



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

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS
PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**

Luis Miguel Cordón Bracamonte

Asesorado por el Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, 23 de septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS
PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS MIGUEL CORDÓN BRACAMONTE

ASESORADO POR EL ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto 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

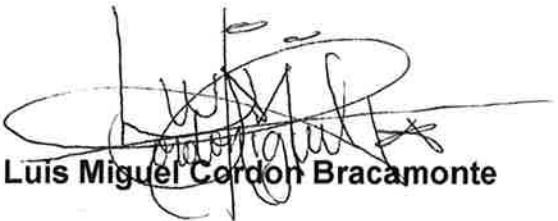
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADORA	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha noviembre de 2011.



Luis Miguel Cordon Bracamonte


Guatemala 19 de julio de 2013

Ingeniero
Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero:

Cumpliendo con lo resuelto con la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación: **EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**, presentado por el estudiante: Luis Miguel Cerdón Bracamonte.

Considero que el trabajo de graduación se a desarrollado satisfactoriamente y cumple con los objetivos que motivaron la selección de dicho tema, por lo que hago de su conocimiento que apruebo el trabajo realizado. Sin otro particular, atentamente


Mario Rodolfo Corzo Ávila
Ingeniero Civil Colegiado No. 2089

Mario Rodolfo Corzo Ávila
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 2089



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
19 de agosto de 2013

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 Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Miguel Cerdón Bracamonte, 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

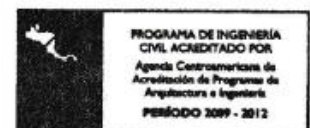

Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Cíviles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 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, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Luis Miguel Cordón Bracamonte, titulado **EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre de 2013.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 644.2013

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 Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS PRISMAS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA LLENOS Y HUECOS**, presentado por el estudiante universitario **Luis Miguel Cordón Bracamonte**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 23 de septiembre de 2013

/gdech

DTG. 608.2013

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
- Mis padres** Patricia Bracamonte y Héctor Córdón, por su amor y apoyo incansable que me brindaron para realizar mis metas.
- Mis hermanos** Héctor y Patty Córdón Bracamonte por su amor y apoyo incondicional en todo momento.
- Mis amigos** María Vásquez, Manuel Cabrera, Roció Palacios, Liz Laínez, Álvaro Cruz, Juan Carlos López, Sara Rivera, Carola Flores, Silvia Escobar, Claudia Garín, Oliver Cifuentes, Lia Boiton, Emilio Vásquez; por estar en todo momento y ser parte importante de mi vida.
- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa casa de estudios.
- Ing. Mario Corzo** Por ser una importante influencia en mi carrera y vida, por haberme aconsejado y compartido su conocimiento y vivencias, además de que sin él, este estudio no se hubiera realizado.

Sección de Estructuras

A todos los practicantes que en esta área conocí, por compartir esos momentos conmigo, en especial a Pedro Canagüi, Analili Vega, Bienvenido García, Víctor Barrios, Michella Ciani, Oscar Sincal, Felipe Rodas, Elmer Gálvez, Fernando Espinoza, Daniel Herrera, Gilva Gutiérrez, Miriam Calderón, Ivan Vielman, María Fernanda Ramírez, Ettie Espinoza, Crisantos Araiz, Evelyn Contreras, Diego Seisdedos, José Bolívar, César Bernal, José Valdez, Yoselin López, Helen Castañeda, Tony Velásquez.

Don Fabio Sánchez

Por sus enseñanzas y apoyo en todo momento y ser un gran ejemplo.

Sección de Ecomateriales

Al Ing. Francisco Quiñonez, Luis Ochoa y Víctor Rosales por su amistad, conocimiento y ayuda.

Sección de Maderas

A don Jesús Gatica e Iván Juárez, por siempre prestarme la ayuda y estar al pendiente de mí.

AGRADECIMIENTOS A:

Facultad de Ingeniería	Por la maravillosa formación académica recibida.
Mis amigos de la Facultad	Airón García, Leticia Álvarez, Andrea González, Randy Sujey, Gimmy Iquique, Luis Rosales, Mercedes e Iván Monterroso, José Reyes, Edgar Pérez, Andrea Gutiérrez, José Mendoza, Marcel Hernández, René Ramos.
MEGAPRODUCTOS	Por su valiosa colaboración para la realización de este estudio.
Mis revisores	Inga. Dilma Mejicanos y Licda. Claudia de Monterroso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS/HIPÓTESIS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. HISTORIA DE LOS TIPOS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA.....	1
1.1. Definición de la mampostería	1
1.2. Uso de los bloques de mampostería en la historia.....	1
1.2.1. Prehistoria.....	1
1.2.2. Sumerios.....	3
1.2.3. Egipcios y griegos.....	5
1.2.4. Romanos	6
1.2.5. Del siglo V al siglo XIX.....	8
1.2.6. Nace la mampostería reforzada	11
1.2.7. Hacia la actualidad.....	14
1.3. Tipos de mampostería	16
1.3.1. Según el material	16
1.3.1.1. De piedra	17
1.3.1.2. De ladrillos	17
1.3.1.3. De concreto.....	17
1.3.2. Según su uso ingenieril.....	18
1.3.2.1. Mampostería simple	18
1.3.2.2. Mampostería reforzada	18

	1.3.2.3.	Mampostería confinada	19
1.4.		Breve resumen de cada norma a utilizar	20
	1.4.1.	Norma AGIES NSE 7.4 mampostería reforzada (NR9:2000).....	20
	1.4.2.	Norma COGUANOR NGO 41 054	23
	1.4.3.	Ensayo a compresión	29
	1.4.4.	Ensayo a corte	38
	1.4.5.	Ensayo a adherencia y fricción	43
2.		PRISMAS DE MAMPOSTERÍA Y SUS COMPONENTES	47
2.1.		Componentes.....	47
	2.1.1.	Unidades	47
	2.1.1.1.	Tipos de unidades de mampostería	47
	2.1.1.1.1.	Características de las unidades de mampostería.....	48
	2.1.2.	Mortero.....	58
	2.1.2.1.	Mortero con cal	63
	2.1.2.2.	Mortero con cemento	63
	2.1.2.3.	Mortero de albañilería o mampostería.....	63
	2.1.3.	<i>Grout</i>	64
	2.1.3.1.	<i>Grout</i> fino.....	67
	2.1.3.2.	<i>Grout</i> grueso.....	68
2.2.		Prismas de compresión.....	68
	2.2.1.	Mecanismos de falla	69
	2.2.2.	Deformaciones unitarias últimas.....	70
2.3.		Prismas a corte	71
	2.3.1.	Modos de falla	73

2.3.2.	Teoría de falla	74
2.3.3.	Influencias.....	74
2.3.3.1.	Resistencia a la compresión de la mampostería	74
2.3.3.2.	Adhesión	74
2.3.3.3.	<i>Grout</i>	75
2.4.	Prismas de adherencia	75
3.	ENSAYOS Y PROCEDIMIENTOS REALIZADOS	81
3.1.	Ensayos.....	81
3.2.	Procedimiento estadístico.....	87
3.2.1.	Población y muestra	87
3.2.2.	Parámetros y estadísticos	88
3.2.2.1.	Parámetros poblacionales	88
3.2.2.2.	Parámetros muestrales	89
3.2.2.2.1.	Estadísticos de centralidad	89
3.2.2.2.2.	Estadísticos de dispersión.....	91
3.2.3.	Prueba de correlación de Pearson	93
3.2.4.	Prueba de t de <i>Student-Fisher</i>	94
3.2.5.	Tablas de contingencia	96
4.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....	99
4.1.	Prismas de compresión	99
4.1.1.	Vacíos.....	99
4.1.2.	Llenos	104
4.2.	Prismas de corte.....	109
4.2.1.	Vacíos.....	110

4.2.2.	Llenos.....	113
4.3.	Prismas de adherencia.....	117
4.3.1.	Vacíos	117
4.3.2.	Llenos.....	122
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	129
5.1.	Cálculo de la muestra.....	129
5.1.1.	Muestra total.....	129
5.1.2.	Muestra individual.....	130
5.2.	Prismas de compresión.....	130
5.2.1.	Prueba de hipótesis.....	139
5.2.2.	Tablas de contingencia.....	140
5.3.	Prismas de corte	142
5.3.1.	Prueba de hipótesis.....	150
5.3.2.	Tablas de contingencia.....	152
5.4.	Prismas de adherencia.....	153
5.4.1.	Prueba de hipótesis.....	168
5.4.2.	Tablas de contingencia.....	171
	CONCLUSIONES	175
	RECOMENDACIONES	179
	BIBLIOGRAFÍA	181
	APÉNDICES	185
	ANEXOS	203

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ollantaytambo, Cusco, Perú (siglo XIV)	2
2.	Edificio multifamiliar yarovilca.....	2
3.	Unidad de mampostería de barro secada al sol (Jericó, 7350 a. C.)	3
4.	Arco típico desarrollado en Sumeria.....	4
5.	Muro de arcilla decorativa esmaltadas y vitrificadas	5
6.	Monolitos de alrededor de cuatro toneladas en el núcleo de las grandes pirámides en la vecindad de El Cairo	6
7.	Muros romanos	7
8.	Muralla China	9
9.	Minarete (siglo IX) sesenta metros de altura en la Gran Mezquita de Samarra, actualmente Irak	10
10.	Máquina de Clayton (1863) para el proceso de extrusión.....	11
11.	Edificio Monadnock, Chicago (construido en 1891)	12
12.	Ensayo de un muro con carga de compresión en el laboratorio del Bureau of Standars de los Estados Unidos en 1916	13
13.	Park Lane Towers, Denver, Colorado (Estados Unidos)	14
14.	Medidas principales de los bloques huecos de concreto	28
15.	Construcción de prismas de mampostería	31
16.	Bosquejos del modo de falla de los prismas.....	35
17.	Prisma del ensayo a adherencia y fricción	44
18.	Esquema de aplicación de carga del ensayo de adherencia y fricción	45
19.	Proceso de fabricación de unidades de arcilla	53

20.	Proceso de fabricación de unidades de concreto.....	55
21.	Esquema del ensayo de tensión indirecta.....	56
22.	Falla por tensión de las unidades	57
23.	Desarrollo relativo de la resistencia de cubos de morteros de cemento como porcentaje de la resistencia a los 28 días	61
24.	Desarrollo de la resistencia de cubos de mortero de cemento Portland de varias estadísticas combinadas	62
25.	Falla de los prismas de compresión llenos con <i>grout</i>	70
26.	Ensayo de prismas de mampostería a corte	71
27.	Efecto de sismo en estructuras de mampostería	72
28.	Formas de fallas de los prismas de corte.....	73
29.	Cortante producido en las unidades de mampostería	75
30.	Esfuerzos en los prismas de adherencia y fricción	76
31.	Gráfica de cortante versus confinamiento	77
32.	Prisma de adherencia y fricción	78
33.	Ensayo de prismas de adherencia y fricción	79
34.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a compresión parte 1	81
35.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a compresión parte 2	82
36.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a corte parte 1	83
37.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a corte parte 2	84
38.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a adherencia parte 1	85
39.	Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a adherencia parte 2	86
40.	Gráfica frecuencia acumulada versus f'_m	131
41.	Gráfica frecuencia versus f'_m	132
42.	Correlación en prismas de compresión a 7 días	135

43.	Correlación en prismas de compresión a 14 días.....	135
44.	Correlación en prismas de compresión a 28 días.....	136
45.	Correlación general de los prismas de compresión	136
46.	Gráfica frecuencia acumulada versus v'_m	143
47.	Gráfica frecuencia versus v'_m	144
48.	Correlación en prismas de corte a 7 días	146
49.	Correlación en prismas de corte a 14 días	147
50.	Correlación en prismas de corte a 28 días	147
51.	Correlación general de los prismas de corte	148
52.	Gráfica frecuencia versus esfuerzo de adherencia.....	154
53.	Gráfica frecuencia versus corrimiento	155
54.	Gráfica frecuencia acumulada versus esfuerzo de adherencia.....	156
55.	Gráfica frecuencia acumulada versus corrimiento	156
56.	Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 7 días	160
57.	Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 7 días	160
58.	Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 14 días	161
59.	Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 14 días	161
60.	Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 28 días	162
61.	Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 28 días	162
62.	Correlación general del esfuerzo de adherencia en los prismas de adherencia	163
63.	Correlación general del corrimiento en los prismas de adherencia.....	165

TABLAS

I.	Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido.....	21
II.	Factores de corrección para muestras de bloques de concreto ...	21
III.	Resistencia a compresión del mortero.....	22
IV.	Resistencia mínima a la compresión para cualquiera de los tres tipos de bloques huecos de concreto.....	25
V.	Máxima absorción de agua para bloques huecos de concreto de la clase A.....	26
VI.	Medidas principales normales de los bloques huecos de concreto	27
VII.	Espesores mínimos de las paredes frontales y de los tabiques de los bloques	28
VIII.	Factores de corrección para prismas de compresión de mampostería	36
IX.	Aplicabilidad de los métodos de formado	49
X.	Tipos de morteros por clase de construcción	60
XI.	Guía para la selección de morteros para mampostería	60
XII.	Resistencia a compresión de la mampostería de bloques de concreto	62
XIII.	Resistencia a compresión de la mampostería de ladrillos de barro cocido	63
XIV.	Especificaciones para las propiedades de los morteros	64
XV.	Proporciones por volumen para el <i>grout</i>	66
XVI.	Limitaciones para la utilización del <i>grout</i>	67
XVII.	Características físicas de prismas a compresión vacíos a 7 días	100

XVIII.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 7 días.....	100
XIX.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 7 días.....	101
XX.	Características físicas de prismas a compresión vacíos a 14 días.....	101
XXI.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 14 días.....	102
XXII.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 14 días.....	102
XXIII.	Características físicas de prismas a compresión vacíos a 28 días.....	103
XXIV.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 28 días.....	103
XXV.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 28 días.....	104
XXVI.	Características físicas de prismas a compresión llenos a 7 días.....	105
XXVII.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 7 días.....	105
XXVIII.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 7 días.....	106
XXIX.	Características físicas de prismas a compresión llenos a 14 días.....	106
XXX.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 14 días.....	107
XXXI.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 14 días.....	107

XXXII.	Características físicas de prismas a compresión llenos a 28 días	108
XXXIII.	Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 28 días	108
XXXIV.	Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 28 días	109
XXXV.	Características físicas de prismas a corte vacíos a 7 días.....	110
XXXVI.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 7 días	111
XXXVII.	Características físicas de prismas a corte vacíos a 14 días.....	111
XXXVIII.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 14 días	112
XXXIX.	Características físicas de prismas a corte vacíos a 28 días.....	112
XL.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 28 días	113
XLI.	Características físicas de prismas a corte llenos a 7 días.....	114
XLII.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 7 días	114
XLIII.	Características físicas de prismas a corte llenos a 14 días.....	115
XLIV.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 14 días	115
XLV.	Características físicas de prismas a corte llenos a 28 días.....	116
XLVI.	Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 28 días	116
XLVII.	Características físicas de prismas de adherencia vacíos a 7 días	118
XLVIII.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 7 días.....	118

XLIX.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 7 días	119
L.	Características físicas de prismas de adherencia vacíos a 14 días.....	119
LI.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 14 días	120
LII.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 14 días	120
LIII.	Características físicas de prismas de adherencia llenos a vacíos a 28 días.....	121
LIV.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 28 días	121
LV.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 28 días	122
LVI.	Características físicas de prismas de adherencia llenos a 7 días.....	123
LVII.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 7 días	123
LVIII.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 7 días	124
LIX.	Características físicas de prismas de adherencia llenos a 14 días.....	124
LX.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 14 días	125
LXI.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 14 días	125
LXII.	Características físicas de prismas de adherencia llenos a llenos a 28 días.....	126

LXIII.	Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 28 días.....	126
LXIV.	Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 28 días	127
LXV.	Modas para f'_m de los prismas de compresión.....	133
LXVI.	Rangos para f'_m de los prismas de compresión	133
LXVII.	Resumen estadístico de los prismas a compresión	138
LXVIII.	Tabla de contingencia de los prismas a compresión	141
LXIX.	Modas para v'_m de los prismas de corte	144
LXX.	Rangos para v'_m de los prismas de corte.....	145
LXXI.	Resumen estadístico de los prismas a corte	150
LXXII.	Tabla de contingencia de los prismas a compresión	152
LXXIII.	Modas para el esfuerzo de adherencia de los prismas de adherencia	157
LXXIV.	Modas para el corrimiento de los prismas de adherencia	157
LXXV.	Rangos para el esfuerzo de adherencia de los prismas de adherencia	158
LXXVI.	Rangos para el corrimiento de los prismas de adherencia	158
LXXVII.	Resumen estadístico de los prismas de adherencia.....	167
LXXVIII.	Resumen estadístico del corrimiento de los prismas de adherencia	168
LXXIX.	Tabla de contingencia de los prismas a adherencia	172
LXXX.	Tabla de contingencia de los prismas a compresión	173

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h_p	Alto del prisma
A_b	Área bruta
A_n	Área neta
P	Carga aplicada
cm	Centímetro
cm^2	Centímetro cuadrado
cm^3	Centímetro cúbicos
C.V.	Coefficiente de variación
Q	Cuartil
s	Desviación estándar
σ_{Adh}	Esfuerzo de adherencia
f_{mt}	Esfuerzo de compresión de prismas de mampostería según norma ASTM
S_s	Esfuerzo de corte según norma ASTM
t_p	Espesor del prisma
$^{\circ}C$	Grados Celsius
$^{\circ}F$	Grados Fahrenheit
ν	Grados de libertad
$^{\circ}$	Grados Sexagesimales
H_a	Hipótesis alternativa
H_o	Hipótesis nula
kg	Kilogramo
lb	Libras

psi	Libras sobre pulgadas cuadradas (<i>pounds squart inch</i>)
\bar{x}	Media
\tilde{x}	Mediana
MPa	Mega pascales
m	Metro
mm	Milímetro
E_v	Módulo a cortante de la mampostería
E_g	Módulo de elasticidad del <i>grout</i>
E_m	Módulo de elasticidad de la mampostería
G	Módulo de rigidez de la mampostería
n	Muestra
α	Nivel de significancia
%	Porcentaje
N	Población
f_g	Resistencia a la compresión del <i>grout</i>
f'_m	Resistencia a la compresión de la mampostería
V'_m	Resistencia al cortante de la mampostería
SI	Sistema Internacional
χ²	Valor de <i>ji</i> -cuadrada
t	Valor de <i>ji</i> -cuadrada para cierto nivel de significancia y grados de libertad
s²	Varianza
S_{x1-x2}	Varianza de la diferencia de medias

GLOSARIO

Absorción	Medida de la permeabilidad del mamposte.
Adhesión	Resistencia en tracción de la interface mortero-unidad de mampostería. Se obtiene del producto del valor unitario de adhesión por la extensión del área de contacto en el ensayo de adherencia.
Adobe	Unidad de mampostería en forma de paralelepípedo recto, elaborado de barro y secado al sol.
AGIES	Siglas de la Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales y Sísmicos.
Área bruta	El área total sin descontar los vacíos.
Área neta	El área total menos los vacíos.
ASTM	Siglas en inglés de la Sociedad Americana para el ensayo e inspección de los materiales (American Society for Testing and Material).
Bloque	Unidad de mampostería que se maneja con dos manos y elaborada a base de una mezcla de aglomerantes, áridos minerales y agua.

Cemento	Es un aglomerante hidráulico que se obtiene moliendo finamente el producto de la cocción, llevada por lo menos hasta el principio de conglutinación (clinkerización), de mezclas de primeras materias debidamente dosificadas que contengan cal, sílice, alúmina y óxido férrico.
COGUANOR	Siglas de la Comisión Guatemalteca de Normas.
Concreto	Mezcla de cemento, agua y agregados finos y gruesos.
Curado	Período en el cual un elemento gana resistencia.
Deformometro	Dispositivo que mide y registra deformaciones.
Dimensión nominal	La dimensión real más el espesor de la junta de mortero.
Ensayo	Prueba de las propiedades de una estructura, elemento o material.
Esfuerzo	El producto de la aplicación de una fuerza sobre un área.
Fraguado	Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.

Grout	Concreto de consistencia líquida con un asentamiento en el cono de Abrahm's igual o mayor a 200 milímetros y una resistencia a compresión a los 28 días de 140,7 kilogramos por centímetro cuadrado.
Hilada	Una franja horizontal de mortero y unidades de mampostería.
Junta horizontal	La capa horizontal de mortero donde se asienta la unidad de mampostería.
Junta vertical	La junta entre los extremos de dos unidades de mampostería.
Ladrillo	Unidad de mampostería que por lo general se maneja con una sola mano y se fabrica en base de barro, arcilla u otro material arcilloso.
Mampostería	Material estructural compuesto integrado por unidades asentadas o apiladas con mortero o sin él.
Mampostería simple	Es la mampostería estructural sin refuerzo.
Mampostería reforzada	Es la mampostería que integra el comportamiento del acero y las unidades de forma que funcionen como un todo integrado monolíticamente.

Mampostería confinada	Es la mampostería en la que se enmarca las de mampostería unidas, que generalmente están llenas, con elementos de concreto armado que actúan como su confinamiento.
Mortero	Adhesivo con el que se asientan las unidades de mampostería, que es una mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos.
Muro portante	Muro diseñado y construido en forma tal que resiste carga cargas horizontales y verticales adicionales a las provenientes de su propio peso.
Muro no portante	Muro diseñado y construido en forma tal que resiste solo cargas provenientes de su propio peso.
Norma	Documento de aplicación voluntaria u obligatoria aprobado por un organismo de normalización reconocido que contiene especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.
Relación a/c	Es el resultado de dividir la masa de agua entre la masa de cementos utilizados en un concreto o mortero.
Prisma de mampostería	Muestra o espécimen representativo de la mampostería de un muro.

Resistencia a la compresión	Es la carga máxima a compresión que resiste una unidad o espécimen, dividida por el área de la sección transversal que la soporta.
Unidad	Son el componente básico de la construcción de mampostería. Se elabora de materiales como la arcilla, de concreto y la mezcla de sílice y cal.
Unidad hueca	Unidad de mampostería cuya área neta de la cara de asiento es equivalente del 50 por ciento al 70 por ciento del área bruta y cuyos agujeros tienen dimensiones suficientes para ser llenados con <i>grout</i> .
Unidad perforada	Unidad de mampostería cuya área neta de la cara de asiento es equivalente a menos del 70 por ciento del área bruta y cuyos agujeros tienen dimensiones reducidas y no pueden ser llenados con <i>grout</i> .
Unidad sólida	O maciza, en estas unidades, los porcentajes de agujeros no deben ser mayores del 30 por ciento del área de la sección bruta.
Unidad tubular	Unidad de mampostería con huecos paralelos a su cara de asiento.
Media	Es la medida de tendencia central que posee menor varianza y engloba toda la información de la muestra.

Mediana	Es el valor central de la muestra, donde el valor es mayor o igual que el 50 por ciento de las observaciones y menor o igual al otro 50 por ciento.
Moda	Es el valor más frecuente.
Cuartil	Es un valor que es mayor o igual que X porcentaje de las observaciones de la variable.
Rango	Es la diferencia entre las dos observaciones extremas, la máxima y la mínima.
Varianza	Es la desviación cuadrática media de las observaciones a la media muestral.
Desviación estándar	Es la raíz cuadrada positiva de la varianza y mide la dispersión con respecto a la media.
Coeficiente de variación	Expresa la variabilidad de la variable.

RESUMEN

Este trabajo de investigación, presenta un estudio del desarrollo de resistencia a esfuerzos de compresión, corte y adherencia de la mampostería hueca y llena con *grout* por medio de ensayos de prismas de mampostería, así como también la caracterización de los distintos materiales utilizados para su construcción.

La metodología se basó en ensayos a 3 edades (7, 14, 28 días) para cada uno de los ensayos (compresión, corte y adherencia) y cada uno de los tipos de prismas tanto huecos como llenos. Se evaluaron la cantidad de 144 prismas, de los cuales 8 eran para cada edad, de cada tipo de ensayo y mampostería. Los ensayos fueron realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería en la Sección de Estructuras. Estos fueron realizados siguiendo las recomendaciones de las normativas de AGIES, ASTM y COGUANOR.

Posteriormente se realizó una evaluación estadística completa (media, mediana, moda, cuartiles desviación estándar, varianza, rangos, coeficientes de variación y correlación) para cada grupos de ensayo de los prismas y sus tipos (huecos y llenos). Para así comprobar por medio de una prueba de hipótesis si la resistencia de los prismas huecos es mayor o menor a la resistencia de los prismas llenos con *grout*, como representativo de los sistemas de mampostería huecos y llenos con *grout*.

Al final se presentan gráficas y tablas, las cuales siguen el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

OBJETIVOS

General

Comparar y analizar el comportamiento y usos de los prismas de mampostería huecos y llenos con *grout*.

Específicos

1. Definir el comportamiento de los prismas de bloques de mampostería huecos y llenos con *grout*.
2. Determinar la resistencia a compresión, corte y adherencia de los prismas de bloques huecos y llenos con *grout*.
3. Establecer los tipos de falla obtenidos en los prismas de bloques de mampostería huecos y llenos de *grout*.
4. Hacer una comparación entre las características y comportamiento principal entre los prismas de bloques de mampostería huecos y llenos de *grout*.
5. Establecer las ventajas y desventajas de la utilización de los dos tipos de sistemas de bloques.

HIPÓTESIS

Es posible que la resistencia a compresión, corte y adherencia en la mampostería se vea afectada por el llenado con *grout* de la misma.

Hipótesis nula:

La resistencia de los prismas huecos es mayor o igual a la resistencia de los prismas llenos con *grout* ($\mu_1 \geq \mu_2$).

Hipótesis alternativa:

La resistencia de los prismas huecos es mayor o igual a la resistencia de los prismas llenos con *grout* ($\mu_1 < \mu_2$).

INTRODUCCIÓN

Las unidades de mampostería pueden ser de diversos tipos debido a sus materiales de fabricación. Los más utilizados en la construcción son los fabricados de cemento-arena y los de barro cocido; que deben cumplir con las normas pertinentes para su elaboración. Estas unidades se presentan en una gran variedad de formas y tamaños, con una gran variedad de resistencia bajo varios tipos de cargas.

Actualmente las unidades de mampostería se utilizan comúnmente en la construcción, desde una pequeña casa de un nivel, hasta la de un edificio de gran altura. Para esto se necesita de la colocación de las unidades de forma mampuesta y unidas por medio de un elemento de pega al que se le llama mortero (junta) , asimismo, en algunos de los agujeros son colocados refuerzos de acero y luego posteriormente llenado por concreto líquido (*grout*), dando así diferentes tipos de mampostería.

La mampostería simple, en la cual únicamente se colocan los bloques de una forma mampuesta y pegados por mortero; la mampostería reforzada, que es la mampostería simple con refuerzo de acero en las partes huecas de los bloques y por último la mampostería confinada, en la que el sistema del mampuesto es confinado por las soleras y columnas, haciendo que su funcionamiento no sea solo el de una unidad sino de un todo integrado.

Entre los beneficios que ofrece el uso de la mampostería en la construcción está la reducción del tamaño de los elementos estructurales de concreto, vigas y columnas, debido a la capacidad portante de las unidades,

produciendo una reducción del costo de la construcción, por otro lado permite cubrir mayores áreas con un menor coste y con una fácil colocación.

Por otra parte las unidades de mampostería al ser llenada con *grout* pueden representar un aumento o disminución de la resistencia de las unidades y del sistema mismo, puesto que en las unidades huecas los esfuerzos se transmiten únicamente en la parte de la unidad cargada, mientras que en la llenas los esfuerzos se transmiten en las partes cargadas de las unidades además del vacío llenado con *grout*, produciendo también esfuerzos internos entre la unidad y el *grout*, que dependiendo de la adherencia, uniformidad y proporción podrían aumentar o disminuir la capacidad portante del sistema.

Por tanto es necesario el análisis por medio de ensayos de laboratorio para determinar el funcionamiento, comportamiento y propiedades mecánicas de estos sistemas. En el presente trabajo se evalúa la incidencia del *grout* en la mampostería a través de ensayos en prismas de mampostería a compresión, corte y adherencia a 7, 14 y 28 días, que permitan la evaluación del actuar de los dos sistemas bajo la acción de distintos tipos de cargas.

Se incluyen dentro de la investigación aspectos teóricos, tipos, clasificaciones, ensayos, normas, componentes, propiedades importantes, procesos experimentales y proceso estadístico que permite consolidar de forma cuantitativa el aumento o disminución de la resistencia de un sistema respecto al otro.

1. HISTORIA DE LOS TIPOS DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA

1.1. Definición de la mampostería

Define al tipo de construcción, en el que elementos llamados unidades se colocan apilados y que pegados o no con mortero, constituyen un sistema. Este sistema produce un elemento heterogéneo y anisotrópico que tiene una resistencia a la compresión elevada (dependiendo principalmente de las unidades), y una resistencia al corte reducida (controlada sobre todo por la adhesión entre la unidad y el mortero). El sistema ya sea vacío o lleno de *grout* (concreto líquido) presenta los mismos principios.

1.2. Uso de los bloques de mampostería en la historia

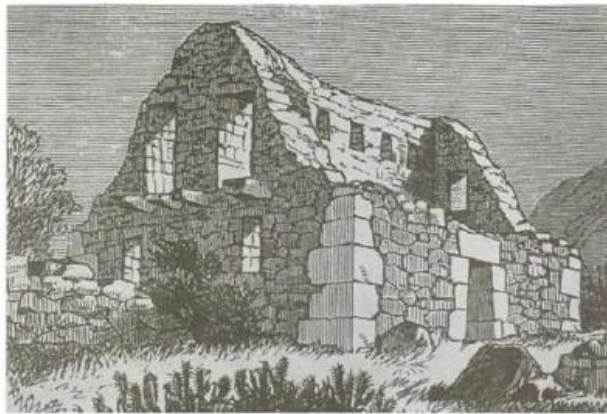
A lo largo de la historia, la construcción de mampostería ha ido evolucionando, perfeccionándose y adquiriendo propiedades y características necesarias para las solicitaciones de la humanidad.

1.2.1. Prehistoria

Hace aproximadamente 15 mil años, un antepasado nómada decidió que para salvaguardarse de las inclemencias del tiempo y los depredadores, era necesario un espacio adecuado, así, colocando una serie de rocas apiladas lo consiguió. Luego de esto era necesario reforzarlas colocándoseles un mortero de barro, este a su vez le permitiría acomodar, asentar y la creación de un lugar más alto, con más facilidad. Dando así la facilidad de agruparse en aldeas o

asentamientos. Como prueba fehaciente de este tipo de construcción, se encuentran en las islas Aran (Irlanda), Catal Hüyük (Anatolia), el valle del Urumbamba (Incas Ollantaytambo, cerca de Cuzco, Perú) y las culturas yarovilca y atavillo (Perú), mostradas en las figuras 1 y 2.

Figura 1. **Ollantaytambo, Cusco, Perú (siglo XIV)**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 48.

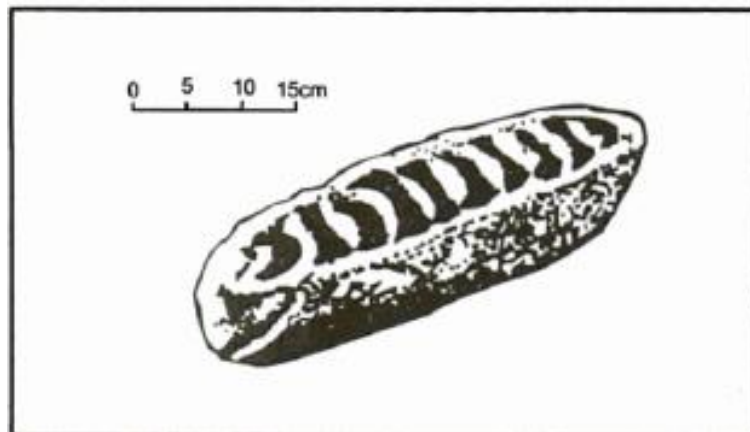
Figura 2. **Edificio multifamiliar yarovilca**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 49.

El vestigio más antiguo de una unidad de albañilería, se encontró al realizar excavaciones arqueológicas en Jericó (Medio Oriente), en el nivel correspondiente al neolítico temprano, la unidad en sí, es una pieza de barro de la forma de un gran pan, formada a mano y secada al sol. Su peso es de aproximadamente 15 kilogramos y en ella aún se notan las marcas de las huellas dactilares del hombre neolítico que la elaboro (véase figura 3). Se ha encontrado además unidades con otras formas como las cónicas en Mesopotamia y en la zona norte de Perú, con una antigüedad de 5 a 7 mil años.

Figura 3. **Unidad de mampostería de barro secada al sol (Jericó, 7350 a. C.)**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 50.

1.2.2. Sumerios

Habitantes de una vasta comarca pantanosa entre los principales cauces de los ríos Tigris y Éufrates, cuna de la civilización e ingeniería, inventores de la ciudad, la irrigación, escritura, números, rueda y el molde. Este último que consistía en un marco de madera elemental y rustico que aún se emplea en Iraq

(la Mesopotamia actual), se formaron los primeros adobes. Con este molde, se posibilitó la producción rápida de unidades y prácticamente iguales, considerándose no como un invento humano sino como una creación divina por parte de sus creadores. El adobe era y sigue siendo entonces una masa de barro mezclada con paja, a la cual se da la forma de paralelepípedo recto, colocándola a presión dentro de un molde de madera para luego dejarla secar al sol.

En un principio, las construcciones de adobe adoptaron formas tradicionales para que tiempo después pudieran adoptar nuevas, como los arcos (figura 4). Luego fue llevado al horno a principios del milenio antes de Cristo, para hacer ladrillos cerámicos, este era asentado con mortero de betún o alquitrán, al cual se le añadía arena.

Figura 4. **Arco típico desarrollado en Sumeria**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 54.

Así pues, la construcción con adobe en Babilonia, permitía bajos relieve que relataban las construcciones de las obras y los autores que al mismo

tiempo eran esmaltados, otros formaban alto relieve y coloridas (celestes y amarillo, principalmente) formas de león, toro y dragón que actuaban de guardianes y protectores (figura 5).

Figura 5. **Muro de arcilla decorativa esmaltadas y vitrificadas**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 54.

1.2.3. Egipcios y griegos

Mientras que en sumeria se utilizaba la arcilla para la elaboración de ladrillos cerámicos, en Egipto se prefería la roca traída de las montañas a lo largo del río Nilo. Entonces las calizas, areniscas, granitos, basaltos y alabastro fueron explotados de las canteras. El tamaño de las unidades era bastante grande y pesaban toneladas, también se tallaban directamente las vigas y columnas que se utilizarían, para asentarlas se usaba mortero de yeso y luego eran revestidos con enlucidos de mezcla de yeso y cal.

Figura 6. **Monolitos de alrededor de cuatro toneladas en el núcleo de las grandes pirámides en la vecindad de El Cairo**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 55.

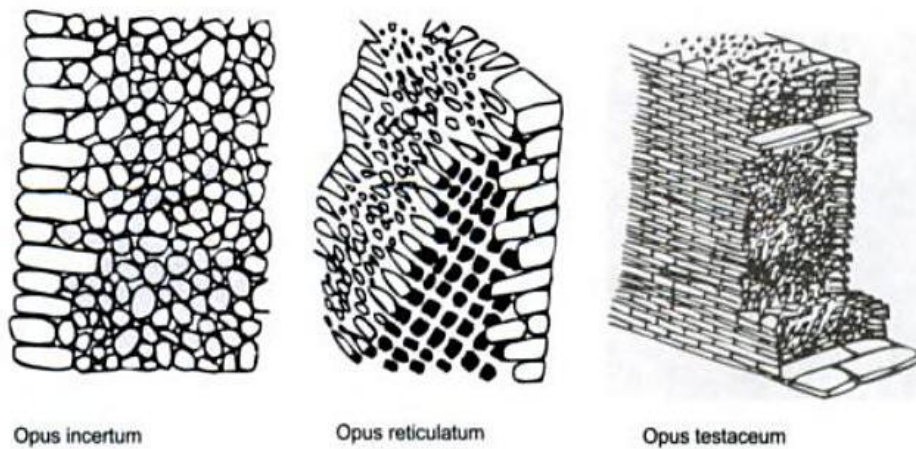
Mientras tanto en Grecia, se adoptó una arquitectura de lujo y de exteriores, ya que contaban con los mejores mármoles. Con estos revestían su mampostería de piedra caliza, asentada con mortero de cal. Tanto en Egipto y Grecia; no existía el arco, por lo tanto la piedra utilizada en las vigas exigían luces pequeñas, haciendo que las luces entre columnas fuese reducida y necesaria más cantidad de columnas.

1.2.4. Romanos

Empleaban la piedra caliza, travertino y tufa volcánica existentes de sus canteras, aunque también empleaban los materiales de las mejores canteras egipcias y griegas, al mismo tiempo que empleaban la técnica constructiva

sumeria incorporando a esta, el mortero de concreto y el concreto. La nueva técnica permitió el desarrollo de diferentes sistemas de construcción de muros, haciéndolos más económicos y fáciles de levantar.

Figura 7. **Muros romanos**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 59.

El aglomerante hidráulico se formaba mezclando 2 partes de la arena volcánica, muy fina y de color chocolate con una parte de cal. Las invenciones e innovaciones más importantes fueron:

- La construcción de cimentaciones más competentes
- Simplificar la construcción de muros
- Proveer libertad para el desarrollo del arco, la bóveda y la cúpula

- Posibilitar aberturas totales o parciales en los muros usando arcos o bóvedas

La construcción que expresa estas nuevas ideas es el Panteón, un edificio clásico de planta rectangular soportado por columnas y construido en piedra. Luego se modificó siendo entonces un edificio circular de mampostería y concreto con acabados de ladrillo en las paredes exteriores y mármoles de diversos colores en el interior que está cubierto por un gran domo.

1.2.5. Del siglo V al siglo XIX

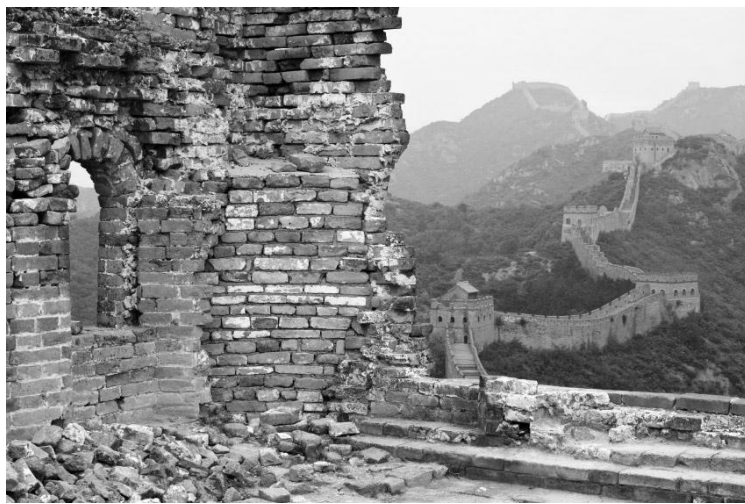
El avance de la mampostería en Europa se detiene por varios siglos, para que luego después, Smeaton, fundador de la ingeniería civil, rescatase en 1756 (trece siglos después) la necesidad de usar una mezcla de cal y puzolana para la construcción de algunas partes sumergidas del tercer faro de Eddystone, en Inglaterra.

Por otro lado, en el siglo XII los arcos sumerios y romanos son sustituidos por los arcos apuntados góticos y a la bóveda de crucería, al mismo tiempo que los gruesos muros laterales, son sustituidos por muros esbeltos con ventanas más grandes. Para ello se utiliza unidades pequeñas de arcilla o piedra asentadas con juntas gruesas de morteros elásticos de cal.

La mampostería entonces tomo una gran importancia, debido a los fuegos que constantemente destruían sus ciudades de madera. Mientras tanto en China, la mampostería se utilizaba en la gran muralla china, con una altura de 9 metros y una gran parte de sus 2 400 kilómetros de largo construida con ladrillos de arcilla y morteros de cal (véase figura 8).

Mientras tanto, los árabes empleaban la mampostería en sus mezquitas y minaretes (figura 9), desarrollando así una construcción masiva en sus espesores, delicadísima y detallada en sus cierres, que muchas veces poseía un increíble alarde geométrico.

Figura 8. **Muralla China**



Fuente: HIDALGO, Rafael. Rafaelhidalgomanrique.blogspot.com.

Con la llegada de la revolución industrial en Inglaterra, siglo XVIII, se extiende la aplicación de la mampostería de ladrillos de barro de arcilla. Entonces se llegó al perfeccionamiento de la realización de los mismos, ya que se estudiaron las materias primas, se tomó la temperatura exacta del horno y se formuló una norma para impedir el agrietamiento de los ladrillos.

Entonces la mampostería fue traída al nuevo mundo por los europeos. Por ejemplo, en Virginia; los holandeses construían con mampostería fabricada artesanalmente en Norte América por sus colonias; en Perú el ladrillo no se

fabricaba si no que se traía en los viajes de vuelta de los barcos, los mismos que trasladaban el botín de España.

Figura 9. **Minarete (siglo IX) sesenta metros de altura en la Gran Mezquita de Samarra, actualmente Irak**



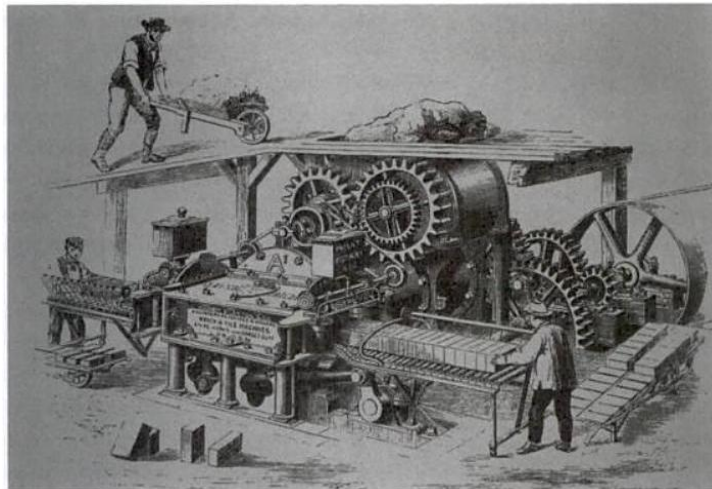
Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 63.

En resumen los avances más importantes entre los siglos XVII y XIX fueron:

- 1796: Parker patenta el cemento romano en Gran Bretaña.
- 1824: Aspdin inventa y patenta el cemento Portland en Gran Bretaña.
- 1825: Se inventa la máquina para extruir ladrillos de arcilla en Europa (figura 10).

- 1825: Se inventa el horno de producción continua en Dinamarca.
- 1850: Gibbs inventa y patenta el bloque de concreto en Gran Bretaña.
- 1866: Se inventa y patenta el ladrillo silico – calcáreo en Gran Bretaña.
- 1867: Monier plantea el concreto armado en Francia.
- 1880: Se inicia la producción del ladrillo silicio – calcáreo en Alemania.
- 1889: Cottancin patenta la mampostería reforzada en Francia.

Figura 10. **Máquina de Clayton (1863) para el proceso de extrusión**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 65.

1.2.6. **Nace la mampostería reforzada**

En 1813, Brunel, un ingeniero británico propuso la construcción de una chimenea de mampostería reforzada con barras de hierro forjado, pero fue hasta 1825, en la construcción del túnel bajo el Támesis que se aplicó por primera vez. Después Brunel y Pasley, ensayan vigas de mampostería reforzadas, cargándolas hasta la rotura para tratar de llegar a un método racional de diseño, el cual fue un fracaso. Entonces la mampostería reforzada

desapareció por 50 años, para que en 1889 Pul Cottancin, patentó un método para reforzar la mampostería y construyó edificios de esa forma en París.

Entre 1889 y 1891, se utilizaron los criterios más modernos de la ingeniería, que incluían la aplicación de fuerzas horizontales y recetas empíricas para la determinación del espesor de los muros en función de la altura, el edificio Monadnock, ahora monumento; consta de 16 pisos de altura con muros de 1,80 metros de espesor en la base, restándole así un 25 por ciento del área ocupacional.

Figura 11. **Edificio Monadnock, Chicago (construido en 1891)**



Fuente: GALLEGOS, Hector. Albañilería estructural. p. 68.

En 1920, se realizó una gran cantidad de ensayos en obras de mampostería reforzada en Bihar y Orissa (la India), investigación que se

considera como el punto de partida del desarrollo moderno de la mampostería estructural. Por su parte, en Japón se construyeron un total de 300 mil metros cuadrados de muros de mampostería reforzada.

En Estados Unidos en 1913, se llevaron a cabo investigaciones de la mampostería reforzada por medio de ensayos y evaluaciones teóricas, que permitieron observar características muy importantes de este tipo de mampostería y a su vez sentó las bases para la investigación realizada en diversos países del mundo en los últimos años.

Figura 12. **Ensayo de un muro con carga de compresión en el laboratorio del Bureau of Standards de los Estados Unidos en 1916**

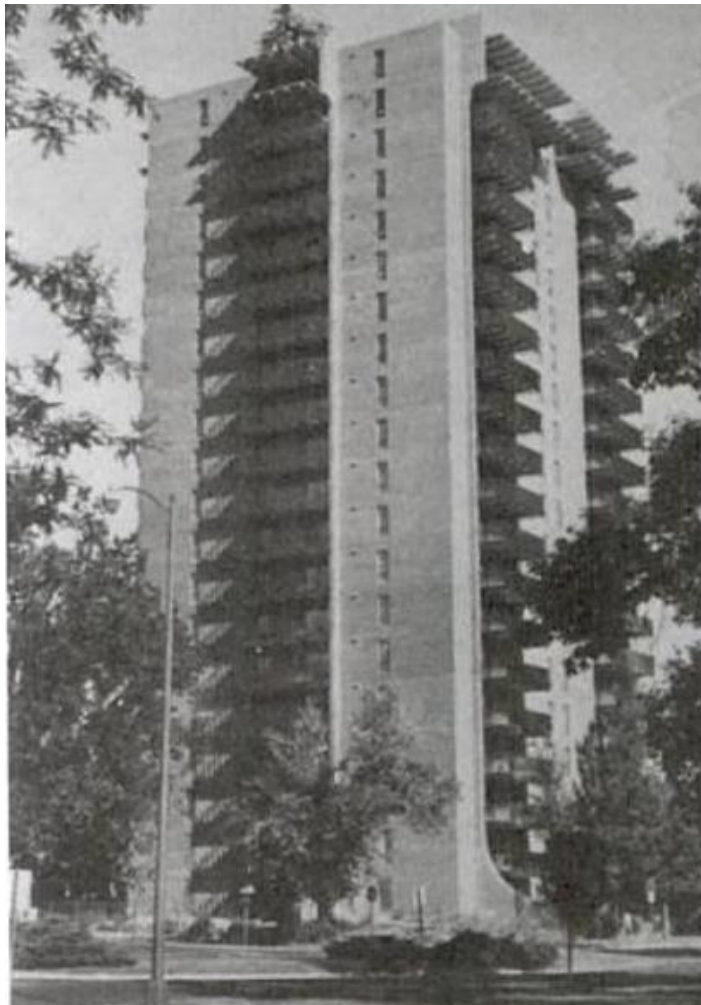


Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 67.

1.2.7. Hacia la actualidad

Con el avance de los entresijos y techos de concreto reforzado (construidos como diafragmas rígidos), se pudo reducir el espesor de los muros, debido a la distribución de fuerzas horizontales de viento y sismo en función de la rigidez de los elementos verticales.

Figura 13. **Park Lane Towers, Denver, Colorado (Estados Unidos)**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 69.

Entonces en 1954, en Zurich se completó el primer edificio de muros portantes de mampostería diseñados racionalmente. Con una altura de 20 pisos y un espesor de muros de 32 centímetros. Posteriormente en Estados Unidos se construyó el edificio de mampostería reforzada de mayor altura, el hotel Excalibur de 28 pisos y un espesor de muros de 25 centímetros en Las Vegas Nevada.

Poco después, apareció la mampostería pretensada, que se difundió en los países de Europa y Norteamérica a partir de las experiencias de Gran Bretaña, permitiendo a la mampostería llegar a obras tales como silos, muros de contención y puentes.

El programa de investigación japonés-norteamericano (*US/Japan Coordinated Research Program*) con un extenso programa de ensayos de materiales, testigos, modelos y edificios a escala natural.

El programa TCC MAR/US (*US Technical Coordinating Committee for Masonry Research*), llevado a cabo en Estados Unidos, reunió a todas las instituciones ligadas a la mampostería y centros de investigación de las principales universidades para desarrollar una normativa única aplicable al diseño y construcción de la misma en Estados Unidos, sus principales objetivos fueron:

- Desarrollar recomendaciones y criterios de diseños, basados en estados límites para edificaciones de mampostería reforzada.
- Desarrollar una base de datos experimental, consistente sobre el comportamiento de la mampostería, el sistema y sus componentes.

- Desarrollar modelos analíticos no lineales para la investigación y diseño.
- Mejorar los procedimientos constructivos para la obtención de las propiedades de la mampostería.

Fue entonces que se desarrolló las unidades apilables para mampostería reforzada con acero, colocado tanto vertical como horizontalmente. Luego se implementó en muchos países, programas de investigación para el desarrollo de reglamentos y sistemas de construcción eficientes, y la incorporación de la mampostería como un curso en los currículos universitarios.

La incorporación del análisis por medio de elementos finitos que permite modelar y analizar elementos de mampostería, con fines investigativos a costos muy por debajo de los de un laboratorio.

1.3. Tipos de mampostería

Las clasificaciones del mamposte pueden generalizarse en 2 grandes tipos; según el material y el uso que se le dé al mismo, haciéndolos fáciles de identificar.

1.3.1. Según el material

Con esta clasificación, se designa el material de origen con el que se forma el mamposte, siendo los más comunes en nuestro medio, la piedra, el ladrillo y de concreto.

1.3.1.1. De piedra

Muchas clases de piedras son apropiadas para la construcción, entre ellas se encuentran las ígneas, que tuvieron su origen en el enfriamiento del magma fluido e incandescente; las sedimentarias producidas por los depósitos que la sedimentación dejó en el fondo de los mares y cuencas de agua y las metamórficas que se formaron en parte de una manera y de otra, bajo la enorme presión de las montañas y las diferencias de calor. Entre las principales rocas usadas en este tipo de mampostería están los granitos, basaltos, lava basáltica, tobas volcánicas, areniscas, calizas, mármol.

1.3.1.2. De ladrillos

Su materia prima son los ladrillos de mampostería, denominados comúnmente como ladrillos y son a base de barro, arcilla u otro material arcilloso. Antiguamente se fabricaban a mano, pero hoy en día se les fabrica mecánicamente, dando así un ladrillo de bordes rectos y no desalineados como en la antigüedad, pero produciendo resequedad en algunas partes de los mismos.

1.3.1.3. De concreto

Mampostería elaborada a base de una mezcla de aglomerantes, áridos minerales y agua por medio de una reacción química, que debido a su fácil adaptación, que de acuerdo al tipo y composición de la mezcla, se producen diferentes tipos. Como se vierte sin grandes pérdidas, con poco empleo de mano de obra y características, razones por las cuales actualmente se utiliza ampliamente en la construcción.

1.3.2. Según su uso ingenieril

Según esta clasificación, se tienen 3 tipos, diferenciados uno del otro por el uso del acero del refuerzo en menor o mayor proporción, dándole la capacidad de soportar mayores cargas.

1.3.2.1. Mampostería simple

Es la mampostería estructural sin refuerzo, dominan los esfuerzos de compresión, los cuales deben de contrarrestar los esfuerzos de tensión producidos por las fuerzas horizontales. Las unidades apiladas y unidas por mortero (formando juntas, tanto horizontales como verticales), da la apariencia de que el material final es un compuesto laminado, que al ser llenado de *grout* (concreto líquido) modifica el grado de anisotropía del material final.

1.3.2.2. Mampostería reforzada

Es la mampostería que integra el comportamiento del acero y las unidades de forma que funcionen como un todo integrado monolíticamente, para que esto se realice, es indispensable que la adherencia de la armadura y los empalmes y anclajes de esta, posibiliten el desarrollo total de la resistencia de la armadura. La armadura utilizada puede ser vertical y horizontal, usando como componente de integración el *grout* (concreto líquido) o el mortero, motivo por el cual los diámetros de las barras de acero son reducidos, los anclajes y empalmes entre 50 y 100 veces el diámetro, y que los ganchos sean estándar de 90 grados verticales o 180 grados horizontales.

En este tipo de mampostería, la resistencia a tensión se confía exclusivamente al acero, mientras que las unidades, mortero y *grout* proveen la resistencia a compresión del sistema y recubren la armadura.

1.3.2.3. Mampostería confinada

Es la mampostería en la que se enmarca las unidades de mampostería unidas, que generalmente están llenas, con elementos de concreto armado que actúan como su confinamiento. Este tipo de mampostería, es la más utilizada en las construcciones. Entre sus características más importantes, están que los bordes de la parte ocupada por las unidades de mampostería queden endentados, que las partes que ocupen las unidades de mampostería estén enmarcadas en todo su perímetro, que las partes ocupadas por la mampostería, tengan una forma cercana a la cuadrada y que las unidades de mampostería no sea propensa a fallas frágiles en compresión (razón por lo cual algunas veces se coloca una cuantía nominal de armadura horizontal en las hiladas de mampostería, con el propósito de diseminar el agrietamiento, evitando así la formación de una única grieta diagonal).

En este tipo de mampostería, la armadura que resiste la flexión (armadura vertical) se concentra en puntos determinados (extremos) en lugar de estar difundidas a lo largo del muro, además esta misma armadura puede utilizarse para resistir compresión, lo que demandará la utilización de estribos y el cortante, es resistido por medio de un mecanismo de corte-fricción por los elementos de armaduras verticales y horizontales. La acción de las armaduras de confinamiento, es la de proveer estabilidad y resistencia para las cargas perpendiculares al plano, actuando entonces como un arriostramiento.

1.4. Breve resumen de cada norma a utilizar

Existen varias normativas respecto al mamposte, haciendo que sea de vital importancia el conocimiento e interpretación de las mismas, razón por la cual se presenta un breve resumen de cada una de ellas. Asimismo se presentan las Normas AGIES que no son en sí una norma pero que representan una guía y consideraciones que debe tomarse en cuenta para Guatemala.

1.4.1. Norma AGIES NSE 7.4 mampostería reforzada (NR9:2000)

Los materiales con que se conforman los muros de mampostería y sus propiedades, se especifican en el capítulo 2 de esta norma, por lo cual solo se hará mención a esta por ser de interés para el estudio realizado.

En cuanto a las unidades indica que:

- Ladrillos de barro cocido: deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 41 022, en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia. Su clasificación según la relación entre el área neta y el área gruesa, es en ladrillo macizo o tayuyo (igual o mayor a 0,75) y ladrillo perforado o tubular (menor que 0,75)
- Bloques de concreto: deberá cumplir con la Norma COGUANOR NGO 41 054, en lo referente a calidad, dimensiones, absorción y clasificación por resistencia.

Para determinar la resistencia a la compresión f'_m , de la mampostería, se realizarán pilas de ensayo que se conformaron por lo menos de 2 unidades colocadas una sobre la otra, con una altura mínima de 300 milímetros, con una relación alto/espesor entre 1,33 a 5,0 con una longitud de una unidad o parte de la misma, pero no menor a 100 milímetros. Los resultados de esta prueba, deberán multiplicarse por el factor de corrección alto/espesor y el tipo de material utilizado, para lo cual se presentan las tablas I y II.

Tabla I. **Factores de corrección para muestras de ladrillo de barro cocido**

h/t	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Factor de corrección	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97	1,00

Fuente: AGIES NSE 7.4.

Tabla II. **Factores de corrección para muestras de bloques de concreto**

h/t	1,33	2,00	3,00	4,00	5,00
Factor de corrección	0,75	1,00	1,07	1,15	1,22

Fuente: AGIES NSE 7.4.

El módulo de elasticidad E_m , se podrá estimar como función de su resistencia a compresión f'_m de acuerdo con:

$$E_m = 750f'_m \rightarrow \text{para concreto}$$

$$E_m = 600f'_m \rightarrow \text{para concreto}$$

El módulo de cortante E_v se podrá estimar como función de su resistencia a compresión E_m de acuerdo con:

$$E_v = 0,4E_m$$

Los morteros utilizados en mampostería deben ser una mezcla plástica de materiales cementantes y arena bien graduada, que servirá para unir las unidades. El tamaño nominal máximo de las partículas en la mezcla, será de 2,5 milímetros. Se deberá clasificar según su resistencia a la compresión, para lo cual se presenta la tabla III.

Tabla III. **Resistencia a compresión del mortero**

Tipo de mortero	Proporciones volumétricas			Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
	Cemento	Cal	Arena	
I	1,00	-	no menos de 2,25 y	175,00
II	1,00	de 0,25 a 0,50	no más de 3 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal usados	125,00
III	1,00	de 0,50 a 1,25		50,00

Fuente: AGIES NSE 7.4.

El *grout* es una mezcla de cemento, arena, grava fina y la cantidad de agua necesaria para proporcionar una consistencia fluida. Será fino si tiene una relación en volumen de 1 parte de cemento y de 2,5 a 3 partes de arena. Será grueso cuando tenga una proporción en volumen de 1 parte de cemento, 2,25 a 3 partes de arena y de 1 a 2 partes de grava fina, ambos con una cantidad de agua que garantice un revenimiento de 200 a 250 milímetros. Su módulo de elasticidad se podrá estimar como una función de su resistencia a compresión f_g de la siguiente manera:

$$E_g = 15\,100 \sqrt{f_g}$$

En cuanto al acero de refuerzo que se emplee en refuerzo vertical (mochetas), soleras o pines, deberán cumplir con la Norma ASTM A703 o ASTM A615 o su equivalente COGUANOR NGO 36 011.

1.4.2. Norma COGUANOR NGO 41 054

Tiene como fin establecer los requisitos que deben cumplir los bloques huecos de concreto para muros o tabiques que estén destinados o no a soportar carga. Los bloques deben ser clasificados de acuerdo a las siguientes denominaciones:

- Clasificación en tipos, según la masa del hormigón del bloque:
 - Tipo pesado: son los bloques que poseen una masa mínima de $2\,000\text{ kg/m}^3$ (125 lb/pie^3).
 - Tipo medio: son los bloques que poseen una masa igual o mayor de $1\,680\text{ kg/m}^3$ (105 lb/pie^3) pero menor de $2\,000\text{ kg/m}^3$.

- Tipo liviano: son los bloques que poseen una masa menor de $1\,680\text{ kg/m}^3$ (105 lb/pe^3).
- Clasificación en clases, según la capacidad de los bloques de soportar carga:
 - Clase A: bloques huecos para soportar carga.
 - Clase B: bloques huecos para no soportar carga.
- Clasificación en grados, según la aptitud de los bloques para el empleo:
 - Grado 1: bloques huecos destinados para usos generales, tanto sobre como debajo del nivel del suelo que pudiesen o no estar expuestos a la humedad.
 - Grado 2: bloques huecos con usos limitados, sobre el nivel del suelo que no estén expuestos a la humedad o que estén revestidas de una cubierta protectora.

La resistencia mínima a la compresión de los bloques, se indican en la tabla IV, estos datos son calculados en base al área bruta, para expresarlos en base al área neta, se deben multiplicar por un factor de corrección que será el área bruta sobre el área neta del bloque.

Tabla IV. **Resistencia mínima a la compresión para cualquiera de los tres tipos de bloques huecos de concreto**

Clase y grado de los bloques	Resistencia mínima a la compresión, calculada sobre la superficie bruta del bloque			
	Promedio de 5 bloques		De un solo bloque	
	MPa	psi	MPa	psi
<u>Clase A. Para soportar carga</u>				
• <u>Gado 1.</u> Para usos generales	6,90	1 000	5,50	800
• <u>Grado 2.</u> Para usos limitados	4,80	700	4,10	600
<u>Clase B. Para no soportar cargas</u>				
• <u>Grado 2.</u> Para usos limitados	2,50	360	2,10	300

Fuente: COGUANOR. Norma 41 054.

La máxima absorción en 24 horas para los bloques de concreto, se presenta en la tabla V:

Tabla V. **Máxima absorción de agua para bloques huecos de concreto de la clase A**

Grado	Máxima absorción de agua, en kilogramos de agua absorbida hasta saturación, por cada metro cubico de bloque de concreto eco, promedio de 5 bloques			
	Bloques tipo liviano		Bloques de tipo medio, menor de 2000 kg/m ³ hasta 1680 kg/m ³	Bloques de tipo pesado, de 2000 kg/m ³ o mas
	menos de 1 360 kg/m ³	menos de 1 680 kg/m ³		
Grado 1, para usos generales	-	288	240	280
Grado 2, para usos limitados	320	-	-	-

Fuente: COGUANOR. Norma 41 054.

En cuanto a las medidas principales de los bloques, se presenta la tabla VI, que contiene tanto las medidas nominales como las medidas reales de los mismos:

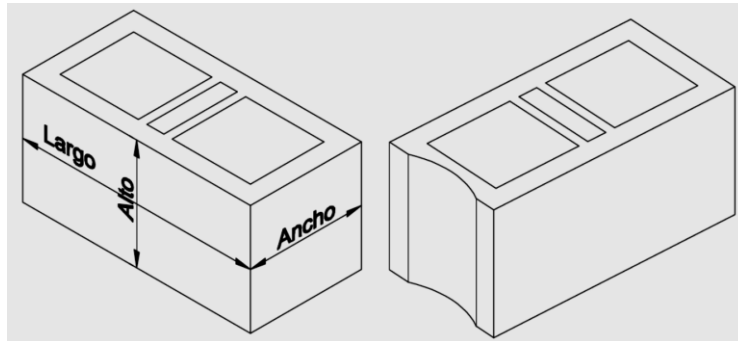
Tabla VI. **Medidas principales normales de los bloques huecos de concreto**

Uso	Medidas principales nominales o modulares, en centímetros			Medidas principales reales, en centímetros		
	ancho	alto	largo	ancho	alto	largo
Bloque de pared o muro	20	20	40	19	19	39
	15	20	40	14	19	39
Medio bloque de pared o muro	20	20	20	19	19	19
	15	20	20	14	19	19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: COGUANOR. Norma 41 054.

Para mayor comprensión de las dimensiones, se presenta la figura 14, en la que se identifican cada una de las medidas:

Figura 14. **Medidas principales de los bloques huecos de concreto**



Fuente: COGUANOR. Norma 41 054.

Los espesores de pared se presentan en la tabla VII:

Tabla VII. **Espesores mínimos de las paredes frontales y de los tabiques de los bloques**

Ancho real del bloque, en mm		Espesor mínimo de las paredes frontales, promedio de 5 bloques, en mm	Espesor mínimo de los tabiques, promedio de 5 bloques, en mm	Espesor mínimo equivalente de tabique, en mm/m lineal
de 76 a	102	19	19	135
	152	25	25	188
	203	32	25	188
	254	35	29	208
		32		
	305	38	29	208
		32		

Fuente: COGUANOR. Norma 41 054.

La variación de las medidas, se permite en un máximo de 3 milímetros adicionales con las medidas reales especificadas.

1.4.3. Ensayo a compresión

La norma utilizada para el ensayo a compresión en prismas de mampostería, es la ASTM C 1314 – 03: Método Estándar de Ensayo a Esfuerzo de Compresión de Prismas de Mampostería.

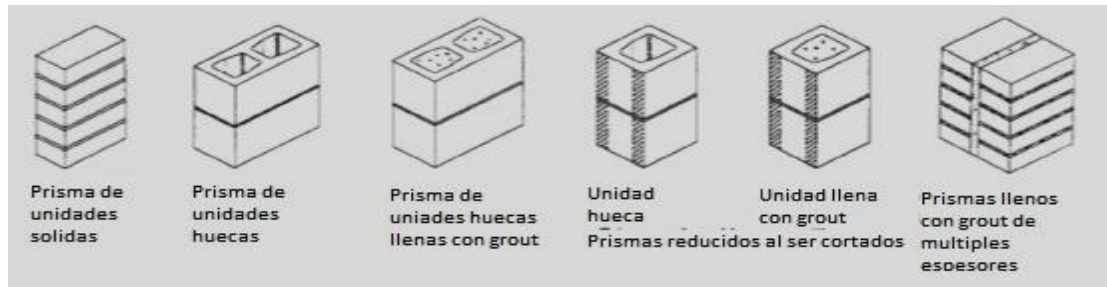
Los alcances de la norma son:

- Este método de ensayo cubre los procedimientos para la construcción, ensayo, y cálculos para la determinación del esfuerzo a compresión de prismas de mampostería, f_{mb} , usados de conformidad para la determinación del esfuerzo a compresión de la mampostería, f'_m . Cuando este método de ensayo es usado para propósitos de investigación, la construcción y procedimientos de ensayo servirán como una pauta y proveer parámetros de control.
- Los valores dados en unidades de pulgadas – libras, deberán ser tomados como patrón. Los valores dados en paréntesis son para información únicamente.
- Esta norma no pretende dar todo lo concerniente a seguridad, si cualquier asociación pretende usarla. Es la responsabilidad del usuario de esta norma, establecer apropiadamente las prácticas de los programas de seguridad e higiene y determinar la aplicación de las regulaciones de las limitaciones antes de su uso.

En cuanto a la construcción de los prismas, indica lo siguiente:

- La construcción de prismas de unidades, debe ser representativa de las mismas utilizadas en la construcción. Si las unidades tienen costillas que proyectan $\frac{1}{2}$ pulgada (12,5 milímetros) o más desde la superficie de la unidad, estas costillas se deben cortar al nivel con la superficie de la unidad en la base de la costilla.
- Construir un grupo de prismas para cada combinación de materiales y cada edad de ensayo con la que el esfuerzo de compresión de la mampostería será determinado.
- Construir cada prisma en un espacio abierto, se debe proveer un saco que contenga la humedad lo suficientemente grande para encerrar y sellar completamente el prisma. Construir el prisma en una superficie nivelada y en un lugar donde permanecerán sin ningún percance hasta su transporte para el ensayo.
- Construir los prismas como se muestra en la figura 15 con unidades, estableciendo una unidad en su posición más larga. Orientar las unidades del prisma como en la construcción correspondiente a ensayar. Al momento de la construcción del prisma, la superficie de la unidad debe estar libre de humedad. Donde la construcción correspondiente es de varios anchos de mampostería que tienen composición de diferentes anchos de unidades o mortero, se debe construir prismas representativos para cada diferente ancho y ensayarlos separadamente.

Figura 15. **Construcción de prismas de mampostería**



Fuente: ASTM. Norma C 1314-03.

- La construcción de prismas de tamaño original o de longitud reducida de unidades. Cualquier requerimiento de corte de unidades, deberá de hacerse en las unidades antes de la construcción del prisma. Los contenidos de humedad de las unidades usadas para la construcción de prismas, deberá ser representativo de esas utilizadas en la construcción. Los prismas compuestos de unidades que contengan unidades macizas, deberá tener al menos una unidad completa con una unidad de ancho completo e intercalarse en toda la membrana en cualquier final. Los prismas compuestos de unidades huecas deberán tener una sección transversal lo más simétrica posible. La mínima longitud del prisma deberá ser 4 pulgadas (100 milímetros).
- La construcción de prismas de mampostería con las caras llenas de mortero (mortero en todas las membranas y caras del cascaron de la unidades huecas), deberán usar mortero que sea representativo al usado en la construcción correspondiente. Use el mortero de junta lo más delgado posible y como un método de posicionamiento y alineación de las unidades, que son representativos a esa construcción. Use juntas de mortero que tengan un corte al ras. Para prismas que serán llenados por

grout, quite las aletas que sobresalen entre los espacios de vaciado del *grout*.

- Construya el prisma de al menos 2 unidades de alto con una relación alto – espesor, h_p/t_p , entre 1,3 y 5,0.
- Inmediatamente después de la construcción del prisma, selle el saco que contiene la humedad alrededor del prisma.
- Prismas llenos de *grout*
 - Cuando la construcción corresponda a una sólidamente llenada de *grout*, se deberá llenar el prisma en no menos de 24 y no más de 48 horas. Se usará el *grout* correspondiente al tipo de construcción. Antes de colocar el *grout*, se deberá remover el mortero derramado en el lugar de colocación del *grout*.
 - Cuando la construcción sea parcialmente llena de *grout*, construya 2 juegos de prismas; uno lleno como se describió anteriormente y otro sin llenar.
 - Donde se encuentren unidades abiertas y cerradas en un prisma que contenga *grout* entre tabiques similares, deben ser llenadas utilizando unidades de mampostería para delimitar el *grout* durante la colocación. Se debe proveer una forma de prevenir el desplazamiento durante el echado del *grout*.

- Inmediatamente después de llenar los prismas, cubra con el saco que contiene la humedad alrededor de los prismas.
- No mueva los prismas durante las primeras 48 horas después de la construcción y llenado.
- Tome la indicación de la máxima y mínima temperatura de los prismas durante las primeras 48 horas.

El curado de los prismas debe hacerse que los prismas se mantengan con una temperatura entre $75 \pm 15^{\circ}\text{F}$ ($24 \pm 8^{\circ}\text{C}$).

La preparación previa a ensayarse, es que se debe tomar la medida de la longitud y el espesor en los extremos de las caras inferiores y superiores del prisma y la altura en la parte central del mismo. La medida a utilizar, será el promedio de las mediciones hechas previamente

En cuanto a los procedimientos, indica que:

- Aparatos de ensayo: la máquina de ensayo debe tener una precisión de más o menos 1,0 por ciento sobre el rango de carga anticipada. No es necesaria la utilización de una platina adicional, si la platina de la máquina cubre todo el prisma.
 - Cuando la platina superior o inferior de la máquina no cubra todo el prisma, se utilizará una única platina con un espesor igual de al menos la distancia del borde de la platina de la máquina a la esquina del prisma, sin ser menor a $\frac{1}{4}$ de pulgada.

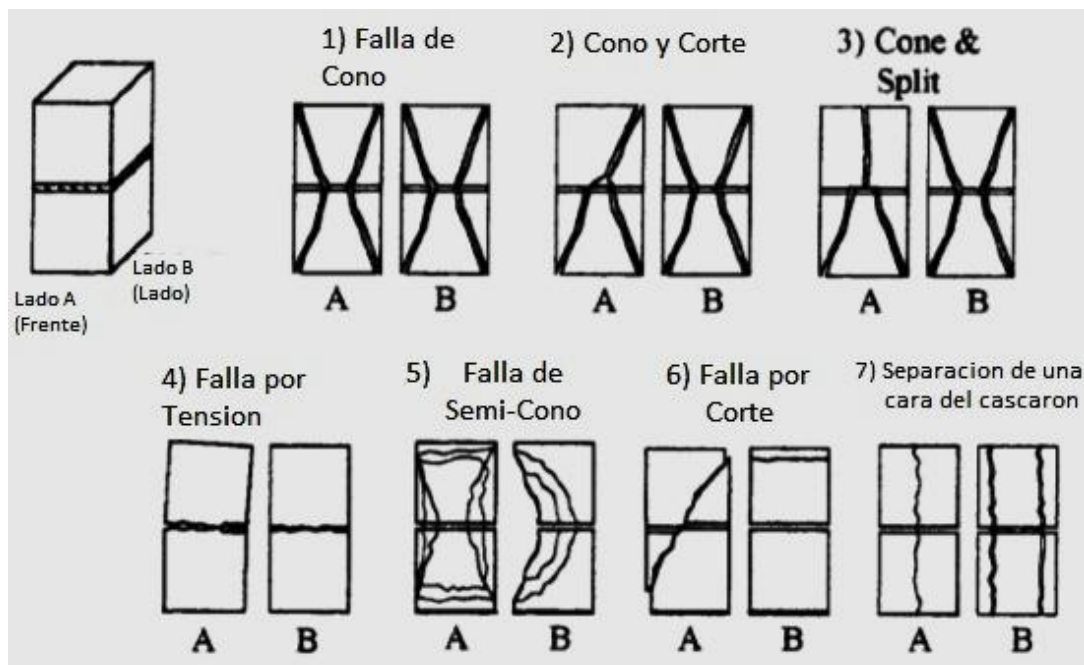
- La dureza de la platina de contacto deberá ser no menor que HRC 60 (BHN 620).
- Colocación del prisma en la máquina de ensayo: limpie las caras de las platinas y el prisma. Coloque el prisma en la platina inferior, alinee ambos centroides, el del prisma y el de la máquina.
- Cargando: aplique la carga al prisma hasta la mitad de la carga máxima esperada en cualquier ritmo. Aplique la carga restante en un ritmo uniforme en no menos de 1 y no más de 2 minutos. Si la falla no se alcanza a identificar cuando la máxima carga es alcanzada, continúe cargando hasta que la falla se pueda identificar correctamente.
- Observaciones: describa el modo de falla, escrito, ilustrado o ambos; demostrándolo por medio de bosquejos o fotografías. Use la figura 16 para identificar el modo de falla.

En cuanto a los cálculos, indica que:

- Calcule los resultados del ensayo como sigue
 - Área neta de la sección transversal: tome el área neta de la sección transversal de los prismas vacíos, como el área neta de la sección transversal del área de las unidades de mampostería. Para los prismas llenos de *grout* determínela como la multiplicación de la longitud y el espesor del prisma.

- Considere las unidades de mampostería de ladrillo, donde el área neta de la sección transversal, es al menos de 75 por ciento del área transversal de la sección como 100 por ciento sólida.

Figura 16. **Bosquejos del modo de falla de los prismas**



Fuente: ASTM. Norma C 1314-03.

- Esfuerzo del prisma de mampostería: calcule cada esfuerzo de los prismas de mampostería, dividiendo la carga máxima de compresión de cada prisma entre el área neta de la sección transversal del mismo y expresando el resultado lo más cercano a 10 libras por pulgada cuadrada (69 kilo Pascales).
- Cuando, juegos de prismas llenos y vacíos sean ensayados, calcule el esfuerzo de cada uno separadamente.

- Cuando un juego de prismas es ensayado para cada ancho de un muro de varios anchos, calcule el esfuerzo para cada ancho.
- Esfuerzo de compresión de la mampostería:
 - Calcule la relación h_p/t_p de cada prisma, usando la altura y la menor dimensión lateral de ese prisma. Determine el factor de corrección de la tabla VIII. Si la relación alto-espesor cae en medio de los valores tabulados en la tabla, determine el correspondiente factor de corrección por medio de interpolación lineal entre los valores tabulados.

Tabla VIII. **Factores de corrección para prismas de compresión de mampostería**

h_p/t_p	1,3	1,5	2	2,5	3,0	4,0	5,0
Factor de corrección	0,75	0,86	1,0	1,04	1,07	1,15	1,22

h_p/t_p - Relación entre la altura y la dimensión lateral más pequeña del prisma

Fuente: ASTM. Norma C 1314-03.

- Multiplique el esfuerzo del prisma de mampostería por el factor de corrección para cada prisma.
- Calcule el esfuerzo de compresión de la mampostería, f_{mt} , para cada juego de prismas promediando los valores obtenidos.

En cuanto a los cálculos, indica que:

- Reporte la siguiente información
 - Nombre del laboratorio en donde se ensayó.
 - Designación y descripción de cada prisma ensayado, incluyendo espesor, altura, longitud, relación alto-espesor, tipo de mortero, *grout* unidades de mampostería usados en la construcción.
 - La máxima y mínima temperatura experimentada por los prismas durante las primeras 48 horas después de su construcción y llenado.
 - Edad de los prismas al tiempo de ensayo.
 - Máxima carga de compresión soportada por cada prisma en libras fuerza o Newton.
 - Área neta de la sección transversal para cada prisma en pulgadas cuadradas o milímetros cuadrados, y el método para calcularla.
 - Observaciones del ensayo para cada prisma.
 - Modo de falla.
 - Diámetro de la máquina de ensayo e información de las platinas adicionales de ensayo si se presentará el caso.

- Esfuerzo de compresión de cada prisma, calculado al más cercano 10 libra por pulgada cuadrada o 69 kilo Pascales.
- Esfuerzo de compresión de la mampostería, f_{mt} , para cada juego de prismas, calculado al más cercano 10 libras sobre pulgadas cuadradas o 69 kilo Pascales.

1.4.4. Ensayo a corte

La norma utilizada para el ensayo a corte en prismas de mampostería, es la ASTM E 519-02: Método Estándar para el Ensayo a Tensión Diagonal (Corte) Mampostería.

Los alcances de la norma son:

- El método de ensayo cubre la determinación de la tensión diagonal o fuerza cortante en prismas de 1,2 por 1,2 metros (4 por 4 pies) a compresión a lo largo de una de las diagonales, causando una falla de tensión diagonal. Aún así, un prisma más pequeño puede utilizarse si los equipos y aparatos no permiten el acomodo de un prisma de las dimensiones antes mencionadas.
- El anexo A1 de la norma, proporciona los requerimientos para la determinación de la fuerza de tensión diagonal en la mampostería bajo la combinación de la tensión diagonal y la carga compresiva.
- Los valores dados en las unidades del Sistema Internacional (SI) deben ser consideradas como norma. Los valores dados en paréntesis son proporcionados solamente como información.

En cuanto a los instrumentos o aparatos de medición a utilizar, indica lo siguiente:

- Máquina de prueba: debe tener suficiente capacidad de carga a compresión y proveer un ritmo de carga como se describe más adelante. Debe ser capaz de aplicar la carga continuamente, a un ritmo intermitente y sin choques.
- Zapatos de carga: 2 zapatos de carga deben ser usado para aplicar la carga de la máquina al prisma. La longitud del cojinete del zapato, debe de ser de 152 milímetros (6 pulgadas).

El prisma debe de tener o realizarse bajo las condicionantes siguientes:

- Tamaño: el tamaño nominal de cada prisma debe de ser de 1,2 por 1,2 metros (4 por 4 pies), para el espesor de pared del tipo de muro a ser probado. La dimensión de 1,2 metros, debe ser con 6 mm ($\frac{1}{4}$ pulgada) de separación uno del otro.
- Número de prismas: la prueba debe realizarse con al menos 3 prismas contruidos con el mismo tamaño y tipo de unidades de mampostería, mortero y mano de obra.
- Curado: después de su construcción, los prismas no deben ser movidos por lo menos 7 días. Estos pueden ser guardados en el laboratorio por no menos que 28 días. El laboratorio debe mantenerse en una temperatura que oscile entre 24 ± 8 grados Celsius (75 ± 15 grados Fahrenheit) con humedades entre 25 y 75 por ciento y debe estar libre de corrientes de aire.

- Mortero: 3 cubos para ensayo a compresión de 50 milímetros (2 pulgadas), deben realizarse por cada bachada de mortero usado en la construcción de los prismas con los que están asociados. Estos ensayos deben estar de acuerdo con la Norma ASTM C 109 y ser ensayados el mismo día que el prisma.
- Unidades de mampostería: las unidades de mampostería deberán ser muestreadas y ensayadas de acuerdo con la Norma ASTM C 67 o ASTM C 140, si son de ladrillo o de concreto respectivamente.
- *Grout*: deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo a la Norma ASTM C 1019.

En cuanto a los procedimientos, indica que:

- Colocación de los aparatos de carga: la posición de los zapatos de carga, tanto arriba como abajo, deberá estar centrado con la superficie de carga superior e inferior de la máquina de prueba.
- Colocación del prisma: colocar el prisma en una posición centrada y plomeada en una cama de material de yeso nivelador colocado en los zapatos de carga inferior. Cuando sea necesario, llenar los espacios entre el prisma y el lado de confinamiento de los platos con el material nivelador también.
- Instrumentación: cuando se requiera, medir la diagonal vertical y la longitud de la diagonal horizontal, bajo carga se puede realizar en alguno de los siguientes métodos:

- Por compresómetros y extensómetros: utilizando cualquier dial micrómetro o transductores de desplazamiento lineal. Tomando las longitudes de las diagonales.
- Por 150 milímetros (6 pulgadas) medidores unidos de resistencia eléctrica: medidores montados sobre las 2 diagonales tan cerca de sus intersecciones como sea posible.
- Aplicación de la carga
 - Para prismas sin instrumentación: aplicar la carga constantemente hasta la falla. Llegar hasta la mitad de la carga máxima esperada, que puede aplicarse en cualquier ritmo, después ajustar los controles de la máquina de prueba para que el resto de la carga sea aplicada a un ritmo de carga uniforme hasta alcanzar la máxima carga en no menos de 1 y no más de 2 minutos.
 - Para prismas con instrumentación: para medir la deformación y el esfuerzo, aplicar la carga en considerables incrementos a un ritmo de carga comparable al anterior. Escoger el incremento que permita obtener por lo menos 10 medidas de deformación o esfuerzo para la obtención de una curva esfuerzo – deformación definitiva. La cual debe obtenerse hasta la última carga posible antes de la falla.

Los cálculos a realizar, son los siguientes:

- Esfuerzo de corte: calcular el esfuerzo de corte para los prismas en base al área neta, deben calcularse de la siguiente manera

$$S_s = \frac{0,707P}{A_n}$$

Donde:

- S_s = esfuerzo de corte en área neta, Mega Pascales (libras por pulgada cuadrada).
 P = carga aplicada, Newton (libras)
 A_n = área neta del prisma, milímetros cuadrados (pulgadas cuadradas), calculada de la siguiente manera:

$$A_n = \left(\frac{W + h}{2}\right)tn$$

Donde:

- W = ancho del prisma, milímetros (pulgadas)
 h = altura del prisma, milímetros (pulgadas)
 t = espesor total del prisma, milímetros (pulgadas)
 n = porcentaje del área gruesa de la unidad que es sólida, expresado como decimal

- Tensión de corte: cuando sea requerida, calcularla de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\Delta V + \Delta H}{g}$$

Donde:

γ	=	esfuerzo de tensión, o milímetro por milímetro (pulgada por pulgada)
ΔV	=	vertical acortamiento, milímetros (pulgadas)
ΔH	=	extensión horizontal, milímetros (pulgadas)
g	=	longitud de referencia Vertical, milímetros (pulgadas)

- Módulo de rigidez: calcular el módulo de rigidez (módulo de elasticidad en corte), como sigue:

$$G = \frac{S_s}{\gamma}$$

Donde:

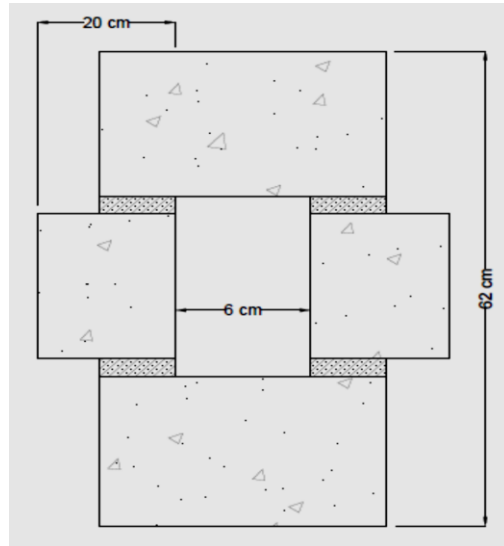
G	=	módulo de rigidez, MPa (psi)
-----	---	------------------------------

1.4.5. Ensayo a adherencia y fricción

Las normas utilizadas para el ensayo a adherencia en prismas de mampostería, son la ASTM C 952-02: Esfuerzo de Adherencia del Mortero para Unidades de Mampostería, la ASTM C 1072-02: Método de Ensayo para Medir el esfuerzo de Adherencia en Mampostería a Flexión y la ASTM C 1357: Métodos de Ensayo para la Evaluación del Esfuerzo de Adherencia en Mampostería.

Los prismas consisten en una unidad entera, en la que se colocan 2 mitades separadas de por lo menos 6 centímetros en la parte central (espacio que se deja para permitir el corrimiento de las mitades) y encima de estas, otra unidad entera; como se muestra en la figura 17.

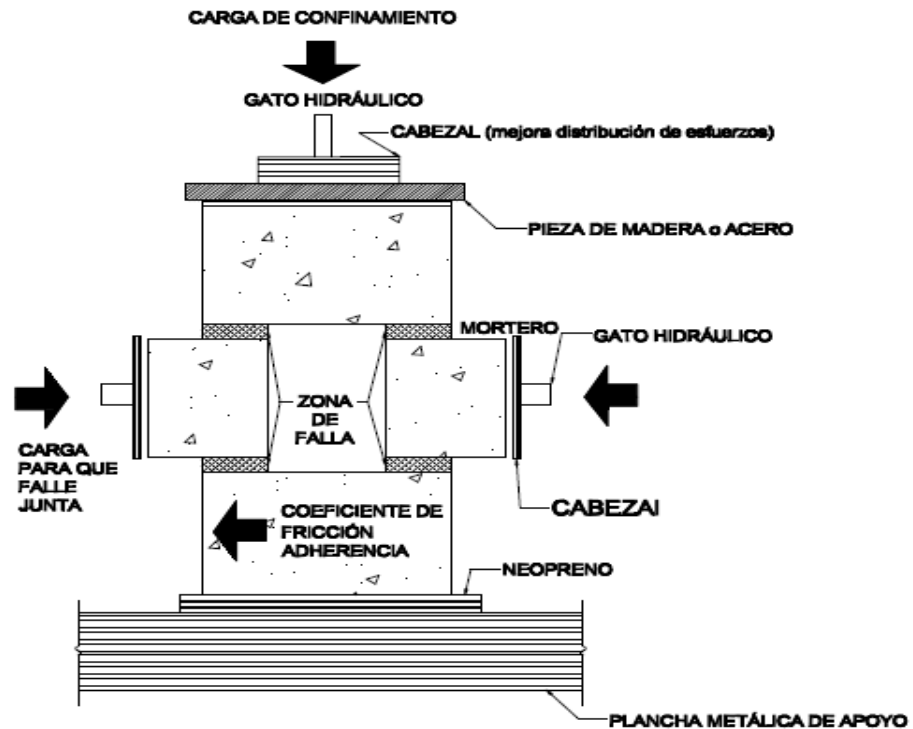
Figura 17. **Prisma del ensayo a adherencia y fricción**



Fuente: FRANCO, Mario. Determinación de la correlación de resistencia entre muros a escala natural y prismas de mampostería a esfuerzos de corte y compresión. p. 45.

Se coloca el prisma dentro de un marco que permita una adecuada aplicación de cargas laterales y de confinamiento; como se muestra en la figura 18. Entonces se le aplica cargas laterales hasta obtener la falla por adherencia. La aplicación de carga de confinamiento P_{conf} , se aumenta a partir de la obtención de la falla por adherencia, luego se repite el proceso hasta que se pierda la capacidad de confinamiento (colapso). Los prismas se ensayan en las edades de conveniencia o interés del sistema.

Figura 18. Esquema de aplicación de carga del ensayo de adherencia y fricción



Fuente: FRANCO, Mario. Determinación de la correlación de resistencia entre muros a escala natural y prismas de mampostería a esfuerzos de corte y compresión. p. 46.

En cuanto a los cálculos, es necesario saber el máximo esfuerzo de adherencia, calculándolo de la siguiente forma:

$$\sigma_{Adh} = \frac{A}{B}$$

Donde:

A = carga total aplicada, Newton (libras)
B = área de contacto, milímetros cuadrados
(pulgadas cuadradas)

El prisma para el ensayo de adherencia y fricción, no se presenta como tal en las normas anteriores, sin embargo los principios del esfuerzo de adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería y su aplicabilidad, se mantienen en el mismo, por lo que el ensayo es representativo de los parámetros deseados, además permite un estudio en un sistema parecido al que se presenta en la realidad.

2. PRISMAS DE MAMPOSTERÍA Y SUS COMPONENTES

2.1. Componentes

Para la realización de un prisma o muro de mampostería, son necesario distintos componentes, el mamposte que ocupa la mayor parte del elemento finalizado; el mortero que une los anteriores para volverlo un elemento y el *grout* que sirve para llenar los vacíos de los mampostes.

2.1.1. Unidades

Las unidades de mampostería son el componente básico de la construcción de mampostería. Se elabora de materiales como arcilla, concreto y mezcla de sílice y cal. Se forman mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación o extrusión. Se producen en condiciones que van de sofisticadas fábricas, bajo estricto control de calidad, hasta precarios campos (muchas veces provisionales), al pie de las obras mediante procedimientos rudimentarios y sin ningún control.

2.1.1.1. Tipos de unidades de mampostería

Las unidades de mampostería se denominan ladrillos o bloques. Los ladrillos se caracterizan por tener dimensiones y pesos que los hacen manejables con una sola persona en el proceso constructivo. El ladrillo tradicional es una pieza pequeña que usualmente no tiene un ancho mayor de 10 a 12 centímetros y cuyo peso no excede a los 4 kilos. Actualmente gracias a

la evolución de las industrias fabricantes, las unidades son de mayor tamaño y pesos elevados que no permiten la manipulación con una sola persona.

2.1.1.1.1. Características de las unidades de mampostería

Las características son una serie de aspectos o variables que configuran el estado e identidad de un mamposte en particular.

- Tipología: la tipología de las unidades de mampostería, no tiene nada que ver con el tamaño de las unidades, ni con la materia prima con la que se elaboran, por tanto basándose en el área neta, como la medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento y a las características de los agujeros.
 - Unidades sólidas o macizas: en estas unidades, los porcentajes de agujeros no deben ser mayores del 30 por ciento del área de la sección bruta, por lo que las unidades sólidas no son solo aquellas que no presentan agujeros, sino también las que los tienen hasta el límite mencionado.
 - Unidades con vacíos: en este tipo de unidades, los agujeros representan del 30 al 50 por ciento del área bruta, cuando se hace el llenado se puede considerar a la unidad como sólida. Este tipo de unidad puede dividirse en perforadas o tubulares.
 - Unidades perforadas: las unidades perforadas también presentan más del 30 por ciento de área bruta ocupada por los agujeros, se diferencian de las huecas debido a que sus

agujeros son de tamaño reducido (menores a 4 x 5 centímetros) y que no pueden ser llenados por concreto líquido.

- Unidades tubulares: los agujeros presentes en este tipo de unidades, son paralelos a la cara de asiento. Sus propiedades y características resistentes se determinan y consideran como si la unidad fuera sólida.
- Formado: el formado de las unidades de mampostería, se realiza mediante el moldeo, acompañado y asistido por algún método de compactación compatible con cada material, adicionándosele a la arcilla la extrusión. La tabla IX muestra los métodos de formado para diferentes tipos de materias primas. Los métodos de moldeo y compactación pueden ir desde el llenado manual del molde sin presión o una pequeña aplicada de forma manual, mecánica o hidráulica.

Tabla IX. **Aplicabilidad de los métodos de formado**

	Corte	Moldeo				Extrusión
		Sin presión	Con presión	Vibración	Vibro-compresión	
Arcilla		●	●			●
Concreto		●		●	●	
Sílice-cal						
Piedra	●		●			
suelo-cemento		●	●			

Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 88.

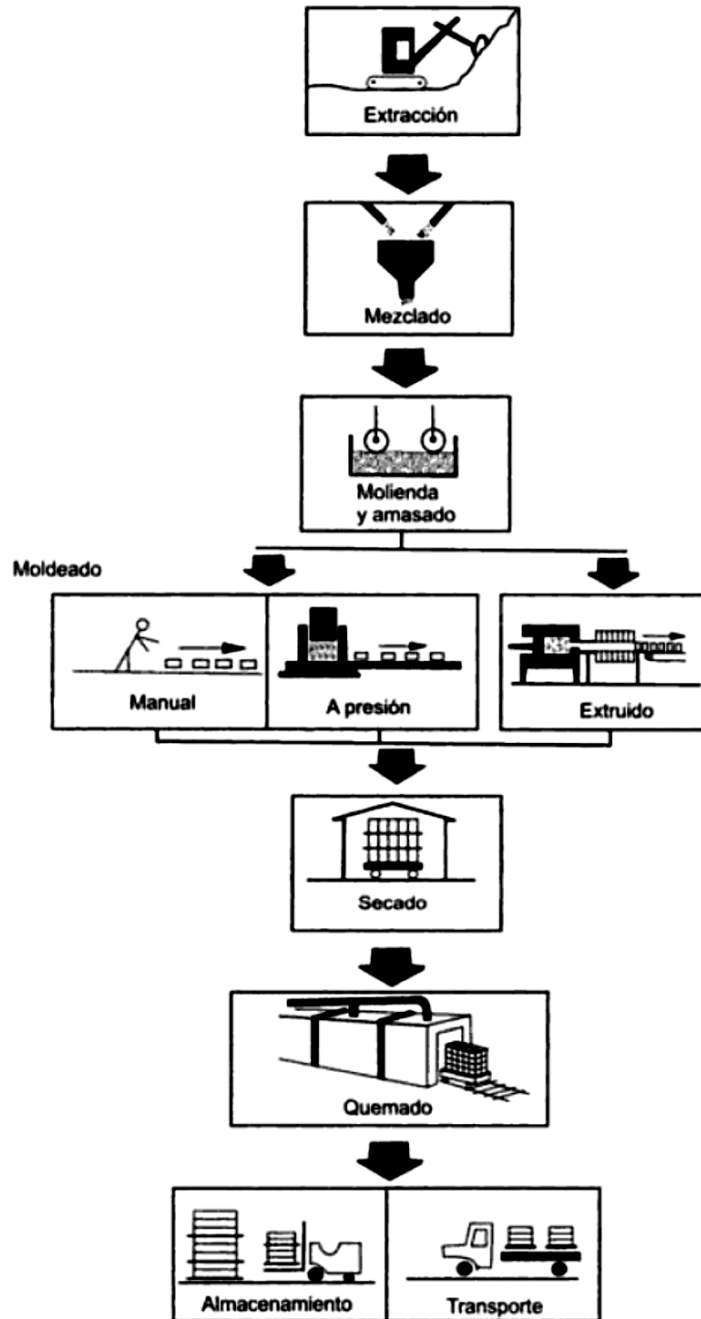
- Materia primas: las materias primas para la realización de mamposte, son diversas, yendo desde la arcilla, bajareque, concreto hasta llegar a mezclas con fibras que permitan desarrollar una unidad lo suficientemente resistente a la acción de las cargas.
 - Unidades de arcilla: llamadas comúnmente como ladrillos, su materia prima básica son arcillas, que se pueden clasificar como calcáreas (alrededor del 15 por ciento de carbonato de calcio), produciendo ladrillos de color amarillo y no calcáreas (compuestas de silicato de alúmina y tienen de 2 a 10 por ciento de óxidos de hierro y feldespato), produciendo unidades de color rojo a salmón, dependiendo del contenido del óxido de hierro. Por lo general las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las impuras, con alrededor de 33 por ciento de arena y limo, reduciendo las contracciones y el agrietamiento en el momento del secado y la quema.
 - Unidades de concreto: se les da el nombre de bloques, de un color gris o gris verdoso, empleando para su formado el moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambas. Por lo general, son una mezcla de cemento Portland, agregados graduados y agua, aunque algunas veces puede llevar otros materiales como pigmentos y agregados especiales. El producir unidades de concreto, consiste en obtener una resistencia adecuada con la mínima densidad y con el mínimo contenido de cemento.

- Fabricación: la fabricación es un conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas, razón por la cual difieren dependiendo de la materia a utilizar.
 - Unidades de arcilla: los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el proceso de fabricación de ladrillos, son los siguientes:
 - Si se fabrican con moldes a presión elevada, deberá añadirse una cantidad no mayor al 10 por ciento en peso de agua, para producir una consistencia seca y tiesa, y si se hiciese por medio de extrusión, se le añade de 12 a 15 por ciento en peso de agua.
 - Los ladrillos al secarse se contraerán entre un 4 y 16 por ciento en volumen, por lo cual los moldes deberán ser más grandes. Al no conocerse con certeza cuanto se contraerá, provoca las variaciones de tamaños en las unidades.
 - Los ladrillos luego de prensadas o extruidos presentan exceso de agua, razón por la cual deben pasar a un horno de secado antes del quemado. Debe evitarse el enfriado rápido (puede causar agrietamiento excesivo) y provocando en las unidades una contracción entre 2 y 8 por ciento en volumen.
 - El quemado se realiza entre 2 a 5 días, dependiendo de las propiedades de la arcilla, el tipo de unidad y las especificaciones del producto terminado; pasando por los

procesos de deshidratación, oxidación y en algunos casos el de vitrificación.

- Luego deben de enfriarse las unidades de una forma controlada para evitar el agrietamiento excesivo. (El proceso se representa en la siguiente figura 19).
- Unidades de concreto: los aspectos más importantes a tomar en cuenta en el proceso de fabricación de bloques, son los siguientes:
 - La mezcla debe ser totalmente homogénea, debido al bajo contenido de cemento.
 - En caso de máquinas ponedoras o estacionarias que distribuyen automáticamente el concreto en el molde, lo compacta y lo desmolda, la unidad descansa en una bandeja que sirve para su transporte hasta el lugar de maduración de las unidades y debe permanecer en la misma, hasta que pueda manipularse directamente.
 - Debe darse una distribución del material en todas las partes del molde para evitar una unidad con distintas densidades en sus partes y resistencia.
 - El ancho y largo de las unidades, solo se ve afectado por el desgaste del molde, mientras que la altura se ve afectada por el cabezal de vibración, por lo que deberá ser controlada.

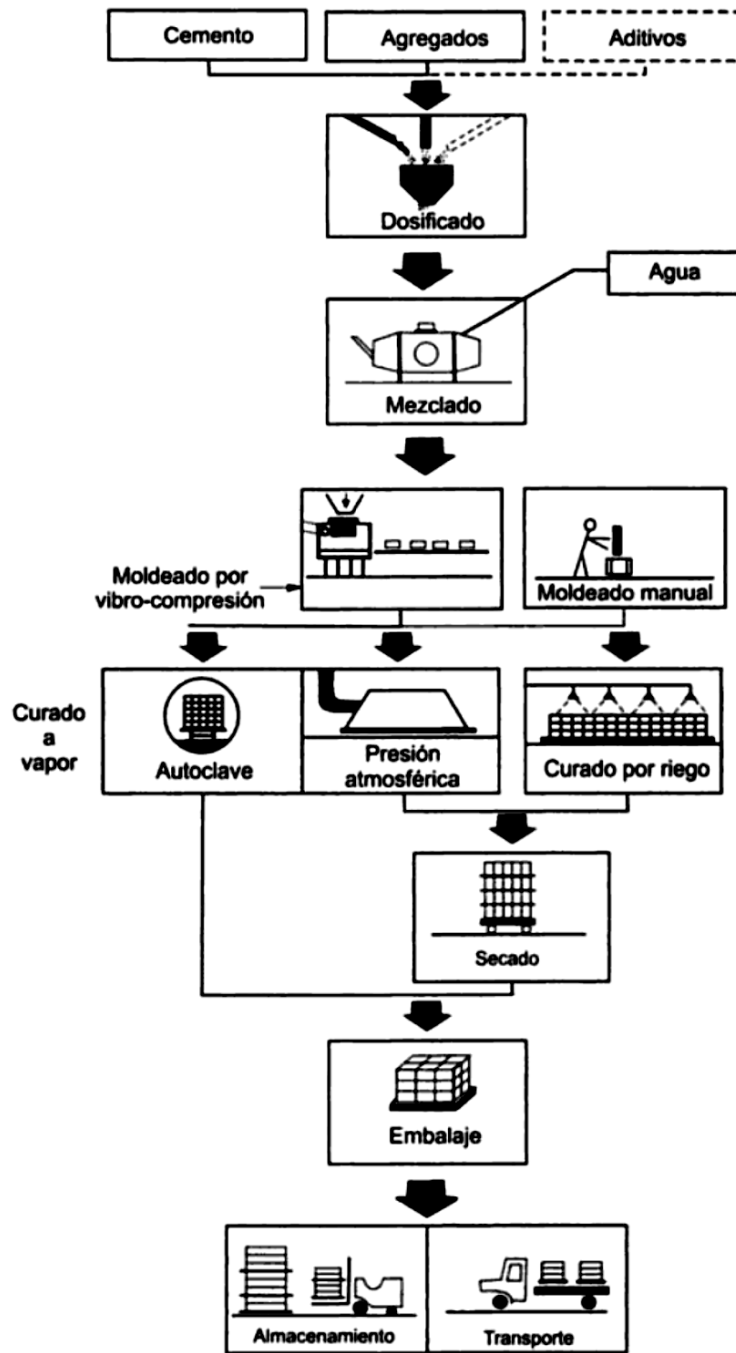
Figura 19. Proceso de fabricación de unidades de arcilla



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 94.

- Después del desmolde, las unidades deben tratarse con cuidado hasta que alcancen la resistencia adecuada para su manipuleo, siendo posible mediante la maduración de las mismas por medio de curados húmedos o a condiciones ambientales normales.
 - Luego de obtener la resistencia requerida, las unidades deben permanecer por lo menos 15 días secas para minimizar los efectos de contracción por secado. (El proceso se representa en la siguiente figura 20).
- Propiedades mecánicas: son aquellas propiedades que se manifiestan con la aplicación de cargas, y se refieren a la capacidad del elemento a resistir las acciones de las cargas.
 - Resistencia a la compresión: principal propiedad de las unidades de mampostería, si el valor es alto, representa buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición, mientras que los bajos representan la construcción de un muro de baja resistencia y poco durable. Debe entenderse que esta propiedad no solo es función de la resistencia intrínseca de la masa, sino también de la altura y forma del testigo. En estudios se ha observado que mientras sea de un mismo lugar de procedencia de las materias primas, a mayor densidad, más resistente es la unidad.

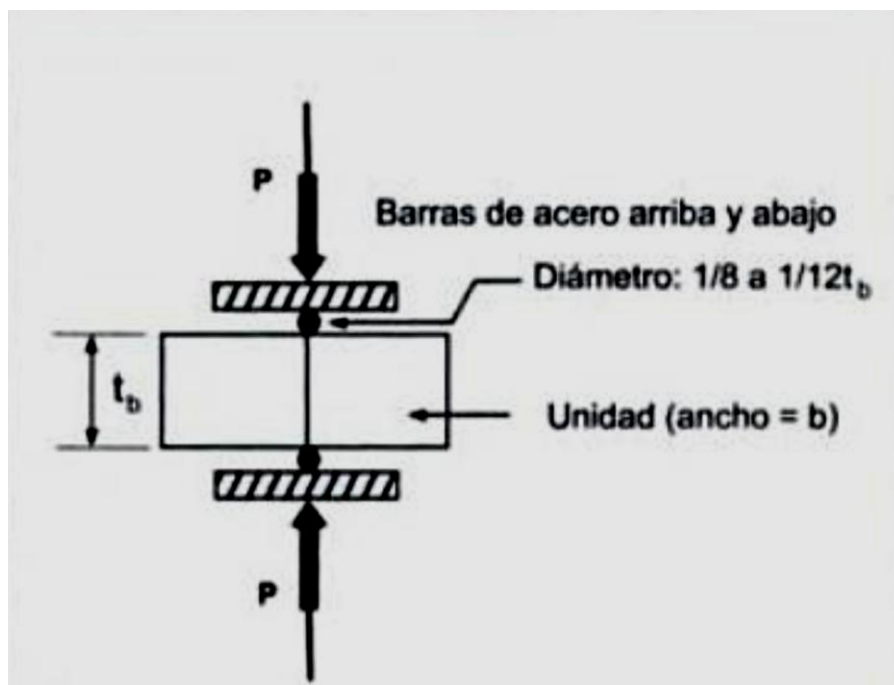
Figura 20. Proceso de fabricación de unidades de concreto



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 99.

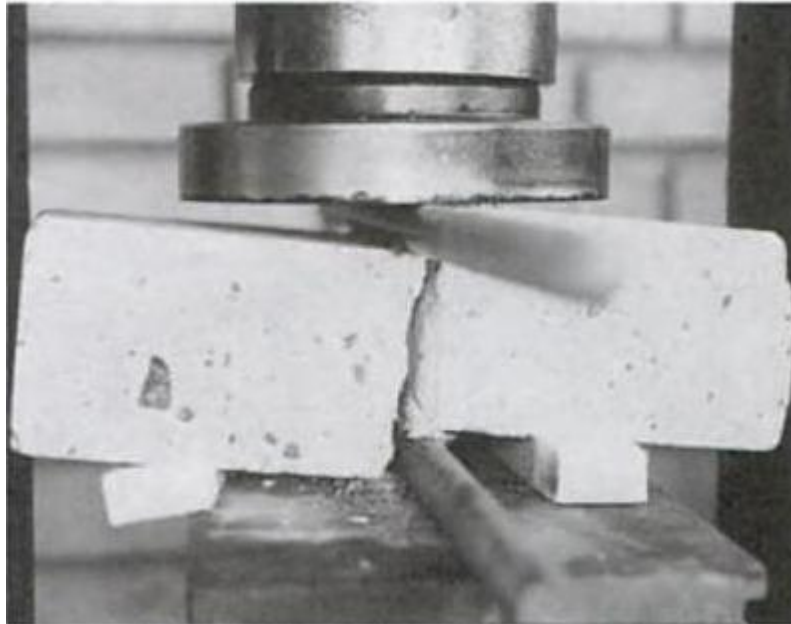
- Resistencia a la tensión: en un muro sometido a compresión, la falla ocurre por tensión transversal de las unidades, mientras esta se encuentra en una situación de cargas triaxiales. Lamentablemente solo pueden hacerse mediciones en unidades macizas y para obtener resultados significativos, para lo cual se realizan los ensayos de tensión indirecta (figura 21) y el ensayo de tensión por flexión o módulo de ruptura (figura 22).

Figura 21. Esquema del ensayo de tensión indirecta



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 115.

Figura 22. **Falla por tensión de las unidades**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 115.

- Variabilidad dimensional y alabeo: la variación dimensional, define la altura de las hiladas, ya que a mayor variación mayor será el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario (9 a 12 milímetros), produciendo una mampostería menos resistente en compresión. Al mismo tiempo, el alabeo es el efecto que sufren las unidades cuando son sometidos a cargas verticales excesivas para sus dimensiones, que produce una comba en las superficies de la misma.
- Absorción: la absorción, es la medida de la avidez de agua de la unidad de mampostería en la cara de asiento y es un factor importante para determinar la resistencia a la tensión de la mampostería. Cuando la absorción es alta, al momento del

asentado no se logra una unión adecuada entre las unidades y el mortero, debido principalmente a que el mortero pierde agua por la elevada absorción de la unidad, haciendo que el mortero se deforme y endurezca, provocando una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

2.1.2. Mortero

Son mezclas plásticas obtenidas con un aglomerante, arena y agua, que sirven para unir unidades que integran una masa estructural. Sus principales usos o propósitos son:

- Servir de material de pega o colchón de las unidades de mampostería.
- Permitir a las unidades de mampostería ser colocadas y niveladas adecuadamente.
- Convertir 2 unidades o más en una sola.
- Proporcionar capacidad a compresión al sistema.
- Proporcionar capacidad de corte, esencialmente en la acción paralela al muro.
- Permitir un poco de desplazamiento y elasticidad entre las unidades de mampostería.

- Sellar las irregularidades que pudiesen tener las unidades de mampostería.
- Puede proveer de color al muro si se utilizase un aditivo colorante en el mismo.
- Podrían proporcionar una vista arquitectónica dependiendo de la junta que se trabaje.

Según la Norma ASTM C 270 (especificaciones para morteros de unidades de mampostería), existían originalmente 5 tipos de morteros que fueron denominados por las letras M, S, N, O y K; por las letras de la palabra *MaSoNwOrK*, que en español significa trabajo con mampostería. El tipo K actualmente ya no es utilizado ni en las normas de materiales ni en códigos.

El desempeño de la mampostería se ve influenciado por varias propiedades dependiendo del mortero a utilizar, estas pueden ser trabajabilidad, retención de agua, fuerza de unión, durabilidad, extensibilidad, y resistencia a la compresión; por lo tanto es importante la selección del apropiado tipo de mortero a utilizar para cada una de las aplicaciones que se le den. Las tablas X y XI, sirven como guías para la selección del tipo de mortero a utilizar, debiéndose considerar además los códigos de construcción y prácticas ingenieriles aplicables en cada lugar.

Tabla X. **Tipos de morteros por clase de construcción**

Designación del tipo de mortero	Situación constructiva
M	Mampostería sujeta a grandes cargas axiales, altas cargas laterales provenientes de presiones del suelo o nieve, vientos de huracanes o terremotos. Estructuras por debajo del grado de muros de contención.
S	Estructuras que requieren una alta fuerza de flexión en las uniones, y sujetas a cargas de compresión y laterales.
N	Uso general en cualquier grado de mampostería. Construcción residencial. Particiones no estructurales.
O	Muros y particiones no portantes. Mampostería con un esfuerzo a compresión no mayor que 7 kg/cm ² (100 psi) y no sujeto a las inclemencias del clima.

Fuente: AMRHEIN, James E. Reinforced masonry engineering handbook. p. 10.

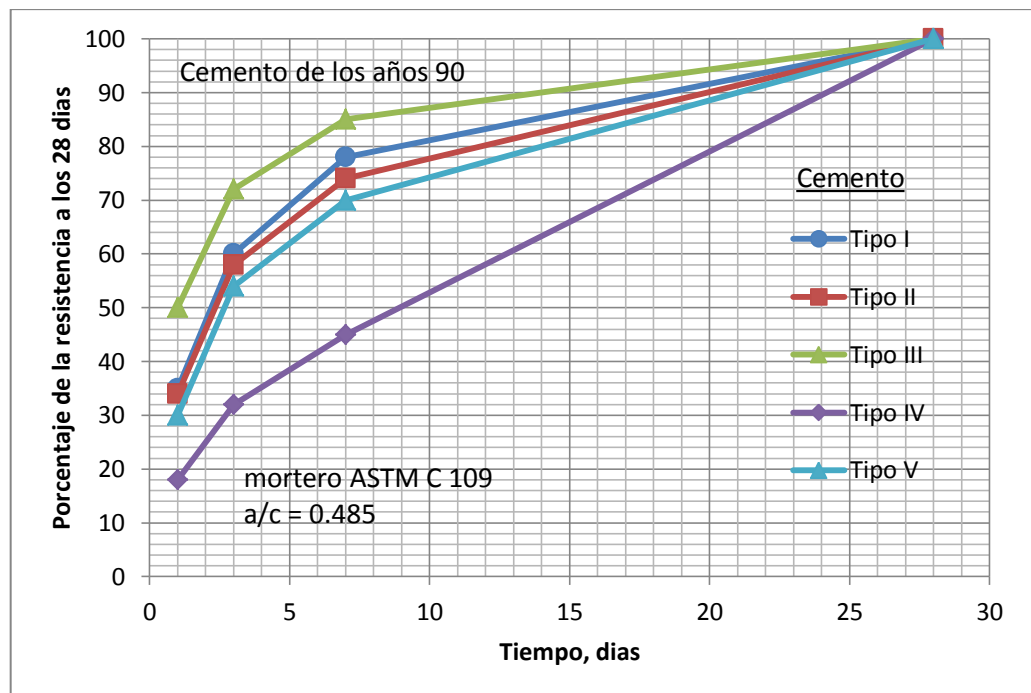
Tabla XI. **Guía para la selección de morteros para mampostería**

Ubicación	Segmento de la edificación	Tipo de mortero	
		Recomendado	Alternativo
Exterior, sobre nivel	Muros portantes	N	S o M
	Muros no portantes	O	N o S
	Muros de parapetos	N	S
Exterior, al o bajo el nivel	Muros de cimentación, muros de pozos de visita, pavimentos, pasillos.	S	M o N
Interior	Muros portantes	N	S o M
	Particiones no portantes	O	N

Fuente: ASTM. Norma C 270.

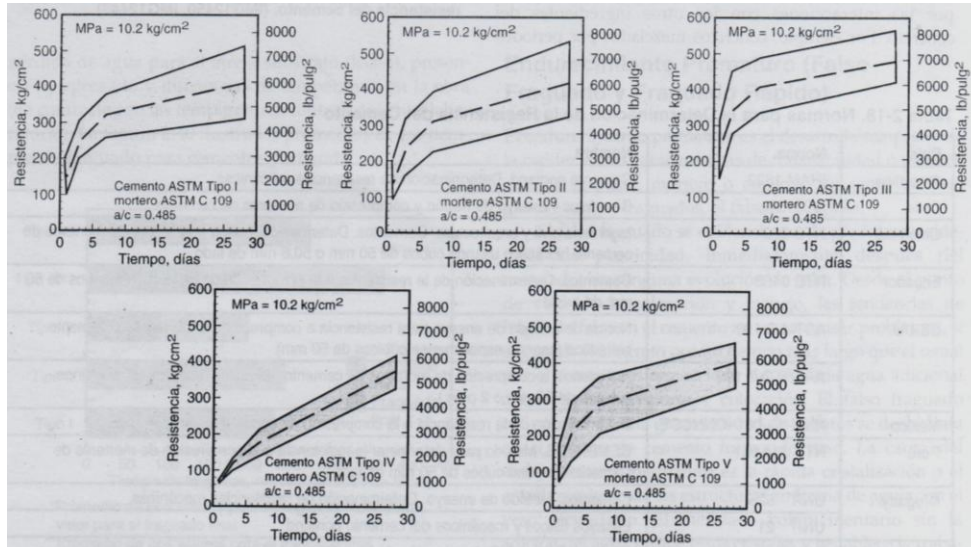
Es importante tomar en cuenta que el tipo de cemento, o más precisamente, la composición de los compuestos y la finura del cemento influyen fuertemente en la resistencia a compresión. Los requisitos de resistencia mínima de las especificaciones de cemento, se cumplen por la mayoría de los fabricantes de cemento. Pero no se debe asumir que 2 tipos de cemento que tengan los mismos requisitos de resistencia, van a producir morteros con la misma resistencia, sin que se hagan modificaciones de las proporciones de la mezcla. Las figuras 23 y 24, ilustran el desarrollo de la resistencia en morteros estándares, preparados con varios tipos de cemento Portland.

Figura 23. **Desarrollo relativo de la resistencia de cubos de morteros de cemento como porcentaje de la resistencia a los 28 días**



Fuente: KOSMATKA, Steven H. Diseño y control de mezclas de concreto. p. 64.

Figura 24. **Desarrollo de la resistencia de cubos de mortero de cemento Portland de varias estadísticas combinadas**



Fuente: KOSMATKA, Steven H. Diseño y control de mezclas de concreto. p. 64.

Al mismo tiempo, la resistencia del mamposte influye en la elección del tipo de mortero a utilizar, la Norma AGIES, presenta las siguientes tablas, dependiendo del tipo de mamposte:

Tabla XII. **Resistencia a compresión de la mampostería de bloques de concreto**

f'_p (kg/cm ²)	f'_m (kg/cm ²)		
	Mortero tipo I	Mortero tipo II	Mortero tipo III
25	15	10	10
50	35	25	20
75	65	50	40
125	90	80	70

Fuente: AGIES NSE 7.4.

Tabla XIII. **Resistencia a compresión de la mampostería de ladrillos de barro cocido**

Tipo de ladrillo	f'm (kg/cm ²)		
	Mortero tipo I	Mortero tipo II	Mortero tipo III
Tayuyo	30	25	25
Tubular	65	50	40
Perforado	85	80	70

Fuente: AGIES NSE 7.4.

2.1.2.1. Mortero con cal

Se prepara con cemento, cal, arena y agua. Este tipo de mortero ofrece las propiedades de ambos componentes, el cemento que le da una alta resistencia a la compresión y la cal que aunque reduce un poco la resistencia a la compresión aumenta la retención de agua y reduce el agrietamiento.

2.1.2.2. Mortero con cemento

Adecuado para aquellas partes o elementos de las construcciones sometidas a fuertes solicitaciones estáticas y en la que puede influir intensamente la humedad, al hacerse con cemento hidráulico, este tipo ofrece una mejora a la resistencia a la flexión de las uniones.

2.1.2.3. Mortero de albañilería o mampostería

A base de una mezcla de cemento, piedra caliza y otros materiales (oclusores de aire y aditivos que repelen el agua). En la tabla XIV, se presentan las especificaciones para estos tipos de morteros.

Tabla XIV. **Especificaciones para las propiedades de los morteros**

Mortero	Tipo	Promedio de la resistencia a la compresión a 28 días Min. (psi)	Retención de agua Min. %	Contenido de aire Max. %	Relación del agregado (medidas en condiciones secas-saturadas)
Mortero con Cal	M	2 500	75	12	No menos que 2¼ y no más que 3½ veces la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes
	S	1 800	75	12	
	N	750	75	14	
	O	350	75	14	
Mortero con Cemento	M	2 500	75	12	
	S	1 800	75	12	
	N	750	75	14	
	O	350	75	14	
Mortero de Mampostería	M	2 500	75	18	
	S	1 800	75	18	
	N	750	75	20	
	O	350	75	20	

Fuente: ASTM. Norma C 270.

2.1.3. **Grout**

La palabra inglesa *grout* proviene del vocablo sueco *grotto*, empleado por primera vez en 1925 por Guttman para referirse a la consistencia de este preparado del cemento como semejante al de la sémola, que en forma de opa espesa, que se consume en Suecia. El término *grout* fue traducido al español como lechada de cemento, para posteriormente llamarse *grout* con agregados. Es una mezcla de cemento, arena, grava y agua para mezclarlo hasta obtener una consistencia fluida que debe tener un revenimiento de 8 a 11 pulgadas. El

grout es colocado en los agujeros de las unidades de mampostería o entre el espesor de 2 unidades sólidas para unir el acero de refuerzo y la mampostería en un sistema estructural. Además el *grout* proporciona:

- Más área transversal, permitiéndole a un muro con *grout* soportar más fuerzas verticales y de corte lateral que un muro normal (sin *grout*).
- Adiciona una resistencia a la transmisión del sonido, haciendo que el sonido que pase a través del muro sea menor.
- Incrementa la resistencia al fuego.
- Mejora la capacidad de almacenar energía de un muro.
- Mayor peso aunque mejora la resistencia a volteo de los muros de contención.

Los requerimientos para el *grout*, están dados por la Norma ASTM C476, especificaciones para el *grout* de mampostería, esta requiere de una resistencia a la compresión a los 28 días de al menos 140,7 kilogramos por centímetro cuadrado (2 000 libras por pulgada cuadrada).

El IBC y el código MSJ, identifican 2 tipos de *grout* para la construcción de mampostería: *grout* fino y *grout* grueso (*coarse*), como su nombre lo indica se diferencian por el tamaño máximo de los agregados que los componen. La finura o grosor del *grout*, es determinado por el espaciamiento y la altura de colocación del *grout*.

La tabla XV y XVI, muestran las proporciones comunes por volumen del *grout* y las limitaciones de los mismos, dependiendo de la altura de llenado y las dimensiones de los agujeros a ser llenados.

Tabla XV. **Proporciones por volumen para el *grout***

Tipo	Partes por volumen de cemento Portland	Partes por volumen de cal hidratada	Relación del agregado (medidas en condiciones secas-saturadas)	
			Fino	Grueso
<i>Grout</i> fino	1	0 – 1/10	2¼ y no más que 3 veces la suma de los volúmenes de los materiales cementantes	-
<i>Grout</i> grueso	1	0 – 1/10	2¼ y no más que 3½ veces la suma de los volúmenes de los materiales cementantes	1 y no más que 2 veces la suma de los materiales cementantes

Fuente: IBC tabla 2103.12 y ASTM. Norma C 476.

2.1.3.1. Grout fino

Puede ser usado donde el espacio para el *grout* es pequeño, estrecho, o congestionado con acero de refuerzo. Donde es usado, debe haber un espaciamiento de ¼ de pulgada o más entre el acero de refuerzo y las unidades de mampostería. La proporción por volumen para el *grout* fino, s es de: 1 parte de cemento Portland, de 2¼ a 3 partes de arena, agua para obtener un revenimiento de 8 a 11 pulgadas y además como máximo 1/10 partes de cal hidratada puede usarse.

Tabla XVI. Limitaciones para la utilización del *grout*

Tipo	Altura de llenado (m)	Dimensiones libres mínimas		Colocación de registros de limpieza (excepto si se adoptan provisiones especiales)
		Ancho del espaciamiento (cm)	Secciones del agujero (cm * cm)	
Fino	Hasta 1,50	3,5	4,0 * 5,0	Recomendable
	1,51 – 2,50	4,0	5,0 * 5,0	Si
	2,51 – 7,20	5,0	5,0 * 7,5	Si
Grues o	Hasta 1,50	5,0	5,0 * 7,5	Recomendable
	1,51 – 2,50	6,0	7,5 * 7,5	Si
	2,51 – 7,20	7,5	7,5 * 10,0	Si

Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 174.

2.1.3.2. Grout grueso

Debe usarse donde el espaciamiento para el *grout* para la cavidad de las unidades de mampostería para la construcción sean de doble agujero (doble espesor) sea de al menos 1½ pulgadas de espesor horizontal o donde la mínima dimensión del agujero de la unidad sea de 1½ * 3 pulgadas. Además de esto, los agregados para el *grout*, la arena y la grava (pea) están limitadas a un tamaño máximo de ¾ de pulgada. La proporción para el *grout* grueso es de: 1 parte de cemento Portland, de 2¼ a 3 partes de arena, de 1 a 2 partes de grava, agua para obtener un revenimiento de 8 a 11 pulgadas y además como máximo 1/10 partes de cal hidratada puede usarse.

El *grout* preparado en sitio deberá ser mezclado por al menos 5 minutos para asegurar la buena mezcla de todos sus componentes. Suficiente agua debe ser utilizada en el proceso de mezclado para alcanzar un revenimiento entre 8 a 11 pulgadas.

Debe entenderse que el término *grout* no denota un mortero líquido, debido a que el mortero implica adherencia, mientras que el *grout*, con o sin agregados gruesos, presume una resistencia a la compresión, siendo entonces un concreto y no un mortero.

2.2. Prismas de compresión

El prisma para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería está prácticamente estandarizado en el ámbito mundial y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. Los prismas se llenan con *grout*, solo en el caso de unidades huecas asentadas cuando la resistencia a determinar, corresponde a esa forma constructiva.

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependerá de si son de mampostería de ladrillo o bloques de cemento, para los primeros, la relación alto – ancho del prisma, estará entre 2 y 5 y un alto no menor a 30 centímetros, mientras que en los segundos, estará entre 1,3 y 5 y un alto no menor a 30 centímetros. Si la relación fuese menor a 2, los resultados del ensayo podrían ser errados, dado que a mayores dimensiones, mayor será la relación y así representara de una mejor manera el actuar de las cargas en el prisma.

El ensayo se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando a un ritmo de carga controlado, hasta que el prisma no admite más carga. El resultado del ensayo se obtiene al dividir esta carga última entre el área del prisma. Esta área será la bruta para prismas de unidades sólidas o de unidades huecas rellenas con *grout* o de unidades tubulares. El área será la neta para unidades huecas (sin relleno de *grout*) o perforadas. El ensayo consistirá de por lo menos 2 prismas y preferiblemente de 3.

2.2.1. Mecanismos de falla

Los ensayos de compresión axial en prismas de bloques rellenos con *grout*, han demostrado que, se trate de unidades asentadas con mortero o apiladas, la falla ocurre en el bloque debido a agrietamiento vertical de sus caras, sigue con el desprendimiento de estas y concluye con el aplastamiento del *grout*. Este agrietamiento vertical es atribuible a la tensión lateral introducida en el bloque, ya no solamente por el mortero sino, y principalmente, por el *grout*, el cual exhibe deformaciones unitarias laterales mayores que las que muestra la unidad.

Figura 25. **Falla de los prismas de compresión llenos con *grout***



Fuente: Área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería, USAC.

2.2.2. Deformaciones unitarias últimas

Los valores de deformaciones unitarias últimas, están calculados en la rama descendente del diagrama esfuerzo – deformación a $0,5f'_m$ y regularmente son los siguientes:

- Bloques asentados con mortero: 0,25 por ciento.
- Bloques apilados: 0,2 por ciento.
- Bloques asentados con placas de acero (u otro refuerzo) en las juntas: hasta 0,6 por ciento, dependiendo de la cuantía volumétrica de las

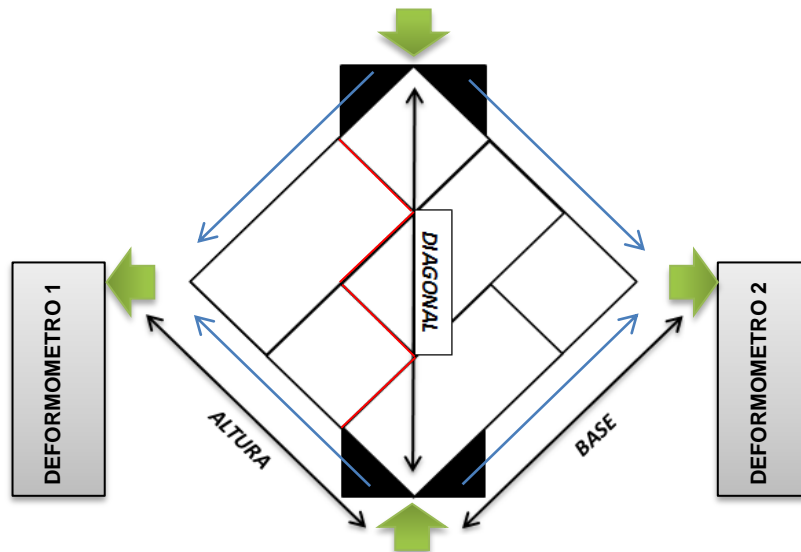
planchas. Este valor máximo se alcanza con cuantías volumétricas del refuerzo del orden de 2 por ciento.

- Bloques apilados reforzados con zunchos y planchas pegadas hasta el 0,6 por ciento. Estos resultados se obtuvieron con planchas de 3 milímetros de espesor.

2.3. Prismas a corte

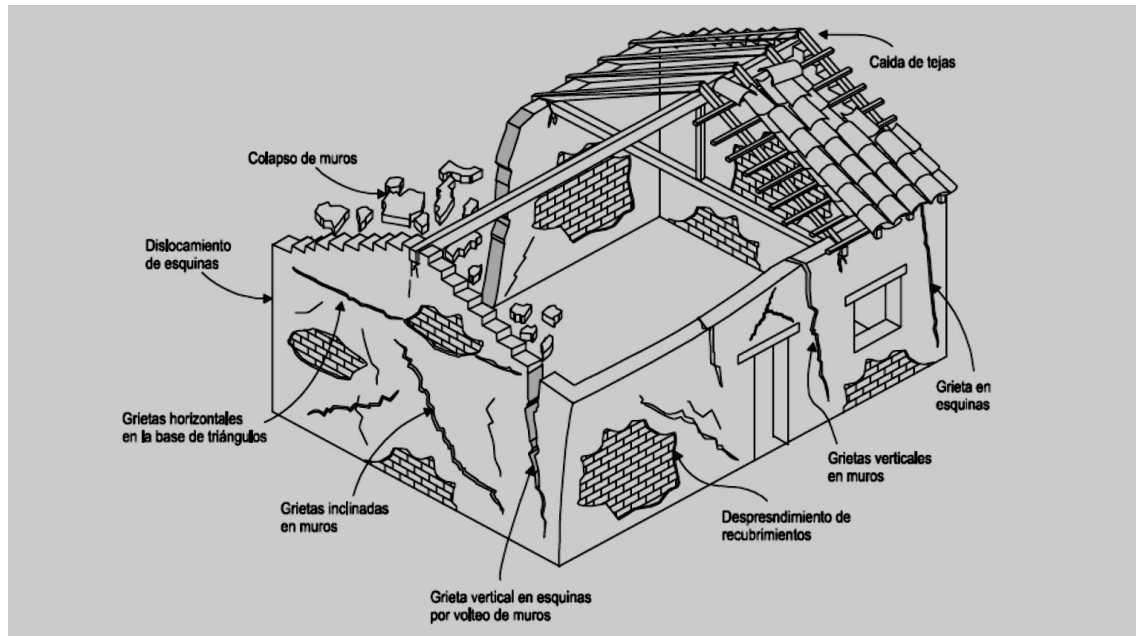
El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tensión diagonal, es probablemente, el de corte o compresión diagonal mostrada en la figura 26. Seguramente por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas, mostradas en la figura 27.

Figura 26. **Ensayo de prismas de mampostería a corte**



Fuente: GALLEGOS, Héctor. Albañilería estructural. p. 238.

Figura 27. Efecto de sismo en estructuras de mampostería



Fuente: RUIZ, J. Observaciones sobre el comportamiento y diseño de edificaciones de mampostería en zonas sísmicas. p. 165.

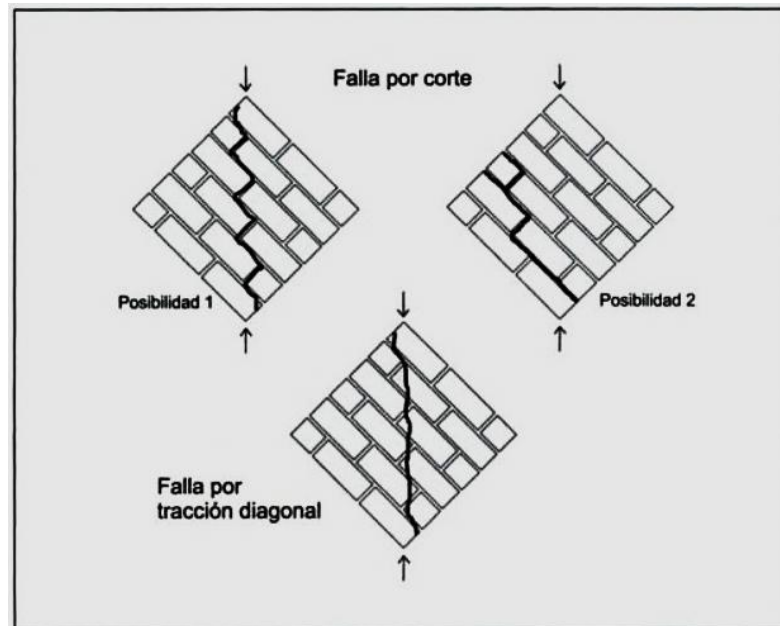
El prisma estándar, es un murete cuadrado. Se hace de la albañilería cuyas características se quiere determinar y del espesor del muro investigado. Es de importancia que mientras más grande sea el murete, los resultados serán más confiables, debido a que los puntos de medición se encuentran más separados, acercándose más a la realidad y porque los resultados tienen menos variabilidad. El dispositivo de transferencia de la carga al prisma produce concentración de esfuerzos y debe de transferir la carga uniformemente a las superficies de contacto de la albañilería para evitar fallas localizadas. El ensayo consiste en cargar diagonalmente el murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la ruptura.

2.3.1. Modos de falla

El modo de falla del prisma, es generalmente por corte o por tensión diagonal. Esto ocurre de manera frágil al producirse la primera grieta. Cuando las unidades son huecas o perforadas, o de muy reducida resistencia, el prisma puede fallar por aplastamiento causado por la compresión diagonal; esta falla puede ser de características explosivas.

En general, cuando no hay precompresiones o estas son muy reducidas, la falla tiende a ocurrir siguiendo las juntas horizontales y verticales, como se muestra en la figura 28, a un ángulo aproximado de 45 grados sexagesimales con la hilada. Cuando se aplican precompresiones, las grietas pueden atravesar unidades, y el ángulo de falla se hace dependiente de su magnitud.

Figura 28. Formas de fallas de los prismas de corte



Fuente: GALLEGOS, Hector. Albañilería estructural. p. 240.

2.3.2. Teoría de falla

La resistencia a cortante del prisma sometido a compresión diagonal, depende de la solución de un problema de elasticidad bidimensional para un material no homogéneo y del conocimiento de la envolvente biaxial de la albañilería. Sin embargo, si se reconocen las limitaciones de las teorías de falla aplicables, da materiales isotrópicos y homogéneos cuando el prisma falla por las juntas, estas teorías tradicionales son útiles para evaluaciones cualitativas y comparativas.

2.3.3. Influencias

Son los efectos, consecuencias o cambios que producen determinados aspectos en los mampostes, haciéndolos más o menos resistentes a la aplicación de las cargas.

2.3.3.1. Resistencia a la compresión de la mampostería

Se han tratado de relacionar los valores de las resistencias a corte (V'_m), con el valor de la resistencia a la compresión (f'_m), pudiendo establecer que la relación es inversamente proporcional, ya que las condiciones que aumentan la resistencia a corte de la mampostería, disminuye la resistencia a la compresión el mismo.

2.3.3.2. Adhesión

Si la adhesión mortero-unidad, es por lo menos la necesaria para desarrollar la resistencia de la unidad, la falla que producirá será la que

atraviese el mortero y la unidad más si el cortante aumentase la falla será escalonada.

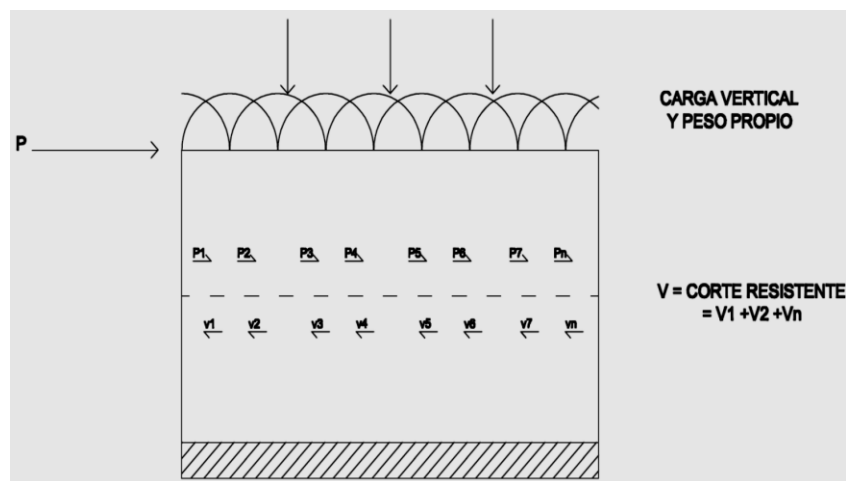
2.3.3.3. Grout

Este no modifica la resistencia última al corte. La resistencia de un muro parcialmente lleno es solamente una proporción, pudiéndose relacionar igualmente con las áreas netas.

2.4. Prismas de adherencia

En un muro, cuando existe una fuerza horizontal originada por sismo o viento, se le contrapone una fuerza resistente, comúnmente conocida como; fuerza de corte.

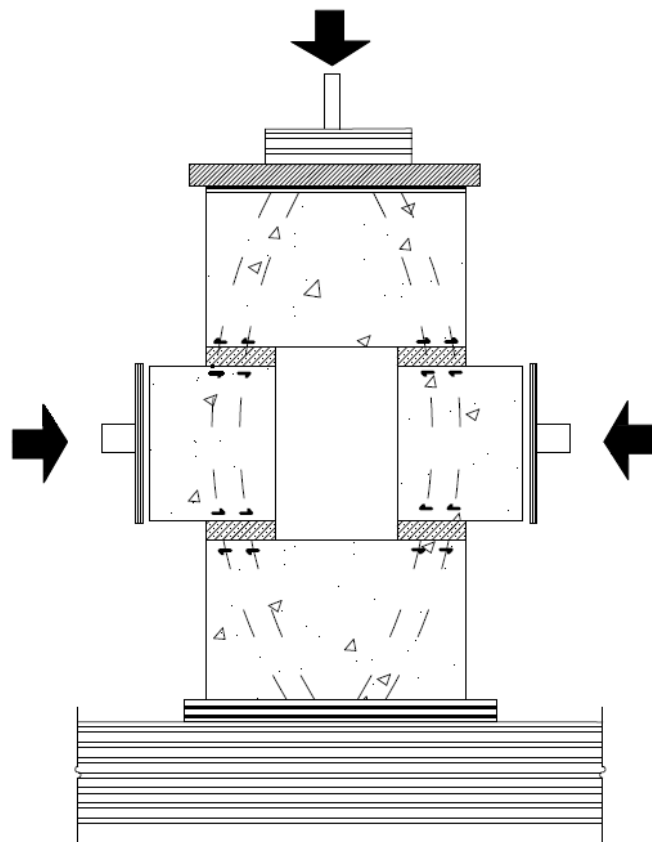
Figura 29. Cortante producido en las unidades de mampostería



Fuente: ZEA , Jorge . Determinación de parámetros básicos de fricción y adherencia en muros de albañilería de ladrillos de barro cocido. p. 2.

Esta fuerza resistente, se origina debido a la adherencia y la fricción existentes entre el mortero y las unidades. La primera también conocida como cohesión y se debe a la atracción molecular entre los materiales, mientras que la segunda es la fuerza resistente tangente a la superficie de 2 cuerpos, y que se opone al deslizamiento de uno de estos cuerpos en relación al otro y que depende del área real de contacto entre las superficies consideradas y de la presión normal de contacto.

Figura 30. **Esfuerzos en los prismas de adherencia y fricción**



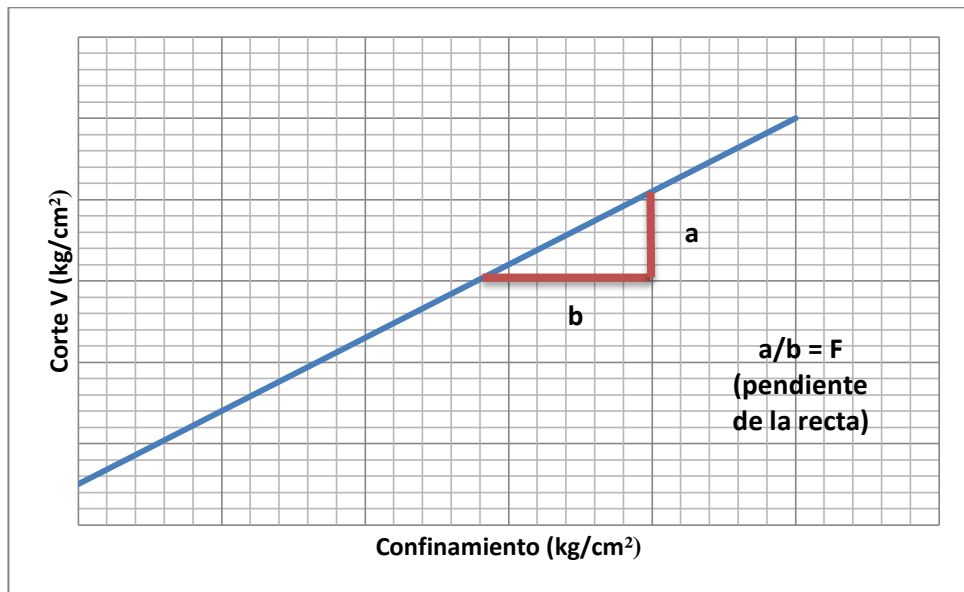
Fuente: NISCHT, Juan. Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural en mampostería. p. 66.

$$v = u + f\sigma$$

Donde:

- v = corte (kg/cm^2)
- u = adherencia, intersección de la recta con el eje YY del gráfico (kg/cm^2)
- f = fricción, pendiente de la recta (adimensional)
- σ = confinamiento o carga vertical (kg/cm^2)

Figura 31. **Gráfica de cortante versus confinamiento**

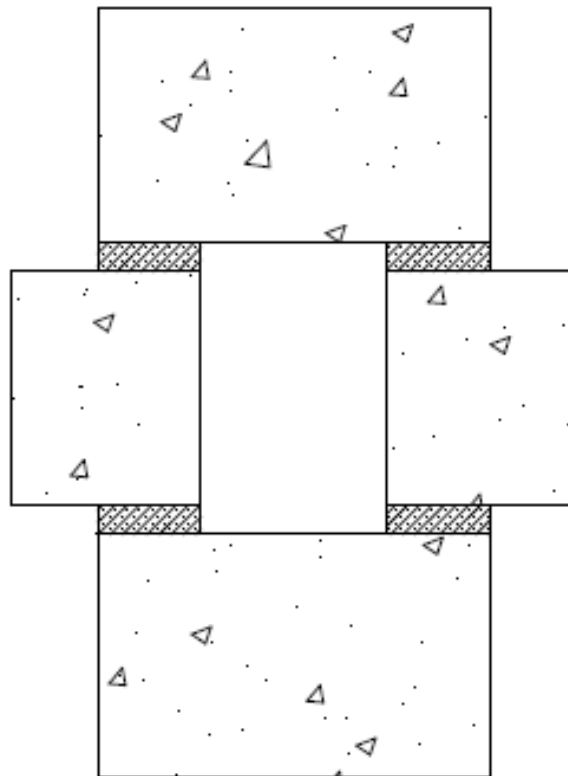


Fuente: NISCHT, Juan. Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural en mampostería. p. 68.

La construcción del prisma de adherencia, es parecido al de compresión, con la diferencia de que se deja un espacio de por lo menos 6 centímetros en la parte central del mismo para que las mitades de la segunda hilada puedan

correrse sin ninguna interferencia más que la fricción y la fuerza de adherencia entre las unidades y el mortero, para así poder medir la adherencia.

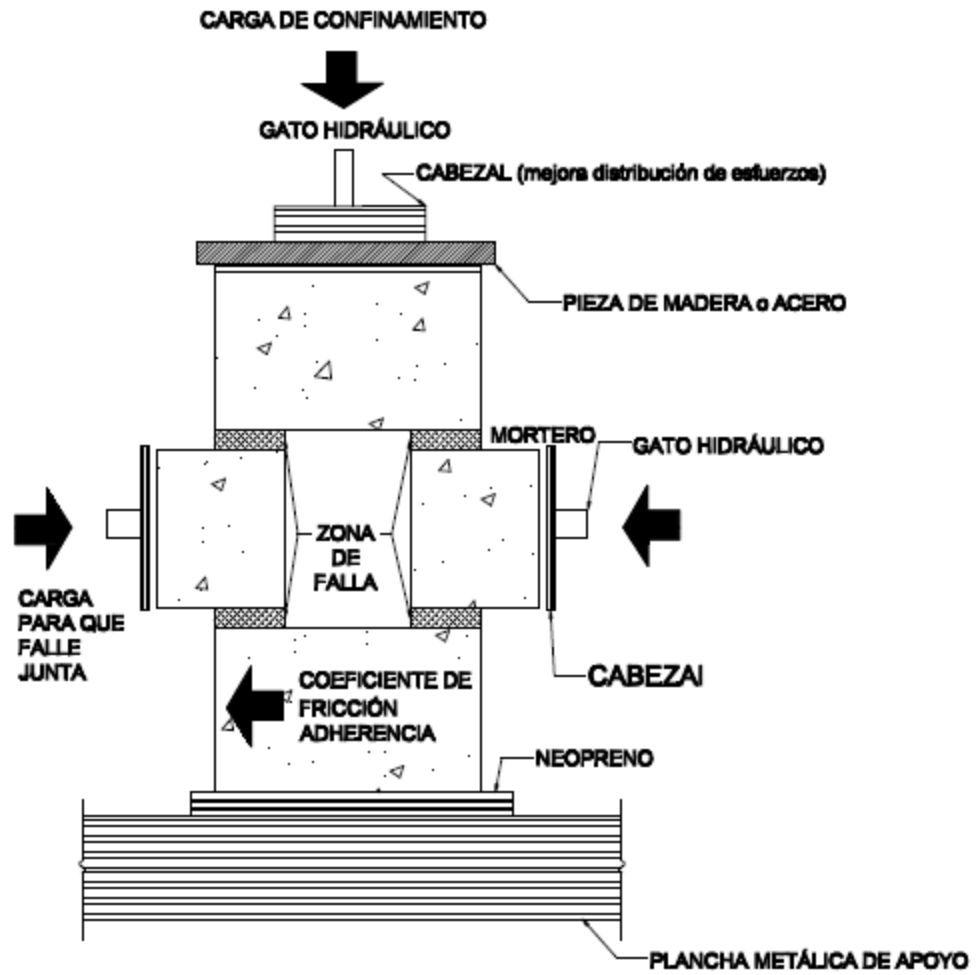
Figura 32. **Prisma de adherencia y fricción**



Fuente: elaboración propia.

Para la construcción de los prismas, se utiliza nivel, plomada y escantillón para evitar excentricidades y otros esfuerzos no deseados; para que luego al momento de ensayar, se coloque el prisma en un marco para la facilitación de la aplicación de las cargas y que dependiendo de que si serán de adherencia o de adherencia y fricción, el ensayo se vuelve un poco más largo.

Figura 33. Ensayo de prismas de adherencia y fricción



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

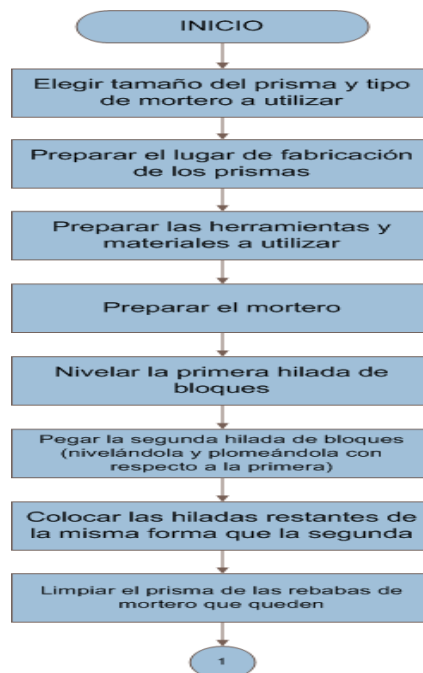
3. ENSAYOS Y PROCEDIMIENTOS REALIZADOS

3.1. Ensayos

Los ensayos se pueden representar como diagramas de procesos, que permitan representar de manera ordenada y sencilla la realización del ensayo y los datos necesarios a ser tabulados.

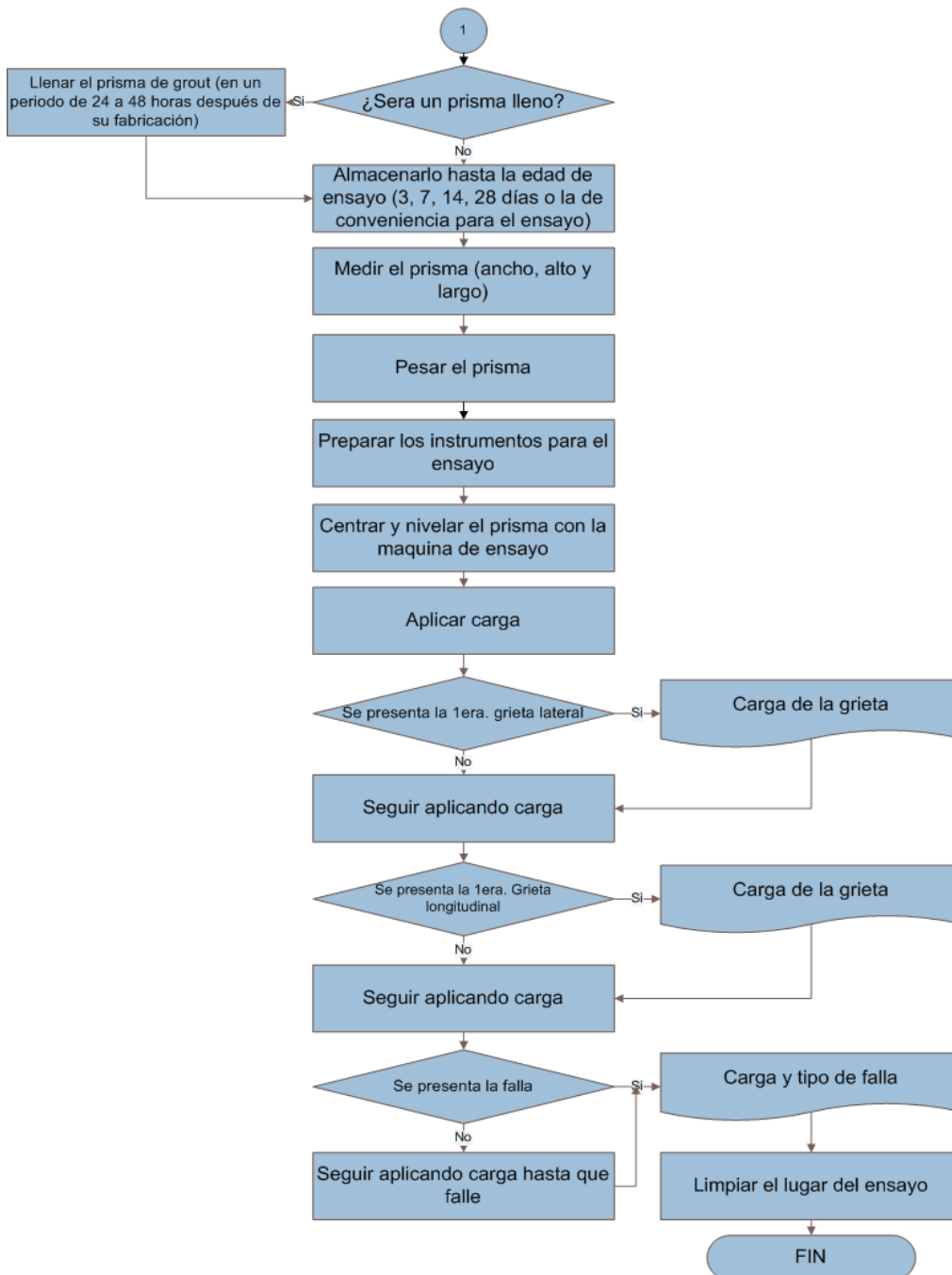
- Ensayo de compresión

Figura 34. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a compresión parte 1**



Fuente: elaboración propia.

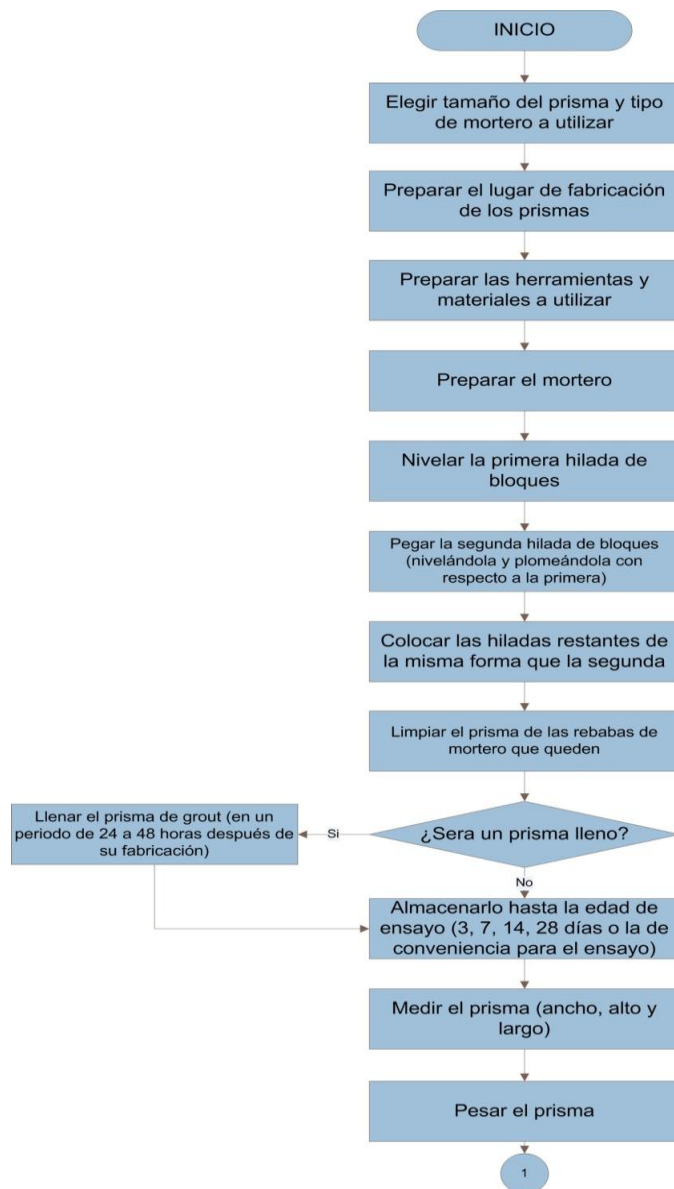
Figura 35. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a compresión parte 2**



Fuente: elaboración propia.

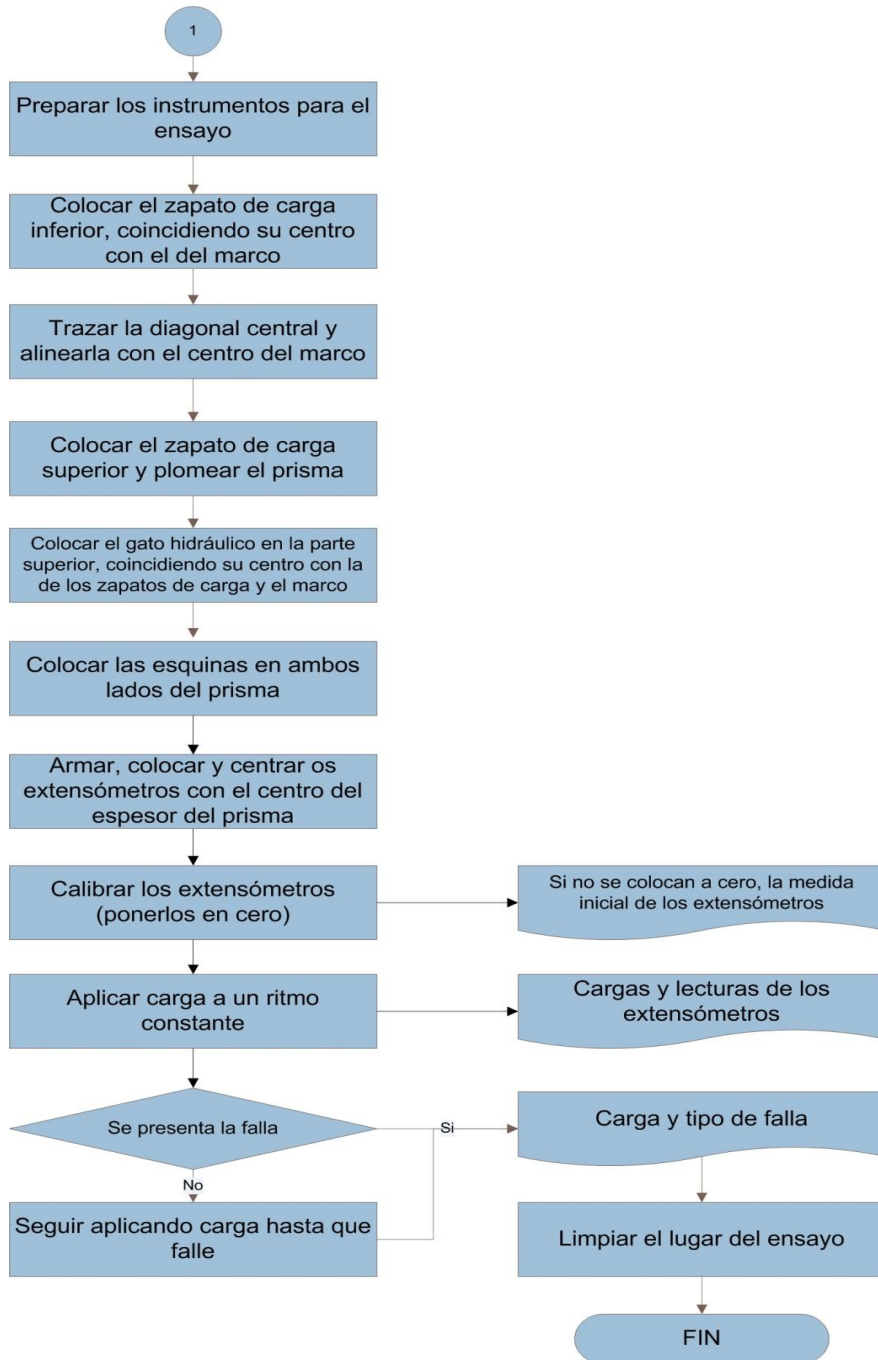
- Ensayo a corte

Figura 36. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a corte parte 1**



Fuente: elaboración propia.

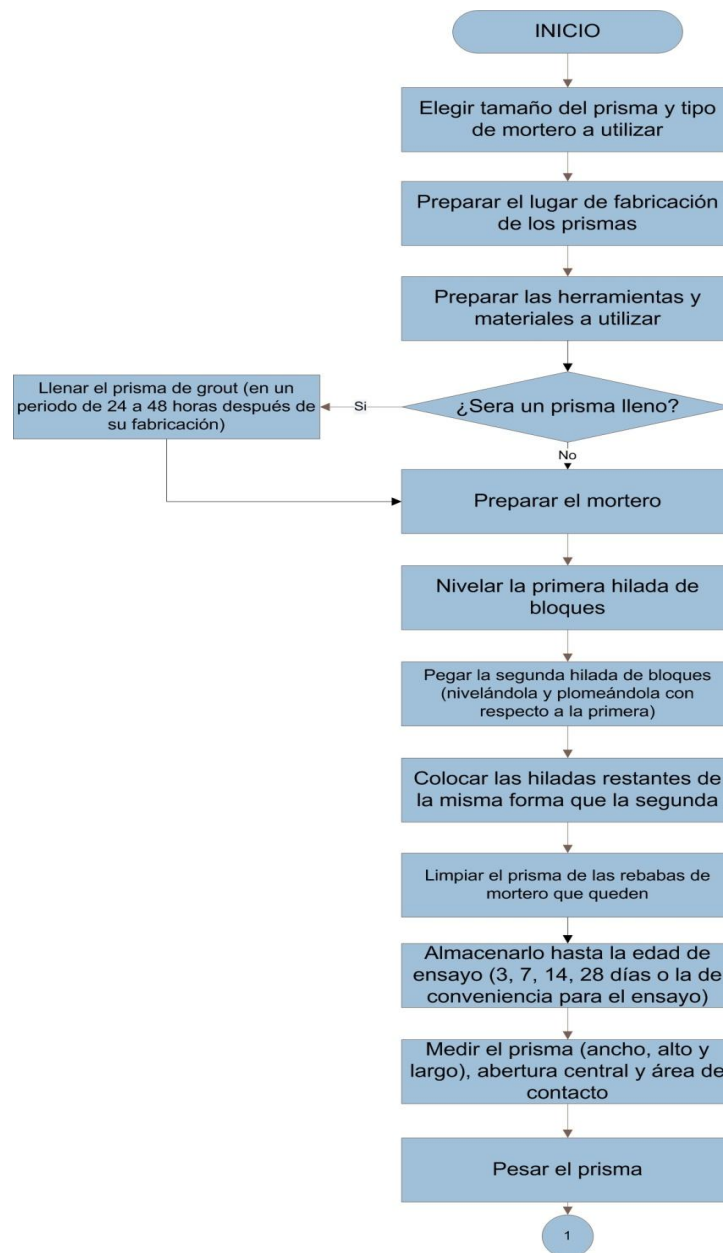
Figura 37. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a corte parte 2**



Fuente: elaboración propia.

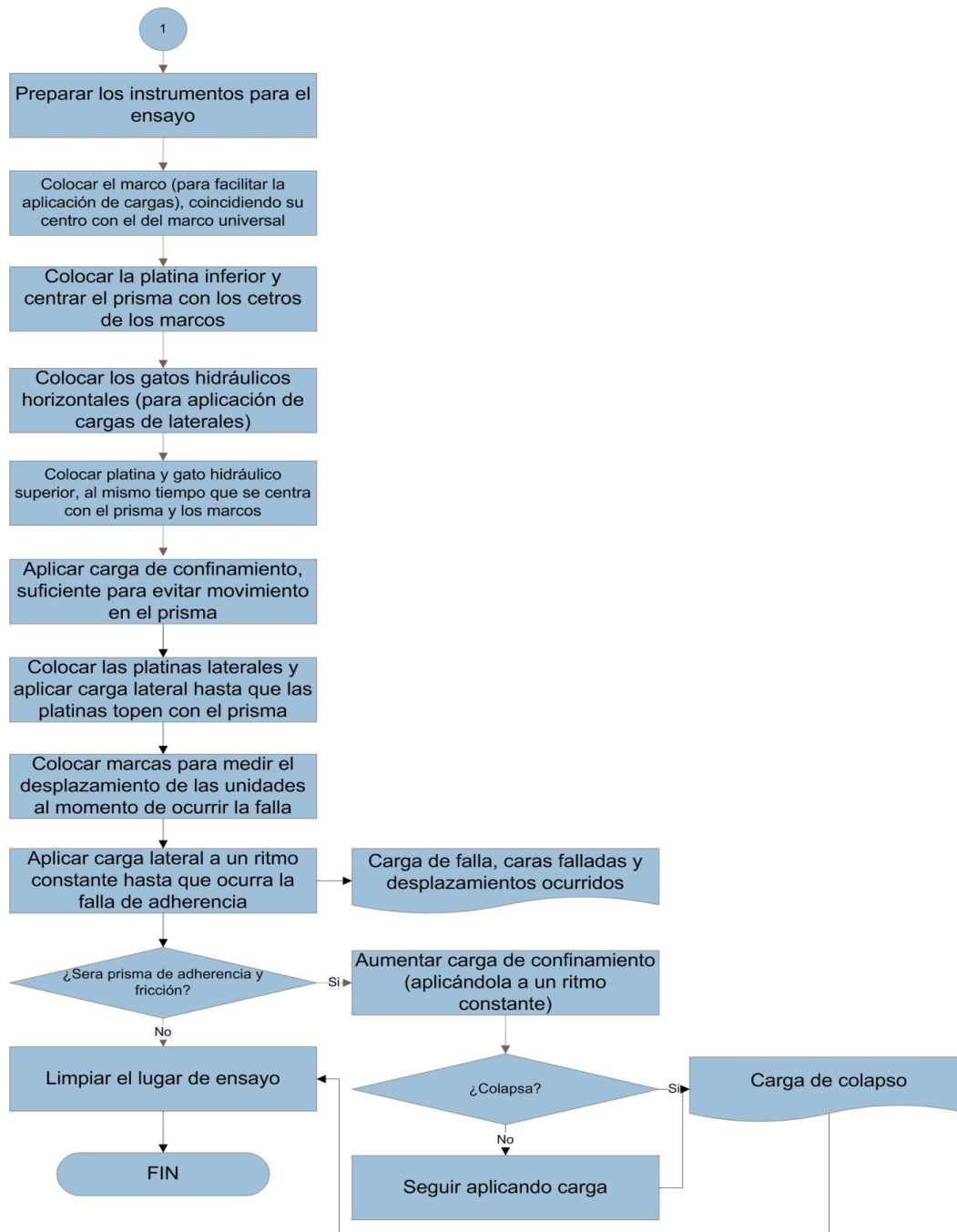
- Ensayo de adherencia

Figura 38. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a adherencia parte 1**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Secuencia del ensayo de prismas de mampostería a adherencia parte 2**



Fuente: elaboración propia.

3.2. Procedimiento estadístico

Es el proceso en el que se recolectan, ordenan, clasifican, presentan, predicen y analizan los datos y resultados.

3.2.1. Población y muestra

Una población en estadística, es el conjunto de todas las observaciones en las que se está interesado. Se llama tamaño de la población al número de elementos que la componen, siendo cada posible observación un elemento; así pues, las poblaciones pueden ser finitas e infinitas.

Para estudiar una población, existen 2 posibilidades. Una de ellas consiste en estudiar todos sus elementos y sacar conclusiones; la otra consiste en estudiar sólo una parte de ellos, una muestra, elegidos de tal forma que digan algo sobre la totalidad de las observaciones de la población. El mejor método, es el primero, cuando es posible, lo cual sólo ocurre en las poblaciones finitas y razonablemente pequeñas; en el caso de poblaciones muy grandes o infinitas, será muy difícil o imposible realizar un estudio total. En este caso se necesitará tomar una muestra.

La condición más obvia que se le puede pedir a una muestra, es que sea representativa de la población. Está claro que si no se conoce la población, no se puede saber si la muestra es representativa o no. La única forma de tener cierta garantía de que esto ocurra, es tomar la muestra de forma que cada individuo de la población y cada subgrupo posible de la población tenga igual probabilidad de ser elegidos. A este tipo de muestras, se les llama muestras aleatorias o muestras al azar.

Una muestra aleatoria de tamaño n , es un conjunto de n individuos, tomado de tal manera que cada subconjunto de tamaño n de la población tenga la misma probabilidad de ser elegido como muestra; es decir, si la población tiene tamaño N , cada una de las combinaciones posibles de n elementos debe ser equiprobable.

Otra variante del muestreo, es cuando se divide la población en n grupos, que no correspondan con ninguna clasificación relacionada con el problema en estudio y se ordenan. Por sorteo se elige un elemento del primer grupo y a continuación los elementos correspondientes de los demás grupos. Este tipo de muestra se denomina muestra al azar sistemático.

Si el universo en estudio está subdividida en grupos, se puede tomar otro tipo de muestra en la que cada grupo de la población está representado por un porcentaje de elementos igual al porcentaje de elementos de la población integrados en ese grupo. Este tipo se llama muestra al azar estratificado.

3.2.2. Parámetros y estadísticos

Los parámetros son una cantidad numérica calculada sobre una población que intenta resumir toda la información que hay de la misma en unos pocos números, mientras que los estadísticos son calculados sobre la muestra y resume la información sobre algún aspecto específico.

3.2.2.1. Parámetros poblacionales

Se llama parámetros poblacionales, a cantidades que se obtienen a partir de las observaciones de la variable y sus probabilidades que determinan perfectamente la distribución de esta, así como las características de la

población, por ejemplo: la media (μ), la varianza (σ^2), la proporción de determinados sucesos (P).

3.2.2.2. Parámetros muestrales

Son resúmenes de la información de la muestra que nos determinan la estructura de la muestra. Los parámetros muestrales no son constantes sino variables aleatorias, pues sus valores dependen de la estructura de la muestra que no es siempre la misma como consecuencia del muestreo aleatorio. A estas variables se les suele llamar estadísticos. Los estadísticos se transforman en 2 tipos: estadísticos de centralidad y estadísticos de dispersión.

3.2.2.2.1. Estadísticos de centralidad

Son los estadísticos que indican valores con respecto a los que los datos parecen agruparse.

- Media aritmética: es el valor esperado de las observaciones de la muestra calculada, como si la muestra fuera una variable completa, es decir, multiplicando observaciones por frecuencias y sumando. Si x_1, x_2, \dots, x_n representan una muestra de tamaño n de la población, la media aritmética se calcula como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

La media aritmética es la medida de la tendencia central que posee menor varianza. Engloba en ella toda la información de la muestra;

pudiendo ser una ventaja, pero supone una cierta desventaja, pues los valores muy extremos, en muestras pequeñas afectan mucho a la media.

- Mediana: en una variable se define como el punto para el cual la función de distribución, alcance el valor 0,5; en una muestra la mediana, es el valor central. Para calcularla se ordenan las observaciones de menor a mayor. Si n es impar, la mediana es la observación central:

$$\tilde{x} = \frac{x_{n+1}}{2}$$

Si n es par, la mediana se define como la media de las 2 observaciones centrales:

$$\tilde{x} = \frac{\frac{x_{n+1}}{2} + \frac{x_{n+1}}{2}}{2}$$

En resumen, se podría decir que la mediana es el valor que es mayor o igual que el 50 por ciento de las observaciones de la muestra y menor o igual que el otro 50 por ciento.

- Moda: es el valor más frecuente. Su cálculo es el más simple de los 3 correspondientes a estadísticos de centralidad, pero la moda es el estadístico de mayor varianza. La moda puede no existir y cuando existe no es necesariamente única. No tiene sentido en muestras pequeñas en las que la aparición de coincidencias en los valores, es con gran frecuencia más producto del azar que de otra cosa.
- Cuartiles o percentiles: un percentil X, PX, es un valor de la distribución muestral o poblacional de la variable, que es mayor o igual que el X por

ciento de las observaciones de la variable $P(Y \leq PX) = X\%$. Existe un tipo especial de cuartiles llamados cuartiles. Los cuartiles son 3 valores que dividen la distribución en 4 partes equivalentes porcentualmente:

- El primer cuartil, es el valor que es mayor o igual que el 25 por ciento de las observaciones de la muestra y menor o igual que el 75 por ciento.
- El segundo cuartil es la mediana.
- El tercer cuartil, es mayor o igual que el 75 por ciento de las observaciones de la muestra y menor o igual que el 25 por ciento.

3.2.2.2. Estadísticos de dispersión

Los estadísticos de dispersión, son parámetros muestrales que expresan la dispersión de los valores de la variable respecto al punto central, es decir, su posición relativa.

- Rango: es la diferencia entre las 2 observaciones extremas, la máxima menos la mínima. Expresa cuantas unidades de diferencia se pueden esperar, como máximo, entre 2 valores de la variable. El rango estima el campo de variación de la variable. Se afecta mucho por observaciones extremas y utiliza únicamente una pequeña parte de la información.
- Varianza: es la desviación cuadrática media de las observaciones a la media muestral.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Su concepto es análogo al de la varianza poblacional. No obstante esta expresión de cálculo de la varianza muestral, no se utiliza mucho, pues sus valores tienden a ser menores que el de la auténtica varianza de la variable (debido a que la propia media muestral tiene una varianza que vale un enésimo de la de las observaciones). Para compensar esta deficiencia y obtener valores que no subestimen la varianza poblacional (cuando estamos interesados en ella y no en la varianza muestral), se utilizará una expresión, esencialmente igual que la anterior, salvo que el denominador está disminuido en una unidad.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- Desviación estándar: es la raíz cuadrada positiva de la varianza y, por tanto, se expresa en las unidades de medida de la variable. Su concepto es análogo al de la desviación típica poblacional.

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Este estadístico mide la dispersión con respecto a la media y se debe de elegir solamente cuando se elige la media como medida de centro. Si su valor es 0, es que no existe dispersión.

- Coeficiente de variación: es el cociente entre la desviación típica y la media aritmética muestrales, y expresa la variabilidad de la variable en tanto por uno, sin dimensiones.

$$C.V. = \frac{s}{\bar{x}} \text{ o bien } C.V. = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Permite comparar muestras de variables de distinta naturaleza o muestras de la misma variable en poblaciones en las que el orden de magnitud de las observaciones sea muy diferente.

3.2.3. Prueba de correlación de Pearson

Se utiliza para estudiar la asociación entre un factor de estudio y una variable de respuesta cuantitativa, mide el grado de asociación entre dos variables tomando valores entre -1 y 1.

- Valores próximos a 1 indicarán fuerte asociación lineal positiva.
- Valores próximos a -1 indicarán fuerte asociación lineal negativa.
- Valores próximos a 0 indicarán no asociación lineal, lo que no significa que no pueda existir otro tipo de asociación.

Prueba en una hipótesis nula que las frecuencias relativas de la ocurrencia de acontecimientos observados, siguen una distribución de frecuencia especificada. Los acontecimientos deben ser mutuamente exclusivos.

3.2.4. Prueba de t de *Student-Fisher*

Se utiliza si se comparan 2 grupos respecto a una variable cuantitativa. En caso contrario, se utiliza una prueba no paramétrica equivalente, como la U de Mann-Whitney.

Se utiliza comparando 2 medias de poblaciones independientes y normales. Cuando las 2 medias han sido calculadas a partir de dos muestras completamente independientes de observaciones, la prueba se describe como no emparejada. Cuando las 2 medias han sido extraídas de observaciones consecutivas en los mismos sujetos en 2 situaciones diferentes, se comparan los valores de cada individuo, y se aplica una prueba emparejada.

La prueba t de *Student*, es un tipo de estadística deductiva. Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de 2 grupos. Como en toda la estadística deductiva, se asume que las variables dependientes tienen una distribución normal. Se especifica el nivel de la probabilidad (nivel de alfa, nivel de la significación, α) que se está dispuesto a aceptar antes de que se cerquen los datos ($\alpha < 0,05$), es un valor común que se utiliza.

Consideraciones sobre la prueba t de *Student*:

- Cuando la diferencia entre 2 promedios de la población se está investigando, se utiliza una prueba t. Es decir que se utiliza cuando se desea comparar 2 medias.
- Se utilizaría una prueba t si se desea comparar el logro de dos grupos.

- Con una prueba t, se tiene una variable independiente y una dependiente.
- La variable independiente puede solamente tener 2 niveles (si o no). Si tuviera más de 2 niveles, después se utilizaría un análisis de la variación unidireccional (ANOVA).
- Con una prueba de t, el investigador desea indicar con un cierto grado de confianza que la diferencia obtenida entre los medios de los grupos de la muestra, es demasiado grande y que ocurra con una posible incidencia.

Cinco factores contribuyen para indicar si la diferencia entre 2 medias de los grupos se puede considerar significativa:

- Cuanto mayor es la diferencia entre las 2 medias, mayor es la probabilidad de que exista una diferencia estadística significativa.
- La cantidad de traslape que existe entre los grupos (es una función de la variación dentro de los grupos). Cuantas más pequeñas son las variaciones que existen entre los 2 grupos, mayor es la probabilidad de que una diferencia estadística significativa exista.
- El tamaño de la muestra es extremadamente importante en la determinación de la significación de la diferencia entre las medias. Aumentando el tamaño de la muestra, las medias tienden a ser más estables y más representativas.

- Un nivel más grande de alfa requiere menos diferencia entre las medias ($\alpha < 0,05$).
- Se debe utilizar una hipótesis con 2 colas.

3.2.5. Tablas de contingencia

Cuando un grupo de n artículos seleccionados al azar se clasifican de acuerdo con 2 criterios diferentes, los resultados pueden tabularse de forma que O_{ij} represente el número de artículos pertenecientes a la celda ij de la tabla $r \times c$. Asimismo estos datos pueden usarse para probar la hipótesis de que las 2 clasificaciones, representadas por renglones y columnas son estadísticamente independientes. Si esta hipótesis es rechazada, las 2 clasificaciones no son independientes y se dice que hay una interacción entre los 2 criterios de clasificación. Se calcula, entonces de la siguiente forma:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Donde:

O_{ij} = número observado en la celda (ij)

$E_{ij} = R_i C_j / n$ = número esperado de la celda (ij)

$R_i = \sum_{j=1}^c O_{ij}$ = número observado en el i ésimo renglón

$C_j = \sum_{i=1}^r O_{ij}$ = número observado en la j ésima columna

El valor de ji-cuadrado, dado por la ecuación anterior tiene grados de libertad dados por la ecuación:

$$v = (r - 1)(c - 1)$$

La hipótesis de independencia se rechaza si:

$$X^2 \geq X^2_{(1-\alpha)[(r-1)(c-1)]}$$

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

4.1. Prismas de compresión

Para los prismas de compresión, se empezó tomando las medidas de los lados cortos, largos y profundidad, para corroborar la estandarización de los mismos en el proceso de fabricación, cada una de las medidas tomadas fueron del largo, alto, ancho y peso que fueron tabuladas en tablas.

Luego se ensayaron los mismos y se tomaron datos de las cargas de fallas longitudinales, transversales y de falla, que también fueron tabuladas. Para las primeras cargas en algunos casos no se obtuvo datos, por lo que se apreciaran sin datos.

Posteriormente, con estos datos se calculó el esfuerzo a compresión f'_m de la mampostería, para esto se necesitó también del factor de corrección en base a las medidas de los prismas.

4.1.1. Vacíos

Los resultados de los prismas de mampostería vacíos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla XVII. **Características físicas de prismas a compresión vacíos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
07-C-001	29,49	39,00	59,00	13,90
07-C-002	29,29	39,00	58,60	13,90
07-C-003	29,16	38,90	58,50	13,90
07-C-004	29,45	38,90	59,50	13,80
07-C-005	29,30	38,80	58,10	14,10
07-C-006	28,91	38,90	58,00	13,90
07-C-007	29,31	39,10	58,50	13,90
07-C-008	29,79	39,00	59,60	13,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 7 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
07-C-001	3 923,86	9 802,62	11 373,10
07-C-002	6 485,60	9 827,09	11 401,49
07-C-003	6 661,84	7 837,74	9 407,16
07-C-004	4 897,27	7 832,83	8 614,70
07-C-005	5 920,12	7 302,27	9 274,07
07-C-006	6 649,82	9 586,60	11 934,14
07-C-007	4 332,21	4 529,99	5 909,70
07-C-008	6 711,10	4 540,14	9 868,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 7 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm ²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm ²)	Esfuerzo último (kg/cm ²)
07-C-001	1,1618	14,13	35,30	40,96
07-C-002	1,1647	23,36	35,39	41,06
07-C-003	1,1640	24,05	28,30	33,97
07-C-004	1,1717	17,81	28,49	31,33
07-C-005	1,1584	21,13	26,06	33,10
07-C-006	1,1619	24,01	34,61	43,09
07-C-007	1,1640	15,56	16,27	21,23
07-C-008	1,1696	24,17	16,35	35,54

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla XX. **Características físicas de prismas a compresión vacíos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
14-C-001	29,65	39,00	58,90	14,00
14-C-002	29,54	39,00	59,10	13,90
14-C-003	30,03	39,10	59,50	14,00
14-C-004	29,52	39,10	58,50	14,00
14-C-005	29,65	39,00	58,90	14,00
14-C-006	29,54	39,00	59,10	13,90
14-C-007	30,03	39,10	59,50	14,00
14-C-008	29,52	39,10	58,50	14,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 14 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
14-C-001	4 687,41	6 065,08	7 446,08
14-C-002	4 148,78	285,20	13 275,43
14-C-003	4 413,80	7 724,97	7 724,97
14-C-004	4 633,38	7 632,61	8 311,87
14-C-005	4 730,47	6 120,80	7 514,48
14-C-006	4 138,14	284,47	13 241,39
14-C-007	4 436,49	7 764,69	7 764,69
14-C-008	4 138,14	284,47	13 241,39

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 14 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm ²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm ²)	Esfuerzo último (kg/cm ²)
14-C-001	1,1618	16,88	21,84	26,82
14-C-002	1,1647	14,94	1,03	47,81
14-C-003	1,1640	15,94	27,89	27,89
14-C-004	1,1717	16,85	27,76	30,23
14-C-005	1,1584	16,88	21,84	26,82
14-C-006	1,1619	14,94	1,03	47,81
14-C-007	1,1640	15,94	27,89	27,89
14-C-008	1,1619	14,94	1,03	47,81

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla XXIII. **Características físicas de prismas a compresión vacíos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
28-C-001	29,23	38,80	59,00	13,85
28-C-002	29,29	39,00	58,60	13,90
28-C-003	29,26	38,90	58,70	13,90
28-C-004	29,16	38,90	58,50	13,90
28-C-005	29,34	39,00	58,70	13,90
28-C-006	28,95	38,90	58,50	13,80
28-C-007	29,19	38,90	58,55	13,90
28-C-008	29,13	38,80	59,00	13,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión vacíos a 28 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
28-C-001	9 790,91	12 462,75	13 647,50
28-C-002	10 416,27	6 844,27	12 976,26
28-C-003	0,00	4 157,23	9 647,45
28-C-004	9 790,91	12 462,75	13 647,50
28-C-005	10 416,27	6 844,27	12 976,26
28-C-006	7 568,83	8 606,38	10 241,84
28-C-007	4 026,59	6 115,89	6 713,34
28-C-008	9 920,63	12 289,37	13 475,49

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión vacíos a 28 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm²)	Esfuerzo último (kg/cm²)
28-C-001	1,1618	35,26	44,88	49,15
28-C-002	1,1647	37,51	24,65	46,73
28-C-003	1,1640	0,00	15,01	34,83
28-C-004	1,1618	35,26	44,88	49,15
28-C-005	1,1647	37,51	24,65	46,73
28-C-006	1,1619	27,33	31,07	36,98
28-C-007	1,1640	14,46	21,97	24,12
28-C-008	1,1696	35,73	44,26	48,53

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Llenos

Los resultados de los prismas de mampostería llenos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla XXVI. **Características físicas de prismas a compresión llenos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
07-C-01	51,94	39,00	59,00	13,90
07-C-02	51,94	39,00	58,60	13,90
07-C-03	50,80	38,90	58,50	13,90
07-C-04	50,58	38,90	59,50	13,80
07-C-05	48,08	38,80	58,10	14,10
07-C-06	49,44	38,90	58,00	13,90
07-C-07	49,90	39,10	58,50	13,90
07-C-08	50,35	39,00	59,60	13,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 7 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
07-C-01	4 535,90	11 340,00	13 154,00
07-C-02	7 484,30	11 340,00	13 154,00
07-C-03	7 711,10	9 071,80	10 886,00
07-C-04	5 669,90	9 071,80	9 979,00
07-C-05	6 803,90	8 391,50	10 659,00
07-C-06	7 711,10	11 113,00	13 835,00
07-C-07	4 989,50	5 216,30	6 803,90
07-C-08	7 711,10	5 216,30	11 340,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 7 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm ²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm ²)	Esfuerzo último (kg/cm ²)
07-C-01	1,1618	9,72	24,29	28,19
07-C-02	1,1647	16,07	24,35	28,26
07-C-03	1,1640	16,55	19,47	23,37
07-C-04	1,1717	12,26	19,60	21,56
07-C-05	1,1584	14,54	17,93	22,77
07-C-06	1,1619	16,52	23,82	29,65
07-C-07	1,1640	10,71	11,20	14,61
07-C-08	1,1696	16,63	11,25	24,46

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla XXIX. **Características físicas de prismas a compresión llenos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
14-C-01	53,52	39,00	58,90	14,00
14-C-02	54,43	39,00	59,10	13,90
14-C-03	50,80	39,10	59,50	14,00
14-C-04	50,12	39,10	58,50	14,00
14-C-05	53,52	39,00	58,90	14,00
14-C-06	54,43	39,00	59,10	13,90
14-C-07	50,80	39,10	59,50	14,00
14-C-08	50,12	39,10	58,50	14,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 14 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
14-C-01	7 711,10	9 979,00	12 247,00
14-C-02	6 803,90	0,00	21 772,00
14-C-03	7 257,50	12 701,00	12 701,00
14-C-04	7 711,10	12 701,00	13 835,00
14-C-05	7 711,10	9 979,00	12 247,00
14-C-06	6 803,90	0,00	21 772,00
14-C-07	7 257,50	12 701,00	12 701,00
14-C-08	7 711,10	12 701,00	13 835,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 14 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm ²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm ²)	Esfuerzo último (kg/cm ²)
14-C-01	1,1640	16,44	21,27	26,11
14-C-02	1,1675	14,55	0,00	46,55
14-C-03	1,1675	15,52	27,16	27,16
14-C-04	1,1619	16,41	27,03	29,43
14-C-05	1,1640	16,44	21,27	26,11
14-C-06	1,1675	14,55	0,00	46,55
14-C-07	1,1675	15,52	27,16	27,16
14-C-08	1,1619	16,41	27,03	29,43

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla XXXII. **Características físicas de prismas a compresión llenos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
28-C-01	51,03	38,80	59,00	13,85
28-C-02	49,22	39,00	58,60	13,90
28-C-03	49,44	38,90	58,70	13,90
28-C-04	48,31	38,90	58,50	13,90
28-C-05	49,90	39,00	58,70	13,90
28-C-06	50,80	38,90	58,50	13,80
28-C-07	48,53	38,90	58,55	13,90
28-C-08	50,80	38,80	59,00	13,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Cargas importantes aplicadas a los prismas de compresión llenos a 28 días**

Prisma #	1era. grieta lateral (kg)	1era. grieta longitudinal (kg)	Carga última (kg)
28-C-01	14 968,47	19 050,78	20 865,14
28-C-02	15 875,65	10 432,57	19 776,52
28-C-03	0,00	6 350,26	14 741,68
28-C-04	6 350,26	9 071,80	10 432,57
28-C-05	3 628,72	3 628,72	9 525,39
28-C-06	11 566,55	13 154,11	15 648,86
28-C-07	6 123,47	9 298,60	10 205,78
28-C-08	15 195,27	18 823,99	20 638,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Esfuerzos importantes en los prismas de compresión llenos a 28 días**

Prisma #	Factor de corrección	Esfuerzo a primera grieta lateral (kg/cm ²)	Esfuerzo a primera grieta longitudinal (kg/cm ²)	Esfuerzo ultimo (kg/cm ²)
28-C-01	1,1640	32,42	41,26	45,19
28-C-02	1,1675	34,49	22,66	42,96
28-C-03	1,1675	0,00	13,80	32,02
28-C-04	1,1619	13,73	19,61	22,55
28-C-05	1,1640	7,86	7,86	20,63
28-C-06	1,1675	25,12	28,57	34,00
28-C-07	1,1675	13,30	20,20	22,17
28-C-08	1,1619	32,85	40,69	44,62

Fuente: elaboración propia.

4.2. Prismas de corte

Para los prismas de corte, se empezó tomando las medidas de los lados cortos, largos, profundidad y diagonal, para corroborar la estandarización de los mismos en el proceso de fabricación, cada una de las medidas tomadas fueron del largo, alto, ancho y peso que fueron tabuladas en tablas. Luego se ensayaron los mismos y se tomaron datos de las cargas y deformaciones hasta la falla, que también fueron tabuladas. Posteriormente con estos datos, se calculó el esfuerzo a corte V'_m de la mampostería.

4.2.1. Vacíos

Los resultados de los prismas de mampostería huecos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla XXXV. **Características físicas de prismas a corte vacíos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
07-Co-001	44,43	59,70	58,50	13,80	82,40
07-Co-002	45,85	59,60	59,60	14,00	82,50
07-Co-003	44,76	59,20	59,00	13,90	82,20
07-Co-004	44,93	59,40	58,60	14,00	82,10
07-Co-006	45,19	60,20	59,00	13,80	82,00
07-Co-005	44,69	59,40	58,50	13,95	82,60
07-Co-007	44,69	59,40	58,50	13,95	81,30
07-Co-008	43,91	59,10	58,40	13,80	82,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 7 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm ²)	Esfuerzo de corte (kg/cm ²)
07-Co-001	2 060,72	582,43	3,54
07-Co-002	2 447,38	591,59	4,14
07-Co-003	2 619,33	585,23	4,48
07-Co-004	2 989,04	588,72	5,08
07-Co-006	2 967,51	579,61	5,12
07-Co-006	3 341,08	590,19	5,66
07-Co-007	3 575,88	580,90	6,16
07-Co-008	3 976,23	581,02	6,84

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla XXXVII. **Características físicas de prismas a corte vacíos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
14-Co-001	44,70	59,50	58,20	14,00	81,40
14-Co-002	45,39	59,60	59,00	14,00	81,60
14-Co-003	45,24	59,30	59,10	14,00	81,50
14-Co-004	44,15	59,30	58,10	13,90	81,00
14-Co-005	44,61	59,20	58,80	13,90	81,50
14-Co-006	44,31	59,00	58,60	13,90	81,40
14-Co-007	45,24	59,40	59,00	14,00	81,80
14-Co-008	43,94	58,70	58,00	14,00	81,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 14 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm ²)	Esfuerzo de corte (kg/cm ²)
14-Co-001	1 956,59	583,70	3,35
14-Co-002	2 040,09	585,14	3,49
14-Co-003	2 328,68	584,42	3,98
14-Co-004	2 577,42	576,69	4,47
14-Co-005	2 923,35	580,25	5,04
14-Co-006	3 463,44	579,53	5,98
14-Co-007	4 006,28	586,57	6,83
14-Co-008	4 656,85	584,42	7,97

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla XXXIX. **Características físicas de prismas a corte vacíos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
28-Co-001	44,29	59,30	58,70	13,80	81,50
28-Co-002	44,61	59,30	58,70	13,90	81,60
28-Co-003	45,23	59,90	58,50	14,00	82,50
28-Co-004	44,66	59,40	59,10	13,80	82,30
28-Co-005	44,91	59,70	58,70	13,90	82,00
28-Co-006	44,44	59,20	59,00	13,80	82,30
28-Co-007	44,43	59,70	58,50	13,80	82,40
28-Co-008	44,43	59,70	58,50	13,80	82,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte vacíos a 28 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm²)	Esfuerzo de corte (kg/cm²)
28-Co-001	1984,61	576,07	3,45
28-Co-002	2529,60	580,96	4,35
28-Co-003	3455,82	591,59	5,84
28-Co-004	3573,98	581,73	6,14
28-Co-005	3598,16	583,81	6,16
28-Co-006	3883,44	581,73	6,68
28-Co-007	4089,51	582,43	7,02
28-Co-008	4710,96	582,43	8,09

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Llenos

Los resultados de los prismas de mampostería llenos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla XLI. **Características físicas de prismas a corte llenos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
07-Co-01	80,27	59,70	58,50	13,80	82,40
07-Co-02	80,27	59,60	59,60	14,00	82,50
07-Co-03	78,23	59,20	59,00	13,90	82,20
07-Co-04	77,55	59,40	58,60	14,00	82,10
07-Co-06	78,00	60,20	59,00	13,80	82,00
07-Co-05	78,00	59,40	58,50	13,95	82,60
07-Co-07	78,00	59,40	58,50	13,95	81,30
07-Co-08	77,78	59,10	58,40	13,80	82,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 7 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm ²)	Esfuerzo de corte (kg/cm ²)
07-Co-01	6 320,93	1 137,12	5,56
07-Co-02	6 320,93	1 155,00	5,47
07-Co-03	4 448,07	1 142,58	3,89
07-Co-04	5 735,66	1 149,40	4,99
07-Co-06	6 789,15	1 131,60	6,00
07-Co-06	7 257,37	1 152,27	6,30
07-Co-07	6 906,21	1 134,14	6,09
07-Co-08	8 193,80	1 134,36	7,22

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla XLIII. **Características físicas de prismas a corte llenos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
14-Co-01	75,96	59,50	58,20	14,00	81,40
14-Co-02	77,32	59,60	59,00	14,00	81,60
14-Co-03	76,87	59,30	59,10	14,00	81,50
14-Co-04	75,96	59,30	58,10	13,90	81,00
14-Co-05	78,00	59,20	58,80	13,90	81,50
14-Co-06	75,28	59,00	58,60	13,90	81,40
14-Co-07	77,55	59,40	59,00	14,00	81,80
14-Co-08	76,19	58,70	58,00	14,00	81,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 14 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm ²)	Esfuerzo de corte (kg/cm ²)
14-Co-01	7 491,48	1 139,60	6,57
14-Co-02	6 789,15	1 142,40	5,94
14-Co-03	6 906,21	1 141,00	6,05
14-Co-04	6 789,15	1 125,90	6,03
14-Co-05	7 257,37	1 132,85	6,41
14-Co-06	7 140,32	1 131,46	6,31
14-Co-07	8 193,80	1 145,20	7,15
14-Co-08	8 310,86	1 141,00	7,28

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla XLV. **Características físicas de prismas a corte llenos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)
28-Co-01	77,32	59,30	58,70	13,80	81,50
28-Co-02	77,78	59,30	58,70	13,90	81,60
28-Co-03	77,32	59,90	58,50	14,00	82,50
28-Co-04	76,64	59,40	59,10	13,80	82,30
28-Co-05	78,00	59,70	58,70	13,90	82,00
28-Co-06	75,74	59,20	59,00	13,80	82,30
28-Co-07	80,27	59,70	58,50	13,80	82,40
28-Co-08	80,27	59,70	58,50	13,80	82,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Cargas y esfuerzos de corte en los prismas de corte llenos a 28 días**

Prisma #	Carga (kg)	Área de corte (cm²)	Esfuerzo de corte (kg/cm²)
28-Co-01	9 598,46	1 124,70	8,53
28-Co-02	11 471,33	1 134,24	10,11
28-Co-03	9 130,24	1 155,00	7,90
28-Co-04	9 130,24	1 135,74	8,04
28-Co-05	9 598,46	1 139,80	8,42
28-Co-06	9 598,46	1 135,74	8,45
28-Co-07	6 320,93	1 137,12	5,56
28-Co-08	6 320,93	1 137,12	5,56

Fuente: elaboración propia.

4.3. Prismas de adherencia

Para los prismas de adherencia, se empezó tomando las medidas de los lados cortos, largos, profundidad, separaciones centrales y espesor del mortero de junta, para corroborar la estandarización de los mismos en el proceso de fabricación, cada una de las medidas tomadas fueron del largo, alto, ancho, separación, espesor y peso que fueron tabuladas en tablas. Luego se ensayaron los mismos y se tomaron datos de las cargas y corrimientos hasta la falla, que también fueron tabuladas. Posteriormente con estos datos se calculó el esfuerzo de adherencia de la mampostería.

4.3.1. Vacíos

Los resultados de los prismas de mampostería vacíos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla XLVII. **Características físicas de prismas de adherencia vacíos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
07-A-01	29,00	14,50	1,50	14,30	1,00	14,50	1,00	15,00	1,00	9,80	9,00
07-A-02	28,69	15,00	1,20	15,50	1,00	15,50	1,00	15,00	1,00	8,10	8,00
07-A-03	28,00	15,80	1,00	15,00	1,00	15,50	0,80	15,50	0,80	7,80	7,60
07-A-04	29,00	15,50	0,80	15,60	1,00	15,50	0,80	15,80	0,80	7,60	7,30
07-A-05	28,40	15,00	1,00	15,50	1,00	15,70	1,00	15,40	1,10	8,00	8,20
07-A-06	29,20	15,50	0,80	15,40	1,00	15,40	1,30	15,60	1,10	8,30	8,40
07-A-07	29,00	15,30	0,90	15,60	1,00	15,30	0,90	15,60	0,90	8,00	8,00
07-A-08	28,20	15,50	0,90	15,20	1,10	15,00	0,70	15,00	0,60	8,20	8,40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 7 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
07-A-01	3	2,00	2,00	0,00	0,00	1,00
07-A-02	4	10,00	7,00	0,00	0,00	4,25
07-A-03	3	3,00	4,00	0,00	0,00	1,75
07-A-04	3	12,00	10,00	0,00	0,00	5,50
07-A-05	3	6,00	0,00	0,00	0,00	1,50
07-A-06	3	7,00	6,00	0,00	0,00	3,25
07-A-07	3	6,00	0,00	0,00	0,00	1,50
07-A-08	3	4,00	2,00	0,00	0,00	1,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 7 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm ²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²)
07-A-01	672,41	58,30	296,16	2,27
07-A-02	1 568,97	61,00	309,88	5,06
07-A-03	1 288,79	61,80	313,94	4,11
07-A-04	1 568,97	62,40	316,99	4,95
07-A-05	896,55	61,60	312,93	2,87
07-A-06	1 232,76	61,90	314,45	3,92
07-A-07	1 344,83	61,80	313,94	4,28
07-A-08	1 568,97	60,70	308,36	5,09

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla L. **Características físicas de prismas de adherencia vacíos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
14-A-01	29,50	15,40	1,40	15,50	1,30	15,80	1,30	15,60	1,10	7,80	7,80
14-A-02	29,40	15,70	1,00	15,40	1,10	15,30	1,00	15,20	1,00	8,10	8,10
14-A-03	28,20	15,70	0,90	14,50	1,00	15,30	0,80	15,20	0,90	8,80	8,50
14-A-04	29,00	15,30	1,30	15,30	1,20	15,50	1,20	15,30	1,10	8,10	8,10
14-A-05	29,40	15,30	1,30	15,60	1,40	15,90	1,40	15,50	1,00	7,90	7,70
14-A-06	29,50	15,80	1,10	15,30	1,00	15,40	1,10	15,10	0,90	8,00	8,20
14-A-07	28,30	15,60	0,80	14,60	1,10	15,20	0,90	15,30	1,00	8,70	8,60
14-A-08	29,10	15,40	1,20	15,20	1,10	15,40	1,30	15,40	1,20	8,00	8,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 14 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
14-A-01	3	3,00	3,00	0,00	0,00	1,50
14-A-02	4	3,50	2,50	0,00	0,00	1,50
14-A-03	4	3,00	3,00	0,00	0,00	1,50
14-A-04	2	6,00	6,00	0,00	0,00	3,00
14-A-05	3	2,50	2,50	0,00	0,00	1,25
14-A-06	4	3,50	2,50	0,00	0,00	1,50
14-A-07	4	3,00	3,00	0,00	0,00	1,50
14-A-08	2	5,50	5,50	0,00	0,00	2,75

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 14 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm ²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²)
14-A-01	1 456,90	62,30	316,48	4,60
14-A-02	1 456,90	61,60	312,93	4,66
14-A-03	1 120,69	60,70	308,36	3,63
14-A-04	784,48	61,40	311,91	2,52
14-A-05	1 456,90	62,30	316,48	4,60
14-A-06	1 400,86	61,60	312,93	4,48
14-A-07	1 232,76	60,70	308,36	4,00
14-A-08	840,52	61,40	311,91	2,69

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla LIII. **Características físicas de prismas de adherencia llenos a vacíos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
28-A-01	28,00	15,30	1,10	15,30	0,90	15,20	0,60	15,20	1,00	8,00	7,90
28-A-02	28,00	15,10	0,60	15,00	0,40	14,60	0,70	15,40	0,90	8,70	8,50
28-A-03	28,60	15,30	0,90	15,00	0,90	15,10	0,80	15,40	0,80	8,60	8,30
28-A-04	28,60	16,10	0,80	14,90	0,90	15,70	0,90	15,00	0,80	7,80	8,10
28-A-05	28,40	14,60	1,10	15,10	0,90	14,80	0,90	15,10	1,10	8,80	8,90
28-A-06	28,40	14,80	0,70	15,80	0,70	15,20	0,80	15,80	0,80	8,50	8,70
28-A-07	28,50	14,70	1,20	15,00	0,80	14,90	1,00	15,00	1,00	8,90	8,80
28-A-08	28,50	14,70	0,80	15,70	0,60	15,30	0,90	15,70	0,70	8,60	8,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia vacíos a 28 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
28-A-01	3	3,50	4,00	0,00	0,00	1,88
28-A-02	3	3,50	3,00	0,00	0,00	1,63
28-A-03	4	4,00	0,50	1,00	0,00	1,38
28-A-04	3	3,00	3,50	0,00	0,00	1,63
28-A-05	3	2,00	1,00	0,00	0,00	0,75
28-A-06	3	3,50	3,00	0,00	0,00	1,63
28-A-07	3	2,50	1,50	0,00	0,00	1,00
28-A-08	3	3,00	2,50	0,00	0,00	1,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla LV. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia vacíos a 28 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm²)
28-A-01	1 008,62	61,00	309,88	3,25
28-A-02	1 120,69	60,10	305,31	3,67
28-A-03	1 232,76	60,80	308,86	3,99
28-A-04	1 120,69	61,70	313,44	3,58
28-A-05	1 064,66	59,60	302,77	3,52
28-A-06	1 232,76	61,60	312,93	3,94
28-A-07	1 064,66	59,60	302,77	3,52
28-A-08	1 232,76	61,40	311,91	3,95

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Llenos

Los resultados de los prismas de mampostería llenos, se presentan a continuación; donde se aprecia la uniformidad de los elementos ensayados tanto en peso como en dimensiones:

- 7 días

Tabla LVI. **Características físicas de prismas de adherencia llenos a 7 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
07-AI-01	N	15,10	0,70	15,20	0,90	14,30	1,00	16,40	0,90	N	N
07-AI-02	49,90	14,70	1,80	15,60	2,00	15,50	1,50	15,20	1,10	8,30	8,50
07-AI-03	49,44	15,30	1,30	16,20	1,20	16,50	0,80	15,50	0,80	7,40	6,90
07-AI-04	49,44	15,80	1,50	16,50	1,30	16,00	1,60	15,50	1,70	6,60	6,50
07-AI-05	49,90	16,00	1,60	14,60	1,50	15,30	0,80	15,50	0,80	8,50	8,30
07-AI-06	49,22	16,20	0,80	15,00	2,00	16,00	1,40	16,00	0,90	7,50	7,40
07-AI-07	50,80	15,50	1,50	15,20	1,20	15,30	1,30	15,20	1,50	8,50	8,50
07-AI-08	49,67	16,30	1,50	15,30	1,40	15,70	1,30	15,70	1,10	8,40	8,20

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 7 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
07-AI-01	N	N	N	N	N	N
07-AI-02	3	3,00	2,00	0,00	0,00	1,25
07-AI-03	3	3,00	2,00	1,00	0,00	1,50
07-AI-04	3	1,00	2,00	0,00	0,00	0,75
07-AI-05	4	5,00	6,00	2,00	0,00	3,25
07-AI-06	2	3,00	1,00	0,00	0,00	1,00
07-AI-07	3	4,00	3,00	0,00	0,00	1,75
07-AI-08	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVIII. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 7 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm ²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²)
07-AI-01	N	61,00	847,90	N
07-AI-02	1 176,72	61,00	847,90	1,39
07-AI-03	1 288,79	63,50	882,65	1,46
07-AI-04	1 232,76	63,80	886,82	1,39
07-AI-05	1 793,10	61,40	853,46	2,10
07-AI-06	1 456,90	63,20	878,48	1,66
07-AI-07	1 568,97	61,20	850,68	1,84
07-AI-08	2 465,52	63,00	875,70	2,82

Fuente: elaboración propia.

- 14 días

Tabla LIX. **Características físicas de prismas de adherencia llenos a 14 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
14-AI-01	49,67	14,30	2,50	15,20	1,70	15,50	1,60	14,50	2,60	9,40	9,20
14-AI-02	48,99	15,60	1,40	15,60	1,70	14,70	1,70	16,70	1,10	7,50	7,00
14-AI-03	56,70	14,80	1,90	15,50	1,70	15,10	1,90	15,10	1,90	8,70	8,40
14-AI-04	49,90	15,00	1,80	15,50	1,70	15,70	1,50	15,80	1,20	7,80	7,50
14-AI-05	50,35	14,70	1,40	15,20	1,30	15,50	1,10	15,20	1,00	8,00	8,10
14-AI-06	50,35	15,60	1,40	15,00	1,60	15,50	1,20	15,30	1,10	9,00	9,00
14-AI-07	49,22	15,20	1,60	15,10	1,60	15,50	1,40	16,00	1,50	8,20	7,70
14-AI-08	50,35	15,50	2,40	15,80	2,00	15,60	1,00	15,90	1,50	8,00	7,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 14 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
14-AI-01	3	3,50	3,50	0,00	0,00	1,75
14-AI-02	3	2,00	4,00	3,00	0,00	2,25
14-AI-03	3	4,00	0,00	0,00	0,00	1,00
14-AI-04	4	5,00	7,00	0,00	0,00	3,00
14-AI-05	2	2,50	6,50	7,50	0,00	4,13
14-AI-06	2	1,00	0,50	0,00	0,00	0,38
14-AI-07	2	2,50	3,50	2,50	0,00	2,13
14-AI-08	3	7,00	7,00	0,00	0,00	3,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 14 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm ²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm ²)
14-AI-01	1512,93	59,50	827,05	1,83
14-AI-02	1512,93	62,60	870,14	1,74
14-AI-03	1400,86	60,50	840,95	1,67
14-AI-04	1400,86	62,00	861,80	1,63
14-AI-05	2801,72	60,60	842,34	3,33
14-AI-06	2129,31	61,40	853,46	2,49
14-AI-07	2129,31	61,80	859,02	2,48
14-AI-08	2017,24	62,80	872,92	2,31

Fuente: elaboración propia.

- 28 días

Tabla LXII. **Características físicas de prismas de adherencia llenos a llenos a 28 días**

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del prisma									
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b arriba (cm)	b abajo (cm)
28-AI-01	49,90	15,50	1,00	15,20	1,00	15,30	1,00	15,80	1,00	7,70	7,70
28-AI-02	50,58	15,50	1,10	16,00	1,30	15,20	1,60	16,00	1,90	7,20	7,20
28-AI-03	49,90	17,00	2,60	16,50	1,50	16,70	1,70	16,20	1,50	5,80	5,50
28-AI-04	50,35	15,70	1,10	14,60	1,20	15,80	2,00	15,30	1,50	8,50	8,10
28-AI-05	49,90	14,50	1,90	15,50	1,70	15,20	1,20	15,60	1,60	8,10	7,50
28-AI-06	49,67	15,70	1,60	15,30	1,70	15,20	1,20	16,20	1,30	8,00	8,00
28-AI-07	48,99	15,50	1,20	15,20	1,10	15,60	1,20	15,50	1,70	7,80	7,70
28-AI-08	50,35	14,60	1,50	14,80	1,50	15,30	1,30	15,00	1,20	8,50	8,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. **Corrimientos importantes aplicados a los prismas de adherencia llenos a 28 días**

Prisma #	Caras falladas	Corrimiento 1 (mm)	Corrimiento 2 (mm)	Corrimiento 3 (mm)	Corrimiento 4 (mm)	Corrimiento promedio (mm)
28-AI-01	3	5,00	4,50	0,00	0,00	2,38
28-AI-02	2	6,50	5,50	0,00	0,00	3,00
28-AI-03	2	4,50	4,50	1,00	0,00	2,50
28-AI-04	2	6,50	7,00	0,00	0,00	3,38
28-AI-05	3	6,50	6,00	0,00	0,00	3,13
28-AI-06	2	8,50	8,50	0,00	0,00	4,25
28-AI-07	2	1,50	3,00	0,00	0,00	1,13
28-AI-08	2	5,50	5,00	0,00	0,00	2,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Área de contacto y esfuerzo final de adherencia en los prismas de adherencia llenos a 28 días**

Prisma #	Carga (kg)	Largo de contacto (cm)	Área de contacto (cm²)	Esfuerzo de adherencia (kg/cm²)
28-AI-01	1 849,14	61,80	859,02	2,15
28-AI-02	1 961,21	62,70	871,53	2,25
28-AI-03	1 737,07	66,40	922,96	1,88
28-AI-04	1 568,97	61,40	853,46	1,84
28-AI-05	1 625,00	60,80	845,12	1,92
28-AI-06	1 905,17	62,40	867,36	2,20
28-AI-07	1 456,90	61,80	859,02	1,70
28-AI-08	2 017,24	59,70	829,83	2,43

Fuente: elaboración propia.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Cálculo de la muestra

El cálculo del número de elementos que componen una muestra extraída de una población, es necesaria para que los datos obtenidos sean representativos de la población, a continuación se presenta el cálculo para los ensayos realizados.

5.1.1. Muestra total

Para este caso, se utilizó la fórmula para cálculo de muestras infinitas y con variables cuantitativas, dado la inmensa población de la producción de bloques y dado que las variables a estudiar son numéricas, se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{z^2 pq}{d^2}$$
$$N = \frac{(1,96^2) * 0,5 * 0,5}{0,1^2}$$
$$N = 96,04$$

Este valor es el mínimo que se puede utilizar para el estudio, por lo que se tomó un valor de 144, prismas.

5.1.2. Muestra individual

Ya teniendo la muestra total se procedió a sacar la muestra de cada uno de los tipos de ensayos a realizar, considerando una muestra finita con variables cuantitativas, siguiendo la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Nzpq}{Nd^2 + z^2pq}$$
$$n = \frac{144 * 1,96 * 0,5 * 0,5}{144 * (0,1^2) + (1,96^2) * 0,5 * 0,5}$$
$$n = 6,43$$

Para cada uno de las tres clases de prismas y para cada edad se deberá de utilizar por lo menos 7 prismas, en este estudio se utilizaran para cada caso un número de 8 elementos.

5.2. Prismas de compresión

En esta sección se muestran los cálculos estadísticos realizados para los prismas de compresión, en la mayoría de los casos se realiza el cálculo para solo un día y se presenta un resumen completo de todos los parámetros de interés.

- Media: la media se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{24,26 + 24,26 + 20,08 + 18,40 + 19,66 + 25,52 + 12,55 + 20,91}{8}$$

$$\bar{x} = 20,71$$

- Mediana: la mediana se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

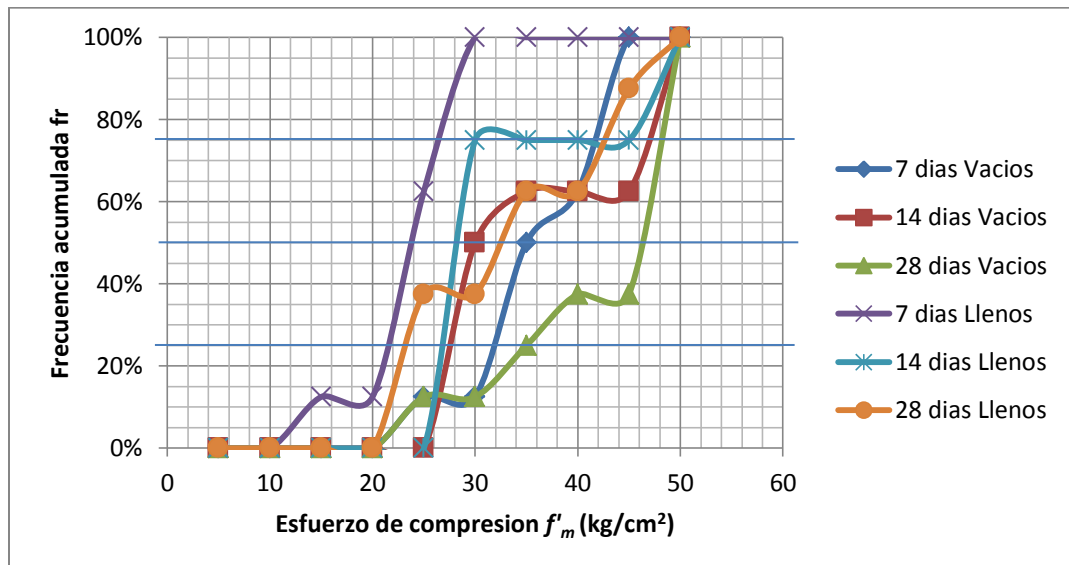
$$\bar{x} = \frac{\frac{x_{n+1}}{2} + \frac{x_{n+1}}{2}}{2}$$

$$\bar{x} = \frac{33,97 + 35,54}{2}$$

$$\bar{x} = 34,75$$

- Percentiles y cuartiles

Figura 40. Gráfica frecuencia acumulada versus f'_m

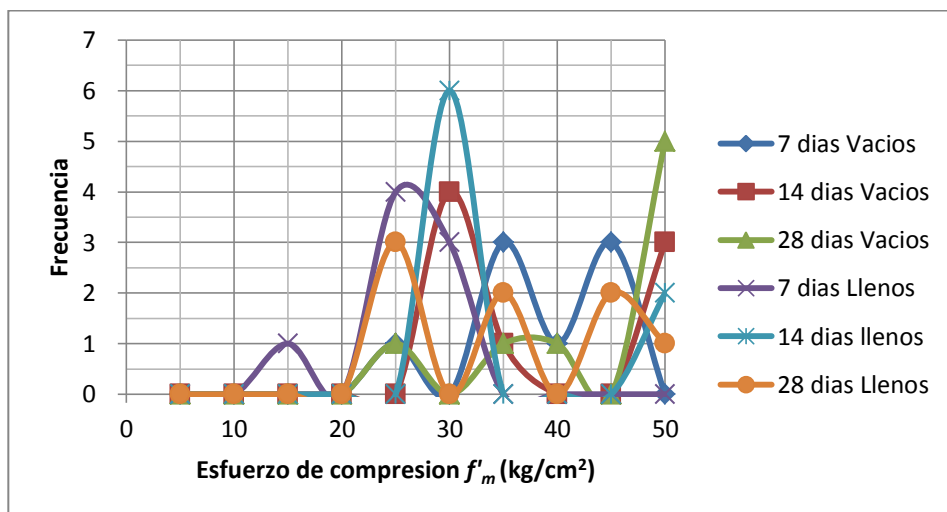


Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se observa la similitud de comportamiento entre los prismas de un mismo tipo, haciéndose más evidente en las mismas edades. Por otro lado se observa que ninguno de los días muestra una uniformidad total. Donde las líneas de color azul cortan cada gráfica se marca e percentil respectivo a su porcentaje.

- Histogramas

Figura 41. Gráfica frecuencia versus f'_m



Fuente: elaboración propia.

Las gráficas permiten ver el comportamiento parecido tanto para los prismas llenos de *grout* como para los huecos, observándose predominantemente una tendencia normal.

- Moda

Tabla LXV. Modas para f'_m de los prismas de compresión

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	21,23	26,82	24,12	14,61	26,11	20,63
2	31,33	26,82	34,83	21,56	26,11	22,17
3	33,10	27,89	36,98	22,77	27,16	22,55
4	33,97	27,89	46,73	23,37	27,16	32,02
5	35,54	30,23	46,73	24,46	29,43	34,00
6	40,96	47,81	48,53	28,19	29,43	42,96
7	41,06	47,81	49,15	28,26	46,55	44,62
8	43,09	47,81	49,15	29,65	46,55	45,19
Moda	N	47,81	49,15	N	26,11	N

Fuente: elaboración propia.

- Rango

Tabla LXVI. Rangos para f'_m de los prismas de compresión

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	21,23	26,82	24,12	14,61	26,11	20,63
2	31,33	26,82	34,83	21,56	26,11	22,17
3	33,10	27,89	36,98	22,77	27,16	22,55
4	33,97	27,89	46,73	23,37	27,16	32,02
5	35,54	30,23	46,73	24,46	29,43	34,00
6	40,96	47,81	48,53	28,19	29,43	42,96
7	41,06	47,81	49,15	28,26	46,55	44,62
8	43,09	47,81	49,15	29,65	46,55	45,19
Rango	21,86	20,99	25,03	15,04	20,44	24,56

Fuente: elaboración propia.

- Varianza: la varianza se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

s^2

$$= \frac{(21,23 - 35,03)^2 + (31,33 - 35,03)^2 + (33,10 - 35,03)^2 + (33,97 - 35,03)^2 + (35,54 - 35,03)^2 + (40,96 - 35,04)^2 + (41,06 - 35,03)^2 + (43,09 - 35,03)^2}{8 - 1}$$

$$s^2 = 49,40$$

- Desviación estándar: la desviación estándar se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{49,40}$$

$$s = 7,03$$

- Coeficiente de variación: el coeficiente de variación se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

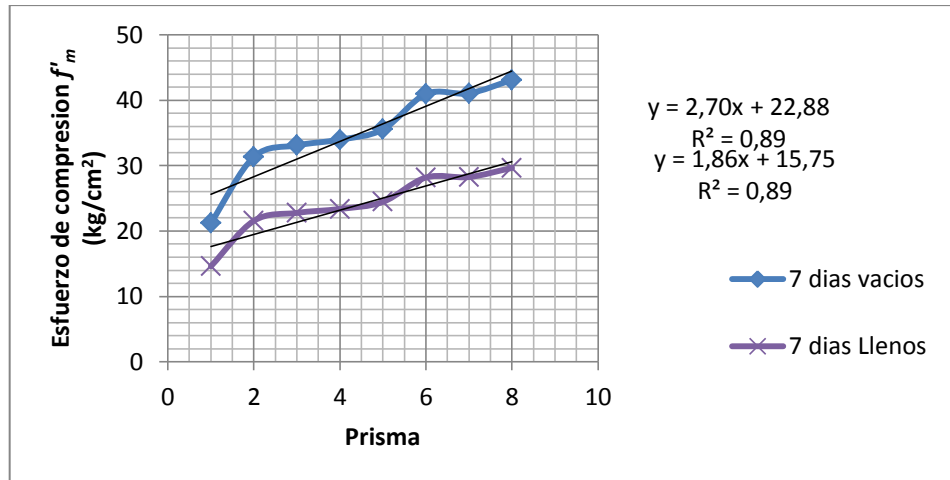
$$C.V = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$C.V = \frac{7,03}{35,03}$$

$$C.V = 0,20$$

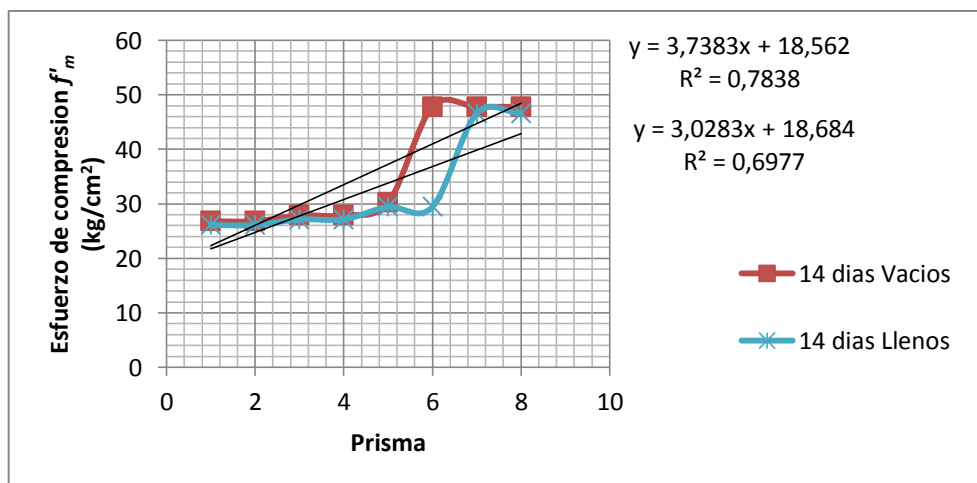
- Correlación de Pearson

Figura 42. **Correlación en prismas de compresión a 7 días**



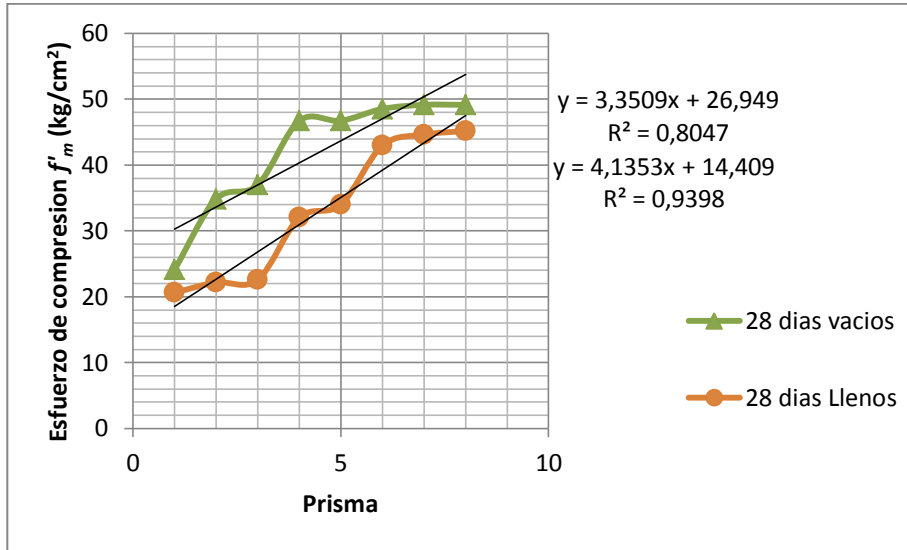
Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Correlación en prismas de compresión a 14 días**



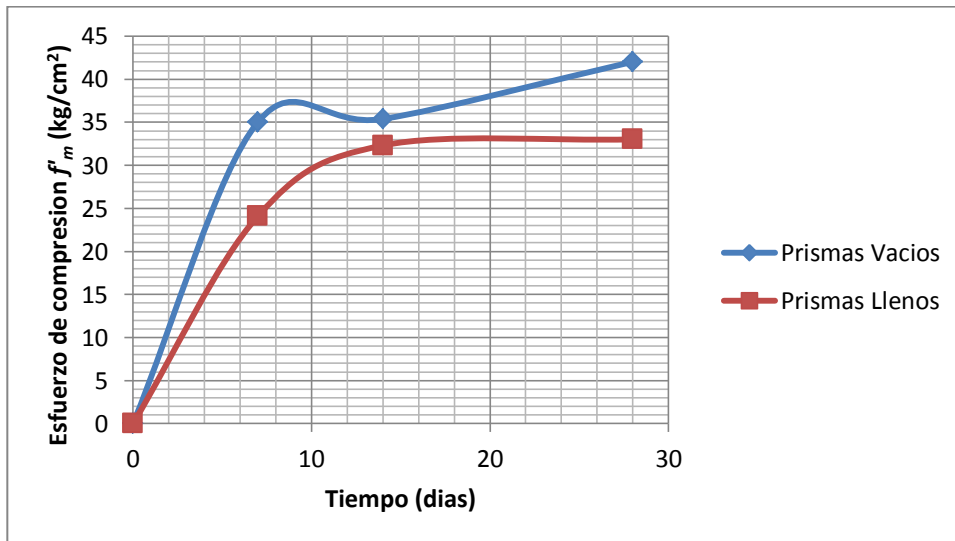
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Correlación en prismas de compresión a 28 días**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Correlación general de los prismas de compresión**



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos permiten observar la correlación existente entre los prismas llenos y huecos con *grout*, marcando la pérdida de resistencia entre 10 y 30 por ciento en los prismas llenos con respecto a los huecos, además de:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, mostrando $\frac{3}{4}$ de la resistencia máxima en los prismas llenos y $\frac{5}{6}$ para los prismas vacíos. Con lo cual se establece su resiliencia de 24,11 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas llenos y de 35,03 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.
- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Incrementando su resistencia en una mayor proporción en los prismas llenos que en los vacíos, en los 14 días, en los prismas vacíos hasta 35,38 kilogramos por centímetro cuadrado y en los llenos hasta 32,31 kilogramos por centímetro cuadrado.
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 33,02 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas llenos y de 42,03 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.
- Asimismo se observa que la mampostería llena es menos frágil que la mampostería vacía, permitiéndole a la mampostería vacía un aviso al momento de fallar, mientras que la mampostería llena lo hace de manera más súbita.

- En cuanto a las fallas se observan fallas laterales y de cono en los prismas vacíos, mientras que en los prismas llenos se observa fallas laterales por la separación de la cáscara producidas por el *grout* de llenado y en otros casos tienden a aplastarse.
- Para una visión más amplia de los resultados consultar el anexo 1 y apéndice 1.
- Resumen: a continuación se presenta un resumen de los parámetros calculados.

Tabla LXVII. **Resumen estadístico de los prismas a compresión**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	21,23	26,82	24,12	14,61	26,11	20,63
2	31,33	26,82	34,83	21,56	26,11	22,17
3	33,10	27,89	36,98	22,77	27,16	22,55
4	33,97	27,89	46,73	23,37	27,16	32,02
5	35,54	30,23	46,73	24,46	29,43	34,00
6	40,96	47,81	48,53	28,19	29,43	42,96
7	41,06	47,81	49,15	28,26	46,55	44,62
8	43,09	47,81	49,15	29,65	46,55	45,19
Media	35,03	35,38	42,03	24,11	32,31	33,02
Mediana	34,75	29,06	46,73	23,91	28,29	33,01
Moda	N	47,81	49,15	N	26,11	N
Rango	21,86	20,99	25,03	15,04	20,44	24,56
Varianza	49.40	106.98	83.72	23.39	78.87	109.18
Desviación Estándar	7.03	10.34	9.15	4.84	8.88	10.45
Coficiente de Variación	20%	29%	22%	20%	27%	32%

Fuente: elaboración propia.

5.2.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realizara de acuerdo a la suposición de que la media de las resistencias a los 28 días llenos es mayor o menor que la de los prismas huecos. También que las varianzas poblacionales son iguales ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$), debido a que los bloques son del mismo tipo. Con estas se presentan las dos hipótesis siguientes:

$$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

Se procedió a calcular los valores de t críticos para el caso y compararlo con el valor obtenido de las tablas de la distribución de t de *Student* con ciertos grados de libertad (v) como se presenta a continuación:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$
$$s^2 = \frac{(8 - 1) * 83,72 + (8 - 1) * 109,18}{(8 + 8 - 2)}$$
$$s^2 = 96,45$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}$$
$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{96,45}{8} + \frac{96,45}{8}$$
$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = 24.11$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

$$t = \frac{42,03 - 33,02}{24,11}$$

$$t = 0,3737$$

Se comparara con los valores de prueba:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 8 + 8 - 2$$

$$v = 14$$

$$t = \pm t_{(1-\alpha/2)(v)}$$

$$t = \pm t_{(1-0,05/2)(14)}$$

$$t = \pm 2,145$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis de que la resistencia a compresión de los prismas huecos es igual o mayor a la resistencia a compresión de los prismas llenos con *grout* y se descarta la hipótesis alternativa.

5.2.2. Tablas de contingencia

Las tablas de contingencia se realizaron de acuerdo a la separación de las muestras entre huecas y llenas con *grout*, asimismo se separaron de acuerdo a si su resistencia era mayor o menor al promedio de los datos, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla LXVIII. **Tabla de contingencia de los prismas a compresión**

Clasificación	Vacíos	Llenos	
Arriba	5	4	9
Abajo	3	4	7
Total	8	8	16

Fuente: elaboración propia.

El valor de prueba de la tabla se saca de la siguiente forma:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{k}$$

$$n = a + b + c + d$$

$$n = 5 + 4 + 3 + 4$$

$$n = 16$$

$$k = (a + b)(c + d)(a + c)(b + d)$$

$$k = (5 + 4)(3 + 4)(5 + 3)(4 + 4)$$

$$k = 4032$$

$$\chi^2 = \frac{16((5 * 4) - (4 * 3))^2}{4032}$$

$$\chi^2 = 0$$

5.3. Prismas de corte

En esta sección, se muestran los cálculos estadísticos realizados para los prismas a corte, en la mayoría de los casos se realiza el cálculo para solo un día y se presenta un resumen completo de todos los parámetros de interés.

- Media: la media se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{3,89 + 4,99 + 5,47 + 5,56 + 6,00 + 6,09 + 6,30 + 7,22}{8}$$

$$\bar{x} = 5,69$$

- Mediana: la mediana se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

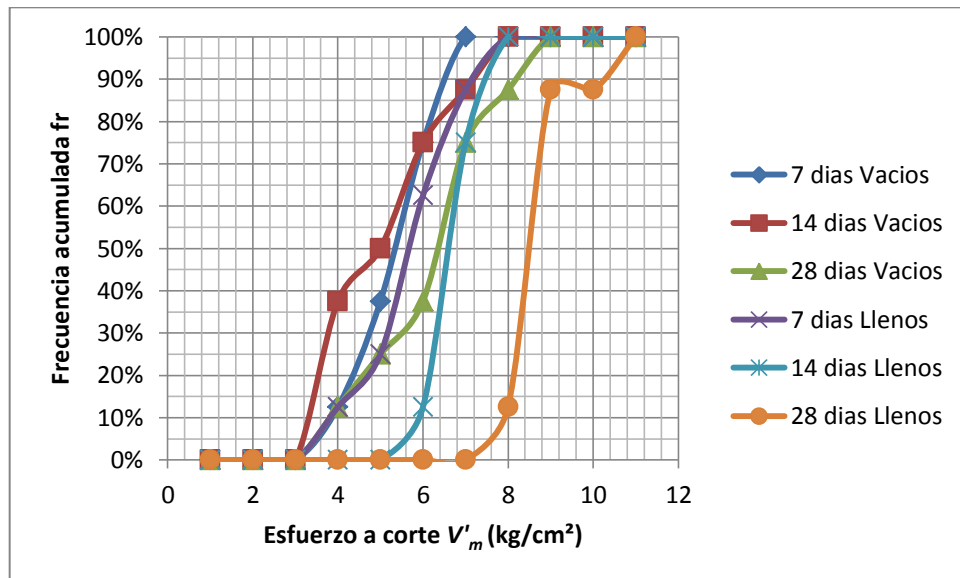
$$\bar{x} = \frac{\frac{X_{n+1}}{2} + \frac{X_{n+1}}{2}}{2}$$

$$\bar{x} = \frac{5,56 + 6,00}{2}$$

$$\bar{x} = 5,78$$

- Percentiles y cuartiles

Figura 46. Gráfica frecuencia acumulada versus v'_m

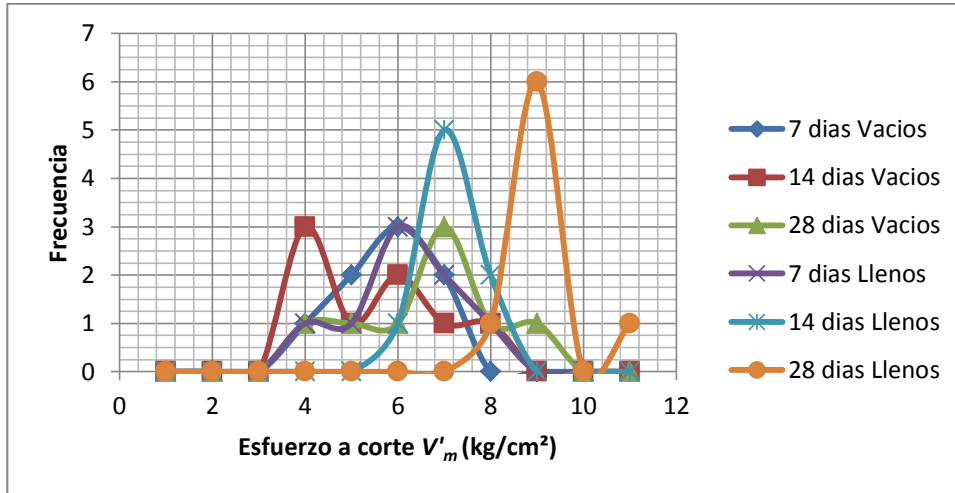


Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se observa la similitud de comportamiento entre los prismas de un mismo tipo, haciéndose más evidente en las mismas edades. Al mismo tiempo se observan la uniformidad de los prismas ensayados a los 7 días huecos y en los prismas a 14 días llenos.

- Histogramas: las gráficas permiten ver el comportamiento parecido tanto para los prismas llenos de *grout* como para los huecos, observándose predominantemente una tendencia normal.

Figura 47. Gráfica frecuencia versus v'_m



Fuente: elaboración propia.

- Moda

Tabla LXIX. Modas para v'_m de los prismas de corte

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	3,54	3,35	3,45	3,89	5,94	7,90
2	4,14	3,49	4,35	4,99	6,03	8,04
3	4,48	3,98	5,84	5,47	6,05	8,42
4	5,08	4,47	6,14	5,56	6,31	8,45
5	5,12	5,04	6,16	6,00	6,40	8,45
6	5,66	5,98	6,68	6,09	6,57	8,53
7	6,16	6,83	7,02	6,30	7,15	8,53
8	6,84	7,97	8,09	7,22	7,28	10,11
Moda	N	N	N	N	N	8,45

Fuente: elaboración propia.

- Rango

Tabla LXX. Rangos para v'_m de los prismas de corte

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	3,54	3,35	3,45	3,89	5,94	7,90
2	4,14	3,49	4,35	4,99	6,03	8,04
3	4,48	3,98	5,84	5,47	6,05	8,42
4	5,08	4,47	6,14	5,56	6,31	8,45
5	5,12	5,04	6,16	6,00	6,40	8,45
6	5,66	5,98	6,68	6,09	6,57	8,53
7	6,16	6,83	7,02	6,30	7,15	8,53
8	6,84	7,97	8,09	7,22	7,28	10,11
Rango	3,31	4,62	4,64	3,33	1,34	2,21

Fuente: elaboración propia.

- Varianza: la varianza se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{(3,89 - 5,69)^2 + (4,99 - 5,69)^2 + (5,47 - 5,69)^2 + (5,56 - 5,69)^2 + (6,00 - 5,69)^2 + (6,09 - 5,69)^2 + (6,30 - 5,69)^2 + (7,22 - 5,69)^2}{8 - 1}$$

$$s^2 = 0,97$$

- Desviación estándar: la desviación estándar se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{0,97}$$

$$s = 0,98$$

- Coeficiente de variación: el coeficiente de variación se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

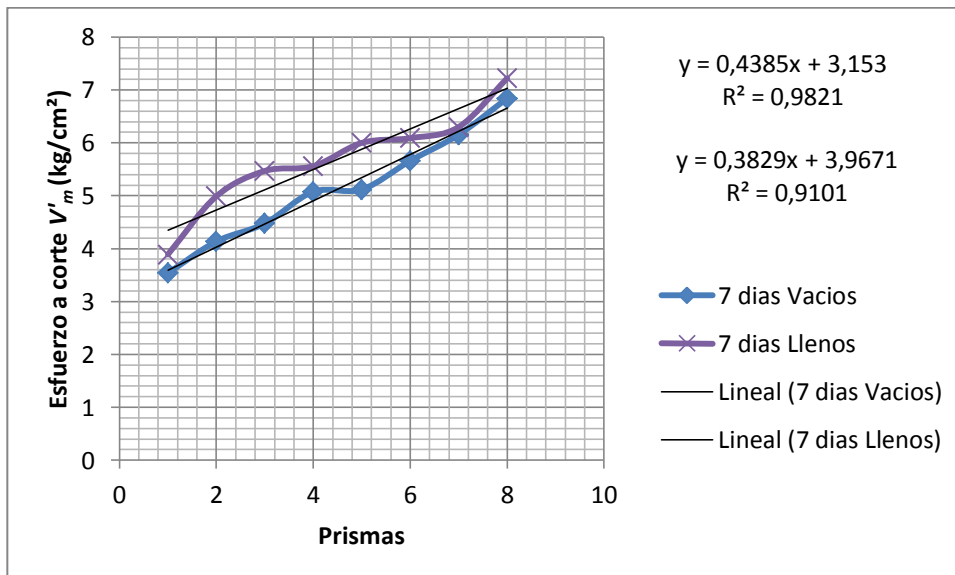
$$C.V = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$C.V = \frac{0,98}{5,69}$$

$$C.V = 0,1$$

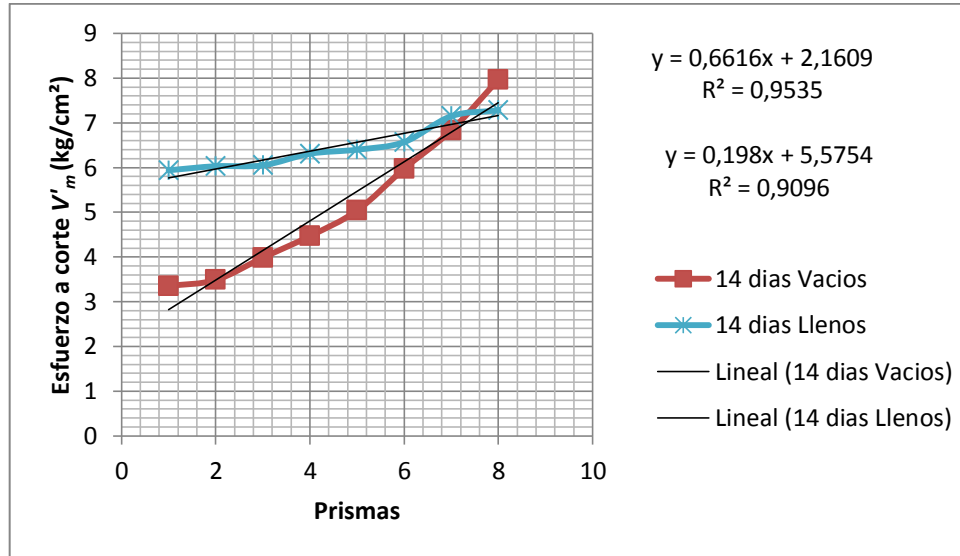
- Correlación de Pearson

Figura 48. **Correlación en prismas de corte a 7 días**



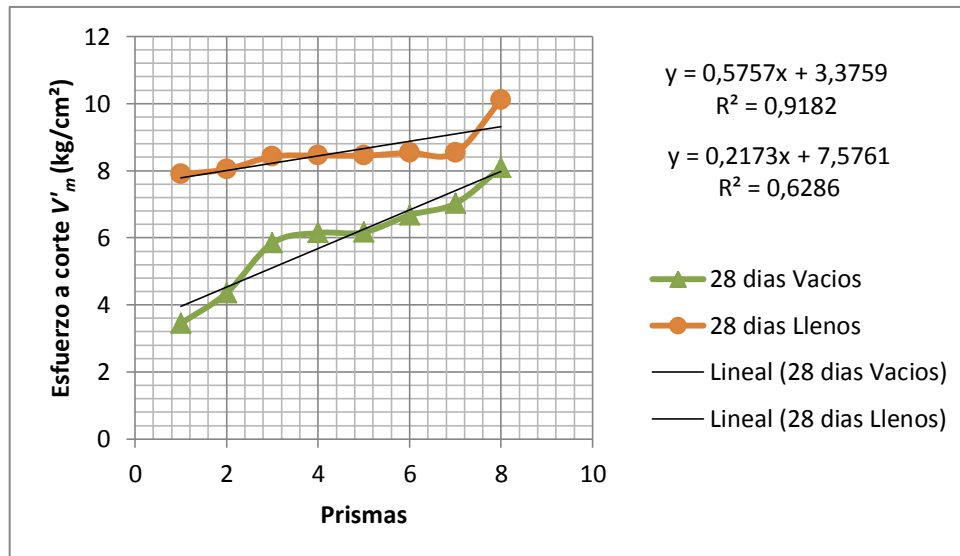
Fuente: elaboración propia.

Figura 49. **Correlación en prismas de corte a 14 días**



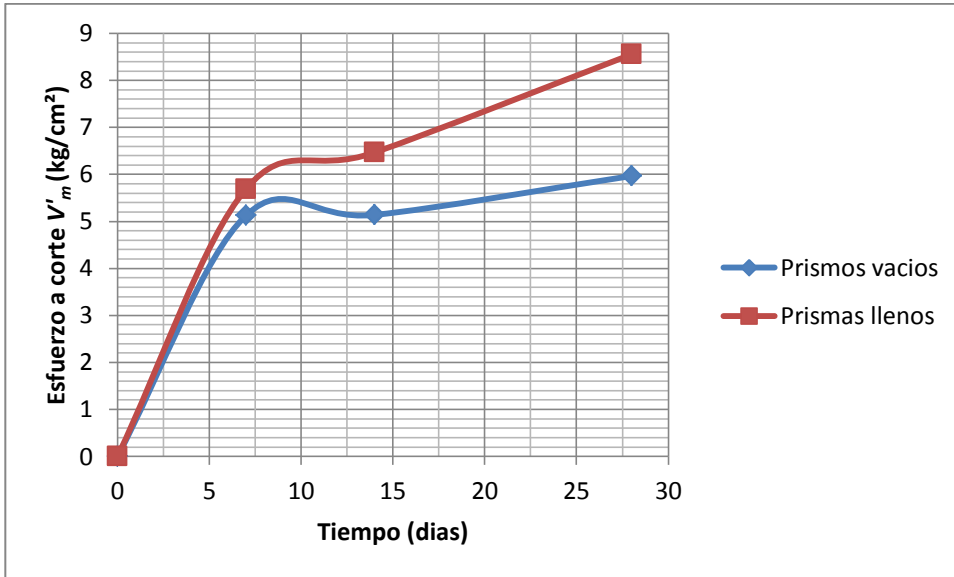
Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Correlación en prismas de corte a 28 días**



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Correlación general de los prismas de corte



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos permiten observar la correlación existente entre los prismas llenos y huecos con *grout*, marcando la pérdida de resistencia entre 10 y 30 por ciento en los prismas huecos con respecto a los llenos. Además se observa que:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, mostrando 5/6 de la resistencia máxima en los prismas llenos y 2/3 para los prismas vacíos. Con lo cual se establece su resistencia de 5,12 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas llenos y de 5,69 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.

- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Incrementando su resistencia en una mayor proporción en los prismas llenos que en los vacíos, en los 14 días, en los prismas vacíos hasta 35,38 kilogramos por centímetro cuadrado y en los llenos hasta 32,31 kilogramos por centímetro cuadrado.
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 6,43 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas llenos y de 5,13 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos, debidos mayormente a la integración y aporte del *grout*, consolidándolo como un sistema.
- Asimismo se observa que la mampostería llena es menos frágil que la mampostería vacía, permitiéndole a la mampostería vacía un aviso al momento de fallar, mientras que la mampostería llena lo hace de manera más súbita.
- En cuanto a las fallas se observan fallas por aplastamiento y por corte tanto posibilidad 1 y 2, mientras que en los prismas llenos se observa fallas por tensión en unidades y mortero. Esto es debido a que en los prismas vacíos la falla recorre los puntos más débiles del sistema, mientras que en los llenos recorre diagonalmente todo el prisma por el aporte del *grout* al sistema.
- Para una visión más amplia de los resultados consultar el anexo 1 y apéndice 1.

- Resumen: a continuación se presenta un resumen de los parámetros calculados.

Tabla LXXI. **Resumen estadístico de los prismas a corte**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	3,54	3,35	3,45	3,89	5,94	7,90
2	4,14	3,49	4,35	4,99	6,03	8,04
3	4,48	3,98	5,84	5,47	6,05	8,42
4	5,08	4,47	6,14	5,56	6,31	8,45
5	5,12	5,04	6,16	6,00	6,40	8,45
6	5,66	5,98	6,68	6,09	6,57	8,53
7	6,16	6,83	7,02	6,30	7,15	8,53
8	6,84	7,97	8,09	7,22	7,28	10,11
Media	5,13	5,14	5,97	5,69	6,47	8,55
Mediana	5,10	4,75	6,15	5,78	6,36	8,45
Moda	N	N	N	N	N	8,45
Rango	3,31	4,62	4,64	3,33	1,34	2,21
Varianza	1,17	2,75	2,17	0,97	0,26	0,45
Desviación Estándar	1,08	1,66	1,47	0,98	0,51	0,67
Coefficiente de Variación	21%	32%	25%	17%	8%	8%

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realizara de acuerdo a la suposición de que la media de las resistencias a los 28 días llenos es mayor o menor que la de los prismas huecos. También que las varianzas poblacionales son iguales ($\sigma_1^2 =$

σ_2^2), debido a que los bloques son del mismo tipo. Con estas se presentan las dos hipótesis siguientes:

$$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

Se procedió a calcular los valores de t críticos para el caso y compararlo con el valor obtenido de las tablas de la distribución de t de *Student* con ciertos grados de libertad (v) como se presenta a continuación:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$s^2 = \frac{(8 - 1) * 2,17 + (8 - 1) * 0,45}{(8 + 8 - 2)}$$

$$s^2 = 1,31$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{1,31}{8} + \frac{1,31}{8}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = 0,3275$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

$$t = \frac{5,97 - 8,55}{0,3275}$$

$$t = -7,8778$$

Se comparara con los valores de prueba:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 8 + 8 - 2$$

$$v = 14$$

$$t = \pm t_{(1-\alpha/2)(v)}$$

$$t = \pm t_{(1-0,05/2)(14)}$$

$$t = \pm 2,145$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis de que la resistencia de los prismas huecos es igual o mayor a la resistencia de los prismas llenos y se acepta la hipótesis alternativa de que la resistencia a cortante de los prismas llenos con *grout* es mayor que la resistencia a cortante de los prismas huecos.

5.3.2. Tablas de contingencia

Las tablas de contingencia se realizaron de acuerdo a la separación de las muestras entre huecas y llenas con *grout*, así mismo se separaron de acuerdo a si su resistencia era mayor o menor al promedio de los datos, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla LXXII. **Tabla de contingencia de los prismas a compresión**

Clasificación	Vacíos	Llenos	
Arriba	5	1	6
Abajo	3	7	10
Total	8	8	16

Fuente: elaboración propia.

El valor de prueba de la tabla se saca de la siguiente forma:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{k}$$

$$n = a + b + c + d$$

$$n = 5 + 1 + 3 + 7$$

$$n = 16$$

$$k = (a + b)(c + d)(a + c)(b + d)$$

$$k = (5 + 1)(3 + 7)(5 + 3)(1 + 7)$$

$$k = 3840$$

$$\chi^2 = \frac{16((5 * 7) - (1 * 3))^2}{3840}$$

$$\chi^2 = 4,2666$$

5.4. Prismas de adherencia

En esta sección se muestran los cálculos estadísticos realizados para los prismas de adherencia, en la mayoría de los casos se realiza el cálculo para solo un día y se presenta un resumen completo de todos los parámetros de interés.

- Media: la media se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{1,00 + 1,50 + 1,50 + 1,50 + 1,50 + 1,75 + 3,25 + 4,25 + 5,50}{8}$$

$$\bar{x} = 2,53$$

- Mediana: la mediana se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días:

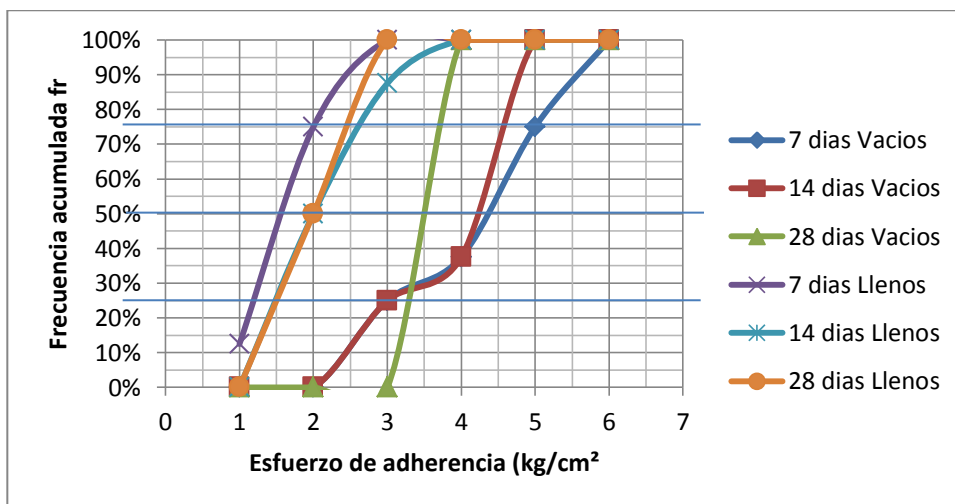
$$\bar{x} = \frac{x_{n+1} + x_{n+1}}{2}$$

$$\bar{x} = \frac{1,50 + 1,75}{2}$$

$$\bar{x} = 1,63$$

- Percentiles y cuartiles

Figura 52. Gráfica frecuencia versus esfuerzo de adherencia

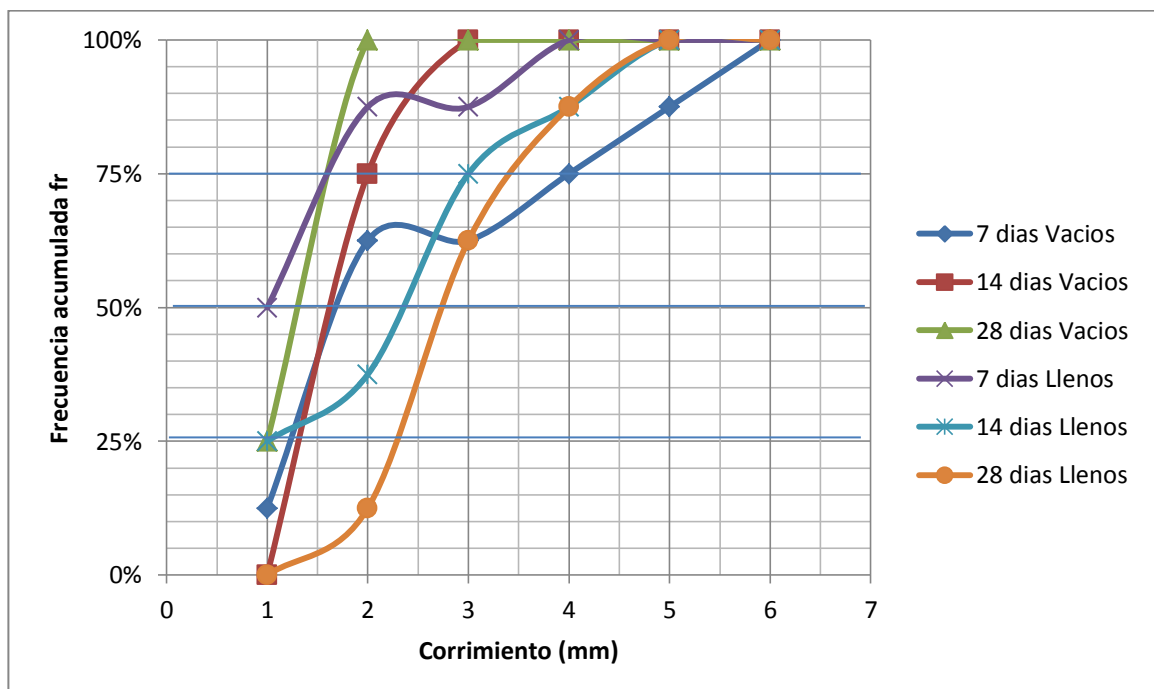


Fuente: elaboración propia.

En la gráfica se observa la similitud de comportamiento entre los prismas de un mismo tipo, haciéndose más evidente en las mismas edades. Al mismo tiempo se observan la uniformidad de la mayoría de prismas a excepción de los prismas a 7 y 14 días huecos.

En la siguiente gráfica se observa la similitud de comportamiento entre los prismas de un mismo tipo, haciéndose más evidente en las mismas edades. Al mismo tiempo se observan la uniformidad de la mayoría de prismas a excepción de los prismas a 7 días tanto llenos como huecos.

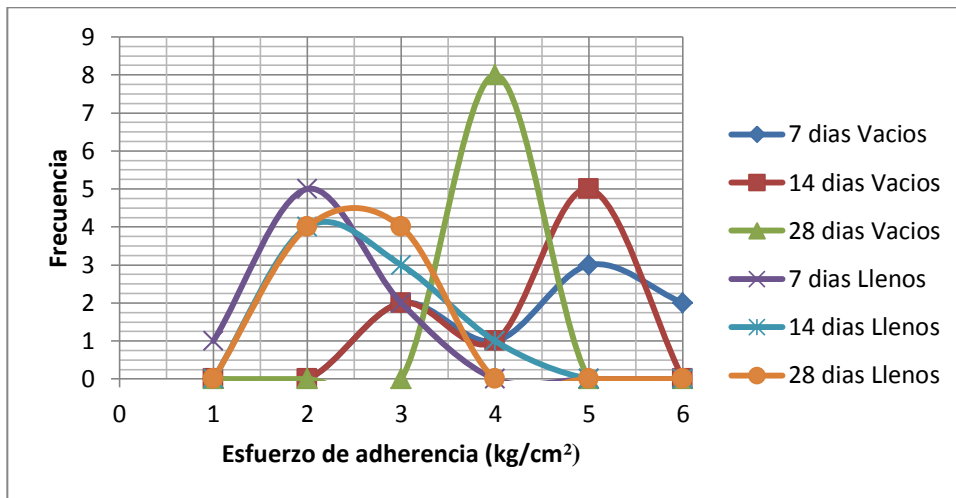
Figura 53. **Gráfica frecuencia versus corrimiento**



Fuente: elaboración propia.

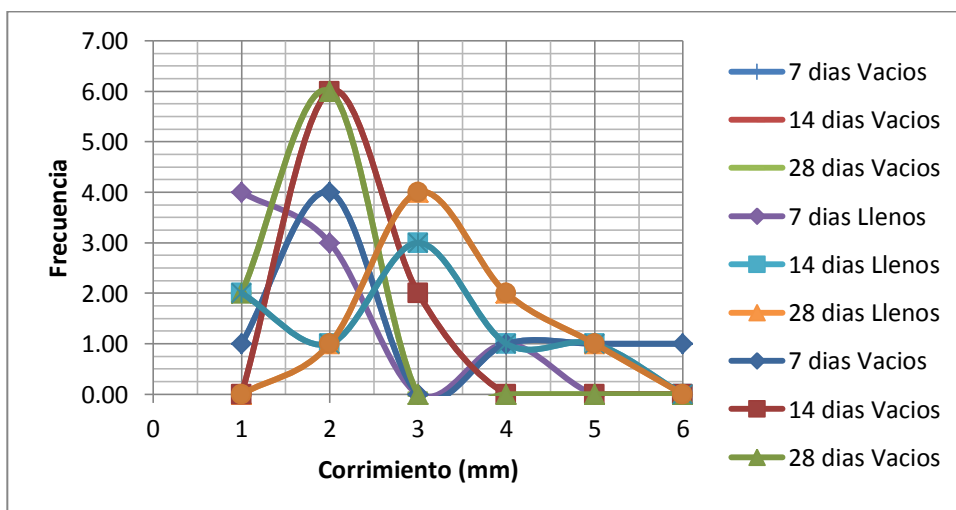
- Histogramas

Figura 54. **Grafica frecuencia acumulada versus esfuerzo de adherencia**



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Grafica frecuencia acumulada versus corrimiento**



Fuente: elaboración propia.

- Moda

Tabla LXXIII. **Modas para el esfuerzo de adherencia de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	2,27	2,52	3,25	0,00	1,63	1,70
2	2,87	2,69	3,52	1,39	1,67	1,84
3	3,92	3,63	3,52	1,39	1,74	1,88
4	4,11	4,00	3,58	1,46	1,83	1,92
5	4,28	4,48	3,67	1,66	2,31	2,15
6	4,95	4,60	3,94	1,84	2,48	2,20
7	5,06	4,60	3,95	2,10	2,49	2,25
8	5,09	4,66	3,99	2,82	3,33	2,43
Moda	N	4,60	3,52	1,39	N	N

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Modas para el corrimiento de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	1,00	1,25	0,75	0,00	0,38	1,13
2	1,50	1,50	1,00	0,00	1,00	2,38
3	1,50	1,50	1,38	0,75	1,75	2,50
4	1,50	1,50	1,38	1,00	2,13	2,63
5	1,75	1,50	1,63	1,25	2,25	3,00
6	3,25	1,50	1,63	1,50	3,00	3,13
7	4,25	2,75	1,63	1,75	3,50	3,38
8	5,50	3,00	1,88	3,25	4,13	4,25
Moda	1,50	1,50	1,63	0,00	N	N

Fuente: elaboración propia.

- Rango

Tabla LXXV. **Rangos para el esfuerzo de adherencia de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	2,27	2,52	3,25	0,00	1,63	1,70
2	2,87	2,69	3,52	1,39	1,67	1,84
3	3,92	3,63	3,52	1,39	1,74	1,88
4	4,11	4,00	3,58	1,46	1,83	1,92
5	4,28	4,48	3,67	1,66	2,31	2,15
6	4,95	4,60	3,94	1,84	2,48	2,20
7	5,06	4,60	3,95	2,10	2,49	2,25
8	5,09	4,66	3,99	2,82	3,33	2,43
Rango	2,82	2,14	0,74	2,82	1,70	0,73

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Rangos para el corrimiento de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	1,00	1,25	0,75	0,00	0,38	1,13
2	1,50	1,50	1,00	0,00	1,00	2,38
3	1,50	1,50	1,38	0,75	1,75	2,50
4	1,50	1,50	1,38	1,00	2,13	2,63
5	1,75	1,50	1,63	1,25	2,25	3,00
6	3,25	1,50	1,63	1,50	3,00	3,13
7	4,25	2,75	1,63	1,75	3,50	3,38
8	5,50	3,00	1,88	3,25	4,13	4,25
Rango	4,50	1,75	1,13	3,25	3,75	3,13

Fuente: elaboración propia.

- Varianza: la varianza se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$s^2 = \frac{(1,00 - 2,53)^2 + (1,50 - 2,53)^2 + (1,50 - 2,53)^2 + (1,50 - 2,53)^2 + (1,75 - 2,53)^2 + (3,25 - 2,53)^2 + (4,25 - 2,53)^2 + (5,50 - 2,53)^2}{8 - 1}$$

$$s^2 = 2,63$$

- Desviación estándar: la desviación estándar se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

$$s = \sqrt{s^2}$$

$$s = \sqrt{2,63}$$

$$s = 1,62$$

- Coeficiente de variación: el coeficiente de variación se calculó para cada uno de los días ensayados, a continuación se mostrara el procedimiento de cálculo para uno de los días.

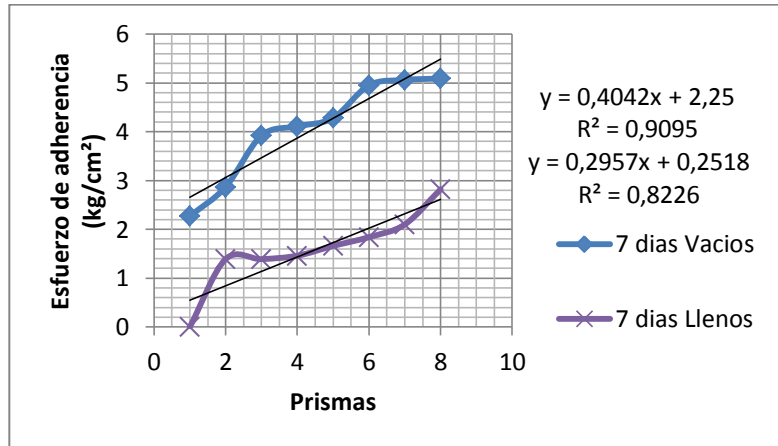
$$C.V = \frac{s}{\bar{x}}$$

$$C.V = \frac{1,62}{2,53}$$

$$C.V = 0,64$$

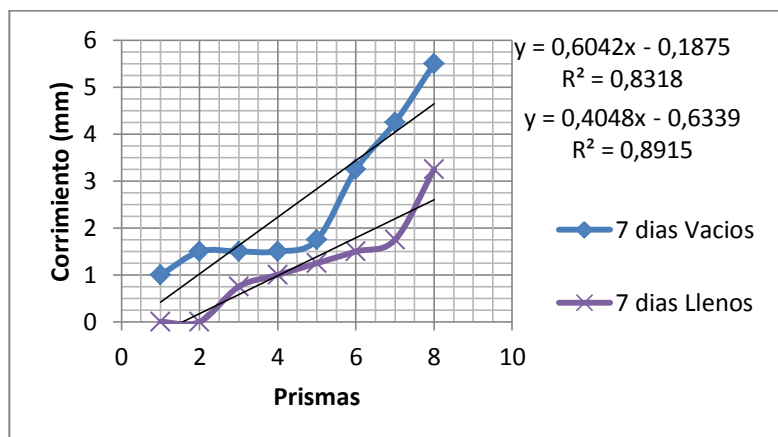
- Correlación de Pearson

Figura 56. **Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 7 días**



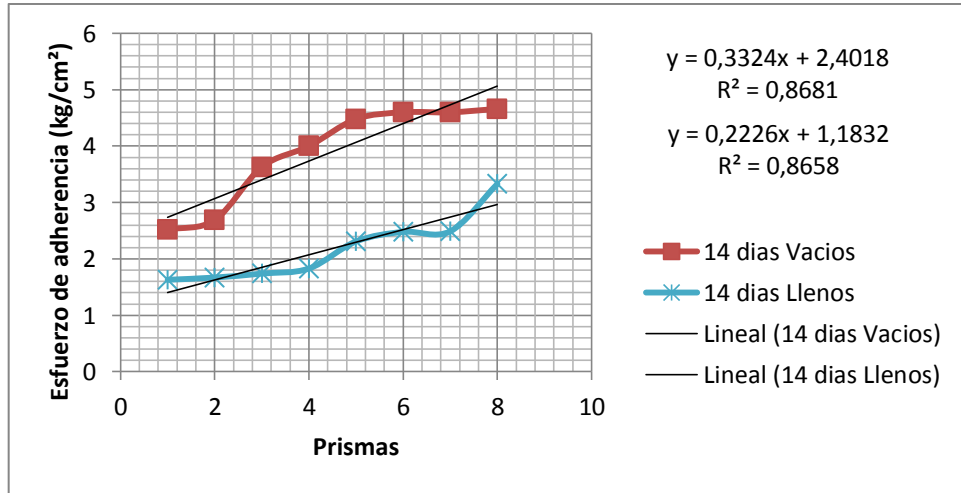
Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 7 días**



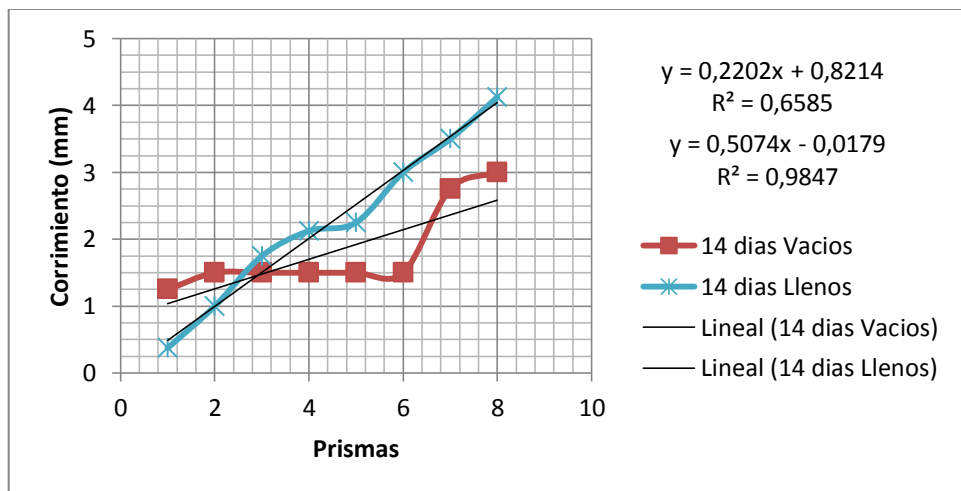
Fuente: elaboración propia.

Figura 58. **Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 14 días**



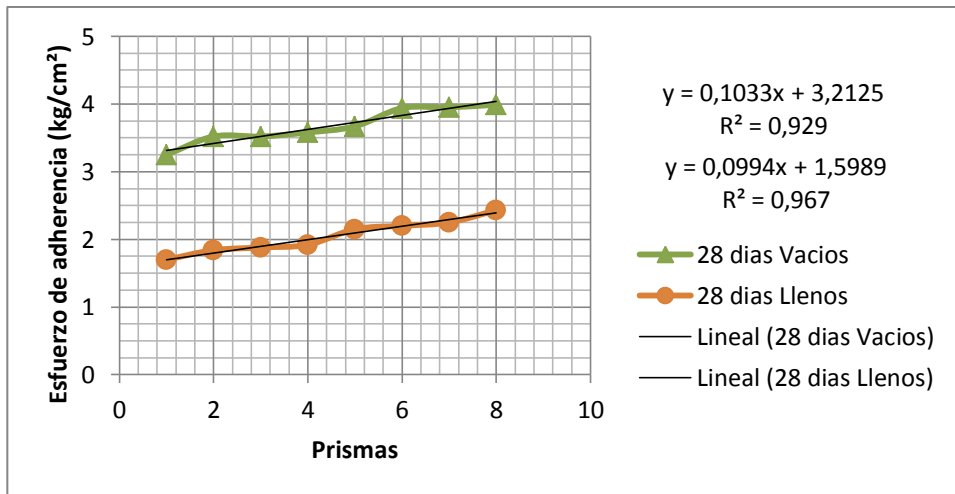
Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 14 días**



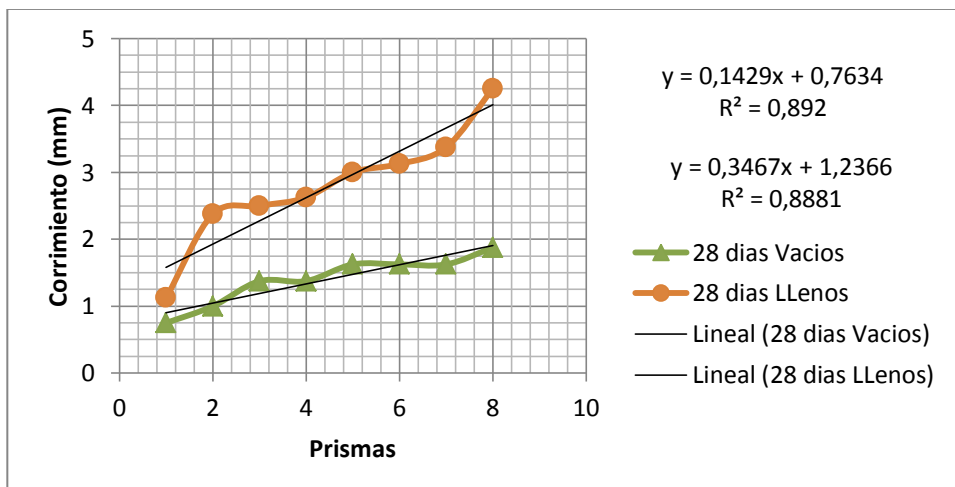
Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Correlación en esfuerzo de adherencia en prismas de adherencia a 28 días**



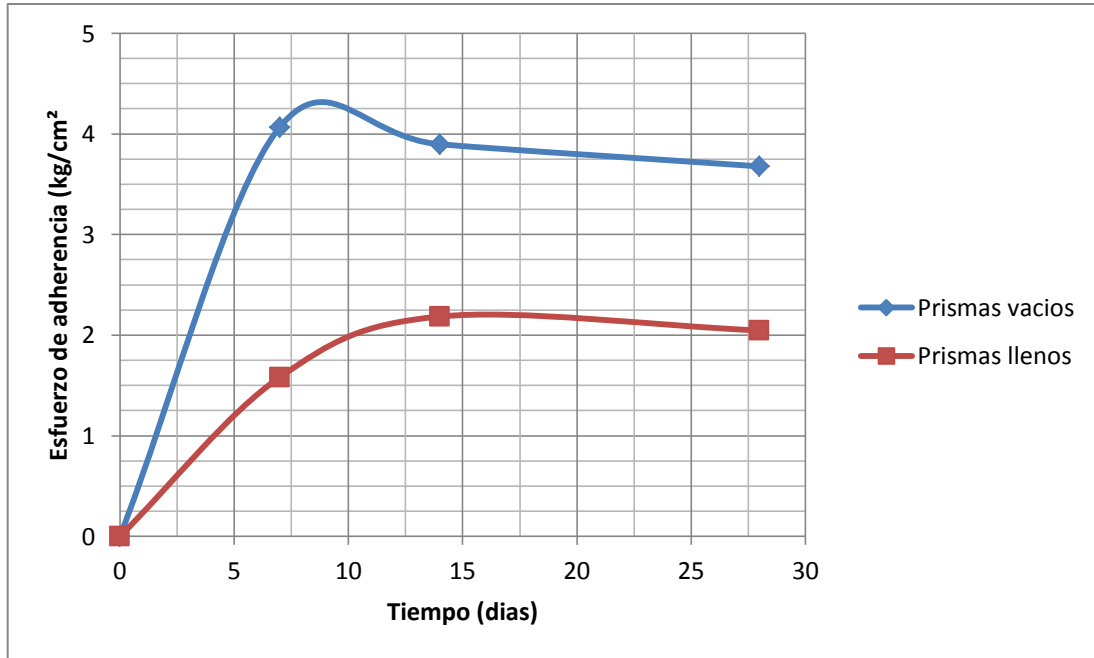
Fuente: elaboración propia.

Figura 61. **Correlación en corrimiento en prismas de adherencia a 28 días**



Fuente: elaboración propia.

Figura 62. **Correlación general del esfuerzo de adherencia en los prismas de adherencia**



Fuente: elaboración propia.

La gráfica muestra que los prismas huecos presentan una mayor resistencia a la adherencia que los prismas llenos con *grout*, no obstante los segundos aguantaron una carga mayor que los primeros, el aumento se debe a la diferencia de áreas de contacto de las unidades huecas y llenas, pudiéndose concluir que los prismas llenos aguantan más que los vacíos. Además se observa que:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, mostrando $\frac{3}{4}$ de la resistencia máxima en los prismas llenos y mostrando la máxima resistencia para los prismas vacíos. Con lo cual se establece su resiliencia de 1,58 kilogramos por

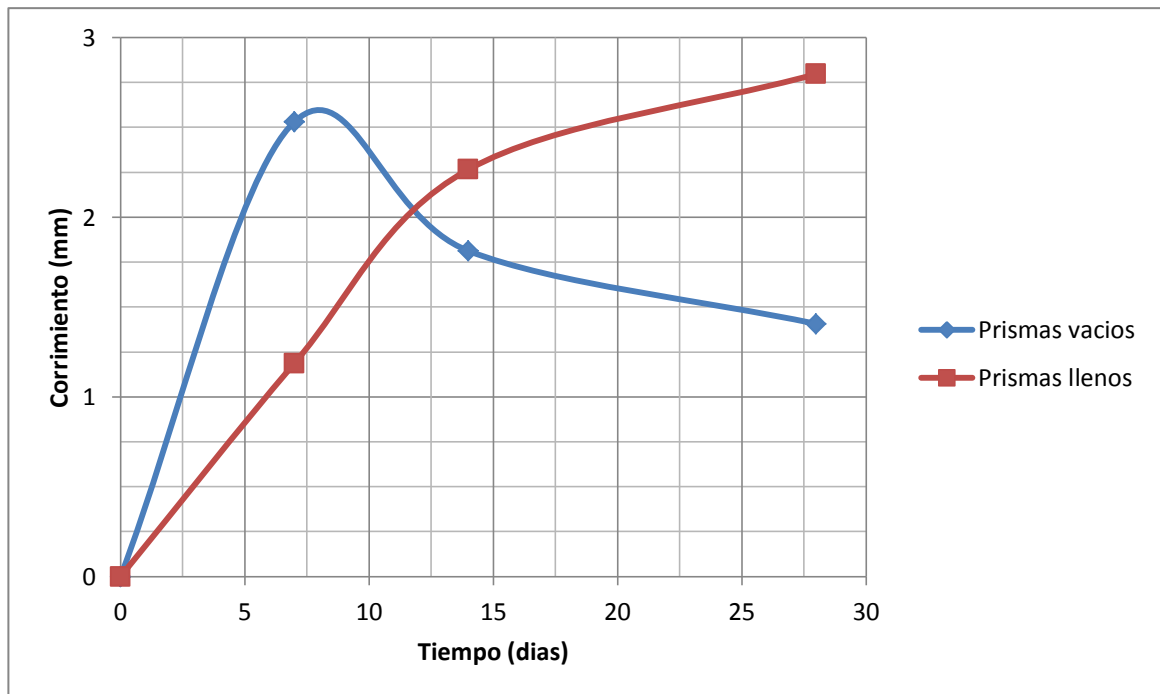
centímetro cuadrado para los prismas llenos y de 4,07 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.

- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Incrementando su resistencia en los prismas llenos mientras que en los vacíos decrece, en los prismas vacíos hasta 3,90 kilogramos por centímetro cuadrado y en los llenos hasta 2,19 kilogramos por centímetro cuadrado.
- Pasados estos entran en su zona plástica y estabiliza su resistencia a los 28 días siendo de 2,05 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas llenos y decrece en los prismas vacíos estabilizándose en 3,68 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.
- Asimismo se observa que la mampostería llena es menos frágil que la mampostería vacía, permitiéndole a la mampostería vacía un aviso al momento de fallar, mientras que la mampostería llena lo hace de manera más súbita.
- En cuanto a las caras fallas se presentan de 3 a 4 caras en los prismas vacíos, mientras que en los llenos se presentan 2 o 3 caras falladas, pero en algunos se observan fallas longitudinales en los mampostes iniciales de los prismas. Esto es debido o provocado por la falla de caras contrarias provocándole una pequeña torsión al sistema.

En la gráfica de la figura 63 se observa que a los 7 días los prismas huecos presentan un mayor corrimiento que los de los prismas llenos, esto principalmente debido a que en los prismas huecos el área de contacto entre el

mortero y la unidad es mínimo, mientras que en los llenos es mayor permitiéndole un mejor agarre. En los prismas huecos el corrimiento a edades superiores a los 7 días va decreciendo debido al fraguado del concreto, mientras que en los llenos sigue aumentando debido a la pérdida de humedad del mortero por el *grout* de relleno y al mayor peso del mismo.

Figura 63. **Correlación general del corrimiento en los prismas de adherencia**



Fuente: elaboración propia.

Además se observa que:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que el corrimiento crece de cero a 7 días, mostrando el máximo en los prismas llenos

mientras que en los vacíos su comportamiento lineal aumenta hasta los 14 días. Con lo cual se establece su valor de 2,53 milímetros para los prismas llenos y de 2,27 kilogramos por centímetro cuadrado para los prismas vacíos.

- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Decreciendo su corrimiento en los prismas vacíos en un 30 por ciento hasta 1,81 milímetros.
- Pasados estos se comportan de manera opuesta, aumentando su corrimiento al máximo a los 28 días siendo de 2,80 milímetros para los prismas llenos y mientras que los prismas vacíos decrecen hasta 1,40 milímetros, debido principalmente a la mejor integración de mortero unidad en los prismas vacíos, dado que el *grout* necesita una mayor humedad que le quita al mortero, permitiéndole más corrimiento.
- Para una visión más amplia de los resultados consultar el anexo 1 y apéndice 1.
- Resumen: a continuación se presenta un resumen de los parámetros calculados.

Tabla LXXVII. **Resumen estadístico de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	2,27	2,52	3,25	0,00	1,63	1,70
2	2,87	2,69	3,52	1,39	1,67	1,84
3	3,92	3,63	3,52	1,39	1,74	1,88
4	4,11	4,00	3,58	1,46	1,83	1,92
5	4,28	4,48	3,67	1,66	2,31	2,15
6	4,95	4,60	3,94	1,84	2,48	2,20
7	5,06	4,60	3,95	2,10	2,49	2,25
8	5,09	4,66	3,99	2,82	3,33	2,43
Media	4,07	3,90	3,68	1,58	2,19	2,05
Mediana	4,20	4,24	3,63	1,56	2,07	2,04
Moda	N	4,60	3,52	1,39	N	N
Rango	2,82	2,14	0,74	2,82	1,70	0,73
Varianza	1,08	0,76	0,07	0,64	0,34	0,06
Desviación Estándar	1,04	0,87	0,26	0,80	0,59	0,25
Coefficiente de Variación	26%	22%	7%	50%	27%	12%

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Resumen estadístico del corrimiento de los prismas de adherencia**

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	1,00	1,25	0,75	0,00	0,38	1,13
2	1,50	1,50	1,00	0,00	1,00	2,38
3	1,50	1,50	1,38	0,75	1,75	2,50
4	1,50	1,50	1,38	1,00	2,13	2,63
5	1,75	1,50	1,63	1,25	2,25	3,00
6	3,25	1,50	1,63	1,50	3,00	3,13
7	4,25	2,75	1,63	1,75	3,50	3,38
8	5,50	3,00	1,88	3,25	4,13	4,25
Media	2,53	1,81	1,41	1,19	2,27	2,80
Mediana	1,63	1,50	1,50	1,13	2,19	2,81
Moda	1,50	1,50	1,63	0,00	N	N
Rango	4,50	1,75	1,13	3,25	3,75	3,13
Varianza	2,63	0,44	0,14	1,10	1,57	0,81
Desviación Estándar	1,62	0,66	0,37	1,05	1,25	0,90
Coefficiente de Variación	64%	37%	26%	88%	55%	32%

Fuente: elaboración propia.

5.4.1. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis se realizara de acuerdo a la suposición de que la media de las resistencias a los 28 días llenos es mayor o menor que la de los prismas huecos. También que las varianzas poblacionales son iguales ($\sigma_1^2 =$

σ_2^2), debido a que los bloques son del mismo tipo. Con estas se presentan las dos hipótesis siguientes:

$$H_0: \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 < \mu_2$$

Se procedió a calcular los valores de t críticos para el caso y compararlo con el valor obtenido de las tablas de la distribución de t de *Student* con ciertos grados de libertad (v) como se presenta a continuación:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$s^2 = \frac{(8 - 1) * 0,07 + (8 - 1) * 0,06}{(8 + 8 - 2)}$$

$$s^2 = 0,065$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{0,065}{8} + \frac{0,065}{8}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = 0,01625$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

$$t = \frac{3,68 - 2,05}{0,01625}$$

$$t = 100,3076$$

Se comparara con los valores de prueba:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 8 + 8 - 2$$

$$v = 14$$

$$t = \pm t_{(1-\alpha/2)(v)}$$

$$t = \pm t_{(1-0,05/2)(14)}$$

$$t = \pm 2,145$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis de que la resistencia de los prismas huecos es igual o mayor a la resistencia de los prismas llenos y se acepta la hipótesis alternativa de que la resistencia a adherencia de los prismas llenos con *grout* es mayor que la resistencia a adherencia de los prismas huecos.

Se procedió a hacer lo mismo en cuanto al corrimiento:

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) * s_1^2 + (n_2 - 1) * s_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

$$s^2 = \frac{(8 - 1) * 0,14 + (8 - 1) * 0,81}{(8 + 8 - 2)}$$

$$s^2 = 0,475$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \frac{0,475}{8} + \frac{0,475}{8}$$

$$s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = 0,11875$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}}$$

$$t = \frac{1,41 - 2,80}{0,11875}$$

$$t = -11,71$$

Se comparara con los valores de prueba:

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 8 + 8 - 2$$

$$v = 14$$

$$t = \pm t_{(1-\alpha/2)(v)}$$

$$t = \pm t_{(1-0,05/2)(14)}$$

$$t = \pm 2,145$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis de que el corrimiento de los prismas huecos es igual o mayor al corrimiento de los prismas llenos y se acepta la hipótesis alternativa de que el corrimiento de los prismas llenos con *grout* es mayor que corrimiento de los prismas huecos.

5.4.2. Tablas de contingencia

Las tablas de contingencia se realizaron de acuerdo a la separación de las muestras entre huecas y llenas con *grout*, así mismo se separaron de acuerdo a si su resistencia era mayor o menor al promedio de los datos, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla LXXIX. **Tabla de contingencia de los prismas a adherencia**

Clasificación	Vacíos	Llenos	
Arriba	3	4	7
Abajo	5	4	9
Total	8	8	16

Fuente: elaboración propia.

El valor de prueba de la tabla se saca de la siguiente forma:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{k}$$

$$n = a + b + c + d$$

$$n = 3 + 4 + 5 + 4$$

$$n = 16$$

$$k = (a + b)(c + d)(a + c)(b + d)$$

$$k = (3 + 4)(5 + 4)(3 + 5)(4 + 4)$$

$$k = 4032$$

$$\chi^2 = \frac{16((3 * 4) - (4 * 5))^2}{4032}$$

$$\chi^2 = 0,2539$$

Las tablas de contingencia se realizaron de acuerdo a la separación de las muestras entre huecas y llenas con *grout*, así mismo se separaron de acuerdo a si su corrimiento era mayor o menor al promedio de los datos, para lo cual se presenta la siguiente tabla:

Tabla LXXX. **Tabla de contingencia de los prismas a compresión**

Clasificación	Vacíos	Llenos	
Arriba	4	4	8
Abajo	4	4	8
Total	8	8	16

Fuente: elaboración propia.

El valor de prueba de la tabla se saca de la siguiente forma:

$$\chi^2 = \frac{n(ad - bc)^2}{k}$$

$$n = a + b + c + d$$

$$n = 3 + 4 + 5 + 4$$

$$n = 16$$

$$k = (a + b)(c + d)(a + c)(b + d)$$

$$k = (4 + 4)(4 + 4)(4 + 4)(4 + 4)$$

$$k = 4096$$

$$\chi^2 = \frac{16((4 * 4) - (4 * 4))^2}{4096}$$

$$\chi^2 = 0$$

CONCLUSIONES

1. Se comprueba la hipótesis nula para los prismas a compresión, mientras que para los prismas a corte y adherencia se acepta la hipótesis alternativa, evidenciando que la resistencia cambia dependiendo de las cargas aplicadas y a resistir por parte del prisma y de la mampostería.
2. Al momento de calcular la media y la mediana se observó que para la investigación los valores críticos son importantes, debido a que los resultados de la primera se acercan más al valor esperado para los esfuerzos calculados, mientras que la segunda presenta resultados con menor precisión.
3. El comportamiento de los prismas huecos presenta un elevado endurecimiento prematuro debido a una relación mayor de cemento, mientras que en los llenos esta relación disminuye debido a la presencia del *grout* (concreto líquido) con una composición mayor de arena que de cemento. El endurecimiento prematuro causado mayormente por las características del concreto puzolanico que se usa actualmente.
4. Los prismas a compresión muestran que en los huecos se obtienen mayores resistencias que en los prismas llenos con *grout*, esta reducción es de aproximadamente el 25 por ciento. En cuanto a las fallas se observan las fallas de cono en los prismas huecos y en los llenos se observan fallas por aplastamiento y por separación de la cáscara debidas al *grout*, que al recibir cargas se aplasta y por *Poisson* transmite los esfuerzos empujando las paredes de las unidades.

5. En cuanto a los prismas a corte se observa un aumento de la resistencia en los llenos con *grout* de un 30 por ciento en comparación a los huecos, al mismo tiempo el peso de los mismos se ve incrementado en una proporción similar. Pudiéndose utilizar en muros perimetrales o que no soporten cargas verticales, debido a que en una estructura el aumento del peso incrementaría el cortante basal, incrementando el cortante que el sistema soportaría perdiéndose el aumento de la resistencia obtenido. Los prismas llenos presentan una falla por corte o tensión diagonal más concéntrica y marcada que los prismas huecos que presentaron fallas por corte en ambas posibilidades.
6. Por su parte la adherencia muestra que en los prismas huecos se obtiene una mayor resistencia que con los llenos, en un 45 por ciento, no obstante el área de los huecos es menor en un 51 por ciento que en los prismas llenos, razón por la cual no se puede suponer tal aumento de la resistencia a la adherencia verídico.
7. Observando las cargas resistidas, los prismas llenos soportan más carga lateral que los prismas huecos. Por el lado del corrimiento los prismas huecos presentan una reducción del 50 por ciento respecto a los llenos, debido a la mejor integración de la unidad y el mortero que no se da en los prismas llenos.
8. La mampostería llena con *grout* no representa un sistema que soporte más cargas que la mampostería hueca, es necesario de un elemento de unión entre todos los componentes que le permita una integración y le proporcione una mejora no solo en cargas verticales sino también horizontales como lo es el acero de refuerzo. Además las fallas en la

mampostería hueca se presentan gradualmente mientras que en la mampostería llena se presentan de manera súbita.

9. El sistema de mampostería hueca se puede usar en estructuras de baja altura, para soportar cargas tanto verticales con horizontales (corte). El de mampostería llena solo con *grout* se puede utilizar en muros perimetrales o estructuras que no soporten elevadas cargas verticales, aun así si se usa acero de refuerzo y se convierte en mampostería reforzada se puede utilizar en estructuras más elevadas, previéndose el aumento de peso de la misma y los métodos de diseño adecuados.
10. La variación de la hidratación en los prismas ensayados evidencia el cambio de la resistencia, debido a que algunos de los componentes (mortero y *grout*) necesitan una mayor cantidad de agua para alcanzar la resistencia requerida.

RECOMENDACIONES

1. Se debe utilizar un valor del 85 por ciento de la resistencia máxima de la mampostería, dado que se presenta un abatimiento luego de llegar a su resistencia máxima a los 28 días, teniéndose así un margen de seguridad en las estructuras construidas bajo este sistema.
2. Usar el valor obtenido por la media y no por la mediana, puesto que la última presenta una mayor variación que la primera y puede representar errores significativos, debido a la importancia de los valores críticos para la determinación de la resistencia de la mampostería.
3. Realizar investigaciones en las que se estudie diferentes proporciones de *grout* para llenar la mampostería en la que se evidencie más ampliamente como afecta la diferencia de las relaciones de cemento y arena en la mampostería, a su vez analizar el sistema de mampostería reforzada con acero.
4. Es de suma importancia en las construcciones de mampostería la adecuada hidratación mayoritariamente en las llenas con *grout* para que la resistencia de los mismos no se vea afectada, dado que por las diferentes proporciones de arena y cemento, el *grout*, tiende a absorber la humedad del mortero provocando una reducción en la resistencia entre el mortero y la unidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. *Norma C-1019-03: Standard Test Method for Sampling and Testing Grout*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 5 p.
2. ———. *Norma C-1072-02: Test Method for Measurement of Masonry Flexural Bond Strength*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 3 p.
3. ———. *Norma C-1314-0.3: Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 9 p.
4. ———. *Norma C-1357-05: Test Method for Evaluating Masonry Bond Strength*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 8 p.
5. ———. *Norma C-270-03b: Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 14 p.
6. ———. *Norma C-476-02: Standard Specification for Grout for Masonry*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 3 p.
7. ———. *Norma C-952-02: Test Method for Bond Strength of Mortar to Masonry Units*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 10 p.

8. ———. *Norma E-519-02: Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*. Estados Unidos: Book of standards, 2004. 5 p.
9. AMRHEIN, James E.; PORTER, Max L. *Reinforced masonry engineering handbook clay and concrete masonry*, 6a ed. España, MIA and CRC Press. 2009. 647 p. ISBN-10: 0-940116-02-2.
10. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
11. CATALÁN LÓPEZ, Juan Roberto. *Estudio de los parámetros de adherencia y fricción boque de concreto mortero*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986. 76 p.
12. Comisión Guatemalteca de Normas. *NGO 41051: Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión de prismas de mampostería*. Guatemala: COGUANOR, 2010. 7 p.
13. ———. *NGO 41054: Bloques huecos de concreto para muros. Especificaciones*. Guatemala: COGUANOR, 2010. 10 p.
14. CORZO ÁVILA, Mario Rodolfo. *Notas mamposterías de una sabandija*, 2a ed. Guatemala, 2008. 132 p.
15. CROXTON, Frederick Emorg; COWDEN, Dudley J. *Estadística general aplicada*, México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 710 p.

16. DRYSDALE, Robert G; HAMID, Ahmad; BAKER, Lawrie R. *Masonry Structures: Behavior and Designen*, Michigan: Prentice Hall, 1994. 597 p.
17. FRANCO JIMÉNEZ, Aldo Mario Iroshi . *Determinación de la correlación de resistencia entre muros a escala natural y prismas de mampostería a esfuerzos de corte y compresión*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 78 p.
18. GALLEGOS, Héctor & CASABONNE, Carlos. *Albañilería Estructural*. 3a ed. Perú: Lima, 2005. 444 p. ISBN: 9972-42-754-4.
19. GUDIEL GONZÁLEZ, Freddy Estuardo. *Evaluación de la incidencia del contenido de cemento del mortero en el comportamiento del conjunto cemento-mortero-unidad de mampostería, por medio del ensayo de prismas a compresión, corte y adherencia*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 81 p.
20. International Conference of Building Officials. *Reglamentos para el diseño de ingeniería estructural*. Estados Unidos: 1997. ISBN: 1-884590-94-2.
21. KOSMATKA, Steven H., KERKHOFF, Beatrix, PANARESE, William C. y TANESI, Jussara. *Diseño y control de mezclas de concreto*, México: Portland Cement Association, 2004. 647 p. ISBN: 0-89312-233-5.

22. NISCHT PINEDA, Juan Estuardo. *Guía de laboratorio para las prácticas de diseño estructural en mampostería*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1985. 172 p.
23. OSTLE, Bernard. *Estadística aplicada: técnicas de la estadística moderna, cuándo y dónde aplicarlas*. México: Limusa, 1965. 629 p.
24. S MOORE, David. *Estadística aplicada básica*, 2a ed. España: Antony Bosh, 2000. 689 p. ISBN: 84-95348-04-7.
25. ZEA GONZÁLEZ, Jorge Luis. *Determinación de parámetros básicos de fricción y adherencia en muros de albañilería de ladrillos de barro cocido*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1976. 76 p.
26. International Code Council. *International Building Code*. California: Cenage Learning, 2009. 668 p.

APÉNDICES

Fallas en ensayos a compresión:

Figura 64. **Prismas de mampostería**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 65. **Ensayo de prisma a compresión**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 66. **Falla en prisma de mampostería**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 67. **Falla en el *grout* de la mampostería llena**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 68. **Falla de cono en prismas de compresión**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 69. **Falla por desprendimiento del cascaron en prismas llenos**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 70. **Falla longitudinal de los prismas**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 71. **Falla lateral en prismas de compresión**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 72. **Grout de los prismas**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 73. **Falla en el grout**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Fallas en ensayos a corte:

Figura 74. **Ensayo de prisma a corte**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 75. **Falla por tensión diagonal**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 76. **Aplastamiento del prisma de corte**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 77. **Falla por tensión diagonal**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 78. **Falla por corte en las juntas (posibilidad 1)**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 79. **Falla por corte en juntas (posibilidad 2)**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 80. **Falla por tensión diagonal**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 81. **Estado del *grout* dentro de los prismas de corte llenos**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 82. **Falla por corte en juntas (posibilidad 1)**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 83. **Falla por tensión diagonal**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 84. **Falla por tensión diagonal**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 85. **Falla por corte en juntas (posibilidad 2)**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Fallas en ensayos de adherencia:

Figura 86. **Ensayo de prisma de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 87. **Falla en prisma de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 88. **Falla de dos caras en prismas de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 89. **Falla en prismas de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 90. **Estado del mortero en las caras falladas de prismas de adherencia huecos**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 91. **Prismas de adherencia huecos fallados en 3 caras**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 92. **Corrimiento en los prismas de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 93. **Corrimiento en los prismas de adherencia**



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 94. **Estado del mortero en los prismas llenos con *grout***



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

Figura 95. **Estado del mortero en los prismas llenos de *grout***



Fuente: área de Prefabricados. Sección de Estructuras. Facultad de Ingeniería. USAC.

ANEXOS

1. Informe PC-PCo-PA-Oct 2012



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

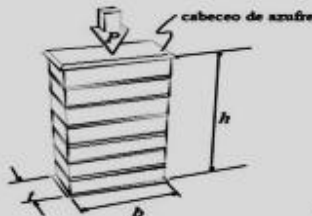
GENERALIDADES

El estudiante Luis Miguel Cordón Bracamonte con carné 2007-14877 solicitó los servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería para la realización de ensayos a COMPRESIÓN, CORTÉ y ADHERENCIA, en elementos prismáticos necesarios en el trabajo de graduación "Evaluación y Comparación de la resistencia de los prismas de bloques de mampostería llenos y huecos".

Los elementos serán evaluados a 7, 14 y 28 días de edad, utilizando mortero elaborado a base de cemento y arena como agregado fino. Los prismas a evaluar fueron llenados por grout fino, en base también a cemento y arena.

ENSAYO DE ELEMENTOS PRISMÁTICOS A COMPRESIÓN

Descripción de prismas



Descripción de Ensayo

La resistencia a la compresión de la mampostería se determina mediante pruebas de prismas de conformidad con la norma ASTM C 1314. El Prisma es el método racional para la determinación de la resistencia a la compresión, ya que toma en cuenta las propiedades de las unidades de mampostería y morteros como un sistema compuesto. El prisma para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería está prácticamente estandarizado en el ámbito mundial y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra. Los prismas se llenan con grout, solo en el caso de unidades huecas asentadas cuando la resistencia a determinar corresponde a esa forma constructiva. El ensayo se realiza en una máquina universal de compresión, aplicando a un ritmo de carga controlado, hasta que el prisma no admite más carga. El resultado del ensayo se obtiene al dividir esta carga última

Página 1 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-8590 Ext. 1502, FAX: 2476-3995
Página web: <http://ci.iasac.edu.gt>



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

entre el área del prisma. Esta área será la bruta para prismas de unidades solidas o de unidades huecas rellenas con grout o de unidades tubulares. El área será la neta para unidades huecas (sin relleno de grout) o perforadas.

Datos de Ensayo a Compresión

Ensayo a Compresión a 7 Días

Prisma #	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1 era. Gneta Lateral (Lb)	1 era. Gneta Longitudinal (Lb)	Carga Ultima (Lb)
07-C-001	65.02	39.00	59.00	13.90	8600	21600	25000
07-C-002	64.58	39.00	58.60	13.90	14300	21700	25100
07-C-003	64.29	38.90	58.50	13.90	14700	17300	20700
07-C-004	64.93	38.90	59.50	13.80	10800	17300	19000
07-C-005	64.60	38.80	58.10	14.10	13000	16000	20500
07-C-006	63.74	38.90	58.00	13.90	14600	21100	26300
07-C-007	64.62	39.10	58.50	13.90	9500	10000	13000
07-C-008	65.68	39.00	59.60	13.90	14800	10000	21800

Prisma #	Relación (ft)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
07-C-001	4.24	820.10	16382.15	1.1618	0.00180013
07-C-002	4.22	814.54	16271.09	1.1647	0.00180013
07-C-003	4.21	813.15	16201.67	1.1640	0.00179981
07-C-004	4.31	821.10	16360.07	1.1717	0.00180011
07-C-005	4.12	819.21	16280.46	1.1584	0.0017997
07-C-006	4.17	806.20	16063.20	1.1619	0.00179977
07-C-007	4.21	813.15	16284.97	1.1640	0.00092187
07-C-008	4.29	828.44	16548.75	1.1696	0.00092203

Página 2 de 40



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

		Carga (Kg)	Carga (lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 07-C-001	Primera Gneza Lateral	3923.86	8652.11	14.13	201.01
	Primera Gneza Longitudinal	9802.62	21614.8	35.3	502.17
	Falla	11373.1	25077.7	40.96	582.688
Prisma # 07-C-002	Primera Gneza Lateral	6485.6	14300.7	23.36	332.314
	Primera Gneza Longitudinal	9827.09	21668.7	35.39	503.45
	Falla	11401.5	25140.3	41.06	584.11
Prisma # 07-C-003	Primera Gneza Lateral	6661.84	14689.4	24.05	342.13
	Primera Gneza Longitudinal	7837.74	17282.2	28.3	402.59
	Falla	9407.16	20742.8	33.97	483.25
Prisma # 07-C-004	Primera Gneza Lateral	4897.27	10798.5	17.81	253.361
	Primera Gneza Longitudinal	7832.83	17271.4	28.49	405.292
	Falla	8614.7	18995.4	31.33	445.694
Prisma # 07-C-005	Primera Gneza Lateral	5920.12	13053.9	21.13	300.591
	Primera Gneza Longitudinal	7302.27	16101.5	26.06	370.724
	Falla	9274.07	20449.3	33.1	470.873
Prisma # 07-C-006	Primera Gneza Lateral	6649.82	14662.9	24.01	341.561
	Primera Gneza Longitudinal	9586.6	21138.5	34.61	492.354
	Falla	11934.14	26314.8	43.09	612.989
Prisma # 07-C-007	Primera Gneza Lateral	4332.21	9552.52	15.56	221.353
	Primera Gneza Longitudinal	4529.99	9988.63	16.27	231.453
	Falla	5909.7	13030.9	21.23	302.013
Prisma # 07-C-008	Primera Gneza Lateral	6711.1	14798	24.17	343.837
	Primera Gneza Longitudinal	4540.14	10011	16.35	232.591
	Falla	9868.43	21759.9	35.54	505.584

Página 3 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio 5-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono de contacto 2476-3992, Plaza 3443-8590 Ext. 1501, FAX: 2476-3993
Página web: <http://viconce.edu.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1 era. Greta Lateral (Lb)	1 era. Greta Longitudinal (Lb)	Carga Última (Lb)
07-C-01	114.5	39	59	13.9	10000	25000	29000
07-C-02	114.5	39	58.6	13.9	16500	25000	29000
07-C-03	112	38.9	58.5	13.9	17000	20000	24000
07-C-04	111.5	38.9	59.5	13.8	12500	20000	22000
07-C-05	106	38.8	58.1	14.1	15000	18500	23500
07-C-06	109	38.9	58	13.9	17000	24500	30500
07-C-07	110	39.1	58.5	13.9	11000	11500	15000
07-C-08	111	39	59.6	13.9	17000	11500	25000

Prisma #	Relación (h/t)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
07-C-01	4.24	820.10	31983.90	1.1618	0.00162394
07-C-02	4.22	814.54	31767.06	1.1647	0.00163503
07-C-03	4.21	813.15	31631.54	1.1640	0.00160599
07-C-04	4.31	821.10	31940.79	1.1717	0.00158356
07-C-05	4.12	819.21	31785.35	1.1584	0.00151265
07-C-06	4.17	806.20	31361.18	1.1619	0.00157654
07-C-07	4.21	813.15	31794.17	1.1640	0.00156947
07-C-08	4.29	828.44	32309.16	1.1696	0.00155838



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

		Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 07-C-01	Primera Grieta Lateral	4535.14739	10000	9.72	138.34
	Primera Grieta Longitudinal	11337.8685	25000	24.29	345.59
	Falla	13151.9274	29000	28.19	400.96
Prisma # 07-C-02	Primera Grieta Lateral	7482.9932	16500	16.07	228.65
	Primera Grieta Longitudinal	11337.8685	25000	24.35	346.45
	Falla	13151.9274	29000	28.26	401.96
Prisma # 07-C-03	Primera Grieta Lateral	7709.75057	17000	16.55	235.47
	Primera Grieta Longitudinal	9070.29478	20000	19.47	277.03
	Falla	10884.3537	24000	23.37	332.50
Prisma # 07-C-04	Primera Grieta Lateral	5668.93424	12500	12.26	174.35
	Primera Grieta Longitudinal	9070.29478	20000	19.60	278.86
	Falla	9977.32426	22000	21.56	306.70
Prisma # 07-C-05	Primera Grieta Lateral	6802.72109	15000	14.54	206.81
	Primera Grieta Longitudinal	8390.02268	18500	17.93	255.10
	Falla	10657.5964	23500	22.77	323.98
Prisma # 07-C-06	Primera Grieta Lateral	7709.75057	17000	16.52	235.04
	Primera Grieta Longitudinal	11111.1111	24500	23.82	338.84
	Falla	13832.1995	30500	29.65	421.82
Prisma # 07-C-07	Primera Grieta Lateral	4988.66213	11000	10.71	152.34
	Primera Grieta Longitudinal	5215.4195	11500	11.20	159.30
	Falla	6802.72109	15000	14.61	207.81
Prisma # 07-C-08	Primera Grieta Lateral	7709.75057	17000	16.63	236.60
	Primera Grieta Longitudinal	5215.4195	11500	11.25	160.06
	Falla	11337.8685	25000	24.46	347.91

Página 5 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Ensayo a Compresión a 14 Días

Prisma #	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1era. Greta Lateral (Lb)	1era. Greta Longitudinal (Lb)	Carga Ultima (Lb)
14-C-001	65.36	39.00	58.90	14.00	10300.00	13400.00	16400.00
14-C-002	65.13	39.00	59.10	13.90	9200.00	700.00	29200.00
14-C-003	66.21	39.10	59.50	14.00	9600.00	17000.00	17000.00
14-C-004	65.10	39.10	58.50	14.00	10200.00	16900.00	18300.00
14-C-005	65.36	39.00	58.90	14.00	10400.00	13500.00	16600.00
14-C-006	65.13	39.00	59.10	13.90	9100.00	700.00	29200.00
14-C-007	66.21	39.10	59.50	14.00	9600.00	17000.00	17000.00
14-C-008	65.10	39.10	58.50	14.00	9200.00	700.00	29200.00



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Relación (h/b)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
14-C-001	4.21	824.60	16472.04	1.1640	0.00180000
14-C-002	4.25	821.49	16409.92	1.1675	0.00180000
14-C-003	4.25	833.00	16682.51	1.1675	0.00180000
14-C-004	4.18	819.00	16402.13	1.1619	0.00180000
14-C-005	4.21	824.60	16472.04	1.1640	0.00180000
14-C-006	4.25	821.49	16409.92	1.1675	0.00180000
14-C-007	4.25	833.00	16682.51	1.1675	0.00180000
14-C-008	4.18	819.00	16402.13	1.1619	0.00180000

Prisma #	Tipo de Grieta	Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
		14-C-001	Primeras Grietas Lateral	4687.4	10335.7
	Primeras Grietas Longitudinal	6065.1	13373.5	21.84	310.691
	Falla	7446.1	16418.6	26.82	381.535
14-C-002	Primeras Grietas Lateral	4148.8	9148.06	14.94	212.533
	Primeras Grietas Longitudinal	285.2	628.866	1.03	14.6526
	Falla	13275	29272.3	47.81	680.134
14-C-003	Primeras Grietas Lateral	4413.8	9732.43	15.94	226.759
	Primeras Grietas Longitudinal	7725	17033.6	27.89	396.757
	Falla	7725	17033.6	27.89	396.757
14-C-004	Primeras Grietas Lateral	4633.4	10216.6	16.85	239.704
	Primeras Grietas Longitudinal	7632.6	16829.9	27.76	394.908
	Falla	8311.9	18327.7	30.23	430.045
14-C-005	Primeras Grietas Lateral	4730.5	10430.7	16.88	240.131
	Primeras Grietas Longitudinal	6120.8	13496.4	21.84	310.691
	Falla	7514.5	16569.4	26.82	381.535

Página 7 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio E-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3982, Faxes 2443-8589 Ext. 1503, FAX: 2476-3993
Página web: <http://ciencia.usc.gt>



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

		Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 14-C-006	Primera Grieta Lateral	4138.1	9124.6	14.94	212.533
	Primera Grieta Longitudinal	284.47	627.256	1.03	14.6526
	Falla	13241	29197.3	47.81	680.134
Prisma # 14-C-007	Primera Grieta Lateral	4436.5	9782.46	15.94	226.759
	Primera Grieta Longitudinal	7764.7	17121.1	27.89	396.757
	Falla	7764.7	17121.1	27.89	396.757
Prisma # 14-C-008	Primera Grieta Lateral	4138.1	9124.6	14.94	212.533
	Primera Grieta Longitudinal	284.47	627.256	1.03	14.6526
	Falla	13241	29197.3	47.81	680.134

Prisma #	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1.era. Grieta Lateral (Lb)	1.era. Grieta Longitudinal (Lb)	Carga Ultima (Lb)
14-C-01	118.00	39.00	58.90	14.00	17000	22000	27000
14-C-02	120.00	39.00	59.10	13.90	15000	0	48000
14-C-03	112.00	39.10	59.50	14.00	16000	28000	28000
14-C-04	110.50	39.10	58.50	14.00	17000	28000	30500
14-C-05	118.00	39.00	58.90	14.00	17000	22000	27000
14-C-06	120.00	39.00	59.10	13.90	15000	0	48000
14-C-07	112.00	39.10	59.50	14.00	16000	28000	28000
14-C-08	110.50	39.10	58.50	14.00	17000	28000	30500

Página 8 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio E-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Plazas 2443-9589 Ext. 1500, FAX: 2476-3993
Página web: <http://ciencia.usc.gt>



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Relación (h/t)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
14-C-01	4.21	824.60	32159.40	1.1640	0.00166405
14-C-02	4.25	821.49	32038.11	1.1675	0.00169866
14-C-03	4.25	833.00	32570.30	1.1675	0.00155951
14-C-04	4.18	819.00	32022.90	1.1619	0.00156492
14-C-05	4.21	824.60	32159.40	1.1640	0.00166405
14-C-06	4.25	821.49	32038.11	1.1675	0.00169866
14-C-07	4.25	833.00	32570.30	1.1675	0.00155951
14-C-08	4.18	819.00	32022.90	1.1619	0.00156492

		Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 14-C-01	Prmera Gneta Lateral	7711.10	17002.98	16.44	233.87
	Prmera Gneta Longitudinal	9979.00	22003.70	21.27	302.58
	Falla	12247.00	27004.64	26.11	371.44
Prisma # 14-C-02	Prmera Gneta Lateral	6803.90	15002.60	14.55	206.99
	Prmera Gneta Longitudinal	0.00	0.00	0	0.00
	Falla	21772.00	48007.26	46.55	662.21
Prisma # 14-C-03	Prmera Gneta Lateral	7257.50	16002.79	15.52	220.78
	Prmera Gneta Longitudinal	12701.00	28005.71	27.16	386.37
	Falla	12701.00	28005.71	27.16	386.37
Prisma # 14-C-04	Prmera Gneta Lateral	7711.10	17002.98	16.41	233.45
	Prmera Gneta Longitudinal	12701.00	28005.71	27.03	384.52
	Falla	13835.00	30506.18	29.43	418.66
Prisma # 14-C-05	Prmera Gneta Lateral	7711.10	17002.98	16.44	233.87
	Prmera Gneta Longitudinal	9979.00	22003.70	21.27	302.58
	Falla	12247.00	27004.64	26.11	371.44

Página 9 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio E-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3982, Fianza 2443-9589 Ext. 1503, FAX: 2476-3993
Página web: <http://ciencia.usc.gt>



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

		Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 14-C-06	Primera Gneza Lateral	6803.90	15002.60	14.55	206.99
	Primera Gneza Longitudinal	0.00	0.00	0	0.00
	Falla	21772.00	48007.26	46.55	662.21
Prisma # 14-C-07	Primera Gneza Lateral	7257.50	16002.79	15.52	220.78
	Primera Gneza Longitudinal	12701.00	28005.71	27.16	386.37
	Falla	12701.00	28005.71	27.16	386.37
Prisma # 14-C-08	Primera Gneza Lateral	7711.10	17002.98	16.41	233.45
	Primera Gneza Longitudinal	12701.00	28005.71	27.03	384.52
	Falla	13835.00	30506.18	29.43	418.66



Página 10 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Ensayo a Compresión a 28 Días

Prisma #	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1 era. Greta Lateral (Lb)	1 era. Greta Longitudinal (Lb)	Carga Última (Lb)
28-C-001	64.45	38.80	59.00	13.85	21600.00	27500.00	30000.00
28-C-002	64.58	39.00	58.60	13.90	23000.00	15100.00	28600.00
28-C-003	64.52	38.90	58.70	13.90	0.00	9200.00	21300.00
28-C-004	64.30	38.90	58.50	13.90	21600.00	27500.00	30000.00
28-C-005	64.69	39.00	58.70	13.90	23000.00	15100.00	28600.00
28-C-006	63.84	38.90	58.50	13.80	16700.00	19000.00	22600.00
28-C-007	64.36	38.90	58.55	13.90	8900.00	13500.00	14800.00
28-C-008	64.22	38.80	59.00	13.80	21900.00	27100.00	29700.00

Prisma #	Relación (h/L)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
28-C-001	4.26	817.15	16239.52	1.1618	0.00180000
28-C-002	4.22	814.54	16271.09	1.1647	0.00180000
28-C-003	4.22	815.93	16257.06	1.164	0.00180000
28-C-004	4.21	813.15	16201.67	1.1618	0.00180000
28-C-005	4.22	815.93	16296.85	1.1647	0.00180000
28-C-006	4.24	807.30	16085.11	1.1619	0.00180000
28-C-007	4.21	813.85	16215.52	1.164	0.00180000
28-C-008	4.28	814.20	16180.89	1.1696	0.00180000



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

		Carga (Kg)	Carga (Lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 28-C-001	Primera Gneta Lateral	9790.91	21589	35.26	501.60
	Primera Gneta Longitudinal	12462.75	27480.4	44.88	638.45
	Falla	13647.5	30092.7	49.15	699.20
Prisma # 28-C-002	Primera Gneta Lateral	10416.27	22967.9	37.51	533.61
	Primera Gneta Longitudinal	6844.27	15091.6	24.65	350.67
	Falla	12976.26	28612.7	46.73	664.77
Prisma # 28-C-003	Primera Gneta Lateral	0	0	0	0
	Primera Gneta Longitudinal	4157.23	9166.69	15.01	213.53
	Falla	9647.45	21272.6	34.83	495.48
Prisma # 28-C-004	Primera Gneta Lateral	9790.91	21589	35.26	501.60
	Primera Gneta Longitudinal	12462.75	27480.4	44.88	638.45
	Falla	13647.5	30092.7	49.15	699.20
Prisma # 28-C-005	Primera Gneta Lateral	10416.27	22967.9	37.51	533.61
	Primera Gneta Longitudinal	6844.27	15091.6	24.65	350.67
	Falla	12976.26	28612.7	46.73	664.77
Prisma # 28-C-006	Primera Gneta Lateral	7568.83	16689.3	27.33	388.79
	Primera Gneta Longitudinal	8606.38	18977.1	31.07	441.99
	Falla	10241.84	22583.3	36.98	526.07
Prisma # 28-C-007	Primera Gneta Lateral	4026.59	8878.63	14.46	205.70
	Primera Gneta Longitudinal	6115.89	13485.5	21.97	312.54
	Falla	6713.34	14802.9	24.12	343.13
Prisma # 28-C-008	Primera Gneta Lateral	9920.63	21875	35.73	508.29
	Primera Gneta Longitudinal	12289.37	27098.1	44.26	629.63
	Falla	13475.49	29713.5	48.53	690.38



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	1 ^{era} . Gneta Lateral (Lb)	1 ^{era} . Gneta Longitudinal (Lb)	Carga Ultima (Lb)
28-C-01	112.5	38.8	59	13.85	33000	42000	46000
28-C-02	108.5	39	58.6	13.9	35000	23000	43600
28-C-03	109	38.9	58.7	13.9	0	14000	32500
28-C-04	106.5	38.9	58.5	13.9	14000	20000	23000
28-C-05	110	39	58.7	13.9	8000	8000	21000
28-C-06	112	38.9	58.5	13.8	25500	29000	34500
28-C-07	107	38.9	58.55	13.9	13500	20500	22500
28-C-08	112	38.8	59	13.8	33500	41500	45500

Prisma #	Relación (lv)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Factor de Corrección	Peso específico (Kg/cm ³)
28-C-01	4.26	2289.20	31705.42	1.1640	0.00160920
28-C-02	4.22	2285.40	31767.06	1.1675	0.00154897
28-C-03	4.22	2283.43	31739.68	1.1675	0.00155745
28-C-04	4.21	2275.65	31631.54	1.1619	0.00152694
28-C-05	4.22	2289.30	31821.27	1.1640	0.00156771
28-C-06	4.24	2275.65	31403.97	1.1675	0.00161743
28-C-07	4.21	2277.60	31658.57	1.1675	0.00153279
28-C-08	4.28	2289.20	31590.96	1.1619	0.00160785



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

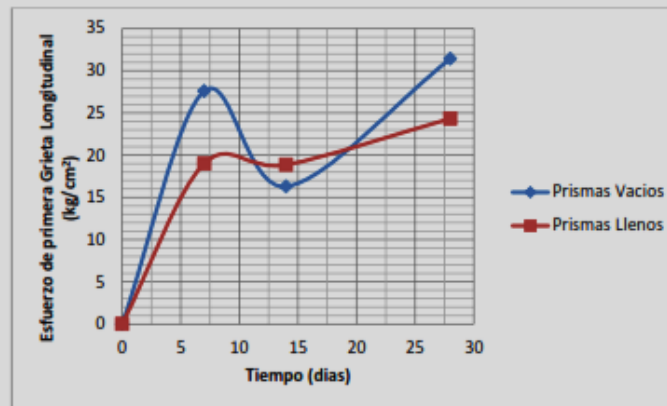
		Carga (Kg)	Carga (lb)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Esfuerzo (Lb/in ²)
Prisma # 14-C-001	Prisma Gneta Lateral	14968.47	33005.48	32.42	461.20
	Prisma Gneta Longitudinal	19050.78	42006.97	41.26	586.96
	Falla	20865.14	46007.63	45.19	642.86
Prisma # 14-C-002	Prisma Gneta Lateral	15875.65	35005.81	34.49	490.65
	Prisma Gneta Longitudinal	10432.57	23003.82	22.66	322.96
	Falla	19776.52	43607.23	42.96	611.14
Prisma # 14-C-003	Prisma Gneta Lateral	0	0	0	0
	Prisma Gneta Longitudinal	6350.26	14002.32	13.8	196.32
	Falla	14741.68	32505.40	32.02	455.51
Prisma # 14-C-004	Prisma Gneta Lateral	6350.26	14002.32	13.73	195.32
	Prisma Gneta Longitudinal	9071.8	20003.32	19.61	278.97
	Falla	10432.57	23003.82	22.55	320.79
Prisma # 14-C-005	Prisma Gneta Lateral	3628.72	8001.33	7.86	111.81
	Prisma Gneta Longitudinal	3628.72	8001.33	7.86	111.81
	Falla	8525.39	21003.48	20.63	293.48
Prisma # 14-C-006	Prisma Gneta Lateral	11566.55	25504.24	25.12	357.35
	Prisma Gneta Longitudinal	13154.11	29004.81	28.57	406.43
	Falla	15648.86	34505.74	34	483.68
Prisma # 14-C-007	Prisma Gneta Lateral	6123.47	13502.25	13.3	189.20
	Prisma Gneta Longitudinal	9298.6	20503.41	20.2	287.36
	Falla	10205.78	22503.74	22.17	315.39
Prisma # 14-C-008	Prisma Gneta Lateral	15195.27	33505.57	32.85	467.32
	Prisma Gneta Longitudinal	18823.99	41506.90	40.69	578.85
	Falla	20638.35	45507.56	44.62	634.75



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Resumen Primera Grieta Longitudinal

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	16.27	1.03	15.01	11.2	0	7.86
2	16.35	1.03	21.97	11.25	0	13.8
3	26.06	1.03	24.65	17.93	21.27	19.61
4	28.3	21.84	24.65	19.47	21.27	20.2
5	28.49	21.84	31.07	19.6	27.03	22.66
6	34.61	27.76	44.26	23.82	27.03	28.57
7	35.3	27.89	44.88	24.29	27.16	40.69
8	35.39	27.89	44.88	24.35	27.16	41.26
Media	27.60	16.29	31.42	18.99	18.87	24.33



Los gráficos permiten observar:



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

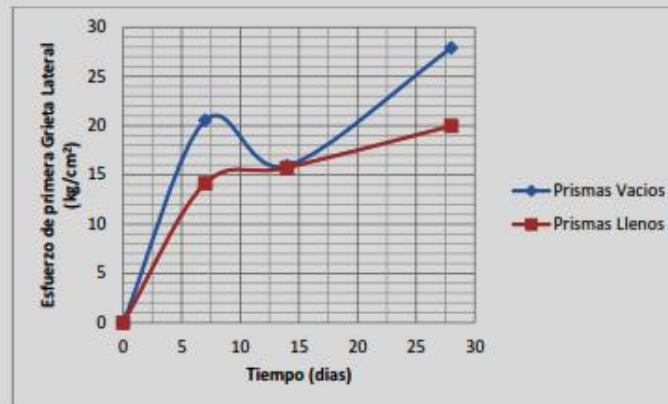
- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, con lo cual se establece su resiliencia de 27.60 kg/cm² para los prismas vacíos y de 18.99 kg/cm² para los prismas llenos.
- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal, decreciendo su resistencia en una mayor proporción en los prismas vacíos que en los llenos, en los 14 días, en los prismas vacíos hasta 16.28 kg/cm² y en los llenos hasta 18.87 kg/cm².
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 24.33 kg/cm² para los prismas llenos y de 31.42 kg/cm² para los prismas vacíos.

Resumen Primera Gráfica Lateral

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	14.13	14.94	0	9.72	14.55	0
2	15.56	14.94	14.46	10.71	14.55	7.86
3	17.81	14.94	27.33	12.26	15.52	13.3
4	21.13	15.94	35.26	14.54	15.52	13.73
5	23.36	15.94	35.26	16.07	16.41	25.12
6	24.01	16.85	35.73	16.52	16.41	32.42
7	24.05	16.88	37.51	16.55	16.44	32.85
8	24.17	16.88	37.51	16.63	16.44	34.49
Media	20.53	15.91	27.88	14.13	15.73	19.97



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Los gráficos permiten observar:

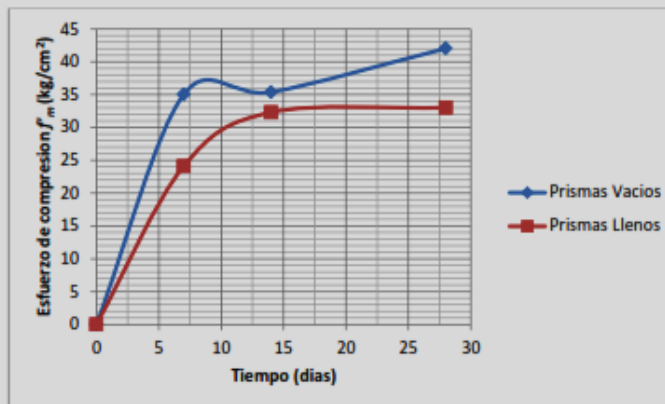
- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, con lo cual se establece su resistencia de 20.53 kg/cm² para los prismas vacíos y de 14.13 kg/cm² para los prismas llenos.
- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal, decreciendo su resistencia en los prismas vacíos que en los vacíos, en los 14 días, hasta 15.91 kg/cm² y en los llenos aumenta hasta más o menos la misma resistencia que los vacíos de 15.73 kg/cm².
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 19.97 kg/cm² para los prismas llenos y de 27.88 kg/cm² para los prismas vacíos.



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Resumen f'_m

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	21.23	26.82	24.12	14.61	26.11	20.63
2	31.33	26.82	34.83	21.56	26.11	22.17
3	33.10	27.89	36.98	22.77	27.16	22.55
4	33.97	27.89	46.73	23.37	27.16	32.02
5	35.54	30.23	46.73	24.46	29.43	34.00
6	40.96	47.81	48.53	28.19	29.43	42.96
7	41.06	47.81	49.15	28.26	46.55	44.62
8	43.09	47.81	49.15	29.65	46.55	45.19
Media	35.03	35.38	42.03	24.11	32.31	33.02





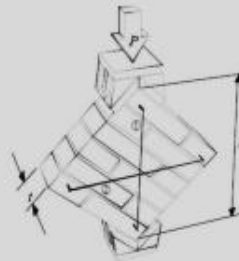
INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Los gráficos permiten observar:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días. Con lo cual se establece su resistencia de 24.11 kg/cm^2 para los prismas llenos y de 35.03 kg/cm^2 para los prismas vacíos.
- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Incrementando su resistencia en una mayor proporción en los prismas llenos que en los vacíos, en los 14 días, en los prismas vacíos hasta 35.38 kg/cm^2 y en los llenos hasta 32.31 kg/cm^2 .
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 33.02 kg/cm^2 para los prismas llenos y de 42.03 kg/cm^2 para los prismas vacíos.

ENSAYO DE ELEMENTOS PRISMÁTICOS A CORTE

Descripción de prismas



Descripción de Ensayo

El ensayo más utilizado para determinar la resistencia al corte o resistencia a la tensión diagonal es, probablemente, el de corte o compresión diagonal mostrada en la figura. Seguramente por la similitud de la forma de falla del ensayo con la forma de falla de ciertos muros de edificaciones ante acciones sísmicas. El prisma estándar es un murete cuadrado. Se hace de la albañilería cuyas características se

Página 19 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Pnsmas FECHA: 27/07/2012

quiere determinar y del espesor del muro investigado. Es de importancia que mientras más grande sea el murete, los resultados serán más confiables debido a que los puntos de medición se encuentran más separados acercándose más a la realidad y porque los resultados tienen menos variabilidad. El dispositivo de transferencia de la carga al pnsma produce concentración de esfuerzos y debe de transferir la carga uniformemente a las superficies de contacto de la albanilería para evitar fallas localizadas. El ensayo consiste en cargar diagonalmente el murete con una carga de compresión creciente y a un ritmo controlado hasta la ruptura.

Datos de Ensayo a Corte

Ensayo a Corte a 7 Días

Pnsma #	Peso (kg)	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
07-Co-001	44.43	97.98	59.70	58.50	13.80	82.40	2700.00	61.90	5.16	33.29
07-Co-002	45.85	101.10	59.60	59.60	14.00	82.50	2700.00	73.52	5.16	33.29
07-Co-003	44.76	98.70	59.20	59.00	13.90	82.20	1900.00	78.68	5.16	33.29
07-Co-004	44.93	99.07	59.40	58.60	14.00	82.10	2450.00	89.79	5.16	33.29
07-Co-006	45.19	99.64	60.20	59.00	13.80	82.00	2900.00	89.14	5.16	33.29
07-Co-005	44.69	98.55	59.40	58.50	13.95	82.60	3100.00	100.36	5.16	33.29
07-Co-007	44.69	98.55	59.40	58.50	13.95	81.30	2950.00	107.42	5.16	33.29
07-Co-008	43.91	96.83	59.10	58.40	13.80	82.20	3500.00	119.44	5.16	33.29

Pnsma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Área de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
07-Co-001	13932.00	2060.72	582.43	3.54
07-Co-002	13932.00	2447.38	591.59	4.14
07-Co-003	9804.00	2619.33	585.23	4.48
07-Co-004	12642.00	2989.04	588.72	5.08
07-Co-005	14964.00	2967.51	579.61	5.12
07-Co-006	15996.00	3341.08	590.19	5.66
07-Co-007	15222.00	3575.88	580.90	6.16
07-Co-008	18060.00	3976.23	581.02	6.84



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Peso (lb)	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
07-Co-01	177.00	80.27	59.70	58.50	13.80	82.40	2700	189.87	5.16	33.29
07-Co-02	177.00	80.27	59.60	59.60	14.00	82.50	2700	189.87	5.16	33.29
07-Co-03	172.50	78.23	59.20	59.00	13.90	82.20	1900	133.61	5.16	33.29
07-Co-04	171.00	77.55	59.40	58.60	14.00	82.10	2450	172.29	5.16	33.29
07-Co-06	172.00	78.00	60.20	59.00	13.80	82.00	2900	203.94	5.16	33.29
07-Co-05	172.00	78.00	59.40	58.50	13.95	82.60	3100	218.00	5.16	33.29
07-Co-07	172.00	78.00	59.40	58.50	13.95	81.30	2950	207.45	5.16	33.29
07-Co-08	171.50	77.78	59.10	58.40	13.80	82.20	3500	246.13	5.16	33.29

Prisma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Área de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
07-Co-01	13932	6320.93	1137.12	5.56
07-Co-02	13932	6320.93	1155.00	5.47
07-Co-03	9804	4448.07	1142.58	3.89
07-Co-04	12642	5735.66	1149.40	4.99
07-Co-06	14964	6789.15	1131.60	6.00
07-Co-06	15996	7257.37	1152.27	6.30
07-Co-07	15222	6906.21	1134.14	6.09
07-Co-08	18060	8193.80	1134.36	7.22



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Ensayo a Corte a 14 Días

Prisma #	Peso (kg)	Peso (Lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
14-Co-001	44.70	98.56	59.50	58.20	14.00	81.40	3200.00	58.77	5.16	33.29
14-Co-002	45.39	100.08	59.60	59.00	14.00	81.60	2900.00	61.28	5.16	33.29
14-Co-003	45.24	99.74	59.30	59.10	14.00	81.50	2950.00	69.95	5.16	33.29
14-Co-004	44.15	97.36	59.30	58.10	13.90	81.00	2900.00	77.42	5.16	33.29
14-Co-005	44.61	98.36	59.20	58.80	13.90	81.50	3100.00	87.81	5.16	33.29
14-Co-006	44.31	97.70	59.00	58.60	13.90	81.40	3050.00	104.04	5.16	33.29
14-Co-007	45.24	99.74	59.40	59.00	14.00	81.80	3500.00	120.34	5.16	33.29
14-Co-008	43.94	96.90	58.70	58.00	14.00	81.50	3550.00	139.89	5.16	33.29

Página 22 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

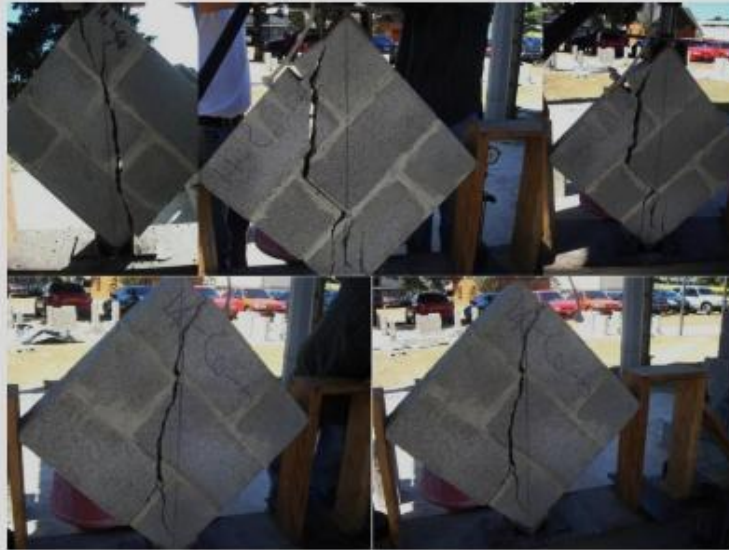
Prisma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Área de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
14-Co-001	16512.00	1956.59	583.70	3.35
14-Co-002	14964.00	2040.09	585.14	3.49
14-Co-003	15222.00	2328.68	584.42	3.98
14-Co-004	14964.00	2577.42	576.69	4.47
14-Co-005	15996.00	2923.35	580.25	5.04
14-Co-006	15738.00	3463.44	579.53	5.98
14-Co-007	18060.00	4006.28	586.57	6.83
14-Co-008	18318.00	4656.85	584.42	7.97

Prisma #	Peso (Lb)	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
14-Co-01	167.50	75.96	59.50	58.20	14.00	81.40	3200	225.04	5.16	33.29
14-Co-02	170.50	77.32	59.60	59.00	14.00	81.60	2900	203.94	5.16	33.29
14-Co-03	169.50	76.87	59.30	59.10	14.00	81.50	2950	207.45	5.16	33.29
14-Co-04	167.50	75.96	59.30	58.10	13.90	81.00	2900	203.94	5.16	33.29
14-Co-05	172.00	78.00	59.20	58.80	13.90	81.50	3100	218.00	5.16	33.29
14-Co-06	166.00	75.28	59.00	58.60	13.90	81.40	3050	214.49	5.16	33.29
14-Co-07	171.00	77.55	59.40	59.00	14.00	81.80	3500	246.13	5.16	33.29
14-Co-08	168.00	76.19	58.70	58.00	14.00	81.50	3550	249.65	5.16	33.29

Prisma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Area de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
14-Co-01	16512	7491.48	1139.60	6.57
14-Co-02	14964	6789.15	1142.40	5.94
14-Co-03	15222	6906.21	1141.00	6.05
14-Co-04	14964	6789.15	1125.90	6.03
14-Co-05	15996	7257.37	1132.85	6.41
14-Co-06	15738	7140.32	1131.46	6.31
14-Co-07	18060	8193.80	1145.20	7.15
14-Co-08	18318	8310.86	1141.00	7.28



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Ensayo a Corte a 28 Días

Prisma #	Peso (kg)	Peso (lb)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
28-Co-001	44.29	97.65	59.30	56.70	13.80	81.50	4100.00	59.62	5.16	33.29
28-Co-002	44.61	98.36	59.30	56.70	13.90	81.60	4900.00	75.99	5.16	33.29
28-Co-003	45.23	99.73	59.90	58.50	14.00	82.50	3900.00	103.81	5.16	33.29
28-Co-004	44.66	98.49	59.40	59.10	13.80	82.30	3900.00	107.36	5.16	33.29
28-Co-005	44.91	99.03	59.70	56.70	13.90	82.00	4100.00	108.08	5.16	33.29
28-Co-006	44.44	97.99	59.20	59.00	13.80	82.30	4100.00	116.65	5.16	33.29
28-Co-007	44.43	97.98	59.70	58.50	13.80	82.40	2700.00	122.84	5.16	33.29
28-Co-008	44.43	97.98	59.70	58.50	13.80	82.40	2700.00	141.51	5.16	33.29



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Área de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
28-Co-001	21156.00	1984.61	576.07	3.45
28-Co-002	25284.00	2529.60	580.96	4.35
28-Co-003	20124.00	3455.82	591.59	5.84
28-Co-004	20124.00	3573.98	581.73	6.14
28-Co-005	21156.00	3598.16	583.81	6.16
28-Co-006	21156.00	3883.44	581.73	6.68
28-Co-007	13932.00	4089.51	582.43	7.02
28-Co-008	13932.00	4710.96	582.43	8.09

Prisma #	Peso (Lb)	Peso (kg)	Largo (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Diagonal (cm)	Esfuerzo Máximo (psi)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Área del Gato (pulg ²)	Área del Gato (cm ²)
28-Co-01	170.50	77.32	59.30	58.70	13.80	81.50	4100	288.33	5.16	33.29
28-Co-02	171.50	77.78	59.30	58.70	13.90	81.60	4900	344.59	5.16	33.29
28-Co-03	170.50	77.32	59.90	58.50	14.00	82.50	3900	274.26	5.16	33.29
28-Co-04	169.00	76.64	59.40	59.10	13.80	82.30	3900	274.26	5.16	33.29
28-Co-05	172.00	78.00	59.70	58.70	13.90	82.00	4100	288.33	5.16	33.29
28-Co-06	167.00	75.74	59.20	59.00	13.80	82.30	4100	288.33	5.16	33.29
28-Co-07	177.00	80.27	59.70	58.50	13.80	82.40	2700	189.87	5.16	33.29
28-Co-08	177.00	80.27	59.70	58.50	13.80	82.40	2700	189.87	5.16	33.29

Prisma #	Carga (lb)	Carga (Kg)	Área de Corte (cm ²)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)
28-Co-01	21156	9598.46	1124.70	8.53
28-Co-02	25284	11471.33	1134.24	10.11
28-Co-03	20124	9130.24	1155.00	7.90
28-Co-04	20124	9130.24	1135.74	8.04
28-Co-05	21156	9598.46	1139.80	8.42
28-Co-06	21156	9598.46	1135.74	8.45
28-Co-07	13932	6320.93	1137.12	5.56
28-Co-08	13932	6320.93	1137.12	5.56

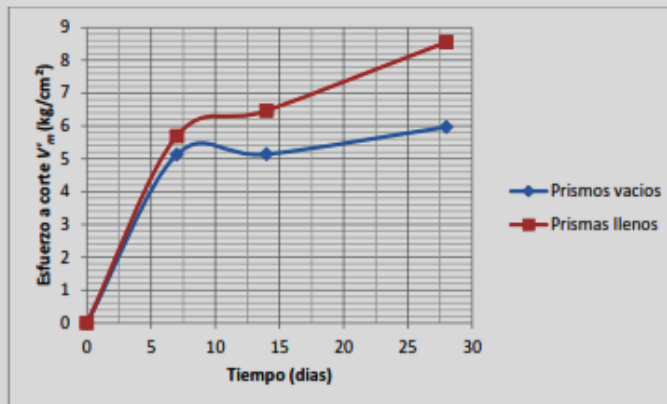
Página 25 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Resumen Resistencia

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	3.54	3.35	3.45	3.89	5.94	7.90
2	4.14	3.49	4.35	4.99	6.03	8.04
3	4.48	3.98	5.84	5.47	6.05	8.42
4	5.08	4.47	6.14	5.56	6.31	8.45
5	5.12	5.04	6.16	6.00	6.40	8.45
6	5.66	5.98	6.68	6.09	6.57	8.53
7	6.16	6.83	7.02	6.30	7.15	8.53
8	6.84	7.97	8.09	7.22	7.28	10.11
Media	5.13	5.14	5.97	5.69	6.47	8.55





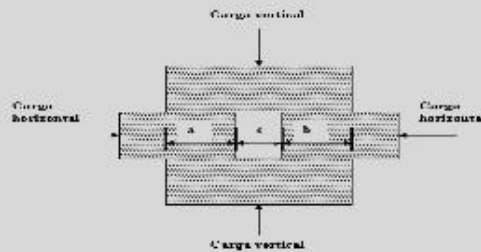
INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Los gráficos permiten observar:

- Las curvas son aproximadamente rectas mientras que la resistencia crece de cero a 7 días, con lo cual se establece su resistencia de 5.12 kg/cm^2 para los prismas llenos y de 5.69 kg/cm^2 para los prismas vacíos.
- Más allá de este intervalo el comportamiento de los sistemas es no lineal. Incrementando su resistencia en una mayor proporción en los prismas llenos que en los vacíos, en los 14 días, en los prismas vacíos hasta 35.38 kg/cm^2 y en los llenos hasta 32.31 kg/cm^2 .
- Pasados estos entra en su zona plástica y aumenta su resistencia a la máxima a los 28 días siendo de 6.43 kg/cm^2 para los prismas llenos y de 5.13 kg/cm^2 para los prismas vacíos, debidos mayormente a la integración y aporte del grout, consolidándolo como un sistema.

ENSAYO DE ELEMENTOS PRISMÁTICOS PARA ADHERENCIA

Descripción de prismas



Descripción de Ensayo

Este estudia la acción de una fuerza horizontal en un muro ocasionada normalmente por el viento o sismo, a la cual se contraponen una fuerza resistente o fuerzas de cortante; originadas por adherencia y fricción existente entre el mortero y la unidad de mampostería, en este caso se someten los prismas a cargas axiales de confinamiento y cargas laterales, colocando el prisma dentro de un marco que permita una adecuada aplicación de cargas, la carga de confinamiento se aumenta a

Página 27 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

partir de la obtención de la falla por adherencia, luego se repite el proceso hasta que se pierde la capacidad de confinamiento (colapso).

Datos de Ensayo de Adherencia

Datos de Ensayo de Adherencia en Prismas Vacíos

Ensayo de Adherencia a 7 Días

Prisma #	Peso (Kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
07-A-01	29.00	14.50	1.50	14.30	1.00	14.50	1.00	15.00	1.00	9.80	9.00	3	600
07-A-02	28.69	15.00	1.20	15.50	1.00	15.50	1.00	15.00	1.00	8.10	8.00	4	1400
07-A-03	28.00	15.80	1.00	15.00	1.00	15.50	0.80	15.50	0.80	7.80	7.60	3	1150
07-A-04	29.00	15.50	0.80	15.60	1.00	15.50	0.80	15.80	0.80	7.60	7.30	3	1400
07-A-05	28.40	15.00	1.00	15.50	1.00	15.70	1.00	15.40	1.10	8.00	8.20	3	800
07-A-06	29.20	15.50	0.80	15.40	1.00	15.40	1.30	15.60	1.10	8.30	8.40	3	1100
07-A-07	29.00	15.30	0.90	15.60	1.00	15.30	0.90	15.60	0.90	8.00	8.00	3	1200
07-A-08	28.20	15.50	0.90	15.20	1.10	15.00	0.70	15.00	0.60	8.20	8.40	3	1400

Prisma #	Commi ento 1 (mm)	Commi ento 2 (mm)	Commi ento 3 (mm)	Commi ento 4 (mm)	Commi ento Promedi o (mm)	Área del Gato (pi2)	Carga (Lb)	Carga (Kg)	Largo de Contac to (cm)	Área de Contac to (cm2)	Esfuerz o de Adhere ncia (Kg/cm 2)
07-A-01	2.00	2.00	0.00	0.00	1.00	2.47	1482.00	672.41	58.30	296.16	2.27
07-A-02	10.00	7.00	0.00	0.00	4.25	2.47	3458.00	1568.97	61.00	309.88	5.06
07-A-03	3.00	4.00	0.00	0.00	1.75	2.47	2840.50	1288.79	61.80	313.94	4.11
07-A-04	12.00	10.00	0.00	0.00	5.50	2.47	3458.00	1568.97	62.40	316.99	4.95
07-A-05	6.00	0.00	0.00	0.00	1.50	2.47	1976.00	896.55	61.60	312.93	2.87
07-A-06	7.00	6.00	0.00	0.00	3.25	2.47	2717.00	1232.76	61.90	314.45	3.92
07-A-07	6.00	0.00	0.00	0.00	1.50	2.47	2964.00	1344.83	61.80	313.94	4.28
07-A-08	4.00	2.00	0.00	0.00	1.50	2.47	3458.00	1568.97	60.70	308.36	5.09

Página 28 de 40



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
 INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
 ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
07-AI-01	NE	15.10	0.70	15.20	0.90	14.30	1.00	16.40	0.90	NE	NE	NE	NE
07-AI-02	49.90	14.70	1.80	15.60	2.00	15.50	1.50	15.20	1.10	8.30	8.50	3	1050
07-AI-03	49.44	15.30	1.30	16.20	1.20	16.50	0.80	15.50	0.80	7.40	6.90	3	1150
07-AI-04	49.44	15.80	1.50	16.50	1.30	16.00	1.60	15.50	1.70	6.60	6.50	3	1100
07-AI-05	49.90	16.00	1.60	14.60	1.50	15.30	0.80	15.50	0.80	8.50	8.30	4	1600
07-AI-06	49.22	16.20	0.80	15.00	2.00	16.00	1.40	16.00	0.90	7.50	7.40	2	1300
07-AI-07	50.80	15.50	1.50	15.20	1.20	15.30	1.30	15.20	1.50	8.50	8.50	3	1400
07-AI-08	49.67	16.30	1.50	15.30	1.40	15.70	1.30	15.70	1.10	8.40	8.20	0	2200

Prisma #	Commi ento 1 (mm)	Commi ento 2 (mm)	Commi ento 3 (mm)	Commi ento 4 (mm)	Commi ento Promedi o (mm)	Área del Gato (pl2)	Carga (Lb)	Carga (kg)	Largo de Contac to (cm)	Área de Contac to (cm2)	Esfuerzo de Adheren cia (Kg/cm2)
07-AI-01	NE	NE	NE	NE	NE	2.47	NE	NE	61.00	847.90	NE
07-AI-02	3.00	2.00	0.00	0.00	1.25	2.47	2593.50	1176.72	61.00	847.90	1.39
07-AI-03	3.00	2.00	1.00	0.00	1.50	2.47	2840.50	1288.79	63.50	882.65	1.46
07-AI-04	1.00	2.00	0.00	0.00	0.75	2.47	2717.00	1232.76	63.80	886.82	1.39
07-AI-05	5.00	6.00	2.00	0.00	3.25	2.47	3952.00	1793.10	61.40	853.46	2.10
07-AI-06	3.00	1.00	0.00	0.00	1.00	2.47	3211.00	1456.90	63.20	878.48	1.66
07-AI-07	4.00	3.00	0.00	0.00	1.75	2.47	3458.00	1568.97	61.20	850.68	1.84
07-AI-08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.47	5434.00	2465.52	63.00	875.70	2.82



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
 INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
 ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Ensayo de Adherencia a 14 Días

Prisma #	Peso (Kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	a1 (cm)	a2 (cm)	a2 (cm)	a3 (cm)	a3 (cm)	a4 (cm)	a4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
14-A-01	29.50	15.40	1.40	15.50	1.30	15.80	1.30	15.60	1.10	7.80	7.80	3	1300
14-A-02	29.40	15.70	1.00	15.40	1.10	15.30	1.00	15.20	1.00	8.10	8.10	4	1300
14-A-03	28.20	15.70	0.90	14.50	1.00	15.30	0.80	15.20	0.90	8.60	8.50	4	1000
14-A-04	29.00	15.30	1.30	15.30	1.20	15.50	1.20	15.30	1.10	8.10	8.10	2	700
14-A-05	29.40	15.30	1.30	15.60	1.40	15.90	1.40	15.50	1.00	7.90	7.70	3	1300
14-A-06	29.50	15.80	1.10	15.30	1.00	15.40	1.10	15.10	0.90	8.00	8.20	4	1250
14-A-07	28.30	15.60	0.80	14.60	1.10	15.20	0.90	15.30	1.00	8.70	8.60	4	1100
14-A-08	29.10	15.40	1.20	15.20	1.10	15.40	1.30	15.40	1.20	8.00	8.20	2	750

Página 30 de 40



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Commi- ento 1 (mm)	Commi- ento 2 (mm)	Commi- ento 3 (mm)	Commi- ento 4 (mm)	Commi- ento Promedi- o (mm)	Área del Gato (pl2)	Carga (Lb)	Carga (Kg)	Largo de Contac- to (cm)	Área de Contact- o (cm2)	Esfuerzo de Adheren- cia (Kg/cm2)
14-A-01	3.00	3.00	0.00	0.00	1.50	2.47	3211.00	1456.90	62.30	316.48	4.60
14-A-02	3.50	2.50	0.00	0.00	1.50	2.47	3211.00	1456.90	61.60	312.93	4.66
14-A-03	3.00	3.00	0.00	0.00	1.50	2.47	2470.00	1120.69	60.70	308.36	3.63
14-A-04	6.00	6.00	0.00	0.00	3.00	2.47	1729.00	784.48	61.40	311.91	2.52
14-A-05	2.50	2.50	0.00	0.00	1.25	2.47	3211.00	1456.90	62.30	316.48	4.60
14-A-06	3.50	2.50	0.00	0.00	1.50	2.47	3087.50	1400.86	61.60	312.93	4.48
14-A-07	3.00	3.00	0.00	0.00	1.50	2.47	2717.00	1232.76	60.70	308.36	4.00
14-A-08	5.50	5.50	0.00	0.00	2.75	2.47	1852.50	840.52	61.40	311.91	2.69

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	a1 (cm)	a2 (cm)	a2 (cm)	a3 (cm)	a3 (cm)	a4 (cm)	a4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
14-AI-01	49.67	14.30	2.50	15.20	1.70	15.50	1.60	14.50	2.60	9.40	9.20	3	1350
14-AI-02	48.99	15.60	1.40	15.60	1.70	14.70	1.70	16.70	1.10	7.50	7.00	3	1350
14-AI-03	56.70	14.80	1.90	15.50	1.70	15.10	1.90	15.10	1.90	8.70	8.40	3	1250
14-AI-04	49.90	15.00	1.80	15.50	1.70	15.70	1.50	15.80	1.20	7.80	7.50	4	1250
14-AI-05	50.35	14.70	1.40	15.20	1.30	15.50	1.10	15.20	1.00	8.00	8.10	2	2500
14-AI-06	50.35	15.60	1.40	15.00	1.60	15.50	1.20	15.30	1.10	9.00	9.00	2	1900
14-AI-07	49.22	15.20	1.60	15.10	1.60	15.50	1.40	16.00	1.50	8.20	7.70	2	1900
14-AI-08	50.35	15.50	2.40	15.80	2.00	15.60	1.00	15.90	1.50	8.00	7.50	3	1800



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Commi- ento 1 (mm)	Commi- ento 2 (mm)	Commi- ento 3 (mm)	Commi- ento 4 (mm)	Commi- ento Promedi- o (mm)	Área del Gato (pi2)	Carga (Lb)	Carga (kg)	Largo de Contac- to (cm)	Área de Contac- to (cm2)	Esfuerzo de Adheren- cia (Kg/cm2)
14-AI-01	3.50	3.50	0.00	0.00	1.75	2.47	3334.50	1512.93	59.50	827.05	1.83
14-AI-02	2.00	4.00	3.00	0.00	2.25	2.47	3334.50	1512.93	62.60	870.14	1.74
14-AI-03	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.47	3087.50	1400.86	60.50	840.95	1.67
14-AI-04	5.00	7.00	0.00	0.00	3.00	2.47	3087.50	1400.86	62.00	861.80	1.63
14-AI-05	2.50	6.50	7.50	0.00	4.13	2.47	6175.00	2801.72	60.60	842.34	3.33
14-AI-06	1.00	0.50	0.00	0.00	0.38	2.47	4693.00	2129.31	61.40	853.46	2.49
14-AI-07	2.50	3.50	2.50	0.00	2.13	2.47	4693.00	2129.31	61.80	859.02	2.48
14-AI-08	7.00	7.00	0.00	0.00	3.50	2.47	4446.00	2017.24	62.80	872.92	2.31





INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
 INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
 ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Ensayo de Adherencia a 28 Días

Prisma #	Peso (Kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
28-A-01	28.00	15.30	1.10	15.30	0.90	15.20	0.60	15.20	1.00	8.00	7.90	3	900
28-A-02	28.00	15.10	0.60	15.00	0.40	14.60	0.70	15.40	0.90	8.70	8.50	3	1000
28-A-03	28.60	15.30	0.90	15.00	0.90	15.10	0.80	15.40	0.80	8.60	8.30	4	1100
28-A-04	28.60	16.10	0.80	14.90	0.90	15.70	0.90	15.00	0.80	7.80	8.10	3	1000
28-A-05	28.40	14.60	1.10	15.10	0.90	14.80	0.90	15.10	1.10	8.80	8.90	3	950
28-A-06	28.40	14.80	0.70	15.80	0.70	15.20	0.80	15.80	0.80	8.50	8.70	3	1100
28-A-07	28.50	14.70	1.20	15.00	0.80	14.90	1.00	15.00	1.00	8.90	8.80	3	950
28-A-08	28.50	14.70	0.80	15.70	0.60	15.30	0.90	15.70	0.70	8.60	8.60	3	1100

Prisma #	Commi ento 1 (mm)	Commi ento 2 (mm)	Commi ento 3 (mm)	Commi ento 4 (mm)	Commi ento Promedi o (mm)	Área del Gato (pt2)	Carga (Lb)	Carga (Kg)	Largo de Contac to (cm)	Área de Contac to (cm2)	Esfuerzo de Adheren cia (Kg/cm2)
28-A-01	3.50	4.00	0.00	0.00	1.88	2.47	2223.00	1008.62	61.00	309.88	3.25
28-A-02	3.50	3.00	0.00	0.00	1.63	2.47	2470.00	1120.69	60.10	305.31	3.67
28-A-03	4.00	0.50	1.00	0.00	1.38	2.47	2717.00	1232.76	60.80	308.86	3.99
28-A-04	3.00	3.50	0.00	0.00	1.63	2.47	2470.00	1120.69	61.70	313.44	3.58
28-A-05	2.00	1.00	0.00	0.00	0.75	2.47	2346.50	1064.66	59.60	302.77	3.52
28-A-06	3.50	3.00	0.00	0.00	1.63	2.47	2717.00	1232.76	61.60	312.93	3.94
28-A-07	2.50	1.50	0.00	0.00	1.00	2.47	2346.50	1064.66	59.60	302.77	3.52
28-A-08	3.00	2.50	0.00	0.00	1.38	2.47	2717.00	1232.76	61.40	311.91	3.95



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Prisma #	Peso (kg)	Geometría del Prisma										Caras Falladas	Esfuerzo (psi)
		a1 (cm)	e1 (cm)	a2 (cm)	e2 (cm)	a3 (cm)	e3 (cm)	a4 (cm)	e4 (cm)	b Arriba (cm)	b Abajo (cm)		
28-AI-01	49.90	15.50	1.00	15.20	1.00	15.30	1.00	15.80	1.00	7.70	7.70	3	1650
28-AI-02	50.58	15.50	1.10	16.00	1.30	15.20	1.60	16.00	1.90	7.20	7.20	2	1750
28-AI-03	49.90	17.00	2.60	16.50	1.50	16.70	1.70	16.20	1.50	5.80	5.50	2	1550
28-AI-04	50.35	15.70	1.10	14.60	1.20	15.80	2.00	15.30	1.50	8.50	8.10	2	1400
28-AI-05	49.90	14.50	1.90	15.50	1.70	15.20	1.20	15.60	1.60	8.10	7.50	3	1450
28-AI-06	49.67	15.70	1.60	15.30	1.70	15.20	1.20	16.20	1.30	8.00	8.00	2	1700
28-AI-07	48.99	15.50	1.20	15.20	1.10	15.60	1.20	15.50	1.70	7.80	7.70	2	1300
28-AI-08	50.35	14.60	1.50	14.80	1.50	15.30	1.30	15.00	1.20	8.50	8.50	2	1800

Prisma #	Commi ento 1 (mm)	Commi ento 2 (mm)	Commi ento 3 (mm)	Commi ento 4 (mm)	Commi nto Promedi o (mm)	Área del Gato (pi2)	Carga (Lb)	Carga (kg)	Largo de Contac to (cm)	Área de Contac to (cm2)	Esfuerzo de Adheren cia (Kg/cm2)
28-AI-01	5.00	4.50	0.00	0.00	2.36	2.47	4075.50	1849.14	61.80	859.02	2.15
28-AI-02	6.50	5.50	0.00	0.00	3.00	2.47	4322.50	1961.21	62.70	871.53	2.25
28-AI-03	4.50	4.50	1.00	0.00	2.50	2.47	3828.50	1737.07	66.40	922.96	1.88
28-AI-04	6.50	7.00	0.00	0.00	3.36	2.47	3458.00	1568.97	61.40	853.46	1.84
28-AI-05	6.50	6.00	0.00	0.00	3.13	2.47	3581.50	1625.00	60.80	845.12	1.92
28-AI-06	8.50	8.50	0.00	0.00	4.25	2.47	4199.00	1905.17	62.40	867.36	2.20
28-AI-07	1.50	3.00	0.00	0.00	1.13	2.47	3211.00	1456.90	61.80	859.02	1.70
28-AI-08	5.50	5.00	0.00	0.00	2.63	2.47	4446.00	2017.24	59.70	829.83	2.43



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

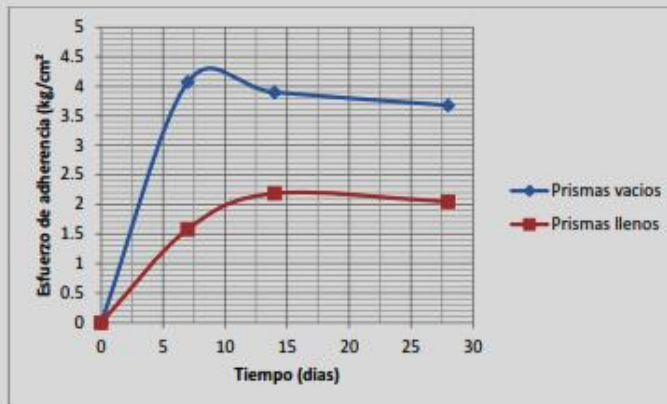


Resumen Resistencia

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	2.27	2.52	3.25	0.00	1.63	1.70
2	2.87	2.69	3.52	1.39	1.67	1.84
3	3.92	3.63	3.52	1.39	1.74	1.88
4	4.11	4.00	3.58	1.46	1.83	1.92
5	4.28	4.48	3.67	1.66	2.31	2.15
6	4.95	4.60	3.94	1.84	2.48	2.20
7	5.06	4.60	3.95	2.10	2.49	2.25
8	5.09	4.66	3.99	2.82	3.33	2.43
Media	4.07	3.90	3.68	1.58	2.19	2.05



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



En la gráfica se aprecia que:

- A tempranas edades en prismas vacíos la resistencia a la adherencia es mayor que en los días posteriores, llegando a un máximo entre los 8 y 10 días de aproximadamente 4.30 Kg/cm^2 . En prismas llenos de grout, la resistencia a la adherencia se incrementa de una forma lineal que en los días posteriores, llegando a un máximo entre los 14 y 16 días de aproximadamente 2.20 Kg/cm^2 , siendo aproximadamente la mitad de la resistencia de los prismas vacíos, debido principalmente por el aumento del peso de los mismos.
- Posteriormente en los prismas vacíos, empieza a decrecer hasta un esfuerzo de 3.68 Kg/cm^2 a sus 28 días, principalmente debido a la absorción dispareja del agua por parte del mortero, esto visto en las fallas de los elementos en la parte superior de los morteros que se usó. En los prismas llenos empieza a decrecer hasta un esfuerzo de 2.05 Kg/cm^2 a sus 28 días, principalmente debido a la absorción mayor y dispareja del agua por parte del mortero, esto visto entre el mortero, la unidad y el grout y a la mayor área de contacto.



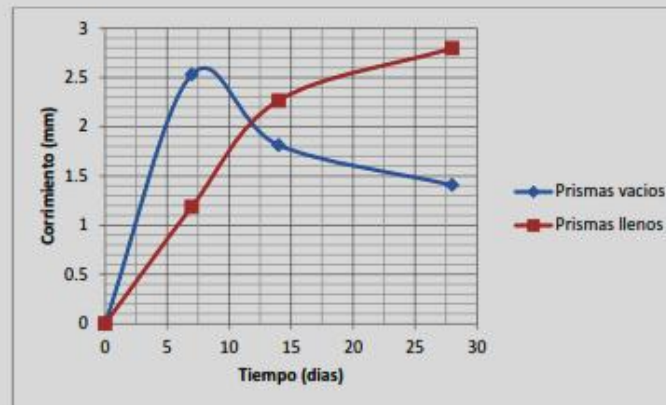
INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

Resumen Comentario

Prisma #	Vacíos			Llenos		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días
1	1.00	1.25	0.75	0.00	0.38	1.13
2	1.50	1.50	1.00	0.00	1.00	2.38
3	1.50	1.50	1.38	0.75	1.75	2.50
4	1.50	1.50	1.38	1.00	2.13	2.63
5	1.75	1.50	1.63	1.25	2.25	3.00
6	3.25	1.50	1.63	1.50	3.00	3.13
7	4.25	2.75	1.63	1.75	3.50	3.38
8	5.50	3.00	1.88	3.25	4.13	4.25
Media	2.53	1.81	1.41	1.19	2.27	2.80





INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

En la gráfica se aprecia que:

- A tempranas edades en prismas vacíos el corrimiento es mayor que en los días posteriores, llegando a un máximo entre los 7 y 8 días de aproximadamente 2.6 mm. El corrimiento en los prismas de adherencia llenos de grout presentan una tendencia lineal al aumento del este hasta 2.27 mm a los 14 días, debido al aumento del área de contacto y la absorción del agua mayor, produciendo que con un esfuerzo de adherencia bajo se produzca una mayor fuerza de empuje debido a que el elemento tiene más masa.
- Posteriormente a esto en los prismas vacíos empieza a decrecer súbitamente hasta estabilizarse en un corrimiento de 1.40 mm a sus 28 días, esto debido principalmente a la absorción despareja del agua por parte del mortero, ya que a menor esfuerzo menor la deformación o corrimiento. En los prismas llenos sigue creciendo el corrimiento hasta 2.80 mm a los 28 días casi el doble que en los vacíos, esto debido principalmente a la absorción despareja del agua ya que el grout le quita al mortero, haciendo su unión más débil.

CONCLUSIONES:

- La relación entre el esfuerzo de compresión y el esfuerzo de corte en prismas llenos de grout es de entre 4-5 en cualquiera de las edades ensayadas, relación más baja de lo normal de entre 6-8 en los prismas vacíos.
- En relación a la adherencia, en los prismas vacíos se muestra un aumento de esfuerzos y corrimiento al mismo tiempo, suponiéndose que son directamente proporcionales, mientras que en los prismas llenos se muestra un aumento lineal del corrimiento mientras que los esfuerzos tienden a fluctuar, así mismo aunque en los prismas vacíos hay un esfuerzo mayor que

Página 38 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio T-5 Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3952. Planta 1403-9599 Ext. 1500. FAX: 2476-8993.
Página web: <http://ciencia.usac.gt>



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40

INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte

ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012

en los llenos, los últimos aguantaron más carga que los primeros y por tener más área de contacto los esfuerzos son menores que en los primeros.

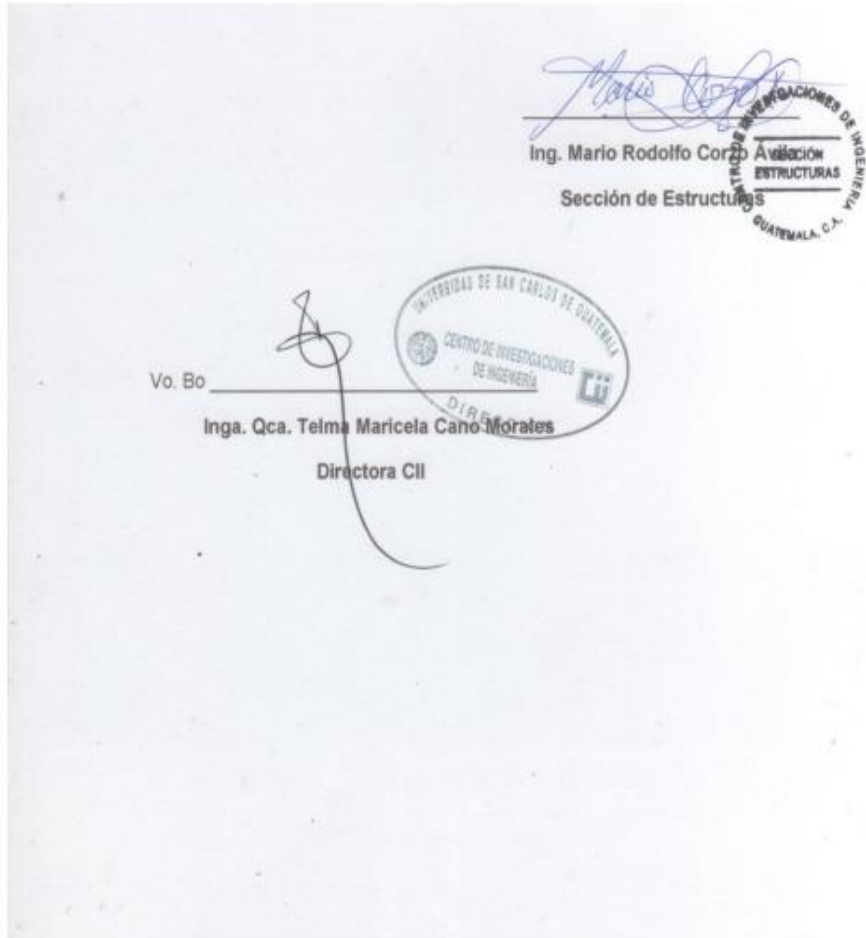
- El comportamiento de los prismas fue de manera similar, en los prismas vacíos tienden a aumentar hasta los 7 días, posteriormente decrecen hasta los 14 días y luego aumentan su resistencia hasta la máxima a los 28 días. Mientras tanto los llenos crecen también de forma lineal los primeros 7 días, luego incrementa su resistencia de forma no lineal hasta los 14 días y tienden a estabilizarse en su máximo valor a los 28 días.
- En cuanto a las fallas en los prismas de compresión se observaron como predominantes las de cono en los prismas vacíos y en los prismas llenos las de separación de la cascara. Para los prismas de corte se observaron como predominantes las de corte en los prismas vacíos, mientras que en los llenos las de tensión diagonal. Para los prismas de adherencia se observaron que 3 o las 4 caras fallaban, mientras que en los llenos solo lo hacían 2 o 3 y algunas veces fallaban los mampostes de asiento.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. PC - PCo - PA - Oct - 2012 O.T. 29862 No. DE HOJAS: 40
INTERESADO: Luis Miguel Cordón Bracamonte
ASUNTO: Ensayo a Compresión, Corte y Adherencia de Prismas FECHA: 27/07/2012



Página 40 de 40

FACULTAD DE INGENIERIA-USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-8580 Ext. 1502, FAX: 2476-3993
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII. T-5 Facultad de Ingeniería.

2. Tablas distribución t de Student

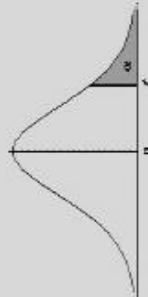


Tabla de la t de Student.
 Contiene los valores t tales que $p\{T > t\} = \alpha$,
 donde n son los grados de libertad.

$n \setminus \alpha$	0,30	0,25	0,20	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
1	0,7285	1,0000	1,3764	3,0777	6,3137	12,7062	31,8210	63,6559	127,3213	318,3088	636,6162
2	0,8172	0,8165	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9645	9,9250	14,0890	22,3271	31,5991
3	0,5844	0,7649	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8408	7,4533	10,2145	12,9240
4	0,5686	0,7407	0,9410	1,5332	2,1318	2,7765	3,7469	4,6041	5,5976	7,1732	8,6103
5	0,5594	0,7287	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	4,7733	5,8934	6,8888
6	0,5534	0,7176	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	4,3168	5,2076	5,9888
7	0,5491	0,7111	0,8980	1,4149	1,8946	2,3646	2,9979	3,4995	4,0293	4,7853	5,4079
8	0,5459	0,7064	0,8889	1,3988	1,8595	2,3080	2,8985	3,3554	3,8325	4,5008	5,0413
9	0,5435	0,7027	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	3,6897	4,2968	4,7809
10	0,5415	0,6988	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7838	3,1893	3,5814	4,1437	4,5889
11	0,5399	0,6974	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	3,4966	4,0247	4,4370
12	0,5386	0,6955	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,4284	3,9286	4,3178
13	0,5375	0,6938	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,3725	3,8520	4,2208
14	0,5366	0,6924	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,3257	3,7874	4,1405
15	0,5357	0,6912	0,8662	1,3406	1,7531	2,1315	2,6025	2,9467	3,2860	3,7328	4,0728
16	0,5350	0,6901	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,2520	3,6862	4,0150
17	0,5344	0,6892	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,2224	3,6468	3,9651
18	0,5338	0,6884	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,1966	3,6105	3,9216
19	0,5333	0,6876	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8608	3,1737	3,5784	3,8834
20	0,5329	0,6870	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,1534	3,5518	3,8495
21	0,5325	0,6864	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5178	2,8314	3,1382	3,5272	3,8183
22	0,5321	0,6858	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,1188	3,5050	3,7921
23	0,5317	0,6853	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,1040	3,4850	3,7676
24	0,5314	0,6848	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7970	3,0905	3,4668	3,7454
25	0,5312	0,6844	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,0782	3,4502	3,7251
26	0,5309	0,6840	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,0669	3,4350	3,7066
27	0,5306	0,6837	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,0565	3,4210	3,6896
28	0,5304	0,6834	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,0469	3,4082	3,6739
29	0,5302	0,6830	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,0380	3,3962	3,6594
30	0,5300	0,6828	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,0298	3,3852	3,6460
40	0,5286	0,6807	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	2,9712	3,3069	3,5510
80	0,5265	0,6776	0,8461	1,2922	1,6641	1,9801	2,3739	2,6387	2,8870	3,1953	3,4163
120	0,5258	0,6765	0,8446	1,2886	1,6576	1,9799	2,3678	2,6174	2,8599	3,1595	3,3735
∞	0,5244	0,6745	0,8416	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	2,8070	3,0902	3,2905

Fuente: OSTLE, Bernard. Estadística aplicada: técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Apéndice 4.

