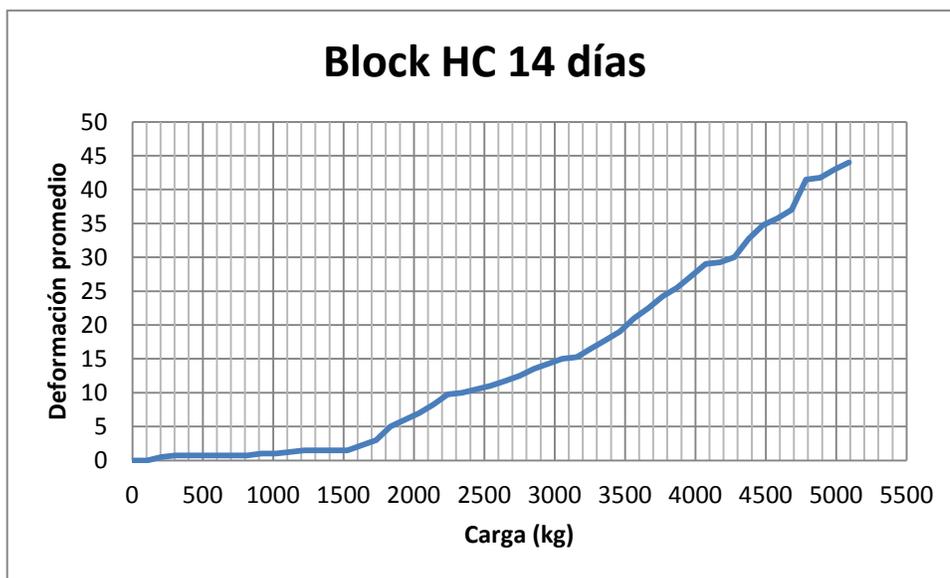


Fuente. elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.1.2.2. Prismas de block de concreto a 14 días

En la figura 14 del prisma húmedo de bloque de concreto a 14 días se puede observar una linealidad en la resistencia del prisma, estando su zona elástica sobre los 4 090 kilogramos, teniendo una forma de gráfico similar al de 7 días, pero superando la resistencia del mortero con 5 090 kilogramos de resistencia. Esta acción es la esperada durante el proceso de fraguado.

Figura 14. **Esfuerzo deformación promedio del prisma húmedo de block de concreto a 14 días**

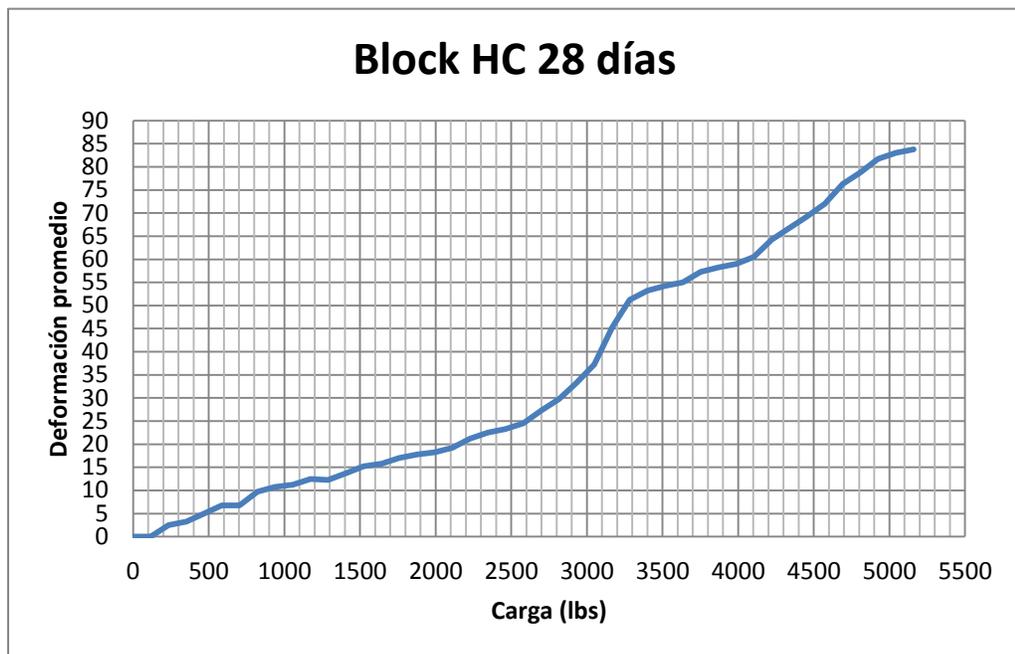


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.1.2.3. Prismas de block de concreto a 28 días

El prisma húmedo de blocks de concreto con mortero tradicional a 28 días presenta una resistencia similar a la presentada en el prisma a 14 días, con una resistencia de 5 160 kilogramos. No presenta la linealidad en la forma de resistencia, disminuyendo la zona elástica a 3 045 kilogramos, pudiendo ser causa de los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial. Presentando 2 725 kilogramos de resistencia dentro de la zona elástica.

Figura 15. **Esfuerzo deformación promedio de prismas húmedos de block de concreto con mortero tradicional a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

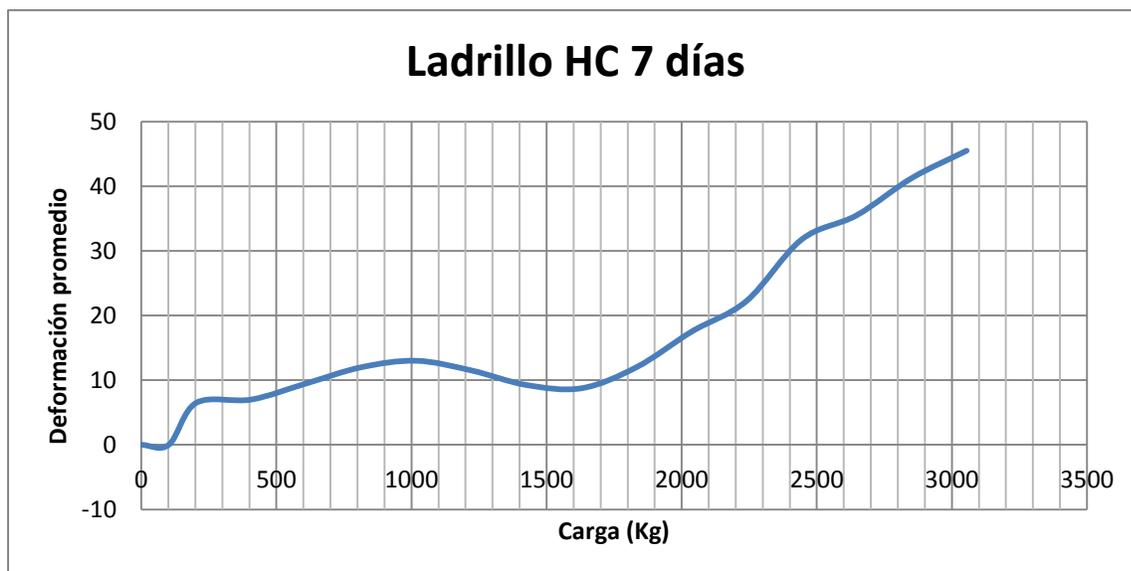
El sistema presenta una resistencia de diseño promedio durante el proceso de fraguado de 3,64 kilogramos sobre centímetro cuadrado, siendo

cerca de un 25 por ciento mayor que con el mortero prefabricado. Estas condiciones de resistencia son altas para mampuestos tipo B.

#### 4.4.1.2.4. Prismas de ladrillo 7 días

En la figura 16, se observa que el prisma húmedo de ladrillo con mortero tradicional a 7 días presenta un aplastamiento en la zona baja a unos 1 365 kilogramos de resistencia, un re acomodo a 1 590 kilogramos, lo que tiende a ser un giro en el prisma; se puede llegar a una corrección o denotar el aplastamiento existente. Con hasta una carga de 2 400 kilogramos de resistencia en la zona elástica, presentando una resistencia ultima de 3 045 kilogramos. Esta resistencia alta puede deberse a presentarse un área de contacto alta en el sistema y a la eflorescencia presente en el mampuesto.

Figura 16. Prisma húmedo de ladrillo con mortero tradicional a 7 días

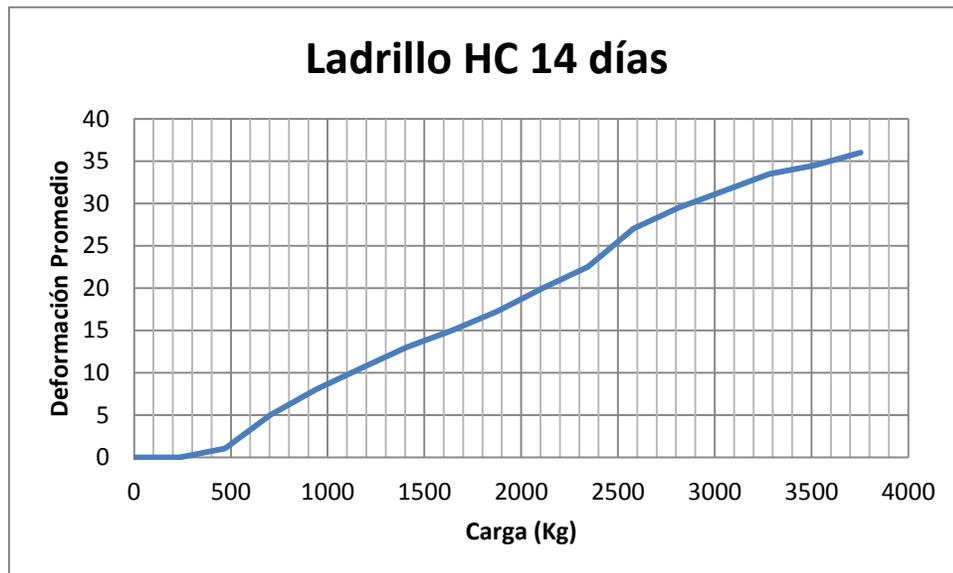


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

#### 4.4.1.2.5. Prismas de ladrillo tayuyo a 14 días

En el prisma húmedo de ladrillo tayuyo con mortero de tradicional a 14 días alcanza una zona elástica de hasta 2 365 kilogramos, con una resistencia última de 3 725 kilogramos, siendo mayor que el prisma a 7 días.

Figura 17. Prisma húmedo de ladrillo con mortero de cemento a 14 días



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

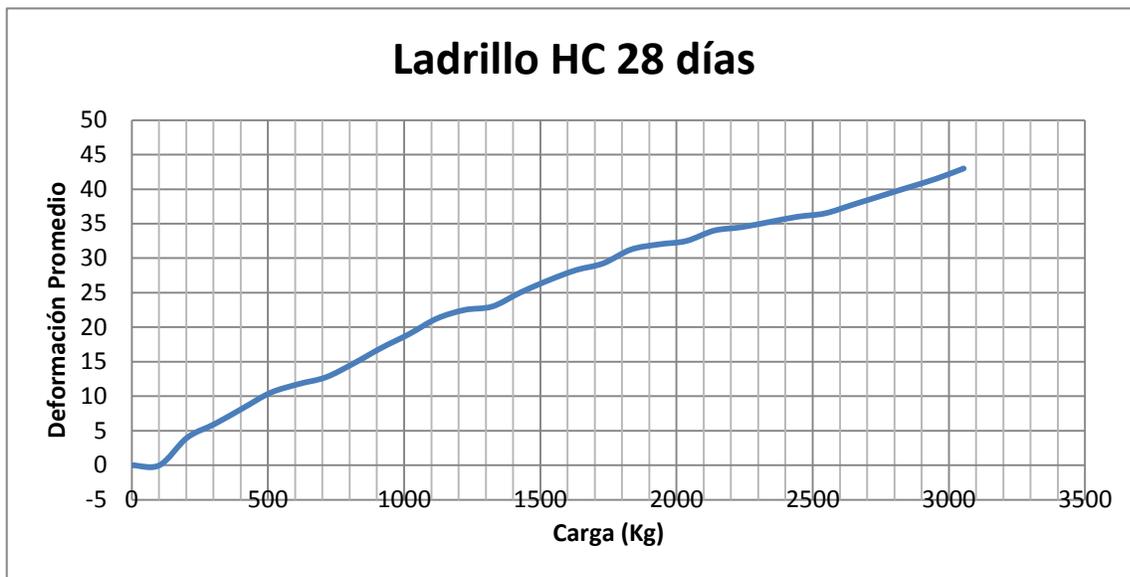
#### 4.4.1.2.6. Prismas de ladrillo tayuyo a 28 días

El prisma húmedo de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 28 días como en la figura 18 presenta un comportamiento similar al prisma de 14 días, comportándose en su zona elástica hasta 2 400 kilogramos de resistencia, y una carga última de 3 055 kilogramos, en donde disminuye la resistencia

cercana a la obtenida en 7 días, pudiendo deberse esta disminución a los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial. Con una resistencia promedio durante el proceso de fraguado dentro de la zona elástica de 2 275 kilogramos.

Este sistema presenta una resistencia de diseño promedio de 6,19 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Figura 18. **Esfuerzo deformación promedio, prisma húmedo de ladrillo a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos elaborados.

#### **4.4.2. Análisis gráfico en deformaciones de primas a corte en estado seco**

El análisis gráfico de primas a corte en estado seco se realizó con dos tipos de mortero, el tradicional y el prefabricado, clasificándolo de la siguiente forma.

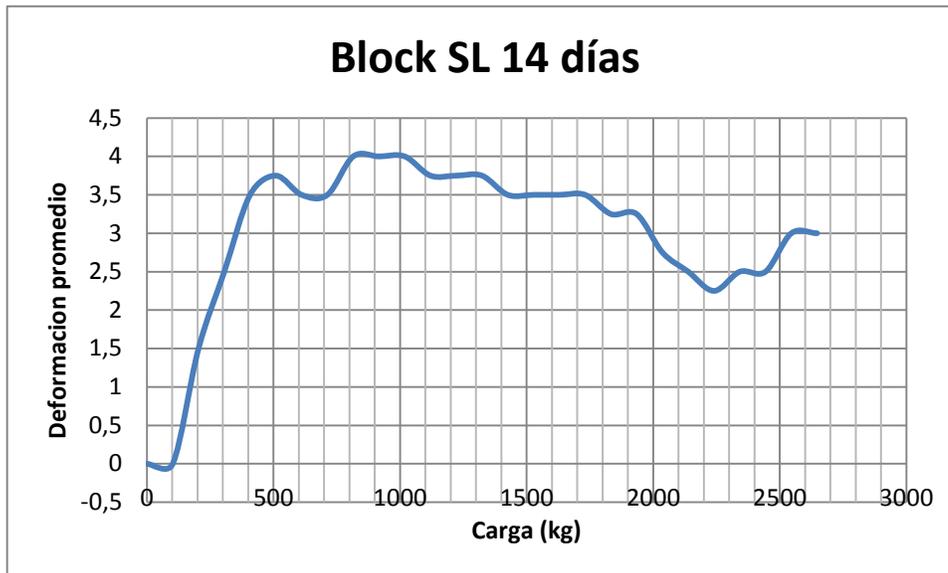
##### **4.4.2.1. Ensayo a corte mortero prefabricado (L)**

Los prismas de block y ladrillo en estado seco elaborados con mortero prefabricado, ensayados a corte, se clasificaron de la siguiente forma.

###### **4.4.2.1.1. Prisma de block 14 días**

El prisma seco de block de concreto con mortero prefabricado a 14 días, en la figura 19, presenta de forma sumamente clara su zona elástica hasta 900 kilogramos, sufriendo de acomodamientos durante el proceso de aplicación de carga (entre 450 y 900 kilogramos), con una resistencia última de 2 640 kilogramos antes del colapso.

Figura 19. **Esfuerzo deformación promedio, en prisma seco de block de concreto con mortero prefabricado a 14 días**



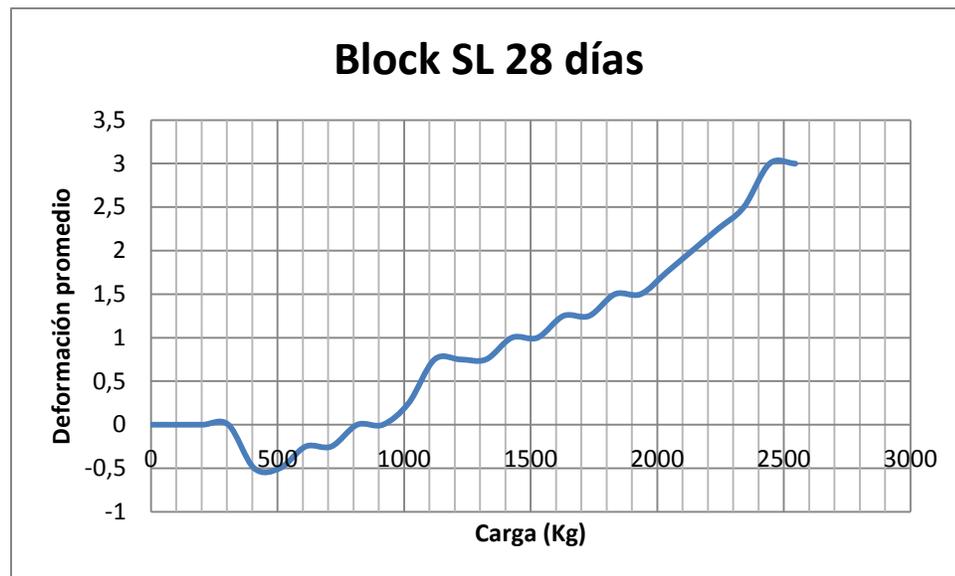
Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.2.1.2. **Prismas de block 28 días**

El prisma seco de blocks de concreto con mortero prefabricado a 28 días como se observa en la figura 20 presenta una consistencia en la resistencia, y una linealidad en el comportamiento. Alcanza 1 180 kilogramos de resistencia dentro de su zona elástica y una resistencia última de 2 550 kilogramos antes del colapso.

El sistema presenta una carga de 900 kilogramos dentro de la zona elástica, y un esfuerzo promedio de diseño de 2,6 kilogramos sobre centímetro cuadrado durante el proceso de fraguado.

Figura 20. **Esfuerzo deformación promedio, prisma seco en block de concreto con mortero prefabricado de 28 días**

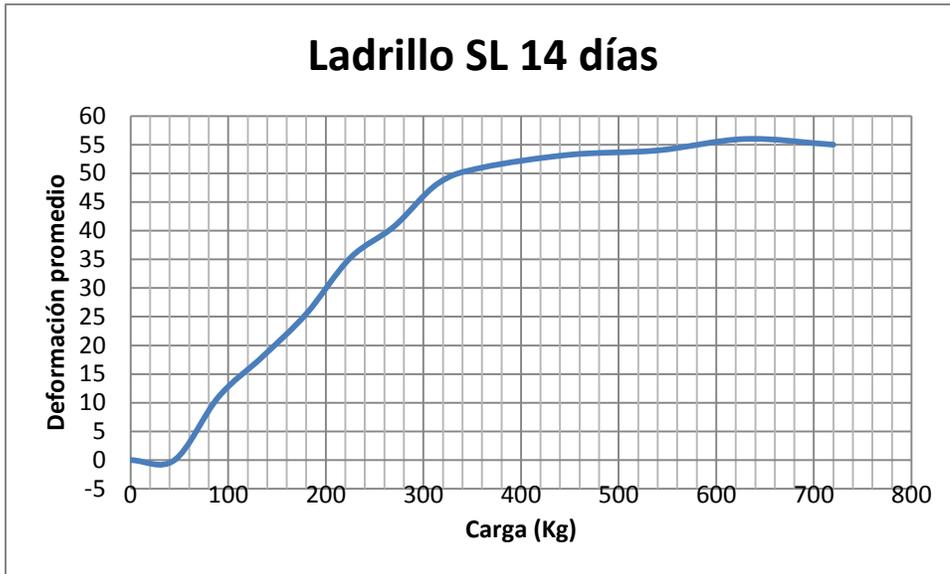


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.2.1.3. **Prismas de Ladrillo tayuyo 14 días**

El prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero prefabricado de 14 días presenta una carga dentro de su zona elástica de hasta 320 kilogramos y una carga última de 700 kilogramos antes del colapso; siendo mucho mayor a la carga esperada dada la superficie absorbente del mampuesto, esta carga puede deberse a los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial, o a la dosificación dada a la mezcla de mortero.

Figura 21. **Esfuerzo deformación promedio prisma seco de ladrillo tayuyo de 14 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

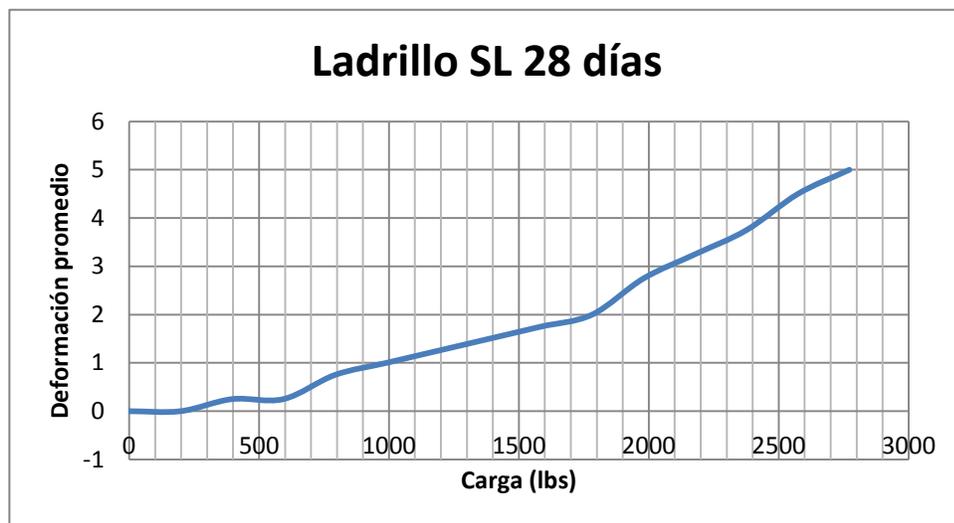
#### 4.4.2.1.4. **Prismas de ladrillo tayuyo 28 días**

El prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero prefabricado de 28 días presenta una carga de 775 kilogramos dentro de la zona elástica, con una carga última de 1 225 kilogramos antes del colapso, superando la resistencia alcanzada a los 14 días, lo que no es esperado dada la alta absorción del mampuesto. Esta diferencia en la carga se le atribuye a los cambios atmosféricos presentes en el sistema o a la dosificación del mortero durante la elaboración del prisma.

El sistema presenta una carga dentro de su zona elástica de 680 kilogramos. Y un esfuerzo promedio de diseño de 1,54 kilogramos sobre

centímetro cuadrado lo que se considera como alto dadas las condiciones del mampuesto, se le atribuye la alza en la resistencia esperada a las condiciones atmosféricas presentes durante el proceso de fraguado inicial presentes durante la elaboración de los mismos.

Figura 22. **Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero prefabricado a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.2.2. **Ensayos a corte con mortero tradicional (C)**

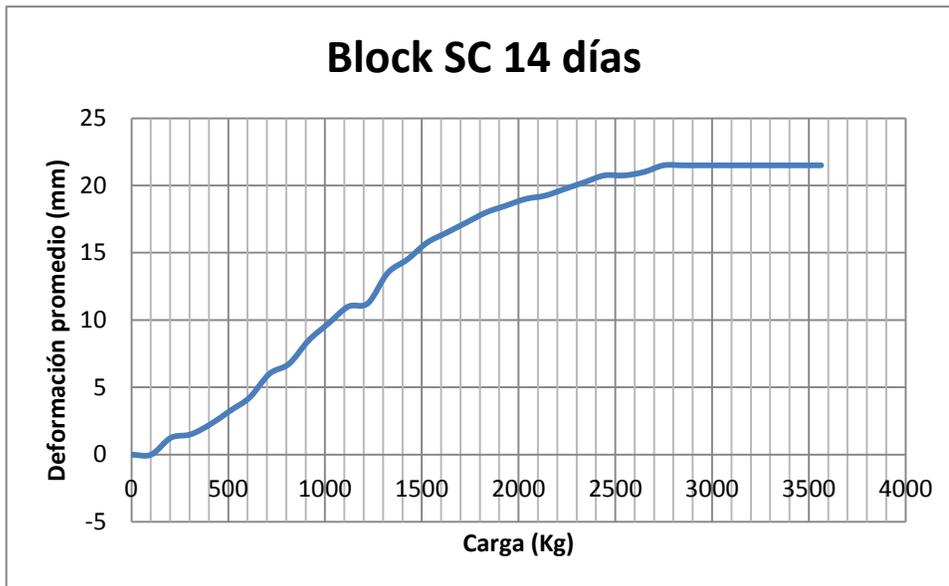
Los ensayos de prismas a compresión diagonal o corte con mortero tradicional dentro de su proceso de fraguado, presentaron las siguientes características.

##### 4.4.2.2.1. **Prismas de block 14 días**

El prisma seco de blocks de concreto con mortero tradicional a 14 días de la figura 23 presenta un comportamiento a compresión pura, en donde se

encuentra en su zona elástica hasta 2 725 kilogramos, y una carga última de 3 545 kilogramos antes del colapso, fallando a corte puro.

Figura 23. **Esfuerzo deformación promedio de prismas secos blocks de concreto con mortero tradicional a 14 días**



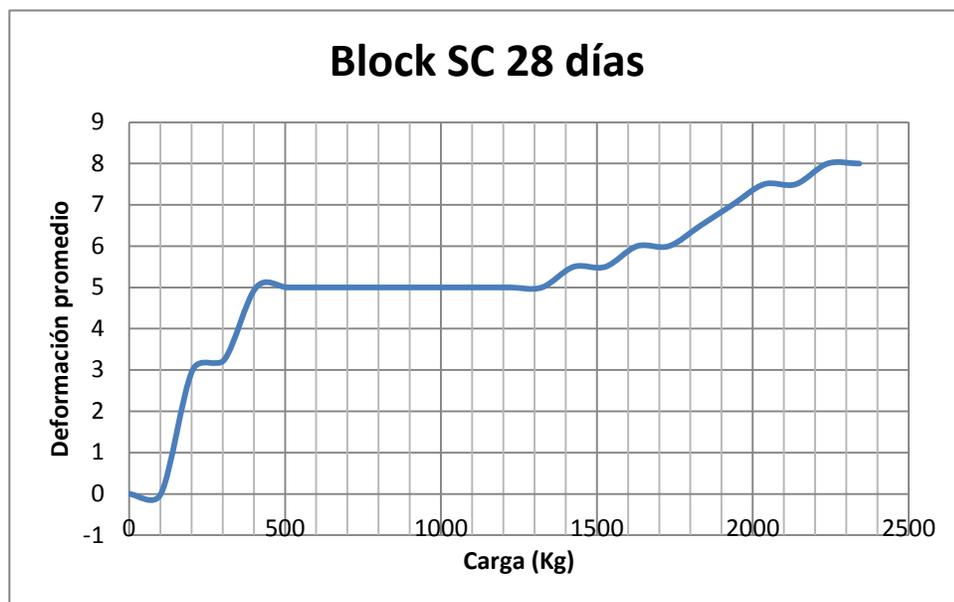
Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.2.2.2. Prismas de block 28 días

El prisma seco de block de concreto con mortero tradicional a 28 días en la figura 24 presenta una disminución en la resistencia, con una carga dentro de la zona elástica de hasta 1 365 kilogramos y una carga última de 2 340 kilogramos antes del colapso. La disminución de la resistencia puede deberse a los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial del prisma.

El sistema presenta una carga dentro de la zona elástica de 1 365 kilogramos. Un esfuerzo de diseño promedio de 2,58 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

Figura 24. **Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de block de concreto con mortero tradicional a 28 días**

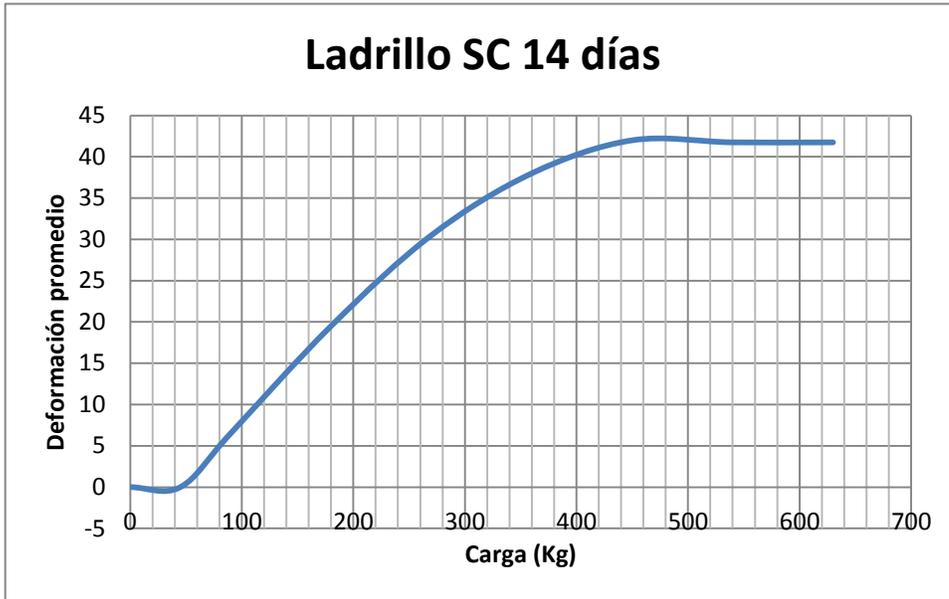


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

#### 4.4.2.2.3. Prisma de ladrillo 14 días

El prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 14 días en la figura 25 presenta una carga de 455 kilogramos dentro de su zona elástica, una carga última de 625 kilogramos antes del colapso, con menor resistencia que el sistema a base de mortero prefabricado.

Figura 25. **Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 14 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

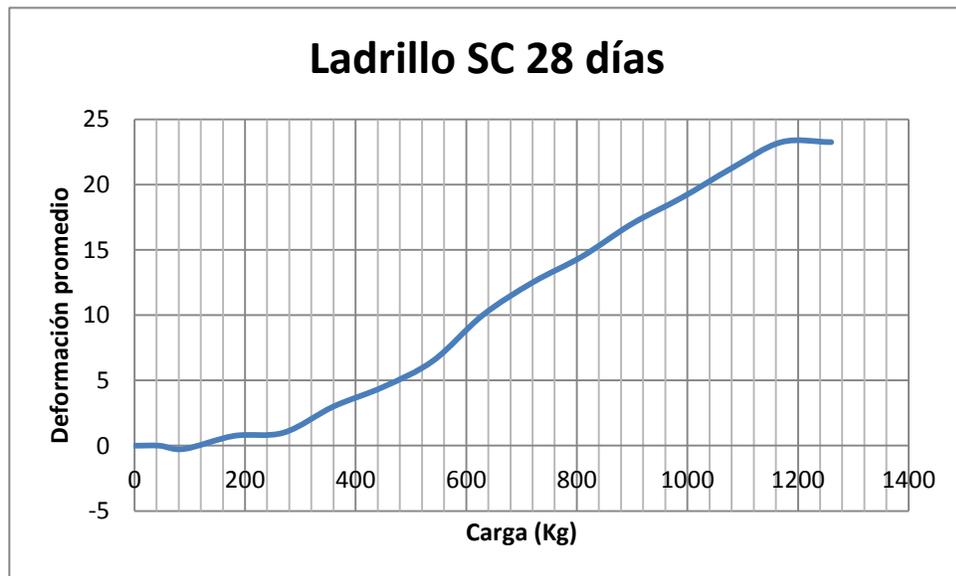
#### 4.4.2.2.4. **Prismas de ladrillo 28 días**

El prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 28 días presenta una consistencia en la forma de reacción durante un proceso de aplicación de carga en el prisma. Presenta una duplicidad en la carga, lo que no es esperado, debido al estado en que se encuentra el mampuesto, pero se le atribuye a los cambios atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado. La zona elástica se presenta hasta 1 135 kilogramos y la carga última de 1 250 kilogramos antes del colapso.

El sistema presenta una zona elástica hasta 1 250 kilogramos. Mostrado el esfuerzo de diseño más bajo de todos los sistemas con 1,42 kilogramos sobre centímetro cuadrado. Atribuyendo las bajas resistencias a que el

mampuesto no es adecuado para su uso en estado seco, ya que la base logra absorber la humedad del mortero evitando la adherencia en el sistema.

Figura 26. **Esfuerzo deformación promedio de prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional a 28 días**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII USAC 2012.



## **5. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO EN ELEMENTOS PRISMÁTICOS**

En el análisis del comportamiento de los elementos prismáticos incide en los diferentes tipos de mampuestos, morteros y estado de humedad presentes en cada ensayo; pero pocas veces se toma en cuenta los factores como el porcentaje de humedad en el ambiente, la evaporación y temperaturas existentes durante el proceso de la elaboración o construcción hasta el fraguado final. Estos factores permiten elaborar un resultado de mayor validez para pronosticar el comportamiento y resistencia del mortero, sobre todo en las primeras 24 horas de fraguado.

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad de la pasta o mortero; este proceso de pérdida de plasticidad requiere un período estimado de diez horas llamado, tiempo de fraguado.

Este análisis se realiza por las diferencias encontradas en los esfuerzos resistentes en cada caso de los prismas, ya que se elaboraron dos muestras por cada resultado obtenido, presentando un promedio por cada caso, siendo cada muestra elaborada en diferentes días y horas del día. Cabe denotar que el fraguado de los prismas se llevó a cabo en un ambiente libre, llevándose en condiciones reales, incidiendo en el proceso los cambios ambientales, reaccionando de forma directa en el comportamiento del sistema. El levantado se elaboró en septiembre, octubre y noviembre del 2012.

## **5.1. Análisis del comportamiento de los prismas de adherencia**

En los ensayos de adherencia se puede denotar que en los elementos elaborados con el mortero prefabricado; se encuentra un aumento en la resistencia durante el proceso de fraguado en prismas elaborados con block de concreto, encontrándose este factor en estado húmedo como en estado seco. Mientras que en los prismas a base de ladrillo tuyo se encuentra una consistencia o estabilidad en la resistencia adquirida durante el proceso de fraguado en elementos húmedos y secos.

En los ensayos de adherencia con mortero a base de cemento o mortero tradicional; se encuentran prismas de block de concreto en donde existe una alta adherencia más un aumento de la resistencia durante el proceso de fraguado. Mientras que en los prismas de ladrillo se observa una consistencia en la resistencia alcanzada durante el mismo proceso.

En ambos tipos de mortero y estados se observa una existencia baja en la consistencia de los resultados y poca exactitud en los mismos por la escasa secuencia en el aumento o descenso de la resistencia obtenida.

Estas variantes existentes en los ensayos son el resultado de la influencia que ejerce los cambios atmosféricos a que se exponen los prismas durante el proceso de levantado y fraguado. Se ha determinado que las primeras 24 horas del proceso de fraguado logra ejercer un alto impacto sobre los resultados que se obtendrán; en donde se ha tomado como base los cambios en la humedad relativa, la evaporación y la temperatura promedio, actuantes en las 24 horas de fraguado.

### **5.1.1. Humedad relativa**

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en el aire, se considera como óptima o recomendada para el ser humano entre el 40 por ciento y el 60 por ciento. La humedad es alta arriba de 60 por ciento, con calor ambiental provocando sudoración, pero no puede evaporarse y se aumenta la sensación de calor.

Los prismas al tener un ambiente saturado (en función de la temperatura) le permite absorber la humedad del ambiente, manteniendo un proceso de fraguado lento, a su vez puede que este tipo de ambiente no influirá en el fraguado del cemento, ya que ni cederá ni captará humedad del mortero ni del mampuesto si es que estos contienen la humedad necesaria. Cuando la humedad es inferior al 40 por ciento el aire es seco, lo que conduce a una ocasión de sequedad en el mortero o un rompimiento en los cristales debido a que el hormigón cede humedad, hay una emigración masiva de moléculas de agua al ambiente y falla el proceso de fraguado. La ventaja de un ambiente seco es que el proceso tiende a ser reversible de forma prematura; ya que se puede recuperar el mismo al humedecer constantemente el sistema (mortero y mampuesto).

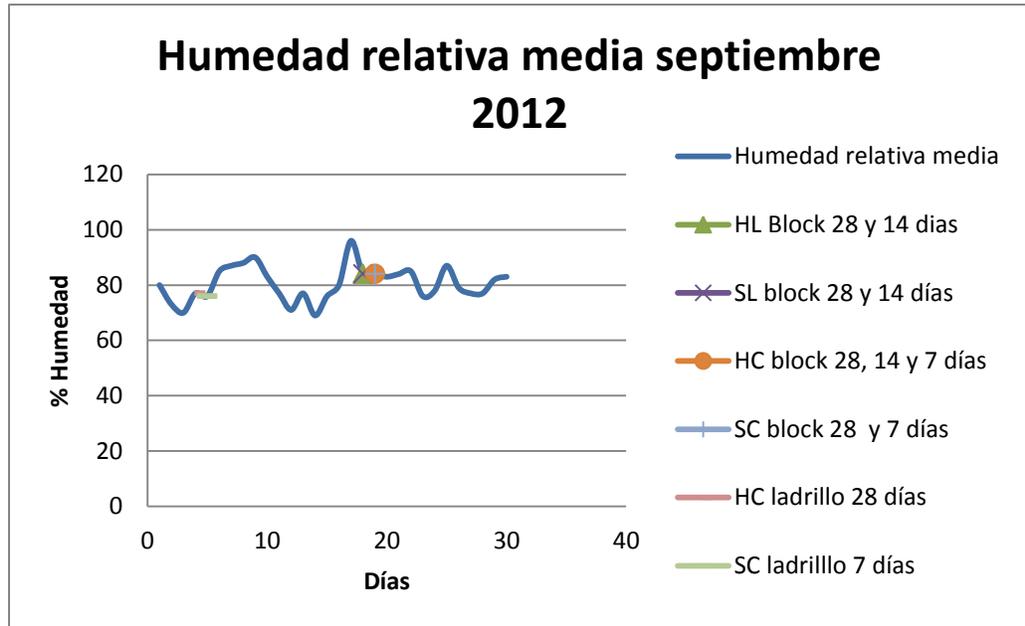
Además se sabe que es necesario calcular el agua de la masa del sistema formado por el mortero y el mamposte, ya que todo exceso de agua es malo porque se evapora demasiada agua formando poros y capilares, provyendo de fisuras a la masa. Sin embargo, la humedad relativa del ambiente superior a 40 por ciento durante el fraguado es como un exceso de agua para la masa en donde se puede buscar un mortero trabajable, para que el sistema recupere humedad a través del ambiente.

Debido a que los prismas produjeron dispersiones en los resultados, en donde la poca precisión indujo a conocer los cambios atmosféricos existentes en el proceso del fraguado inicial del mortero. Obteniendo los siguientes cambios:

#### **5.1.1.1. Humedad relativa septiembre 2012**

En el mes de septiembre se puede constatar una humedad relativa superior a 60 por ciento en donde se presenta una humedad saturada aparente, (no se considera la temperatura), para que el mortero y el mampuesto puedan absorber humedad del ambiente. Si se considera únicamente como variante a la humedad debido a que durante este mes se presenta una humedad superior a 60 por ciento, indica que, los prismas pueden absorber humedad del ambiente para poder lograr un fraguado exitoso, esto a pesar de que el mampuesto se encuentre en condiciones secas. Por lo que se podrían esperar resultados de resistencia en prismas secos o resistencias altas en prismas húmedos.

Figura 27. **Humedad relativa media (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**

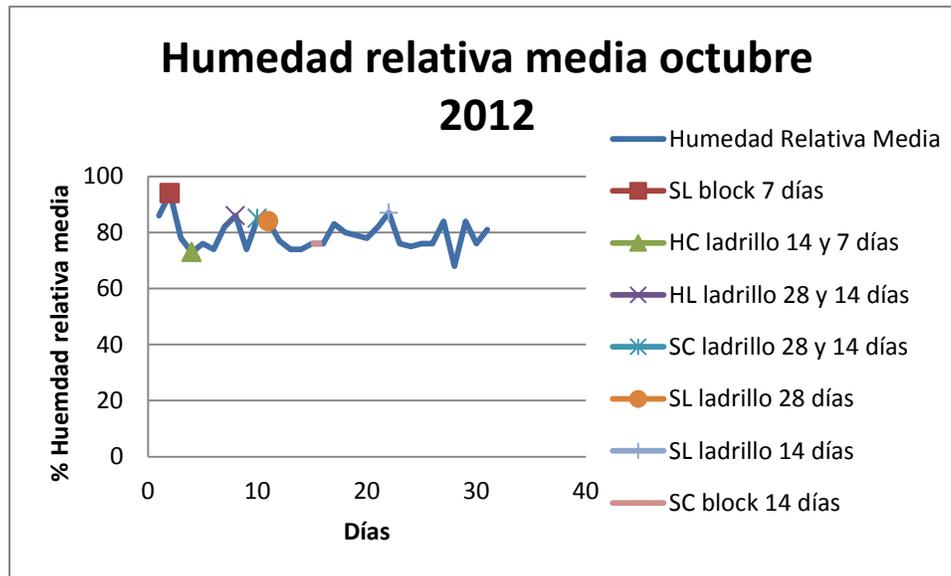


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.1.2. **Humedad relativa octubre 2012**

Durante el mes de octubre se presenta una humedad relativa promedio de 79 por ciento, en donde el ambiente presenta una saturación (sin tomar en cuenta la temperatura), por lo que el mortero y los mampuestos pueden absorber agua del ambiente, esperando encontrar resistencia en los prismas de estado seco elaborados en estos días (sin considerar la temperatura)

Figura 28. **Humedad relativa media (presentes en el mes de octubre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**

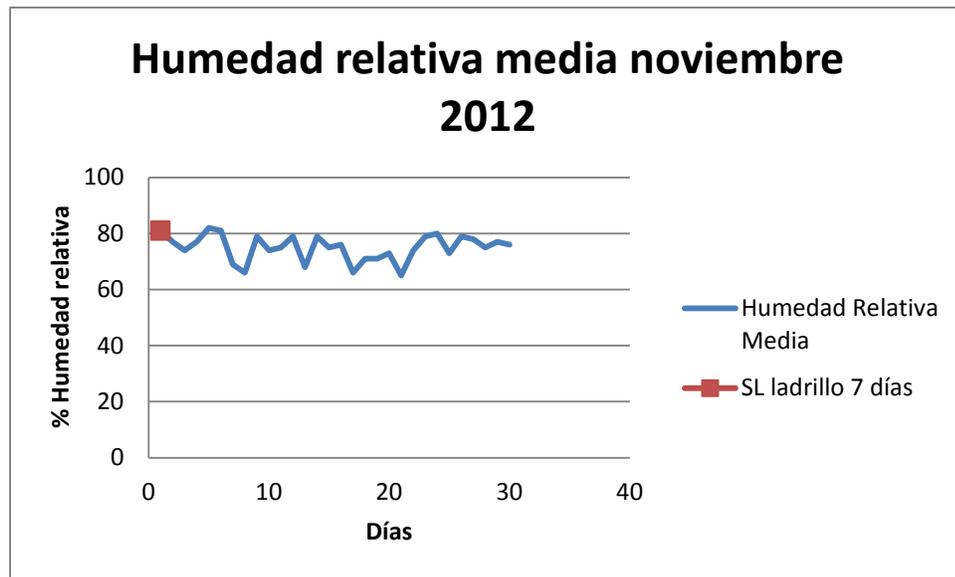


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos elaborados.

### 5.1.1.3. **Humedad relativa noviembre 2012**

En el mes de noviembre se presenta una humedad promedio de un 75 por ciento, en este mes se elabora un solo prisma, el cual se espera (sin tomar en cuenta la temperatura), una absorción en el mortero y mampuestos debido a las condiciones de saturación del ambiente.

Figura 29. **Humedad relativa media (presentes en el mes de noviembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.2. Temperatura

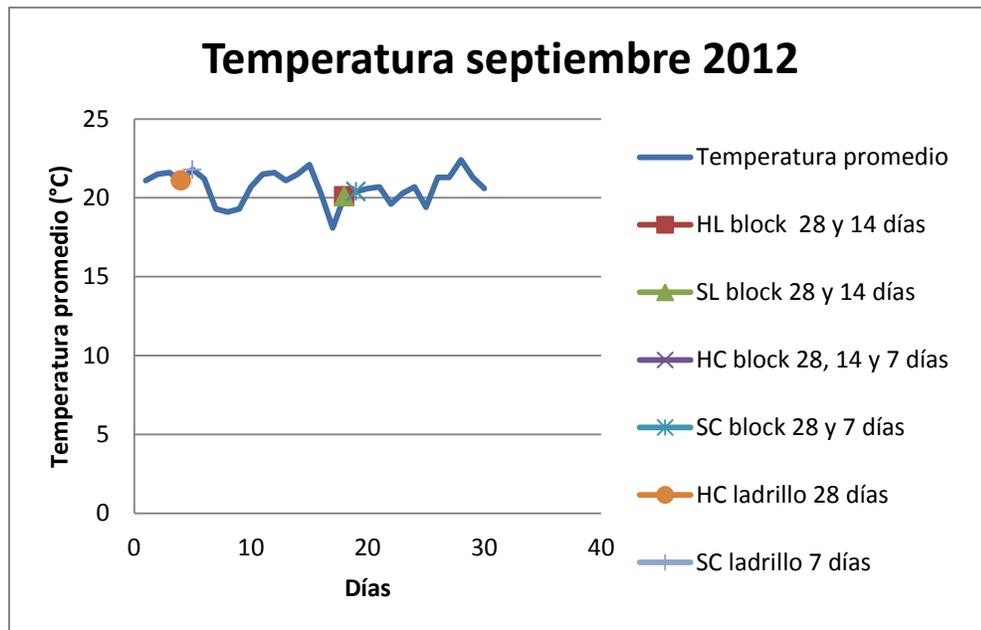
Es otro factor ambiental que genera una distorsión en los resultados de los prismas. Cuando hay un aumento de temperatura la reacción se acelera y aumenta la resistencia a corto plazo, pero pierden calidad sus cristales y por lo tanto la resistencia a largo plazo será menor. Este proceso no es reversible. Si baja la temperatura (menor de 20 grados centígrados) la reacción del fraguado irá más lenta y la calidad de la pasta será mejor. Pero llega un punto, por debajo de los 5 grados centígrados, en el que ya no se produce la reacción, sino un congelamiento. Se considera como ideal para mantener la humedad estable a una temperatura entre los 20 grados centígrados y los 40 grados centígrados en donde se produce un proceso de fraguado lento, ya que por encima de los 40 grados centígrados es necesario regar agua constantemente de arriba hacia abajo; para que el elemento conserve su humedad y

temperatura y logre un fraguado ideal y no un secado de humedad en donde la temperatura la absorbe pudiendo crearse poros capilares por la absorción. Estos procesos de secado logran influir en el comportamiento y en los resultados obtenidos en el proceso de fraguado, por lo tanto se detallan de la siguiente forma:

#### **5.1.2.1. Temperatura septiembre 2012**

Durante el mes de septiembre se presenta una temperatura promedio de 20,7 grados centígrados, presentando temperaturas por debajo y arriba de la misma, en donde se considera como ideal para el fraguado, se espera que no exista una aceleración en la reacción por la falta de temperaturas superiores a los 40 grados centígrados. Se esperaría que los prismas elaborados en estas condiciones, logren una pega aunque se presenten en condiciones secas, debido a que dada la temperatura pueden absorber humedad del ambiente.

Figura 30. **Temperatura (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**

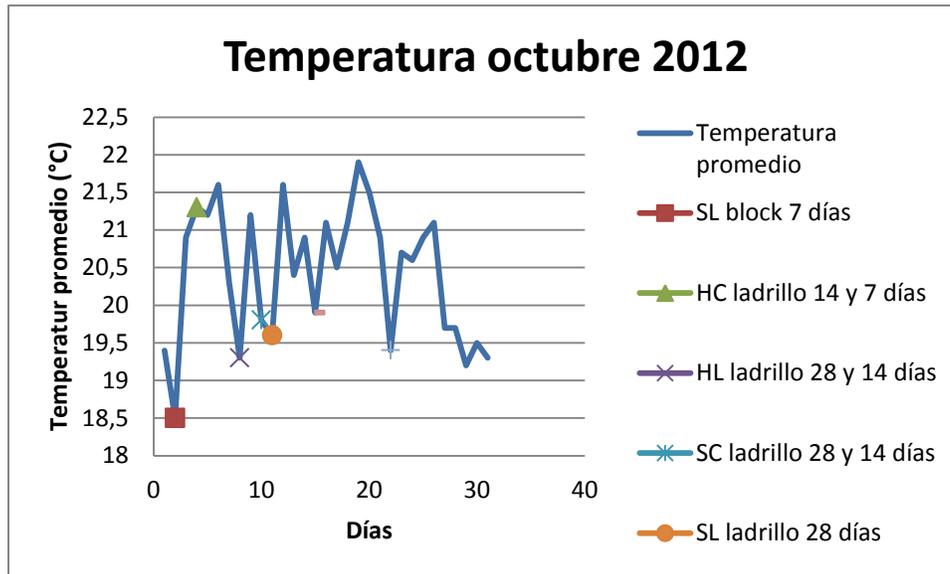


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.2.2. **Temperatura octubre 2012**

Durante el mes de octubre se encuentra una temperatura media de 20,7 grados centígrados, con valores mínimos de 18,5 grados centígrados y máximo de 22 grados centígrados, en donde los días, en que la temperatura es menor a 20 grados centígrados (sin considerar la humedad) proporcionan condiciones ideales, en donde se esperaría que el mortero logre fraguar con la hidratación del mortero, absorbiendo únicamente la humedad del mampuesto, si es que este contiene; a diferencia que en temperaturas inferiores a 20 grados centígrados (sin considerar la humedad) se espera lograr un proceso de fraguado lento, por la humedad existente en el ambiente, esta humedad puede ser absorbida por el mampuesto y el mortero, lograr una mejor adherencia, sin llegar, evidentemente al congelamiento.

Figura 31. **Temperatura (presentes en el mes de octubre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**

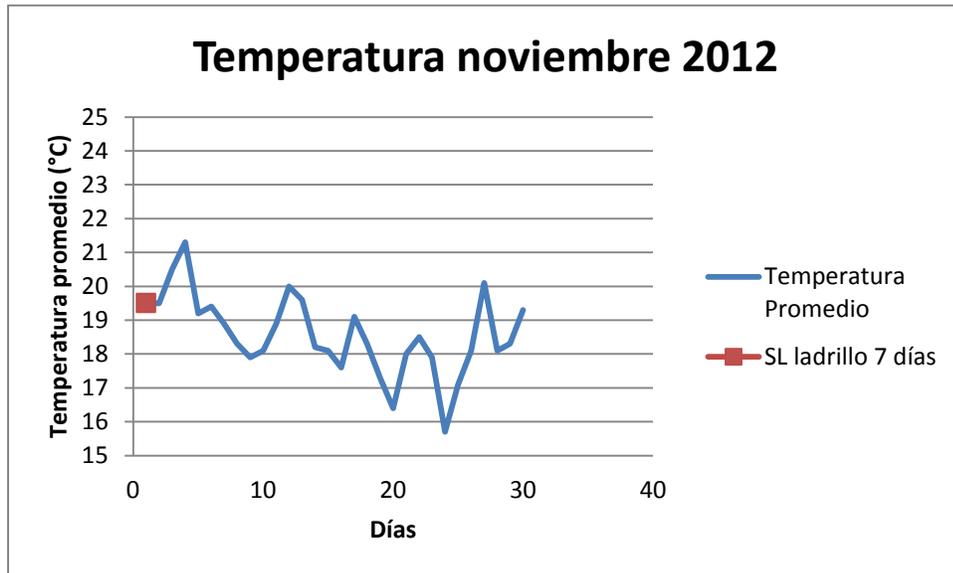


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.2.3. **Temperatura noviembre 2012**

Durante el mes de noviembre se presenta un promedio de temperatura de 18,6 grados centígrados, en donde a temperaturas superiores a 20 grados centígrados, pero menor a 40 grados centígrados (sin tomar en cuenta la humedad) se espera que actúe únicamente la humedad del mortero y del mampuesto si contuviera. Si es menor a 20 grados centígrados, pero superior a 0 grados centígrados (sin tomar en cuenta la humedad) se espera que el proceso de fraguado sea lento, y que logre una mayor resistencia que a temperaturas superiores a 20 grados centígrados.

Figura 32. **Temperatura (presentes en el mes de noviembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.3. Evaporación

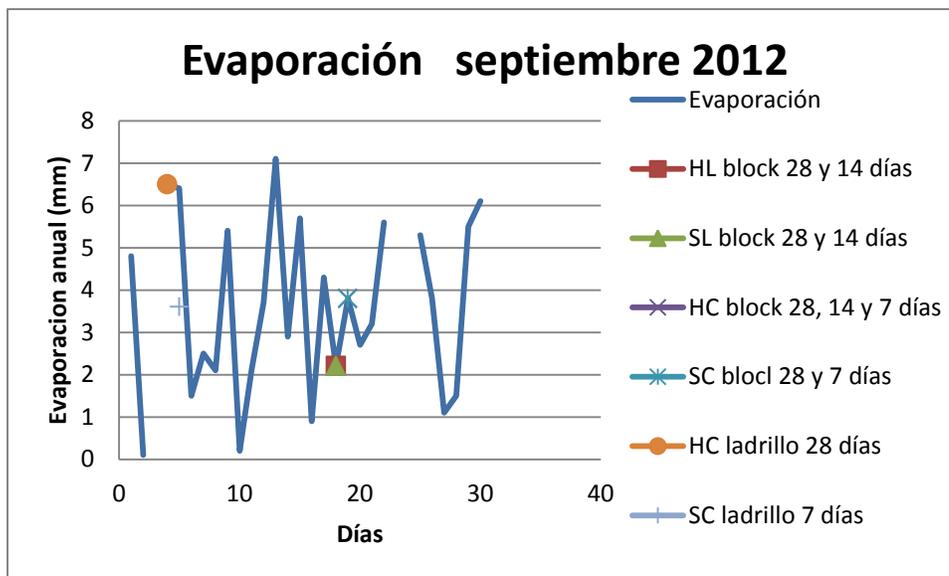
La evaporación es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial. A diferencia de la ebullición, la evaporación se puede producir a cualquier temperatura, siendo más rápido cuando más elevada sea. La evaporación de agua es importante e indispensable en la vida, ya que el vapor de agua, al condensarse se transforma en nubes y vuelve en forma de lluvia, nieve, niebla o rocío. Debido a que la evaporación acontece más rápidamente a altas temperaturas se considera necesario conocer el porcentaje de evaporación existente en el ambiente, determinando la rapidez con que pierde agua la pasta o el mampuesto, a pesar de que esta no tiene relación con la temperatura presente,

se considera normal una pérdida de entre 2 y 4 milímetros de evaporación diaria.

### 5.1.3.1. Evaporación septiembre 2012

En el mes de septiembre se encontró un promedio de evaporación de 3,6 milímetros, con días de entre 0 y 7 milímetros de evaporación, en donde se observa que existen ocasiones en donde los prismas perdieron más humedad que otros, como se observa en el prisma húmedo con mortero de cemento de 28 días con mampuesto de ladrillo, esperando que este tenga una resistencia baja. Los prismas secos y húmedos de mortero prefabricado de mampuestos de block a 28 y 14 días, con menor evaporación; se espera logren mejores resultados que los elementos con evaporaciones entre 2 y 4 milímetros.

Figura 33. **Evaporación (presentes en el mes de septiembre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**

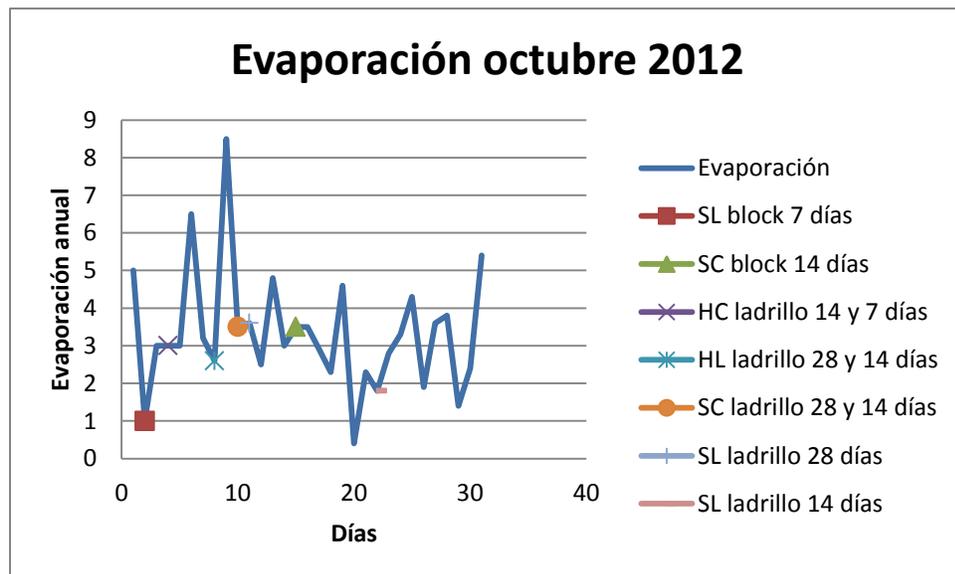


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.3.2. Evaporación octubre 2012

Durante el mes de octubre se presenta un promedio de evaporación de 3,3 milímetros, se encuentran prismas elaborados con evaporaciones por debajo de 4 milímetros, esperando que los mismos tengan un fraguado ideal. Por lo que se espera que los prismas obtengan resistencias a la adherencia considerables a pesar de encontrarse en el mampuesto en un estado seco. Pero, en los prismas secos de mortero prefabricado de block a 7 días, y de ladrillo a 14 días, se esperaría una mejor resistencia, ya que la evaporación presente en su fraguado inicial es menor a 2 milímetros por lo que se considera que el prisma puede absorber humedad del ambiente o mantener un proceso de fraguado lento.

Figura 34. **Humedad relativa media (presentes en el mes de octubre durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados.

### 5.1.3.3. Evaporación noviembre 2012

Durante el mes de noviembre se obtiene un promedio de evaporación de 3,8 milímetros, pero dado que se elabora un solo prisma durante el mes, obteniendo una evaporación de 2 milímetros, se espera que el prisma logre un proceso de fraguado ideal a pesar de mantenerse el mampuesto en un estado seco.

Figura 35. Evaporación (presentes en el mes de noviembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en adherencia)



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos elaborados en CII 2012.

## 5.2. Análisis del comportamiento de prismas ensayados a corte

En los ensayos de corte se ha observado que los prismas elaborados con mampuestos de block, presentan una precisión en los esfuerzos resistentes obtenidos, tanto en estado seco como en estado húmedo para morteros prefabricados y morteros tradicionales. Mientras que en los prismas elaborados

con mampuestos de ladrillo húmedo presentan un aumento en la resistencia obtenida, para ambas clases de morteros. Se espera que los mampuestos de ladrillo logren absorber la humedad ambiental por su base es absorbente.

Para corroborar los datos se presentan las siguientes gráficas de humedad, temperatura y evaporación presentes durante el proceso de fraguado inicial (las primeras 10 a 24 horas de elaboración) de los prismas.

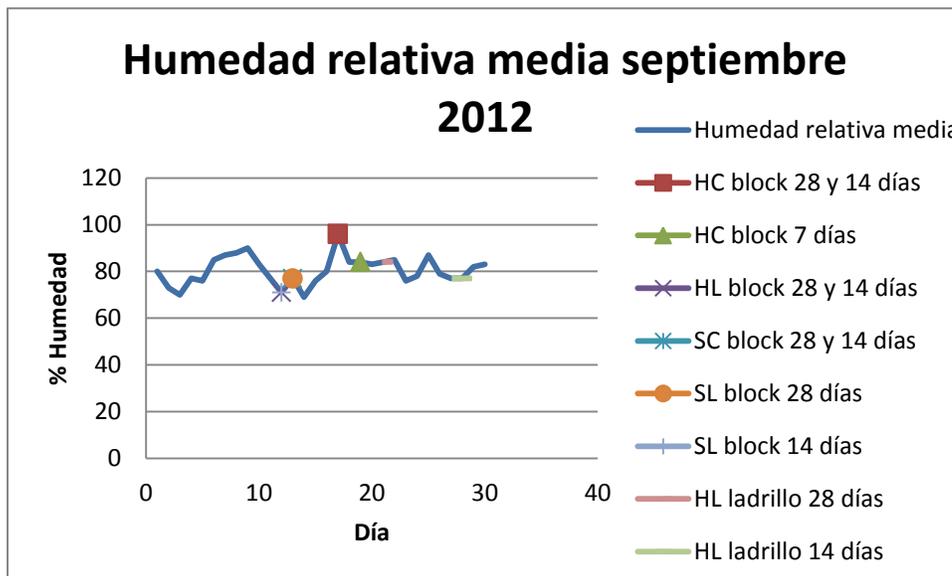
### **5.2.1. Humedad relativa**

Es importante recordemos que la humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en el aire; se considera como óptima o recomendada para el ser humano entre el 40 por ciento y el 60 por ciento. La humedad es alta arriba de 60 por ciento, con calor ambiental. A este nivel de humedad provoca sudoración o secando prematuro en el elemento dependiendo de la temperatura presente. Cuando la humedad es inferior al 40 por ciento el aire es seco, lo que conduce a una ocasión de sequedad en el mortero.

#### **5.2.1.1. Humedad relativa septiembre 2012**

La humedad relativa promedio presente en mes de septiembre de 2012, es de 80 por ciento, con rangos entre 65 y 100 por ciento de humedad, en donde se espera que los prismas puedan absorber humedad del ambiente (sin tomar en cuenta la temperatura). Se espera que los mampuestos logren una resistencia cortante alta (sin considerar la temperatura) dada la humedad presente en el ambiente.

Figura 36. **Humedad relativa (presentes en el mes de septiembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)**

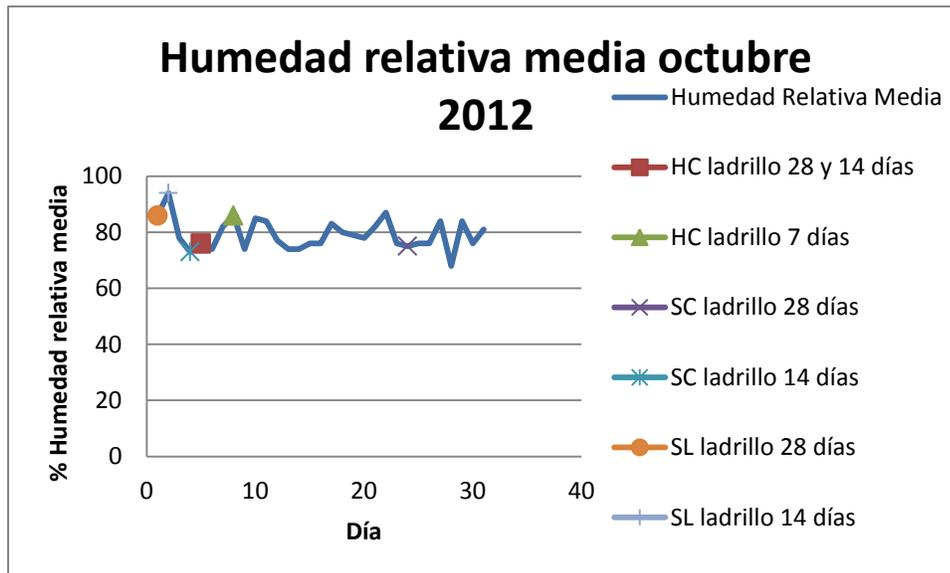


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 5.2.1.2. **Humedad relativa octubre 2012**

El mes de octubre presenta una humedad relativa promedio de 79 por ciento, en donde se presentan humedades entre 65 y 95 por ciento a lo largo del mes, por lo que se espera que el ambiente se encuentre saturado de humedad, que los mampuestos y mortero logren absorber humedad del ambiente, sin importar que estos se encuentren en estado seco y húmedo (no se considera la temperatura). En donde se puede encontrar congruencia en los resultados entre elementos de ladrillo húmedo y seco, con resistencias precisas o de poca dispersión.

Figura 37. **Humedad relativa (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

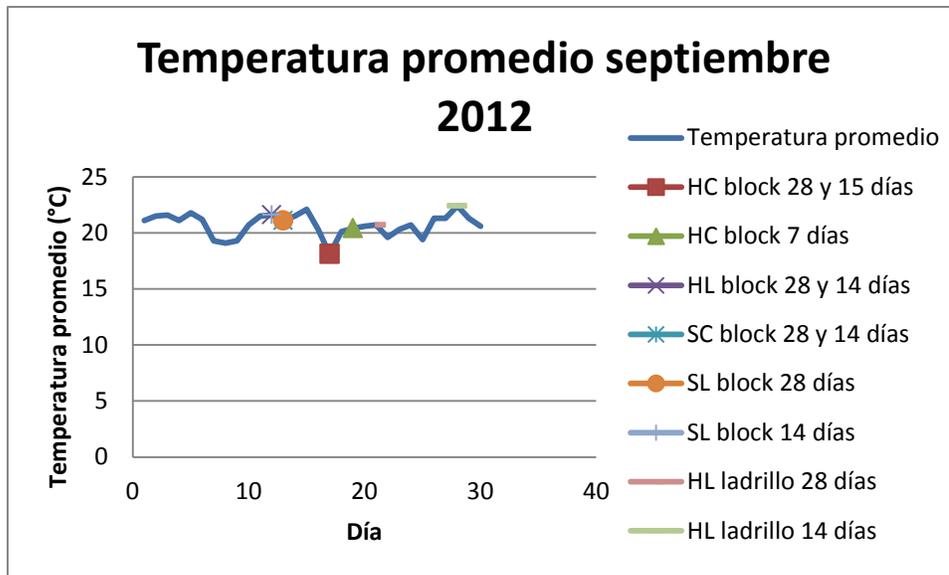
### 5.2.2. Temperatura

La temperatura es otro de los fenómenos atmosféricos que logran influir en la resistencia o comportamiento esperado de un prisma o sistema. Es importante recordar que, cuando hay un aumento de temperatura, la reacción se acelera y aumenta la resistencia a corto plazo, pero pierden calidad sus cristales y por lo tanto la resistencia a largo plazo será menor. Este proceso no es reversible. Si baja la temperatura (menor de 20 grados centígrados) la reacción ira más lenta y la calidad de la pasta será mejor. Se considera como ideal para mantener la humedad estable a una temperatura entre los 20 grados centígrados y los 40 grados centígrados en donde se produce un proceso de fraguado lento. Por encima de los 40 grados centígrados es necesario regar agua constantemente de arriba hacia abajo.

### 5.2.2.1. Temperatura septiembre 2012

La temperatura promedio observada durante el mes de septiembre es de 20,7 grados centígrados en donde se presentan temperaturas entre 15 y 22,5 grados centígrados, en donde las temperaturas inferiores a los 20 grados centígrados podrán lograr mejores resultados en resistencia. Con las temperaturas superiores a los 20 grados centígrados se espera que los prismas tengan un secado ideal, propuesto por la humedad del mortero y del mampuesto. En ambos casos no se ha tomado en cuenta la humedad del ambiente.

Figura 38. Temperatura (presentes en el mes de septiembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)

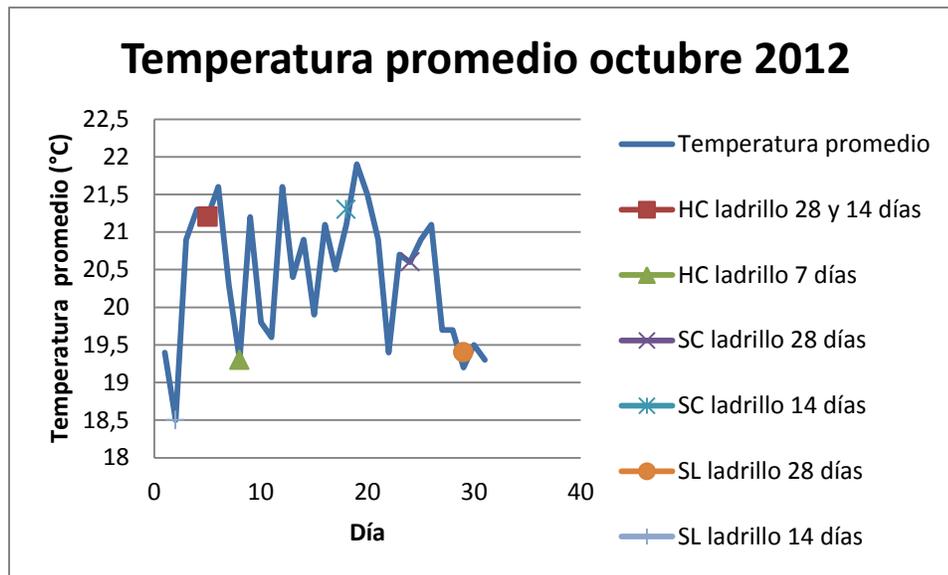


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 5.2.2.2. Temperatura octubre 2012

La temperatura promedio durante el mes de octubre es de 20,7 grados centígrados, con temperaturas entre 18,5 y 22 grados centígrados en donde se espera que a temperaturas inferiores a 20 grados centígrados se obtenga mejores resultados, porque el ambiente le provee de humedad al prisma a diferencia que con los prismas elaborados a temperatura ambiente superior, donde se espera que el prisma utilice la humedad de su propio sistema.

Figura 39. Temperatura (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 5.2.3. Evaporación

La evaporación es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un gaseoso. Puede producirse a cualquier

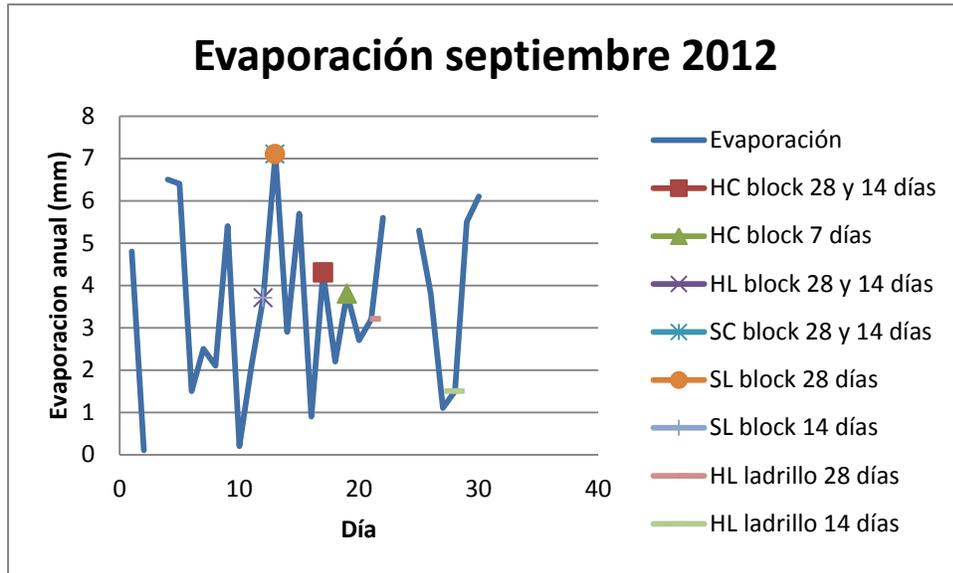
temperatura, por lo que es necesario conocer que la evaporación acontece más rápidamente a altas temperaturas. Se considera necesario, determinar la rapidez con que pierde agua la pasta o el mampuesto considerando normal una pérdida de entre 2 y 4 milímetros de evaporación diaria. Por lo que durante el proceso de fraguado se encontró:

#### **5.2.3.1. Evaporación septiembre 2012**

El promedio de la evaporación en el mes de septiembre es de 3,6 milímetros, estando en el rango del promedio aceptable de evaporación diaria, pero se mantiene entre los rangos de entre 0 y 7 milímetros de evaporación.

Durante el mes, los elementos prismáticos que podrían dar bajos resultados debido a la evaporación presente durante el fraguado de los primas secos de cemento y mortero prefabricado en block de 28 días y los secos de cemento en block de 14 días. Así, como los prismas húmedos de cemento en block de 28 y 14 días, todos estos por encontrarse en una evaporación superior a los 4 milímetros aceptables por día.

Figura 40. **Evaporación (presentes en el mes de septiembre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)**

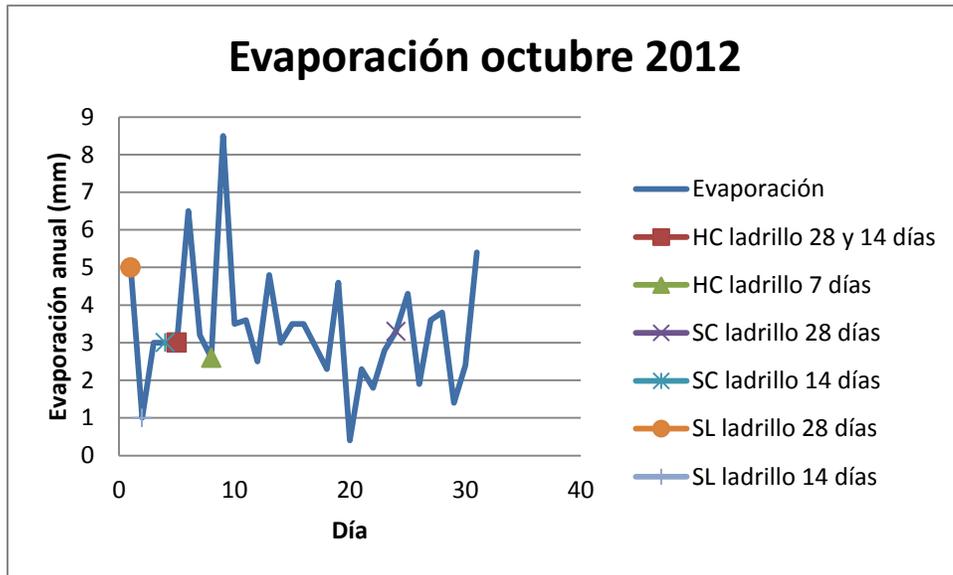


Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

### 5.2.3.2. Evaporación octubre 2012

La evaporación promedio presente durante el mes de octubre es de 3,3 milímetros, manteniéndose entre 0,5 y 8,5 milímetros. Los prismas secos de mortero prefabricado elaborado con mampuestos de ladrillo a 28 días, tendrían poca o nula resistencia, dada la evaporación de 5 milímetros existente durante su proceso de fraguado inicial que podría reseca el mortero.

Figura 41. **Evaporación (presentes en el mes de octubre 2012 durante el fraguado inicial de prismas en corte)**



Fuente: elaboración propia, con base en ensayos realizados en CII 2012.

## CONCLUSIONES

1. En los ensayos de prismas de adherencia se determinó que el factor inicial que afecta la resistencia del mortero de pega en los mampuestos de block y ladrillo es aplicarle un proceso adecuado de saturación al elemento. Bajo estas circunstancias se observó que el mortero prefabricado tiende a tener menor resistencia que el tradicional, el mortero prefabricado presenta su resistencia máxima a temprana edad (alcanzada en los primeros 7 días), en donde no tiene mayor influencia el tiempo de fraguado. Mientras que los morteros tradicionales mejoran su resistencia en función del tiempo (alcanzando la resistencia máxima a 28 días), también manifiestan una mejora en cuanto a la saturación de los elementos; condición que se hace más evidente en el ladrillo.
2. Dentro de los ensayos de corte se observó un comportamiento similar a los ensayos realizados en adherencia. Observando únicamente un comportamiento ascendente en la resistencia a corte por el transcurso del tiempo en prismas trabajados con ladrillo húmedo. Los demás presentaron una concentración de la resistencia durante el fraguado. Se le atribuye este ascenso de la resistencia a los cambios de los vectores atmosféricos de temperatura, humedad relativa y porcentaje de evaporación, presentes durante el proceso de fraguado en prismas de ladrillo.

3. Se obtiene una diferencia de un aproximado en su resistencia promedio del mortero tradicional sobre el prefabricado con mampuestos húmedos de un 20 por ciento y en estado seco de un 2 por ciento. En donde ambos morteros contienen características muy similares en su forma de reacción en los mismos estados. El mortero prefabricado a un tiempo prematuro logra alcanzar su resistencia máxima. El mortero tradicional incrementa su resistencia en el transcurso del tiempo mientras obtiene su nivel de fraguado.
4. El uso de los morteros evaluados (prefabricado y tradicional), demuestra que el tradicional logra mejores resistencias que el prefabricado, pero ambos demuestran resistencias altas para la pega de elementos tipo B.
5. Evaluando los prismas de mampuestos en block de concreto y ladrillo tayuyo en estado húmedo alcanza hasta cuatro veces el esfuerzo promedio de diseño obtenido en estado seco; la humedad le provee al mortero mayor tiempo de plasticidad, obteniendo un buen proceso de fraguado inicial y alta resistencia a esfuerzos tensionales en el mortero.
6. En los prismas secos, el comportamiento es de resistencias bajas para prismas de ladrillo tayuyo, ya que su base altamente absorbente disminuye la resistencia a tensiones internas en el mortero absorbiendo de forma prematura la humedad del mismo. Mientras que los prismas de block de concreto tiende a mantener esfuerzos cercanos a los de mampuestos húmedos debido a su base poco absorbente.

7. Los fenómenos atmosféricos presentes durante el proceso de fraguado inicial, rara vez son tomados en cuenta para pronosticar el comportamiento que tendrá el sistema; en donde sistemas con mampuestos logran absorber humedad del ambiente, controlado por la temperatura y la evaporación presentes en el sistema, ya que cuando la evaporación es mayor de 4 milímetros o y las temperaturas altas donde se pueden observar una rapidez en la evaporación de la humedad del mortero por medio de poros en el mismo, pudiendo fallar de manera prematura o a bajos esfuerzos.
8. El mortero tradicional o de cemento mantiene un esfuerzo promedio de diseño de 3,64 kilogramos sobre centímetro cuadrado en mampuestos húmedos de block de concreto y de 6,19 kilogramos sobre centímetro cuadrado en mampuestos húmedos de ladrillo tayuyo. En donde la evaporación promedio presente durante el proceso de fraguado inicial se mantiene cerca de 4 milímetros por día, lo que permitió un fraguado normal para una correcta adherencia en el sistema.
9. El mortero prefabricado en mampuestos húmedos logra resistencias consistente con poca dispersión respecto al mortero tradicional, pudiendo atribuir no solo a la humedad del mampuesto, sino también a una evaporación por debajo de los 3,7 milímetros por día durante el fraguado inicial, prolongando la plasticidad del mortero. Logra un esfuerzo promedio de siendo de 2,92 kilogramos sobre centímetro cuadrado en mampuestos húmedos de blocks de concreto y de 5,13 kilogramos sobre centímetro cuadrado en mampuestos húmedos de ladrillo tayuyo.



## RECOMENDACIONES

1. Con evaporaciones superiores a 5 milímetros, temperaturas superiores a los 35 grados centígrados y/o humedad ambiental superior a 50 por ciento es necesario humedecer el mampuesto previo al levantado y por tres veces durante el proceso de fraguado inicial, debido a que el muro de mampostería tiende a absorber humedad del mortero y/o el ambiente del sistema (muro de mampostería),
2. Evaluar el mortero con mampuestos tipo A, con morteros de prefabricados que puedan soportar esfuerzos altos.
3. La mano de obra toma importancia en la construcción de muros de mampostería, por lo que debe ser calificada debido a que ella provee la calidad en la adherencia existente entre el mortero y el elemento de mampostería.
4. No es recomendable el uso de mampuestos de ladrillo en estado seco, con ninguno de los morteros evaluados, dada la inexistencia de la adherencia en el sistema, pero si su uso únicamente en estado saturado.
5. Es importante un previo humedecimiento antes del uso del block, para mejorar los resultados de adherencia.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA Hugo; LUNA Paloma; FAÚNDEZ Daniel. *Estudio de los morteros de junta, según NCh 2256/1 bajo la óptica de la adherencia*. Universidad Santiago de Chile. 2003. 40 p.
2. CHINCHILLA PAIZ, José Rafael. *Evaluación y comparación 18 años después de mampostería de cemento puzolánico*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. 2010. Universidad de San Carlos de Guatemala. 128 p.
3. CORZO ÁVILA, Mario Rodolfo. *Notas mampostericas de una sabandija*. 2010. 125 p.
4. HEINRICH Schmitt. *Tratado de construcción, elementos, estructuras y reglas fundamentales de la construcción. Construcción de las paredes*. Barcelona: Gustavo Gili. 1962. 778 p.
5. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología *Datos diarios de humedad relativa media, temperatura promedio y evaporación de los meses septiembre, octubre y noviembre del 2012*. Guatemala: INSIVUMEH.
6. SALAMANCA CORREA, Rodrigo. *Tecnología de los morteros*. Universidad Nacional de Colombia. 2008. 48 p.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Ensayo de prisma de bloque húmedo de mortero prefabricado, falla a corte puro**



Fuente: elaboración propia, con el servicio del CII.

En el prisma se presenta una falla por tensión diagonal o cortante, resultante de la concentración de esfuerzos cortantes y compresores en las unidades, que aumentan el corte al mortero y la mampostería.

**Apéndice 2. Ensayo a corte de prisma de bloque seco con mortero prefabricado, falla por adherencia en el sistema**



Fuente: elaboración propia, con el servicio del CII.

La poca adherencia entre las unidades de mampostería y el mortero de pega, ha generado una disminución en la resistencia en sus uniones, en donde los esfuerzos normales se reducen y el cortante aumenta.

**Apéndice 3. Ensayo de prisma seco de bloque de concreto con mortero tradicional, fallando por falta de adherencia en el sistema**



Fuente: elaboración propia, con el servicio del CII.

Se puede observar que la adherencia en las unidades está afectada por la resistencia al cortante, desplazándose las juntas del muro, ocasionando un agrietamiento escalonado.

**Apéndice 4. Ensayo a corte de prisma seco de bloque de concreto con mortero prefabricado, fallando a corte puro**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII.

Se observa una falla que ocasiona una grieta en el sistema, tanto en el mampuesto como en el mortero de pega, generado por los esfuerzos a tensión diagonal al que fue sometido.

**Apéndice 5. Ensayo a corte con prisma seco de ladrillo tayuyo, con mortero prefabricado, falla por corte puro**



Fuente: elaboración propia, con el servicio del CII USAC.

El prisma al ser en estado seco sufre un deslizamiento provocado por la falta de adherencia en el sistema, y no por corte.

**Apéndice 6. Ensayo a corte con prisma húmedo de ladrillo tayuyo, con mortero tradicional, falla a corte puro**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

En el muro se observa una falla como resultando de los esfuerzos de corte y compresión diagonal, en donde la apariencia de grietas muestra el deterioro del sistema.

Apéndice 7. **Ensayo a corte, con prisma húmedo de ladrillo tayuyo con mortero prefabricado, falla a corte puro**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Este tipo de falla se presenta por la tensión diagonal a la que fue sometido, proporcionando la apariencia de grietas en el sistema, por el deterioro del mampuesto y mortero de pega.

**Apéndice 8. Ensayo a corte prisma seco de ladrillo tayuyo con mortero tradicional, falla a corte puro**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Esta falla es generada por la tensión diagonal presentada en el sistema, por los esfuerzos cortantes.

**Apéndice 9. Ensayo de prisma húmedo de ladrillo con mortero tradicional, falla por adherencia**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Apéndice 10. **Ensayo de prisma húmedo de ladrillo con mortero prefabricado, falla por adherencia**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Apéndice 11. **Ensayo de prisma húmedo de block con mortero prefabricado, falla de adherencia y flexión**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Apéndice 12. **Ensayo de prisma de block húmedo con mortero tradicional, falla de adherencia corrimiento mínimo a cargas altas**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Apéndice 13. **Ensayo de prisma seco de block con mortero tradicional, falla de adherencia a cargas bajas**



Fuente: elaboración propia, con servicio del CII USAC.

Todos los elementos prismáticos en adherencia comprendidos entre el apéndice 9 al 13 fallaron por tensión en ambos sentidos; generando una separación en el mortero de pega y las unidades de mampostería.

## ANEXO

**Clasificación ASTM C-270 de morteros de pega para mampostería no reforzada según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación (partes por volumen)**

Tipo de mortero	Resistencia a compresión			Cemento Portland	Cemento de albañilería	Cal	Agregado fino
	(Mpa)	Kg/cm <sup>2</sup>	P.S.I.				
M	17.2	175	2.500	1	1	0.25	Entre 2.25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizados
				1	-		
S	12.4	126	1.800	0.5	1	0.25 a 0.5	
				1	-		
N	5.2	53	750	-	1	0.5 a 1.25	
				1	-		
O	2.4	25	350	-	1	1.25 a 2.50	
				1	-		
K	0.5	5	75	1	-	2.5 a 4	

Fuente: SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Tabla 14.1. p. 305.