

T-UES
1501
C355e
2000
EJ. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA LA
FABRICACIÓN DE LADRILLO DE SUELO- CEMENTO Y
AGREGADO DE PESO LIGERO, COMO POSIBLE
SUSTITUTO DEL LADRILLO DE BARRO, PARA EVITAR
EL DETERIORO AMBIENTAL.**

PRESENTADO POR:

**FREDY ORLANDO CASTRO ULLOA
PAZ OVIDIO JIMÉNEZ DURÁN
AGUSTÍN RAIMUNDO POCASANGRE ALVARADO**

15101808 15101808

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL



5031

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DEL 2000

Recibido el 13 de noviembre 2000

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :

Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL:

Lcda. Lidia Margarita Muñoz Vela

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

Ing. Álvaro Antonio Aguilar Orantes

SECRETARIO :

Ing. Saúl Alfonso Granados

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador

:


Ing. José Miguel Landay de Quijada

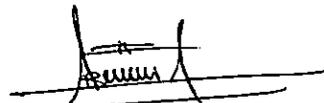
Asesor Externo

:


Ing. Carlos Antonio Quintanilla Rodríguez

Asesor Externo

:


Ing. Reynaldo Sánchez Sánchez



1000

1000

1000

1000

1000

1000

AGRADECIMIENTOS GENERALES

A nuestra Alma Mater por habernos formado académicamente.

La realización de todo este trabajo no hubiese sido posible sin el aporte desinteresado de personas e instituciones que de una u otra manera contribuyeron para su culminación. Entre ellas mencionamos:

Al coordinador Ing. José Miguel Landaverde Quijada y a los asesores Ing. Carlos Antonio Quintanilla Rodríguez y el Ing. Reynaldo Sánchez Sánchez por habernos guiado en el desarrollo del trabajo.

Al personal del laboratorio de suelos y materiales de la Escuela de Ingeniería Civil por habernos dado su ayuda en la realización de las pruebas de laboratorio necesarias durante la ejecución del trabajo, especialmente a Manuel Emiliano Espinoza, técnico en ingeniería civil por su aporte brindado desinteresadamente.

A Cementos de El Salvador S.A. (CESSA) por habernos donado el cemento necesario y el préstamo de la máquina Vibrok B-1000 para la fabricación de los especímenes de prueba y al Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC) por su aporte bibliográfico.

EL GRUPO DE TRABAJO

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre y a la santísima virgen María por haberme guiado espiritualmente durante todo el período de estudio y la realización de este trabajo de graduación.

A mi madre Deysi Elena Castro Gómez

A mi padre José Víctor Ulloa

A mis hermanos Ana Yancy, José Edwin y René Antonio por todo su apoyo.

Y a todos aquellos familiares y amigos que también me brindaron su apoyo durante la culminación de la carrera.

FREDY ORLANDO CASTRO ULLOA.

AGRADECIMIENTOS

A ti Dios, energía divina por haberme dado la luz y fortaleza para finalizar este trabajo que es la culminación de una de las metas trazadas en la etapa de mi vida; por haberme dado asistencia en todos aquellos momentos que más te necesité, gracias sinceras energía divina.

A mi adorada madre María Elena por todo lo que ella ha hecho en mi vida, por haber tenido en ella apoyo moral y económico que sin duda alguna me ayudaron a culminar esta meta.

Quiero dedicar mi parte de este trabajo a la memoria de mi recordado padre Ruperto Jiménez por su cariño del cual no puedo ahora gozar.

A mis hermanos y hermanas por el voto de confianza que me dieron y por haberme soportado todos mis malos ratos.

A mi novia Claudia por que desde que llegaste a mi vida has generado mucha inspiración, por eso gracias y espero tenerte siempre.

A mis amigos y amigas por motivarme a seguir adelante.

responsabilidad.

Especialmente al cuñado Lito porque ante la ausencia de mi padre asumió parte de su

de alguna manera colaboraron a que saliera adelante con esta meta trazada.

A mis tías y tíos, primas y primos, sobrinas y sobrinos, cuñadas y cuñados, porque

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Este logro alcanzado se lo dedico:

A DIOS TODO PODEROSO; Por ser la guía y luz en el sendero de mi superación

A MI MADRE MARIA VICENTA ALVARADO; Por todo ese amor, esfuerzo y sacrificio, que sin los cuales no me habría sido posible llevar a feliz término mis estudios.

A MI PADRE ANGEL ANTONIO POCASANGRE; Que con su cariño, comprensión y aporte económico hizo posible que alcanzara esta tan deseada meta.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS ANTONIO, CARMEN, LUPE, VIRGINIA, CRUZ Y WIL; Por brindarme ese cariño y comprensión incondicional.

A FAMILIARES Y AMIGOS; Que en algún momento preguntaron por este trabajo.

RAIMUNDO POCASANGRE

INDICE

Introducción	i
--------------	---

CAPITULO I

ANTEPROYENTO

1.1	Antecedentes.	1
1.2	Planteamiento del problema	8
1.3	Delimitaciones.	10
1.4	Objetivos y alcances globales	11
1.4.1	Objetivos.	11
1.4.1.1	Objetivos generales.	11
1.4.1.2	Objetivos específicos.	12
1.4.2	Alcances globales.	12
1.5	Limitaciones.	13
1.6	Justificación.	14

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1	Generalidades.	16
2.1.1	Conceptualización del nuevo producto denominado Ecoladrillo	16
2.1.2	Ladrillo de barro cocido.	17

2.1.2.1	Definición.	17
2.1.2.2	Materias primas.	18
2.1.2.3	Proceso y métodos de fabricación	19
2.1.2.4	Pruebas de laboratorio.	23
2.1.3	Materias primas utilizadas en la fabricación de los Ecoladrillos.	32
2.1.3.1	Cemento.	32
2.1.3.2	Agregados	39
2.2	Localización de los bancos de materiales que se utilizarán en el estudio.	43
2.2.1	Banco de piedra pómez.	43
2.2.2	Banco de escoria volcánica.	45
2.2.3	Banco de arena limosa.	46
2.2.4	Banco de arena.	47
2.3	Impacto ambiental producido por las ladrilleras de barro cocido	50

CAPITULO III

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

3.1	Pruebas de granulometría	54
3.1.1	Piedra pómez.	57
3.1.2	Escoria volcánica.	62
3.1.3	Arena limosa.	66
3.1.4	Arena.	70

3.2	Peso volumétrico	71
3.2.1	Piedra pómez.	73
3.2.2	Escoria volcánica.	74
3.2.3	Arena limosa.	75
3.2.4	Arena.	76
3.3	Absorción.	76
3.3.1	Piedra pómez.	77
3.3.2	Escoria volcánica.	79
3.3.3	Arena	79
3.4	Gravedad específica.	80
3.4.1	Piedra pómez.	81
3.4.2	Escoria volcánica.	83
3.4.3	Arena limosa.	83
3.4.4	Arena.	84
3.5	Contenido de humedad.	85
3.5.1	Piedra pómez.	86
3.5.2	Escoria volcánica.	87
3.5.3	arena limosa.	88
3.5.4	Arena.	88
3.6	Análisis y conclusiones de resultados.	89

CAPITULO IV

PROYECTO PARA LA ELABORACIÓN DE ECOLADRILLOS UTILIZANDO CEMENTO MEZCLADO CESSABLOCK (ASTM C – 1157) Y CEMENTO DE MAMPOSTERÍA CUSCATLÁN (ASTM C – 91).

4.1	Diseño de mezclas.	95
4.1.1	Diseño de las mezclas con cemento mezclado Cessablock (ASTM C – 1157) y cemento de mampostería Cuscatlán (ASTM C – 91).	101
4.1.1.1	Método manual.	102
4.1.1.2	Método mecánico.	103
4.2	Fabricación de especímenes.	105
4.2.1	Método de fabricación manual.	105
4.2.2	Método de fabricación mecánica.	112
4.2.3	Cuidados en la fabricación de los ecoladrillos.	119
4.2.3.1	Método manual.	119
4.2.3.2	Método mecánico.	121
4.3	Pruebas de laboratorio a especímenes.	123
4.3.1	Compresión simple.	123
4.3.2	Flexión (módulo de ruptura).	173
4.3.3	Absorción.	210
4.3.4	Peso volumétrico.	223

4.3.5	Variación de las dimensiones.	236
4.4	Tablas resumen de los resultados de cada prueba.	256
4.4.1	Método manual.	256
4.4.2	Método mecánico.	258
4.5	Análisis de resultados.	260
4.5.1	Método manual.	260
4.5.2	Método mecánico.	262

CAPÍTULO V

COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE ECOLADRILLOS Y LADRILLOS DE BARRO COCIDO.

5.1	Comparación técnica	265
5.2	Comparación económica	271
5.2.1	Costo de fabricación de ecoladrillos	272
5.2.1.1	Método manual	274
5.2.1.2	Método mecánico	276
5.2.1.3	Ejemplo numérico	282
5.2.1.4	Tablas resumen del costo de las unidades por millar	286
5.2.2	Costo de fabricación del ladrillo de barro cocido	289

5.2.2.1	Cálculo del costo de fabricación del ladrillo de barro cocido	290
---------	---	-----

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	296
6.2	Recomendaciones	299

BIBLIOGRAFÍA	302
---------------------	------------

ANEXOS

Anexo 1	Norma ASTM C-331	
Anexo 2	Norma ASTM C-62	
Anexo 3	Norma ASTM C-67	
Anexo 4	Especificaciones de la máquina VIBROK B-1000 y otros tipos de máquinas	
Anexo 5	Resultados de las pruebas de laboratorio hechos a los ladrillos de barro cocido	
Anexo 6	Resultados de la prueba de compresión simple realizada a especímenes de ecoladrillos a los 90 días de edad	

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Tipos de cemento Pórtland.	34
Tabla 2.2	Tipos de cemento de mampostería.	34
Tabla 2.3	Tipos de cemento Pórtland gris mezclado.	35
Tabla 2.4	Consumo de leña en ladrilleras de El Salvador.	51
Tabla 3.5	Clasificación de las arenas en función del módulo de finura.	56
Tabla 3.2	Requisitos de graduación para agregados de peso ligero en unidades de mampostería de concreto.	57
Tabla 3.3	Cantidad de arena y grava de piedra pómez.	59
Tabla 3.4	Análisis granulométrico de la grava de piedra pómez.	59
Tabla 3.5	Análisis granulométrico de la arena de piedra pómez.	60
Tabla 3.6	Cantidad de arena y grava de escoria volcánica.	63
Tabla 3.7	Análisis granulométrico de las gravas de escoria volcánica.	63
Tabla 3.8	Análisis granulométrico de las arenas de escoria volcánica.	64
Tabla 3.9	Cantidad y porcentaje de arena y grava de arena limosa.	67
Tabla 3.10	Análisis granulométrico de la arena limosa.	67
Tabla 3.11	Análisis granulométrico de la arena.	70
Tabla 3.12	Requisitos de peso unitario de los agregados para concreto ligero.	73
Tabla 3.13	Peso volumétrico de agregado fino y grueso combinado (piedra pómez)	73

Tabla 3.14	Peso volumétrico para agregado fino y grueso combinado (escoria volcánica)	75
Tabla 3.15	Peso volumétrico de arena limosa.	75
Tabla 3.16	Peso volumétrico de las arenas.	76
Tabla 3.17	Porcentaje de absorción de la piedra pómez.	78
Tabla 3.18	Porcentaje de absorción de la escoria volcánica.	79
Tabla 3.19	Porcentaje de absorción de las arenas	80
Tabla 3.20	Gravedad específica de la piedra pómez.	82
Tabla 3.21	Gravedad específica de la escoria volcánica.	83
Tabla 3.22	Gravedad específica de la arena limosa.	84
Tabla 3.23	Gravedad específica de las arenas.	85
Tabla 3.24	Contenido de humedad de la piedra pómez.	87
Tabla 3.25	Contenido de humedad de la escoria volcánica.	88
Tabla 3.26	Contenido de humedad de la arena limosa.	88
Tabla 3.27	Contenido de humedad de las arenas.	89
Tabla 4.1	Datos de diseño	97
Tabla 4.2	Cálculo de los agregados combinados.	100
Tabla 4.3	Cantidad de cada material.	100
Tabla 4.4	Peso y volumen de cada uno de los materiales	100
Tabla 4.5	Diseños de la mezcla # 1 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	102

Tabla 4.6	Diseños de la mezcla # 2 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	102
Tabla 4.7	Diseños de la mezcla # 3 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	103
Tabla 4.8	Diseños de la mezcla # 1 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	104
Tabla 4.9	Diseños de la mezcla # 2 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	104
Tabla 4.10	Diseños de la mezcla # 3 para los tipos de cementos Cessablock y Cuscatlán.	105

MÉTODO MANUAL

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.11	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	125
Tabla 4.12	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	126
Tabla 4.13	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	127

MEZCLA # 2

Tabla 4.14	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	129
Tabla 4.15	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	130
Tabla 4.16	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	131

MEZCLA # 3

Tabla 4.17	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	133
------------	--	-----

Tabla 4.18	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	134
------------	---	-----

Tabla 4.19	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	135
------------	---	-----

CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.20	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	137
------------	--	-----

Tabla 4.21	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	138
------------	---	-----

Tabla 4.22	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	139
------------	---	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.23	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	141
------------	--	-----

Tabla 4.24	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	142
------------	---	-----

Tabla 4.25	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	143
------------	---	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.26	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	145
------------	--	-----

Tabla 4.27	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	146
------------	---	-----

Tabla 4.28	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	147
------------	---	-----

MÉTODO MECÁNICO

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.29	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	149
------------	--	-----

Tabla 4.30	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	150
------------	---	-----

Tabla 4.31	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	151
------------	---	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.32	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	153
Tabla 4.33	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	154
Tabla 4.34	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	155

MEZCLA # 3

Tabla 4.35	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	157
Tabla 4.36	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	158
Tabla 4.37	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	159

CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.38	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	161
Tabla 4.39	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	162
Tabla 4.40	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	163

MEZCLA # 2

Tabla 4.41	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	165
Tabla 4.42	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	166
Tabla 4.43	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	167

MEZCLA # 3

Tabla 4.44	Esfuerzo de compresión 7 días de edad.	169
Tabla 4.45	Esfuerzo de compresión 14 días de edad.	170
Tabla 4.46	Esfuerzo de compresión 28 días de edad.	171

MÉTODO MANUAL

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.47	Módulo de ruptura a 7 días de edad	174
Tabla 4.48	Módulo de ruptura a 14 días de edad	175
Tabla 4.49	Módulo de ruptura a 28 días de edad	176

MEZCLA # 2

Tabla 4.50	Módulo de ruptura a 7 días de edad	177
Tabla 4.51	Módulo de ruptura a 14 días de edad	178
Tabla 4.52	Módulo de ruptura a 28 días de edad	179

MEZCLA # 3

Tabla 4.53	Módulo de ruptura a 7 días de edad	180
Tabla 4.54	Módulo de ruptura a 14 días de edad	181
Tabla 4.55	Módulo de ruptura a 28 días de edad	182

CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.56	Módulo de ruptura a 7 días de edad	183
Tabla 4.57	Módulo de ruptura a 14 días de edad	184
Tabla 4.58	Módulo de ruptura a 28 días de edad	185

MEZCLA # 2

Tabla 4.59	Módulo de ruptura a 7 días de edad	186
Tabla 4.60	Módulo de ruptura a 14 días de edad	187
Tabla 4.61	Módulo de ruptura a 28 días de edad	188

MEZCLA # 3

Tabla 4.62	Módulo de ruptura a 7 días de edad	189
Tabla 4.63	Módulo de ruptura a 14 días de edad	190
Tabla 4.64	Módulo de ruptura a 28 días de edad	191

MÉTODO MECÁNICO

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.65	Módulo de ruptura a 7 días de edad	192
Tabla 4.66	Módulo de ruptura a 14 días de edad	193
Tabla 4.67	Módulo de ruptura a 28 días de edad	194

MEZCLA # 2

Tabla 4.68	Módulo de ruptura a 7 días de edad	195
Tabla 4.69	Módulo de ruptura a 14 días de edad	196
Tabla 4.70	Módulo de ruptura a 28 días de edad	197

MEZCLA # 3

Tabla 4.71	Módulo de ruptura a 7 días de edad	198
Tabla 4.72	Módulo de ruptura a 14 días de edad	199
Tabla 4.73	Módulo de ruptura a 28 días de edad	200

CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.74	Módulo de ruptura a 7 días de edad	201
Tabla 4.75	Módulo de ruptura a 14 días de edad	202
Tabla 4.76	Módulo de ruptura a 28 días de edad	203

MEZCLA # 2

Tabla 4.77	Módulo de ruptura a 7 días de edad	204
Tabla 4.78	Módulo de ruptura a 14 días de edad	205
Tabla 4.79	Módulo de ruptura a 28 días de edad	206

MEZCLA # 3

Tabla 4.80	Módulo de ruptura a 7 días de edad	207
Tabla 4.81	Módulo de ruptura a 14 días de edad	208
Tabla 4.82	Módulo de ruptura a 28 días de edad	209

MÉTODO MANUAL

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.83	Porcentaje de absorción	211
------------	-------------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.84	Porcentaje de absorción	212
------------	-------------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.85	Porcentaje de absorción	213
------------	-------------------------	-----

CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.86	Porcentaje de absorción	214
------------	-------------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.87	Porcentaje de absorción	215
------------	-------------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.88	Porcentaje de absorción	216
MÉTODO MECÁNICO		
CEMENTO CESSABLOCK		
MEZCLA # 1		
Tabla 4.89	Porcentaje de absorción	217
MEZCLA # 2		
Tabla 4.90	Porcentaje de absorción	218
MEZCLA # 3		
Tabla 4.91	Porcentaje de absorción	219
CEMENTO CUSCATLÁN		
MEZCLA # 1		
Tabla 4.92	Porcentaje de absorción	220
MEZCLA # 2		
Tabla 4.93	Porcentaje de absorción	221
MEZCLA # 3		
Tabla 4.94	Porcentaje de absorción	222
MÉTODO MANUAL		
CEMENTO CESSABLOCK		
MEZCLA # 1		
Tabla 4.95	Peso volumétrico	224
MEZCLA # 2		
Tabla 4.96	Peso volumétrico	225

MEZCLA # 3

Tabla 4.97	Peso volumétrico	226
------------	------------------	-----

CEMENTO CUSCATLAN

MEZCLA # 1

Tabla 4.98	Peso volumétrico	227
------------	------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.99	Peso volumétrico	228
------------	------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.100	Peso volumétrico	229
-------------	------------------	-----

MÉTODO MECANICO

CEMENTO CESSABLOCK

MEZCLA # 1

Tabla 4.101	Peso volumétrico	230
-------------	------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.102	Peso volumétrico	231
-------------	------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.103	Peso volumétrico	232
-------------	------------------	-----

CEMENTO CUSCATLAN

MEZCLA # 1

Tabla 4.104	Peso volumétrico	233
-------------	------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.105	Peso volumétrico	234
-------------	------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.106	Peso volumétrico	235
-------------	------------------	-----

MÉTODO MANUAL

CEMENTO CESSABLOCK Y CUSCATLAN

MEZCLA # 1

Tabla 4.107	Variación de las dimensiones (LARGO)	238
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.108	Variación de las dimensiones (ANCHO)	239
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.109	Variación de las dimensiones (ALTO)	240
-------------	-------------------------------------	-----

MEZCLA # 2

Tabla 4.110	Variación de las dimensiones (LARGO)	241
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.111	Variación de las dimensiones (ANCHO)	242
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.112	Variación de las dimensiones (ALTO)	243
-------------	-------------------------------------	-----

MEZCLA # 3

Tabla 4.113	Variación de las dimensiones (LARGO)	244
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.114	Variación de las dimensiones (ANCHO)	245
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.115	Variación de las dimensiones (ALTO)	246
-------------	-------------------------------------	-----

MÉTODO MECANICO

CEMENTO CESSABLOCK Y CUSCATLAN

MEZCLA # 1

Tabla 4.116	Variación de las dimensiones (LARGO)	247
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.117	Variación de las dimensiones (ANCHO)	248
-------------	--------------------------------------	-----

Tabla 4.118	Variación de las dimensiones (ALTO)	249
MEZCLA # 2		
Tabla 4.119	Variación de las dimensiones (LARGO)	250
Tabla 4.120	Variación de las dimensiones (ANCHO)	251
Tabla 4.121	Variación de las dimensiones (ALTO)	252
MEZCLA # 3		
Tabla 4.122	Variación de las dimensiones (LARGO)	253
Tabla 4.123	Variación de las dimensiones (ANCHO)	254
Tabla 4.124	Variación de las dimensiones (ALTO)	255
MÉTODO MANUAL		
Tabla resumen 4.125	Resumen de los resultados de las pruebas (cemento Cuscatlán)	256
Tabla resumen 4.126	Resumen de los resultados de las pruebas (cemento Cessablock)	257
MÉTODO MECANICO		
Tabla resumen 4.127	Resumen de los resultados de las pruebas (cemento Cuscatlán)	258
Tabla resumen 4.128	Resumen de los resultados de las pruebas (cemento Cessablock)	259
Tabla 5.1	Costo de herramientas para fabricar un millar de ecoladrillos (método manual)	277

Tabla 5.2	Costo unitario de los rubros que intervienen en la fabricación de los ecoladrillos (método manual)	280
Tabla 5.3	Costo unitario de los rubros que intervienen en la fabricación de los ecoladrillos (método mecánico)	281
Tabla 5.4	Costo por millar de ecoladrillos, cemento de mampostería Cuscatlán (método manual)	286
Tabla 5.5	Costo por millar de ecoladrillos, cemento ASTM C-1157 cessablok (método manual)	286
Tabla 5.6	Costo por millar de ecoladrillos, cemento de mampostería Cuscatlán (método mecánico)	287
Tabla 5.7	Costo por millar de ecoladrillos, cemento ASTM C-1157 cessablok (método mecánico)	288

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 3.1	Curva granulométrica de la grava de piedra pómez.	61
Gráfica 3.2	Curva granulométrica de la arena de piedra pómez.	62
Gráfica 3.3	Curva granulométrica de la grava de escoria volcánica.	65
Gráfica 3.4	Curva granulométrica de la arena de escoria volcánica.	65
Gráfica 3.5	Curva granulométrica de la arena limosa.	69
Gráfica 3.6	Curva granulométrica de las arenas (Río las Cañas).	71
Gráfica 4.1	Esfuerzo de compresión mezcla # 1(Cessablock, método Manual)	128
Gráfica 4.2	Esfuerzo de compresión mezcla # 2(Cessablock, método Manual)	132
Gráfica 4.3	Esfuerzo de compresión mezcla # 3(Cessablock, método Manual)	136
Gráfica 4.4	Esfuerzo de compresión mezcla # 1(Cuscatlán, método Manual)	140
Gráfica 4.5	Esfuerzo de compresión mezcla # 2(Cuscatlán, método Manual)	144
Gráfica 4.6	Esfuerzo de compresión mezcla # 3(Cuscatlán, método Manual)	148
Gráfica 4.7	Esfuerzo de compresión mezcla # 1(Cessablock, método mecánico)	152
Gráfica 4.8	Esfuerzo de compresión mezcla # 2(Cessablock, método mecánico)	156
Gráfica 4.9	Esfuerzo de compresión mezcla # 3(Cessablock, método mecánico)	160
Gráfica 4.10	Esfuerzo de compresión mezcla # 1(Cuscatlán, método mecánico)	164
Gráfica 4.11	Esfuerzo de compresión mezcla # 2(Cuscatlán, método mecánico)	168
Gráfica 4.12	Esfuerzo de compresión mezcla # 3(Cuscatlán, método mecánico)	172
Gráfica 5.1	Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad	266
Gráfica 5.2	Módulo de ruptura a los 28 días de edad	266

INTRODUCCIÓN

A medida que transcurre el tiempo ha surgido la necesidad de crear nuevas alternativas en cuanto a materiales para mampostería en el campo de la construcción; éstas deben cumplir con los requisitos de resistencia, absorción, peso volumétrico y duración con el fin de sustituir a los materiales tradicionales como el caso de los ladrillos de barro cocido; que tienen como desventaja, en nuestro país, no tener una normalización para determinar su calidad y el deterioro ambiental que se produce por la quema de leña para su cocción.

Este trabajo presenta una propuesta técnica-económica para la fabricación de ladrillos hechos con suelo, agregados ligeros y cemento, considerándolo como una alternativa para evitar de cierta forma el grado de contaminación causado en la fabricación del ladrillo de barro cocido, por las emanaciones de humo durante el proceso de quemado; también el grado de deforestación que con éstos mismos se producen.

El trabajo se divide en seis capítulos:

En el primer capítulo se presentan los antecedentes, objetivos, alcance y todo lo referente a la propuesta del trabajo lo cual incluye el planteamiento del problema y la justificación para la realización del trabajo.

El capítulo II, se refiere al marco teórico, donde se contemplan la investigación bibliográfica relacionada con el estudio, que involucra las definiciones de conceptos básicos a cerca de los ladrillos de barro cocido, tipos de cemento y los agregados utilizados para la fabricación de las nuevas unidades para mampostería y otros tópicos teóricos.

En el capítulo III, se presentan los diferentes pruebas de laboratorio realizados a los agregados utilizados; también se hace un análisis y conclusiones de los resultados.

El capítulo IV, trata sobre el cálculo de los diseños de mezclas para la fabricación de las nuevas unidades denominadas “Ecoladrillos”; en el cual también se presentan los método manual y mecánicos de fabricación de las unidades. Además, este capítulo contiene datos y resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los especimenes con sus respectivos análisis de dichos datos y resultados.

El capítulo V, se refiere a la comparación técnica-económica entre el ladrillo de barro cocido y las nuevas unidades, la cuál incluye los cálculos de los costos de fabricación de cada uno de ellos.

Finalmente en el capítulo VI, se presenta las conclusiones y recomendaciones que resultan de la realización del trabajo.

CAPÍTULO I

ANTEPROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

El Salvador es un país con un alto índice poblacional, esto lo enfrenta a grandes desafíos, entre ellos, salvaguardar los bosques para evitar en lo posible el crecimiento del deterioro ambiental, particularmente la erosión hidráulica causada por la pérdida de cubierta vegetal, la cual en parte ha sido provocada por la explotación de la leña para la fabricación de ladrillos de barro cocido, ha pesar de esto, en la actualidad es uno de los productos de mampostería más utilizado en la construcción de viviendas. Así mismo, el desarrollo demográfico acelerado demanda la necesidad de crear viviendas que sean seguras y económicas.

Es así, que a medida que transcurre el tiempo se encuentran nuevos y modernos procedimientos de fabricación de productos para la construcción, así como nuevas alternativas que incluyan diferentes y mejores materiales para la elaboración de estos productos; tal es el caso de la fabricación del ladrillo a base de suelo - agregado ligero - cemento, el cual viene a ser una propuesta alternativa al ladrillo sólido de barro cocido.

Estudios efectuados con relación al ladrillo de barro cocido en cuanto a su elaboración, calidad y materias primas utilizadas; demuestran una calidad aceptable del

producto referente a la resistencia a la compresión, módulo de ruptura (flexión) y porcentaje de absorción.

Esto lo ha llevado a ser el producto más utilizado en la construcción de viviendas. Sin embargo, durante su proceso de fabricación se utiliza una gran cantidad de leña generando deterioro al medio ambiente.

Este consumo de leña genera:

- Deforestación
 - Erosión
 - Pérdida de infiltración del agua
 - Degradación de las cuencas hidrográficas
 - Pérdida de la biodiversidad
 - Pérdida de fuentes de agua
 - Aumento de las escorrentías superficiales y disminución de aguas subterráneas
 - Disminución del hábitat para la vida silvestre y
 - Alteración del paisaje

Se ha estimado que en hornos artesanales para la producción de ladrillo de barro cocido, genera:

▪ Un consumo de leña de 78,951 toneladas de leña anualmente equivalente a deforestar 2,500 manzanas.

▪ Contaminación ambiental del aire, emanando a la atmósfera 289,487 toneladas de CO₂ equivalente a mantener 1,000 vehículos automotores encendidos interrumidamente por 2 años.¹

Actualmente Cementos de El Salvador (C.E.S.S.A.), está fabricando ladrillos experimentalmente constituidos por los áridos (arena, pómez, escoria volcánica, arena limosa) y cemento; que los reconoce con el nombre de tabiques (nombre de origen mexicano), esta técnica consiste en fabricar el ladrillo con materiales que garanticen su durabilidad y resistencia y al mismo tiempo con un proceso de fabricación que no contamine el medio ambiente.

Ensayos recientes en muestras de ladrillo fabricados a base de piedra pómez, cemento elaborados en la ciudad de Ahuachapan, donde hace más de 3 años se viene fabricando este producto, de forma semi-industrial indican que éste es potencialmente factible de ser utilizado ya que presenta resultados satisfactorios de resistencia a la compresión y valores de absorción adecuados.

¹ Basado en un estudio sobre El Estado Presente y Futuro de la Producción y Consumo de Leña en El Salvador. Modesto Juárez . Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El Salvador. Octubre de 1992.

En países como México, se tiene ya una producción de ladrillo de cemento desde hace más de 30 años a los cuales se les han hecho numerosos ensayos para determinar su calidad, obteniendo así parámetros que garanticen su utilización en la construcción.

Pruebas realizadas a tabiques traídos de México dieron valores como: resistencia a la compresión simple de 67 kg/cm^2 y valores de absorción de $26.5\%^2$.

Los estudios realizados en nuestro país referente a materiales para mampostería utilizando como agregado la piedra pómez, son numerosos entre ellos se tienen:

En el año de 1979, se realizaron estudios sobre la fabricación de Bloques huecos de concreto liviano con el objeto de industrializar la producción de bloque a base de piedra pómez en El Salvador. Esto debido a las grandes cantidades de piedra pómez en el país³.

La piedra pómez constituía el principal agregado en la mezcla utilizándose el cemento Pórtland tipo I como aglomerante del concreto.

Los bloques se fabricaron utilizando las medidas estándares usuales en El Salvador ($40*20*14$) cm.

² Ingenieros Civiles Asociados S.A. de C.V. (ICIA)

³ Minerales no metálicos, Rocas y Suelo de Uso Industrial en La Republica de El Salvador, Reporte Final (1971 - 1973), Centro de Investigaciones Geotécnicas

Para encontrar la mezcla óptima económicamente factible, se realizaron cuatro diferentes diseños de mezclas (1:5, 1:7, 1:9, 1:12); obteniéndose de ello que las mezclas que mejor cumplieron con las expectativas son: 1:7, 1:9 (donde 1 parte volumétrica de cemento y 7 ó 9 partes volumétricas de piedra pómez respectivamente), con las cuales los bloques que se fabricaron, satisfacían los requisitos de resistencia, absorción y durabilidad, según establecen las normas ASTM para bloques fabricados a partir de pómez.

El estudio fue realizado en los yacimientos de piedra pómez del Lago de Ilopango y el Lago de Coatepeque.

En el año de 1979, se usó piedra pómez para hacer ladrillos experimentales, en dos circunstancias principales, así:

1. Utilizado como agregado único
2. Mezclada con toba

Como aglomerante se usó el cemento.

Los ladrillos se moldearon en gradillas de madera, a mano, sin comprimirlos. Sus dimensiones eran de 10*14*28 (cm).

Primero se trabajó con piedra pómez de granulometría de banco, o sea, como se le extraía del yacimiento; después se trabajó con proporciones de ella que pasaban las mallas de 3/8" (9mm) y de 1/2".

La mezcla que alcanzo mayor resistencia, económicamente aceptable fue la de 1:15 (cemento, pómez que pasa la malla de 1/2" saturada de agua). Su esfuerzo de ruptura a la compresión llegó a 19.6 kg/cm² a los 28 días de edad.

Al usar la toba en polvo, además de la piedra pómez y el cemento, se encontró que la resistencia crece, dentro de ciertos límites. Se ensayaron mezclas de 1:15 y 1:12 (donde 1 parte volumétrica de cemento y 15 ó 12 suma de los volúmenes de toba y pómez).⁴

Las resistencias mayores se obtuvieron con la mezcla 1:3:9 (1:12) que pasa la malla de 1/2" saturada de agua; la cual arrojó 87 kg/cm² a los 28 días de edad.

En el año de 1987, se desarrolló un trabajo de graduación titulado " Un Nuevo Material de Construcción de Bajo Costo Ante el Déficit Habitacional." En el cual se pretendía mostrar el uso práctico que puede tener la mezcla: tierra cemento en la fabricación de ladrillos para mampostería secados al Sol; Con la fabricación de este ladrillo se pretendía ayudar a la ecología del país, ya que este tipo de material no

⁴ Evaluación de los depósitos de Pómez, Finca El Limón, Coatepeque, Programa de Recursos Míneros PE - 42, Centro de Investigaciones Geotécnicas, San Salvador, Septiembre de 1979.

También un estudio realizado por el Ing. Arístides Chávez Valle en el cual se expuso la importancia de fabricar ladrillos a base de piedra pómez y cemento. Esto debido a la gran abundancia de la piedra pómez en El Salvador⁵.

Para moldear los ladrillo se usó una máquina manual de dos moldes de 8*14*28 (cm), de grueso, ancho y largo respectivamente; a fin de obtener ladrillos más económicos se dispuso elaborar en la misma máquina y con iguales mezclas ladrillos comprimidos y sin comprimir.

Como aglomerante se uso el cemento en proporciones muy variadas; la piedra pómez se ocupo en tres tamaños distintos, es decir, material que pasaba la malla 3/8", la malla N° 8 y la malla N° 4.

Durante este estudio se usó material de piedra pómez seco y saturado obteniendo las mayores resistencias con la piedra pómez saturada.

Además ya se han realizado estudios a los bancos de materiales de piedra pómez que se encuentran en nuestro país, este estudio consistió en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados; entre los bancos estudiados se tienen: cantón

⁵ Tomado del simposio "Congreso Nacional de Ingeniería, septiembre 18 al 23 de 1978, San Salvador, ASIA, tomo I"



Valle Alegre (Moncagua, San Miguel); El Molino, Santa Ana; etc.⁶

También se han realizado estudios a los bancos de pómez ubicados en Coatepeque e Ilopango con el objeto de ser utilizados en la elaboración de concreto, por otra parte se han realizado estudios similares a los bancos de la Periquera en Santa Ana⁷ y al banco de Mariona en San Salvador.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tomando en cuenta factores técnicos, económicos y ambientales se hace necesario la implementación de nuevos productos de los cuales se obtengan mejores y nuevas alternativas en la construcción; dentro de éstos nuevos productos se plantea la fabricación de Ladrillo de Cemento utilizando agregados tales como: Piedra Pómez, Escoria Volcánica, arena limosa y Arena.

En cuanto al factor técnico, se realizarán pruebas de laboratorio a los agregados para determinar sus propiedades físicas basadas en la normas ASTM (C-136, C-331, C-127, C-128, C-29, C-566, D-422, D-854).

⁶ Tomado del trabajo de Graduación "Elaboración de Bloques de Concreto Ligero de Pómez Para Vivienda de bajo Costo", Miguel Anaya Rivera y Otros FIA, UES.

⁷ Tomado del Seminario de Graduación "Estudio Experimental Sobre Concreto Ligero de Piedra Pómez " (Banco La Periquera), Victor Manuel Aguirre Serpas y Otros F.I.A, U.E.S .

También se pretende determinar los materiales adecuados y diseñar la mezcla óptima para la obtención de los ladrillos a base de suelo - agregado ligero - cemento, a los cuales se le realizarán ensayos de laboratorio para determinar la resistencia a la compresión simple, resistencia a la flexión, absorción, peso volumétrico y variación de las dimensiones utilizando las normas que rigen a los ladrillos de barro cocido (ASTM C-62, C-67) para luego comparar estas propiedades con las referentes a las de los ladrillos de barro cocido.

Las pruebas de compresión simple y de flexión se harán en los períodos establecidos, así: a los 7, 14 Y 28 días, para determinar la ganancia de resistencia de estos nuevos productos.

Dentro del factor económico se harán comparaciones de costos entre la fabricación de ladrillo de barro cocido y ladrillo a base de suelo - agregado ligero - cemento para ello se tomarán en cuenta el costo de la mano de obra y los materiales siendo estos rubros los que más influyen en su costo de fabricación.

Así, se pretende proponer una nueva alternativa (con los ladrillos a base de suelo - agregado ligero - cemento) que sea económicamente competitiva con los productos elaborados de barro cocido.

Además, con la fabricación de este nuevo producto, se pretende presentar una

alternativa viable desde el punto de vista ambientalista, ya que la fabricación de este tipo de ladrillo, a diferencia del ladrillo de barro cocido, no requiere la utilización de leña para su fabricación.

1.3 DELIMITACIONES

La obtención de los diferentes agregados que se utilizarán para la elaboración de la mezcla se hará de los siguientes bancos:

- **Piedra pómez:** banco situado en los alrededores de la ciudad del Congo, sobre la Carretera Panamericana que de San Salvador conduce a Santa Ana, justo a la altura del kilómetro 58.
- **Escoria volcánica:** se utilizará el material que se encuentra en el banco ubicado en el cerro El Cerrito, Quezaltepeque, departamento de La Libertad.
- **Arena Limosa (sm):** se utilizará material que se encuentra en el mismo banco de la piedra pómez.
- **Arena:** se utilizará arena proveniente del Río Las Cañas.

Los cementos a utilizar en la realización de las mezclas para los ladrillos de este tipo serán: cemento ASTM C-1157 (Cessablock) y cemento de mampostería Cuscatlán (ASTM C- 91)

Para el estudio se harán las siguientes mezclas:

Mezcla 1 (Cemento + Pómez + Escoria Volcánica + Arena Limosa + Agua)

Mezcla 2 (Cemento + Pómez + Arena Limosa + Agua)

Mezcla 3 (Cemento + Pómez + Arena + Agua)

Variando las proporciones de cada agregado y pasta (Cemento y Agua) se determinará la mezcla óptima a utilizar en la fabricación de este tipo de ladrillo.

Para determinar la mezcla óptima se fabricarán especímenes a los cuales se les realizarán las siguientes pruebas: pruebas de compresión simple, prueba de flexión, prueba de absorción, prueba para determinar el peso volumétrico de las unidades y prueba de variación de las dimensiones.

Para determinar la ganancia de resistencia de las unidades a ensayar, las pruebas de compresión simple y flexión se realizarán a los 7, 14 y 28 días después de fabricados.

1.4 OBJETIVOS Y ALCANCES GLOBALES

1.4.1 OBJETIVOS

1.4.1.1 OBJETIVOS GENERALES:

Diseñar mezclas utilizando diversas combinaciones de suelo - agregado ligero y cemento para fabricar ladrillos, garantizando que cumplan con la resistencia a la compresión simple, a la flexión, porcentajes de absorción, peso volumétrico y variación de las dimensiones similares o mejores a los que da el ladrillo de barro cocido, además, disminuir el ineficiente e irracional uso de la leña como combustible para la cocción del ladrillo de barro.

1.4.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1) Investigar las propiedades físicas de los materiales a utilizar en la elaboración de las mezclas.
- 2) Determinar una mezcla que cumpla con los requisitos técnicos-económico para la fabricación del ladrillo a base de suelo - agregado ligero - cemento
- 3) Fabricar unidades en forma manual y mecánica y realizarle las pruebas a la compresión simple, flexión, absorción, peso volumétrico y variación de las dimensiones.
- 4) Realizar un análisis de los resultados de las pruebas y de los costos de las unidades fabricadas, comparándolas con los costos de los ladrillos de barro.

1.4.2 ALCANCES GLOBALES:

Los alcances de esta investigación están orientados al desarrollo de un estudio

técnico- económico para la fabricación de ladrillo a base de suelo - agregado ligero- cemento. Los cuales son:

- 1) Diseñar y elaborar mezclas de suelo - agregado ligero -cemento a diferentes proporciones con el objeto de obtener la mezcla óptima para la fabricación de ladrillo los cuales cumplan los requisitos de resistencia (flexión y compresión), absorción, duración y manejabilidad.
- 2) Hacer una comparación de costos en la producción de ladrillo de cemento y el ladrillo de barro cocido.
- 3) Presentar los beneficios que se obtendrían al elaborar el ladrillo de cemento.
- 4) Plantear una solución para disminuir la deforestación y la contaminación al medio ambiente provocada por la quema de leña en la elaboración de ladrillo de barro.

1.5 LIMITACIONES

La poca información que se tiene debido a que no se han hechos estudios profundos acerca de la fabricación de ladrillo de cemento en nuestro país.

Para la obtención de la mezcla óptima se requiere de numerosos ensayos lo cual involucra tiempo; por lo que se limitará a realizar un número reducido de ensayos que estén acordes con el tiempo disponible para la realización del trabajo de graduación.

1.6 JUSTIFICACIÓN

En el proceso de producción del ladrillo de barro no se cuenta con un control en la técnica de producción, la cual se realiza por cocción, al no contar con este control se causa un daño irreversible al medio ambiente (contaminación del aire y deforestación); además no se cuenta con un control de calidad por lo que se fabrican ladrillos de diferente calidad (falta de homogeneidad, variación de la resistencia, etc.).

El consumo indiscriminado de leña que sirve para la cocción del ladrillo de barro trae problemas, tales como: La deforestación, la erosión del suelo, la pérdida de infiltración de agua, la pérdida de la biodiversidad, etc. Con lo cual se produce un impacto negativo al medio ambiente.

También las grandes emisiones de humo que se produce en la quema del ladrillo de barro ha producido enfermedades respiratorias a las personas que viven en los alrededores de las fábricas productoras⁸.

⁸ Tomado del trabajo de tesis "Impacto Ambiental producido por ladrilleras ubicadas en el área de Armenia", Rene Adelio Láinez Guevara. Facultad de Química y Farmacia, UES.

constituya una alternativa para la producción del ladrillo. Este producto será elaborado a base de cemento y agregados tales como: Piedra pómez, arena limosa, escoria volcánica y arena, para el cual su proceso de fabricación no daña el medio ambiente.

Se han realizado estudios similares en cuanto a la fabricación de unidades de mampostería cuyas materias primas son: la piedra pómez, tierra blanca y cemento para evitar de alguna forma el deterioro ambiental. En estos estudios no se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a resistencia (flexión y compresión) y absorción; tampoco se hicieron pruebas de laboratorio a los materiales que se utilizaron para su elaboración.

A diferencia de los estudios anteriores este trabajo está enfocado a realizar diferentes combinaciones de materiales para obtener una mezcla óptima con la que se fabricarán ladrillos que cumplan con los requisitos de resistencia, absorción y peso volumétrico.

CAPITULO II

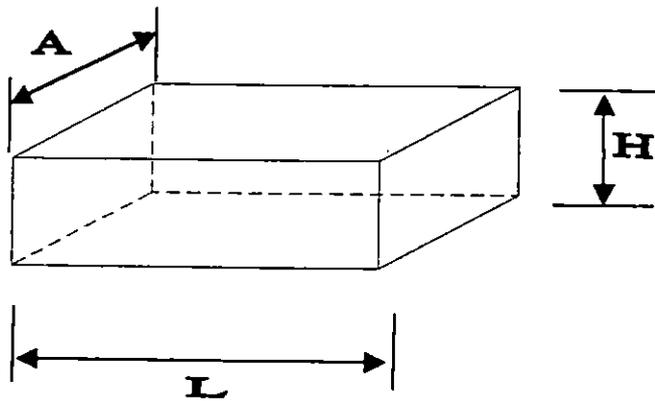
MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL NUEVO PRODUCTO DENOMINADO ECOLADRILLO

El ecoladrillo es un ladrillo prefabricado a base de suelo-agregado ligero-cemento, en forma de prisma recto, macizo, cuyas dimensiones son similares a las de los ladrillos de barro cocidos, es decir: 7X14X28 (cm) (ver figura); puede servir como unidad de mampostería en la construcción de paredes exteriores e interiores, etcétera. Durante su proceso de fabricación no se daña al medio ambiente ya que no se utiliza leña para su secado esto debido a la utilización del cemento como aglutinante de los demás materiales.

Debido a que no se daña el medio ambiente en la producción de este tipo de ladrillo se le ha denominado "ecoladrillo", es decir, ladrillo ecológico; el cual será fabricado con los materiales áridos tales como: piedra pómez, escoria volcánica, arena limosa y arena, como aglomerante se utilizará el cemento.



FIGURA

L = Largo 28 cm

H = alto 7 cm

A = Ancho 14 cm

2.1.2 LADRILLO DE BARRO COCIDO.

2.1.2.1 DEFINICIÓN

Los ladrillos de barro cocido, son piezas fabricadas con tierra arcillosa cocida, que se emplea en la construcción de paredes, columnas, trabajos ornamentales, etcétera.

Dentro del proceso de fabricación del ladrillo de barro cocido, la selección de los materiales y las proporciones en que deben mezclarse es fundamental para la calidad

final de los mismos. Por lo general, se usan 2 ó 3 materiales distintos para obtener así el mayor rendimiento posible, en cuanto resistencia (flexión y compresión), peso, costo, etcétera.

2.1.2.2 MATERIAS PRIMAS

Las materias primas comúnmente utilizadas para la fabricación del ladrillo son: el barro, la tierra blanca y la tierra negra.

El barro es material con alto contenido de arcilla y cierto grado de impurezas debido a la mezcla de éste con otros suelos. La característica principal del barro es la plasticidad, es decir, que ante una determinada acción de carga puede sufrir deformaciones permanentes sin obtener respuesta elástica y sin agrietarse.

Otra característica del barro es su impermeabilidad la cual está en función de la cantidad de finos que éste posea, de la cohesión y de la plasticidad.

El barro y la tierra negra se usan como aglutinantes y aparecen en relación inversa a su grado de plasticidad, es decir, que ha mayor plasticidad se necesita menos aglutinante para una determinada cantidad de material aglutinado⁹

⁹ Joaquín A. Hernández Ramírez. (1980). Estudio Técnico Financiero de Bloques de Pared. Tesis UCA.

La tierra blanca es un suelo formado por cenizas volcánicas con pómez bien finas, correspondientes a rocas piroclásticas y epiclásticas ¹⁰

Los espesores de tierra blanca varían entre 15 y 50 metros, se encuentra distribuida por toda el área metropolitana de San Salvador y en Santa Ana en los alrededores de la población de El Congo, lo cual lo hace un material de uso frecuente en la construcción

2.1.2.3 PROCESOS Y MÉTODOS DE FABRICACIÓN

Básicamente, el proceso de fabricación consiste en obtener la proporción volumétrica en que se deben combinar las materias primas, para obtener una mezcla homogénea manejable, que no se deteriore y que sea capaz de soportar la temperatura de cocción sin deformarse. El no encontrar la mezcla adecuada, puede traer consigo defectos en el ladrillo como grietas durante el secado y baja resistencia cuando esté quemado.

Generalmente la fabricación del ladrillo de barro comprende las siguientes etapas:

a) Obtención de las materias primas

Esto se hace trasladando el material que se va a usar para realizar la mezcla desde

¹⁰ José Adán Cuadra Cuadra y otros. (1988). Resistencia de la Mampostería a Base de Ladrillo Sólido de barro cocido. Tesis. UCA

los bancos de acopio hasta el lugar de fabricación del ladrillo; algunos de los materiales se encuentran en el sitio de la fábrica.

b) Mezclado y homogenización de los materiales.

La mezcla de los materiales se inicia en seco y la homogenización comienza cuando se le agrega agua a ésta. Los materiales se revuelven haciendo uso de azadones y palas, al mismo tiempo que la mezcla se amasa con los pies del operario. La cantidad de agua para la mezcla es proporcionada en base a la habilidad y experiencia del operario.

La mezcla de los materiales se efectúan según el procedimiento volumétrico de cada ladrillera y se realiza en un lugar cercano al banco de acopio de los materiales

c) Moldeo, desmoldado y rectificación.

El moldeo se realiza utilizando gradillas, éstas consisten en moldes metálicos o de madera, en la cual se deposita la mezcla ya amasada, anterior a esto la gradilla debe humedecerse con agua para evitar que la mezcla se adhiera a las paredes de la gradilla.

El rectificado se da cuando se corrigen algunas imperfecciones que surgen después del desmoldado

d) Secado

El proceso de secado se hace por exposición solar con el objetivo de hacer perder al ladrillo el mayor porcentaje posible de humedad. Este proceso dependé de las condiciones atmosféricas imperantes; en verano o época seca el tiempo de secado oscila entre 8 y 10 días. En invierno o época lluviosa los ladrillos pueden tardar en secarse entre 15 y 20 días debido principalmente a que el ladrillo debe protegerse con material impermeable.

e) Horneado.

El horneado consiste en someter al ladrillo a altas temperaturas. El proceso de quemado se hace a base de leña, el tiempo de cocción, varía según el grado de humedad del ladrillo, según la clase de leña que se utilice o según la forma en que se coloquen los ladrillo dentro del horno o por el tamaño de éste. El período de cocción puede durar entre 12 y 24 horas.

La finalización de éste proceso se advierte cuando el material se encuentra al rojo vivo. Si el fuego se suspende antes de llegar a éste punto, el ladrillo sale de color naranja pálido y su resistencia es inadecuada; por el contrario si se sobre pasa el tiempo de cocción los ladrillo podrían deformarse o cristalizarse, no permitiendo su utilización en

la construcción.

Cuando el proceso de quemado ha finalizado debe transcurrir un periodo aproximado de 24 horas antes de que el ladrillo sea extraído del horno, debido a la alta temperatura que alcanza. Cuando el ladrillo se encuentra a temperatura ambiente, es sacado del horno y colocado nuevamente formando trincheras en lugares de fácil acceso para los camiones que los transporta a las diferentes construcciones.

Existen varios métodos de fabricación del ladrillo de barro:

a) Método de fabricación manual:

Este método es el que depende principalmente de la energía del hombre.

Para la aplicación de éste método, la fase de la hechura de la mezcla se realiza manualmente valiéndose de herramientas como palas, azadones, etc.; utilizando gradillas para conseguir la forma adecuada y apisonadores de hierro para alcanzar un buen grado de compactación de la mezcla.

b) Método de fabricación mecánico:

Incluye aquellos sistemas que realizan el mezclado y hechura del ladrillo con

máquinas; en donde la mano del hombre interviene solamente para alimentar las máquinas con materias primas, operarlas y recibir el ladrillo terminado. Con este tipo de método se consigue un tiempo corto de fabricación y por consiguiente un mayor rendimiento en la producción.

b) Método de fabricación combinado.

Este método es el resultado de unir los métodos anteriores, es decir, realizar la mezcla manualmente y la hechura del ladrillo a máquina o viceversa.

Este método ofrece un ritmo de producción intermedio.

2.1.2.4 PRUEBAS DE LABORATORIO

Para determinar la calidad que poseen los ladrillos de barro cocido, es necesario realizarles ciertas pruebas, pues con ellas se determina sus propiedades físicas y mecánicas, tales como: Resistencia a la compresión simple, Resistencia a la flexión, Variación de las dimensiones, Peso Volumétrico y Absorción.

Antes de la realización de las pruebas debe hacerse una preparación de las muestras. La Norma ASTM C - 67 establece que las unidades a ensayar deben estar secas y enfriadas y debe tomarse en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se colocan las muestras a ensayar dentro de un horno a temperaturas de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante un período no menos de 24 horas o hasta que dos pesadas consecutivas de las muestras en un intervalo de 2 horas no haya una diferencia mayor del 2% entre las pesas.
- ✓ Luego las muestras del ladrillo de barro se dejan enfriar por 4 horas como mínimo a temperatura ambiente.
- ✓ Antes de cada prueba se deben tomar las dimensiones de las unidades a ensayar.

PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE.

Esta prueba se define como el máximo esfuerzo al cual puede ser sometido una muestra por un incremento gradual de carga, aplicada perpendicularmente al plano correspondiente. La resistencia a la compresión de una muestra representa el valor de carga compresiva que es capaz de soportar por unidad de área.

Esta prueba se efectúa a mitades de ladrillo, debido a la existencia de panales protuberancias en las muestras, estas se cabecean para reducir la presencias de deformaciones en la superficie, esto permite tener superficies uniformes que den una adecuada distribución de la carga aplicada.

Preparadas las muestras se sigue el procedimiento para la prueba de compresión simple así:

- ✓ Se coloca la muestra en el cabezal de la máquina, aproximadamente en el centro.
- ✓ Se aplica la carga a velocidad constante hasta alcanzar la falla de la muestra, esta se identifica al no existir incremento de la carga.
- ✓ Se anota el valor de la lectura dado por el dial de la máquina.
- ✓ Finalmente se calcula el esfuerzo de compresión de cada muestra dado por la fórmula siguiente:

$$C = W/A \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

C : Esfuerzo de compresión (Kg/cm^2)

W : Carga máxima aplicada (Kg)

A : Promedio de las areas de la superficies superiores e inferiores (cm^2).

La prueba de compresión se realiza según la norma ASTM C – 67

PRUEBA DE FLEXIÓN

El módulo de ruptura, se refiere a la capacidad de flexión transversal del ladrillo y se determina apoyando el ladrillo por sus extremos, sometiéndolo a una carga transversal.

El ensayo se realiza a unidades enteras secas y frías; se mide cada una de las muestras obteniéndose las dimensiones de largo, ancho y profundidad promedios, además se hace una marca en la mitad de su longitud para ubicar el punto de aplicación de la carga.

El ensayo se realiza como lo indica la norma ASTM C -67.

De acuerdo a la norma el procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

- ✓ Se colocan dos apoyos en la placa o cabezal de la máquina, separados una distancia igual a la longitud del ladrillo menos 1/2 pulg. que se deja libre en cada uno de los extremos del ladrillo.

- ✓ Se coloca la muestra de prueba sobre los apoyos de tal manera, que el apoyo superior de la máquina coincida con la mitad de su longitud.

- ✓ Se aplica la carga a una velocidad constante hasta que la muestra falla, esto se identifica cuando ya no existe incremento de carga.
- ✓ Se anota la lectura del dial de la máquina.
- ✓ Luego se calcula el módulo de ruptura utilizando la siguiente fórmula:

$$S = 3WL / 2bd^2 \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

S : Módulo de ruptura en Kg /cm²

W : Carga máxima en Kg

L : Distancia entre los puntos de apoyos en (cm)

b : Promedio del ancho de la muestra en cm

d : Promedio del alto de la muestra en cm

Las normas ASTM no establecen requisitos mínimos para resistencia a la flexión o módulo de ruptura.

PRUEBA DE ABSORCIÓN

La absorción en el ladrillo es un índice de la cantidad de agua que puede admitir en sus intersticios. También puede ser definida como el peso de la máxima cantidad de agua contenida en un ladrillo, expresado en porcentaje del peso seco del mismo.

La prueba de absorción de los ladrillos de barro cocido deberá cumplir con los requisitos de la norma ASTM C-62; su procedimiento se realiza de acuerdo a la norma ASTM C - 67 como sigue:

- ✓ Se cortan los ladrillos a la mitad de sus longitud con una sierra eléctrica.
- ✓ Después de cortados los ladrillo, la muestra se coloca en un horno a una temperatura de 110° - 115°C en un período no menor de 24 horas, luego se pesa cada una de las muestras; este será su peso seco (W_s).
- ✓ Se sumerge la muestra seca y fría en un recipiente conteniendo agua limpia durante un período de 24 horas.
- ✓ Saturada la muestra se extrae del recipiente y se elimina el exceso de agua con un paño seco; se pesa cada muestra en los 5 minutos posteriores a extracción de éstas; el cual corresponde al peso húmedo (W_h).

El porcentaje de absorción de la muestra se calcula de la siguiente manera:

$$A (\%) = ((W_h - W_s) / (W_s)) \times 100 \text{ (Ec. 2.3)}$$

Donde:

A(%): Porcentaje de absorción de la muestra

Wh: Peso húmedo en Kg.

Ws: Peso seco en Kg.

La norma ASTM C - 62 presenta valores máximos permisibles para porcentajes de absorción, siendo éstos de 25% para resultados individuales y 22% para el resultado del promedio de un lote.

VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES

El ensayo se efectúa a unidades enteras, secas y frías, sus máximas variaciones en las dimensiones serán de acuerdo a la norma ASTM C-62, el procedimiento a seguir es el que establece la norma ASTM C.67:

- ✓ En cada muestra se mide la longitud a lo largo de las cuatro caras del ladrillo. Para ello se utiliza una cinta métrica calibrada en milimétricos. Cada medida se registra con aproximación de 1 mm; la longitud será el promedio de las cuatro medidas.

- ✓ Se mide el ancho de cada muestra rodeando las cuatro caras a través de ambos extremos. Cada medida se registra con aproximación de 1 mm; el ancho será el promedio de las cuatro medidas.

- ✓ Para calcular el alto de la muestra se siguen los mismos pasos indicados anteriormente.

Para el cálculo de la variación de las dimensiones en cada muestra se tomará como patrón de medida las dimensiones de las gradillas para cada lote, de forma tal que pueda obtenerse dicho porcentaje de variación aplicando la siguiente fórmula:

$$Va(\%) = ((Df - Di) / (Di)) \times 100 \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

Va(%): Porcentaje de variación de las dimensiones.

Df: Medida en (cm) del ladrillo en la dimensión analizada.

Di: Medida en (cm) de la gradilla en la dimensión analizada

PESO VOLUMÉTRICO

El ensayo de peso volumétrico se realiza a unidades secas y enteras con el objetivo de encontrar el peso por unidad de volumen de los especímenes ensayados. Este

parámetro es utilizado para determinar la facilidad de transporte y manipulación en la obra.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Se miden los especímenes, en cada una de sus caras tomando cuatro lecturas para el ancho, largo y alto respectivamente.
- Se colocan los especímenes durante un período mínimo de 24 horas un horno a una temperatura de 110 ± 5 grados centígrados.
- Pasado este período se sacan del horno para obtener su peso seco

El cálculo del peso volumétrico se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$PV = Ws / V \quad (\text{Ec. 25})$$

Donde:

PV : peso volumétrico

Ws : peso seco de los especímenes

V : volumen de las unidades

2.1.3 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA FABRICACIÓN DE LOS ECOLADRILLOS

2.1.3.1 CEMENTO.

Los cementos son todos aquellos conglomerados que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua. Durante esta reacción llamada hidratación, el cemento se combina con agua para formar una pasta de aspecto similar a una roca. Cuando la pasta (agua cemento) se agrega a los agregados (arena, grava, piedra hidratada y otros materiales granulares) actúa como adhesivo y une todas las partículas del agregado para formar así al concreto.

Los elementos fundamentales que se utilizan en la fabricación de los diferentes tipos de cementos y que posteriormente se emplearán en la construcción de elementos y estructuras de concreto son:

- 1) Clinker
- 2) Regulador de fraguado
- 3) Adiciones hidráulicamente activas
 - Escorias granuladas básicas
 - Puzolanas naturales
 - Filler

El cemento se hace básicamente de clinker, el cual se fábrica de la siguiente manera: 1) se extrae piedra caliza y otros componentes menores de las canteras, 2) se trituran las rocas hasta un tamaño parecido al de la grava, 3) se muele la roca triturada hasta obtener un polvo muy fino "harina" o "crudo", 4) se calienta ese polvo a elevadas temperaturas (aproximadamente 1500°C) en hornos.

Luego, dependiendo del tipo de cemento a fabricar, el clinker es molido junto con otros componentes en proporciones ya establecidas. Algunos de estos componentes son: yeso, puzolana y caliza semicalcinada.

TIPOS DE CEMENTO.

- ✓ **Cemento Pórtland:** son cementos que se obtienen por molturación conjunta de su clinker y de la cantidad adecuada de regulador de fraguado, los cemento Pórtland están especificados en la norma C - 150, clasificados en cinco tipos diferentes:

TABLA 2.1 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND

TIPO	CARACTERÍSTICAS
I	Uso general
II	Moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación
III	Alta resistencia inicial (resistencia a la compresión)
IV	Bajo calor de hidratación
V	Alta resistencia a los sulfatos

- ✓ Cementos de mampostería: Son los cementos que se obtienen por la molienda de clinker de cemento Pórtland y regulador del fraguado con o sin adiciones hidráulicamente activas en proporción igual o superior al 60% en peso; y materiales plastificantes, tales como caliza o cal hidratada y otros materiales que mejoren una o mas propiedades tales como la trabajabilidad, la retención de agua y el contenido de aire del mortero, este tipo de cemento está especificado en la norma ASTM C-91 que los clasifica como:

TABLA 2.2 TIPOS DE CEMENTO DE MAMPOSTERÍA.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
N	De uso para la preparación de mortero tipo N según la norma ASTM C-270
S	Para preparar mortero tipo S según la norma ASTM C-270
M	Preparación de mortero tipo M según la norma ASTM C-270

Las características principales de un cemento para mampostería son tres:

- 1- Retención de agua.
 - 2- Contenido de humedad.
 - 3- Resistencia a la compresión.
- ✓ Cemento Pórtland gris mezclado: Se fabrica mezclando clinker con caliza semicalcinada y puzolana. Desarrolla resistencia de 4500 psi a los 28 días.

Por generar altas resistencias a edades tempranas lo hace muy adecuado para carreteras y productos prefabricados; los cementos Pórtland gris mezclado deben concordar con los requisitos de la norma ASTM C-1157 que reconoce la existencia de cinco tipos:

TABLA 2.3 TIPOS DE CEMENTO PÓRTLAND GRIS MEZCLADO.

TIPO	CARACTERÍSTICA
UG	De uso general en la construcción
HE	De alta resistencia inicial
MS	De moderada resistencia a los sulfatos
MH	De moderado calor de hidratación
LH	De bajo calor de hidratación

Existen además otros tipos de cemento, entre ellos:

- ✓ Cementos siderúrgicos: Son los cementos que se obtienen por la molienda conjunta del clinker de cemento Pórtland, en proporción superior al 20% e inferior al 80% en peso y escoria siderúrgica en proporción inferior al 80% y superior al 20%.
- ✓ Cementos Puzolánicos: Son los cementos que se obtienen con la molturación conjunta de clinker de cemento Pórtland, en proporciones inferiores al 80% en peso y puzolana en proporciones superiores al 20% en peso.

- ✓ **Cementos Blancos:** Son cementos que, perteneciendo a los tipos de Pórtland o compuestos, presentan como propiedad adicional la blancura. Su característica principal radica en la ausencia de óxido ferroso y otros minerales minoritarios con poder colorante.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS CEMENTOS

- Finura
- Hidratación
- Calor de hidratación
- Tiempo de fraguado
- Resistencia a la compresión
- Falso fraguado
- Gravedad específica

FINURA: la finura del cemento afecta de una manera directa su velocidad de hidratación, por lo que entre más fino es un cemento, mayor será su desarrollo de resistencia. Sin embargo, esto se manifiesta más claramente durante los primeros 7 días. Es importante tomar en cuenta también, que los cementos más finos desarrollan mayor calor de hidratación.

HIDRATACIÓN: reacción que se produce entre el agua y los componentes del

cemento.

CALOR DE HIDRATACIÓN: se genera calor de hidratación al reaccionar el cemento con el agua. La cantidad de calor generado depende de la composición química del cemento. La velocidad con que se genera dicho calor es función de la finura del cemento, del curado del concreto, así como de la composición química del cemento.

TIEMPO DE FRAGUADO: para determinar si un cemento fragua de acuerdo por los tiempos especificados en la norma ASTM C-150, se efectúan pruebas usando el aparato Vicat (ASTM C- 151) o la aguja de Gillmore. El fraguado inicial de la pasta de cemento no debe ocurrir demasiado pronto; el fraguado final tampoco debe ocurrir demasiado tarde. Los tiempos de fraguado indican si la pasta está desarrollando sus reacciones de hidratación de manera normal.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: la resistencia a la compresión de los cementos conforme a las normas ASTM es la que se obtiene por medio de cubos de mortero de 2 pulg. de lado. Los cubos se preparan y se curan según especificaciones ASTM y para su fabricación se emplea una arena estándar. La resistencia del cemento a diferentes edades (3, 7, 14 y 28 días) son indicativos de las características del cemento para desarrollar resistencia, pero no pueden ser utilizadas para predecir con exactitud la resistencia del concreto.

FALSO FRAGUADO: el fraguado falso se pone de manifiesto por una pérdida apreciable de plasticidad del concreto sin la generación de mucho calor poco tiempo después que el concreto es mezclado.

GRAVEDAD ESPECÍFICA: la gravedad específica del cemento Pórtland es aproximadamente de 3.15 y se emplea principalmente en el diseño de mezclas de concreto.

En la realización del estudio se utilizarán dos tipos de cementos, estos son: **cemento Cuscatlán** y **cemento ASTM C-1157**, producidos por Cementos de El Salvador S.A. (CESSA).

Cemento Cuscatlán: el cemento cuscatlán se fabrica intermoliendo clinker y un producto plastificante inclusor de aire. Es un cemento que presenta ventajas en cuanto al control de grietas y adherencias en trabajos de mampostería; su empleo es ideal para pegado de ladrillos y piso, repello de paredes, construcción de viviendas de una planta, aceras peatonales y uniones de tuberías de concreto.

Es un cemento que proporciona suficiente resistencia (2900 PSI), alta plasticidad, fraguado rápido, gran adherencia y alta retención de agua. En esta investigación se utilizará este tipo de cemento por ser de uso general en actividades de albañilería y además por ser uno de los cementos de menor costo en el mercado; esto permite

considerarlo como una alternativa viable para ser usado en la fabricación del nuevo producto de mampostería denominado ecoladrillo.

Cemento ASTM C-1157: (cemento Pórtland mezclado): se fábrica mezclando clinker con caliza semicalcinada y puzulana. Desarrolla resistencia de 4500psi a los 28 días.

Por generar alta resistencia a edades tempranas lo hace muy adecuado para carreteras y productos prefabricados (entre ellos el ecoladrillo).

2.1.3.2 AGREGADOS

PIEDRA PÓMEZ

La piedra pómez es una roca de origen volcánico muy porosa, de estructura celular a veces con cavernas alargadas, separadas por paredes delgadas lo suficientemente fuertes y ligeras, razón por la cual se le puede utilizar como agregado de peso ligero.

Su existencia se debe al descenso de la presión y enfriamiento súbito de las masas de fusión ácidas, ricas en gases durante la erupción.

La piedra pómez tiene una textura bastante uniforme, de pequeñas celdas

intercomunicadas; es de color tenue amarillento y algunas veces presenta un color casi blanco, es tan ligera que la mayoría de sus partículas flotan en el agua, su ligereza se debe al hecho de ser lava esponjosa. Las celdas que presenta en su textura se formaron debido a los gases que se escaparon cuando se encontraban aun en estado fluido.

La piedra pómez se encuentra en abundancia en los alrededores de los volcanes como consecuencia de la actividad explosiva, notándose que las fracciones más gruesas generalmente se depositan cerca de los centros de erupción; mientras que las partículas más finas se depositan a mayores distancias, alcanzando varios kilómetros al ser transportadas por la energía de la erupción y por el viento.

En El Salvador, cuyo territorio es eminentemente volcánico, la existencia de piedra pómez es notable encontrándose los principales yacimientos en la zona central, en la ciudad de San Salvador, Mejicanos, Ayutuxtepeque, Mariona y en los alrededores del lago de Ilopango; en la zona occidental, en la ciudad de Santa Ana y en los alrededores del lago de Coatepeque y en la zona oriental, en San Miguel y Moncagua.

ESCORIA VOLCÁNICA

La escoria volcánica es una roca de formación reciente cuyo origen es consecuencia de las actividades eruptivas de los volcanes. Es muy porosa, de textura superficial, áspera y con un peso relativamente bajo, de color rojizo o gris oscuro. Es

sumamente abundante, de fácil y económica explotación pues por lo general se encuentra en canteras al aire libre.

La escoria volcánica se encuentra en forma de canteras al aire libre en las cercanías de los volcanes apagados; entre las principales fuentes en el país está el yacimiento en el municipio de Quezaltepeque el cual alcanza una gran extensión, que comprende: Opico, Sitio del Niño en el departamento de La Libertad; Nejapa y Apopa, en el departamento de San Salvador.

Otro abastecimiento de escoria volcánica, se encuentra en la zona comprendida entre los municipios de Izalco y San Julián, en el departamento de Sonsonate y el Cerro Verde, en el departamento de Santa Ana.

En la zona oriental del país, se encuentra el yacimiento de escoria volcánica alrededor del volcán de San Miguel o Chaparrastique; este yacimiento extiende su área de influencia no solamente en el área de San Miguel, sino también en el departamento de Usulután.

ARENA LIMOSA

La arena limosa es un suelo arenoso, el contenido de finos es bastante alto, sin embargo no contiene arcilla. La tendencia a contraerse o extenderse por cambios en el

contenido de humedad es prácticamente nula.

La arena limosa es una ceniza volcánica muy abundante en El Salvador, especialmente en el área capitalina. Su color varía con el contenido de humedad desde el blanco amarillento hasta el café claro, tiene grandes variaciones en tamaño de granos y composición granulométrica. Posee en su mayor parte partícula del tamaño de arenas; también una cantidad importante de limo y un porcentaje menor de grava de pómez.

A pesar de no contener arcilla, la arena limosa húmeda tiene suficiente cohesión para permitir el moldeo del ladrillo de consistencia firme y aristas vivas. Solamente cuando se trata de bloques huecos, es necesario el uso de plantillas de desmolde para mover el bloque fresco y evitar que se deteriore.

ARENA.

Son todos aquellos materiales pétreos de origen natural o artificial cuyas partículas presentan tamaños que pasan a través de la malla N°4 (4.75 mm) y son retenidos por la malla N°100 (.15 mm).

Las arenas naturales provienen de la desintegración natural de la roca, por lo general, son de grano redondeado y superficie rugosa. Las arenas artificiales se obtienen de la trituración de la roca a través de máquinas trituradoras y por lo general son granos

de forma irregular y superficie angulosa.

En Salvador existen varios yacimientos de arena natural, tal es caso de del banco de la laguna de Aramuaca, en San Miguel del cual se provee a casi toda la zona oriental; así también para el área metropolitana de San Salvador el yacimiento que más se utiliza es el del río las cañas.

2.2 LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES QUE SE UTILIZARÁN EN EL ESTUDIO.

2.2.1 BANCO DE PIEDRA PÓMEZ

Este banco se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 58 sobre la carretera Panamericana que de San Salvador conduce a Santa Ana, el lugar es conocido como Finca Ojo de Agua. Esta limitada el norte por la Finca El Sinai; al sur, por la Finca Flor Amarilla Abajo y Finca Los Alpes; al este, por la Finca San Román y al oeste, por Solórzano.

La piedra pómez que se encuentra en el banco es de color blanco amarillento y de textura muy porosa y vesicular; las partículas presentan formas variadas entre ellas: sub-redondeadas, sub-angular a angular. Solo un parte del estrato es visible (aproximadamente 3.0 metros) ya que éste se extiende bajo la superficie de la tierra; lo

que no permite determinar su espesor.

En las fotos 2.1 y 2.2 se muestra partes del banco de piedra pómez.

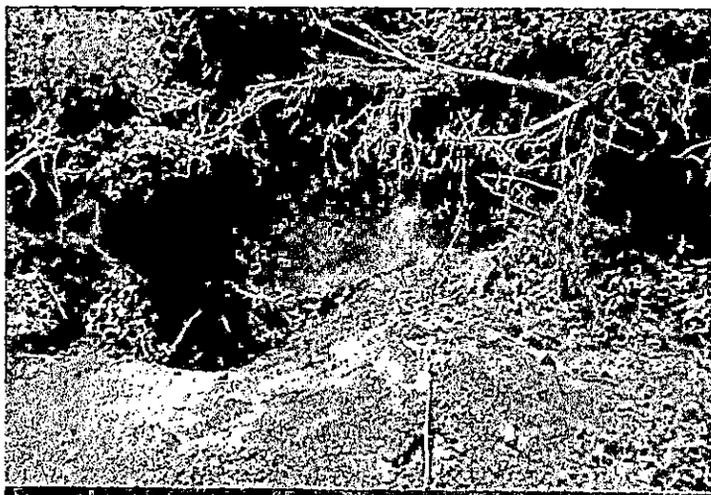


Foto 2.1 Yacimiento superficial de piedra pómez.



Foto 2.2 Parte donde está siendo explotado el banco de piedra pómez

2.2.2 BANCO DE ESCORIA VOLCÁNICA.

Este banco está ubicado en la parte sureste de la ciudad de Quezaltepeque en el departamento de La Libertad; se encuentra limitado al norte por la fábrica Corinca; al sur, por el cantón y caserío El Salitre; al este por el cantón y caserío Galera Quemada y al oeste por el cantón y caserío San Francisco.

El banco presenta una gran abundancia de escoria volcánica de color rojizo-café de forma redondeada y sub-angular a angular, tiene una textura bastante porosa; el tamaño de las partículas varía desde más de 2" hasta partículas muy pequeñas.

La cima del Cerro el Cerrito se encuentra a una altura de 606.36 metros sobre el nivel del mar.

En la foto 2.3 Se pueden apreciar los cortes del yacimiento del material de escoria volcánica



Foto 2.3 Yacimiento de escoria volcánica.

2.2.3 BANCO DE ARENA LIMOSA.

La ubicación de este banco es la misma del banco de piedra pómez; el estrato de este material se encuentra por encima del estrato de piedra pómez. El material presenta un color blanco amarillento, es un suelo bastante fino con presencia de partículas de piedra pómez; todo el estrato es visible y posee un espesor aproximado de 6.0 m.

2.2.4 BANCO DE ARENA.

La arena utilizada para la elaboración de las mezclas proviene del Río Las Cañas; la calidad de este material es aceptable ya que es usada en la mayoría de construcciones del área metropolitana y sus alrededores, presenta además fácil acceso para su

explotación.

La ubicación de los bancos de piedra pómez y arena limosa se muestran en la figura 2.1; también se muestra la ubicación del banco de escoria volcánica en la figura 2.2.

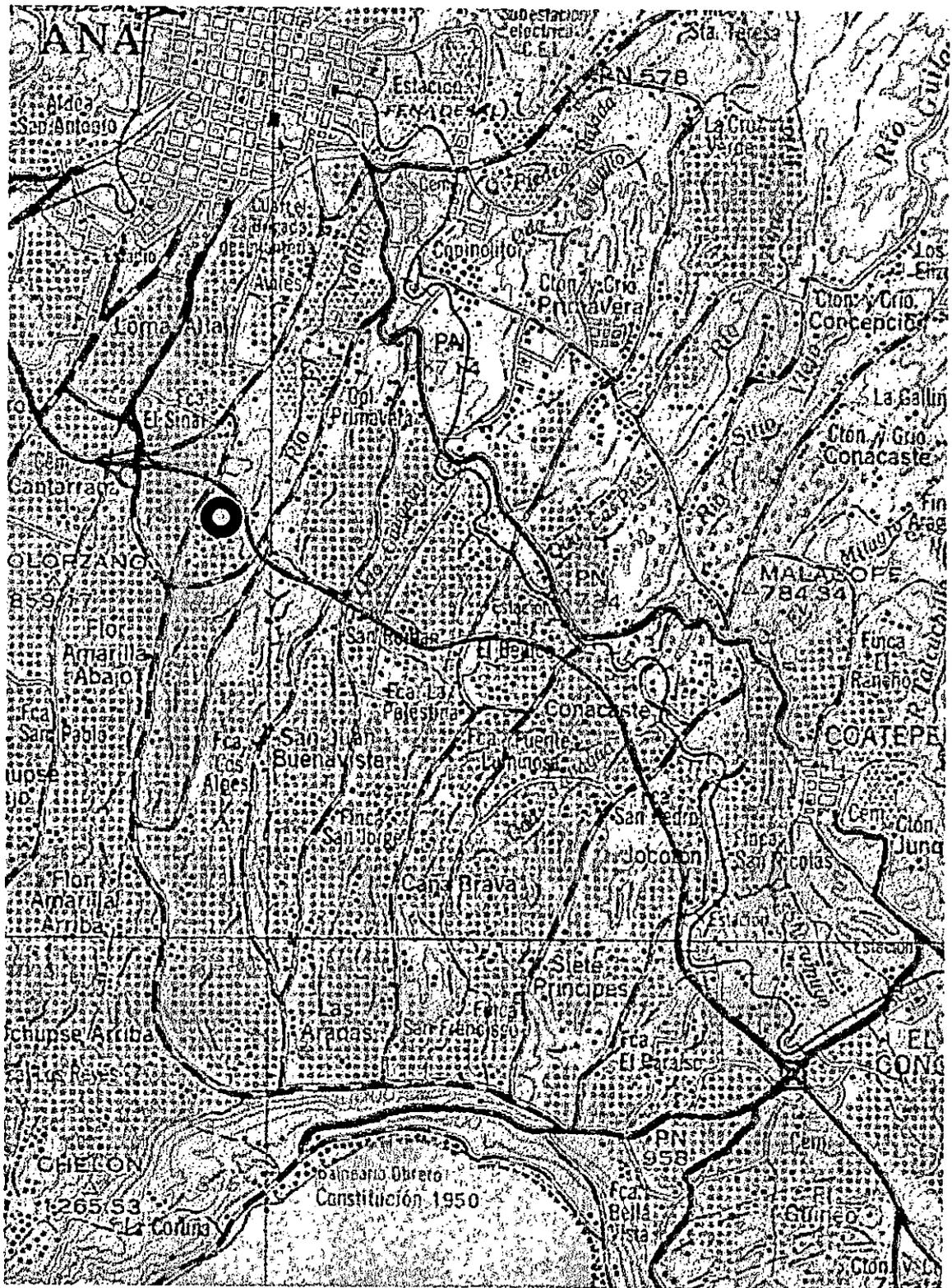


Figura 2.1 Plano de ubicación del banco de pómez y arena limosa.

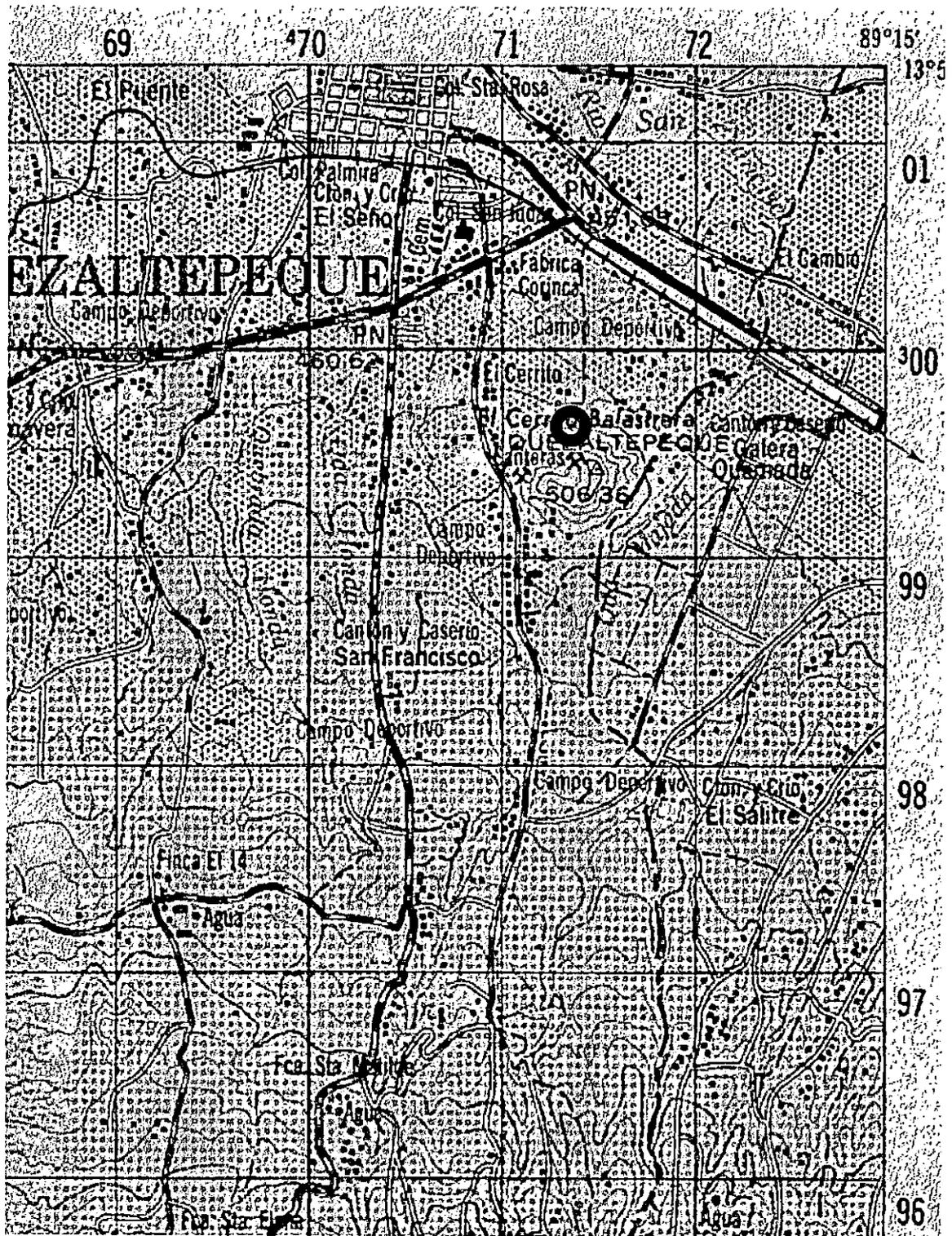


Figura 2.2 Plano de ubicación del banco de Escoria Volcánica.



2.3 IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR LAS LADRILLERAS DE BARRO COCIDO.

El deterioro ambiental en nuestro país es cada vez más notorio, ya que la mayoría de los bosques van desapareciendo ocasionando una pérdida de la biodiversidad; también al haber una pérdida de la vegetación, en suelos con pendientes grandes causa erosiones, éste deterioro ocasionado por la lluvia lava las capas superiores de los suelos, las más fértiles y las arrastra a los ríos para luego ser depositadas en el mar.

La responsabilidad del ser humano es administrar los recursos naturales de manera que duren en calidad y cantidad suficiente para todos y durante toda la existencia de la humanidad. Desgraciadamente no se ha entendido bien esta responsabilidad y en lugar de administrarlos racionalmente se ha caído una y otra vez en la tentación de la depredación inmediata y en la explotación desenfrenada de los mismos¹¹.

Existen muchos motivos que llevan a la pérdida de la cubierta vegetal, entre ellos: ocupar las tierras para fines agrícolas, preparación de alimentos; pero quizá el más importante es el consumo de leña utilizado como combustible. De acuerdo a datos de la Dirección nacional de Recursos Naturales Renovables más del 65% de la demanda de energía en nuestro país se suple con la madera de bosques. La causa más visible es sin

¹¹ Impacto Ambiental Producido por Ladrilleras Ubicadas en el Área de Armenia, René Adelio Lainez G. y Otros, Tesis, Facultad de Química y Farmacia, UES, 1994.

duda la floreciente industria ladrillera que necesita grandes cantidades de leña para la cocción.

La tabla 2.4 presenta datos del consumo de leña en las ladrilleras del país. El estudio de éstas industrias fue elaborado a través de una investigación de CEL; las ladrilleras de la clase 3 consumen la mitad de la leña que las ladrilleras de la clase 1 en cuanto a cantidad de combustible por 1000 ladrillos producidos.

TABLA 2.4 CONSUMO DE LEÑA EN LADRILLERAS DE EL SALVADOR.

Clase	Ladrillos / hornada	Promedio de leña M ³ / hornada	Promedio Hornada / año	Consumo de leña Anual (ton)
1	1000-5000	7.87	15.60	6828
2	5000-9000	13.35	17.21	33043
3	9000-47000	4.25	14.90	32651
Total				72522

Fuente: Datos suministrados por CEL de sus investigaciones sobre uso de leña.

Se sabe que los bosques regulan el clima y retienen la humedad, protegen los ríos y aseguran abundantes nacimientos de agua potable, además de amortiguar el impacto de la lluvia sobre el suelo¹².

En 1992, La Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), realizó un

¹² Impacto Ambiental Producido por Ladrilleras Ubicadas en el Área de Armenia, René Adelio Láinez G. y Otros, Tesis, Facultad de Química y Farmacia, UES, 1994.

estudio referente al uso de la leña, con lo cual se llegaron a obtener conclusiones generales en las que la leña constituía la principal fuente de energía (el 42.0% de la población salvadoreña la utilizaba) que era una causa primaria de contaminación ambiental y patologías como cáncer en el pulmón¹³.

PRINCIPALES CONTAMINANTES VERTIDOS EN LADRILLERAS

ARTESANALES:

Durante el consumo de leña para la cocción del ladrillo de barro se generan emanaciones de gases que entran a la atmósfera como contaminantes; entre ellos:

–*Dióxido de azufre*: es un contaminante primario que se produce en la combustión del carbono que contiene el azufre. La mayor parte de los dióxidos de azufre provienen de la combustión del carbono y petróleo en las plantas generadoras de electricidad.

Se ha comprobado que en concentraciones bastante reducidas, como las que se encuentran con frecuencia en el aire, la inhalación del dióxido de azufre, origina espasmos pasajeros de los músculos lisos de los bronquiolos; concentraciones más elevadas causan aumento de la producción de mucosidades en las paredes de las vías respiratorias superiores y en concentraciones aún más altas causan graves inflamaciones en la mucosa, acompañadas de escamaciones del epitelio.

¹³ Lilian A. Albert. Curso Básico de toxicología Ambiental. 1988

– *Monóxido de carbono*: es un producto del uso de combustibles fósiles. Se forman por la combustión incompleta del carbono o de sus compuestos; parte del monóxido de carbono proviene de la quema de leña como combustible energético (1.0 del porcentaje del total anual de emisión del monóxido del carbón).

CAPITULO III

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Las propiedades físicas de los materiales que se utilizarán en la fabricación de los ecoladrillos, se determinarán por medio de pruebas de laboratorio o ensayos, éstos se harán de acuerdo a las normas ASTM para agregado ligero y agregado de peso normal. Dentro de estas pruebas están: *granulometría, porcentaje de absorción, peso volumétrico, gravedad específica, y contenido de humedad.*

Los áridos han sido obtenidos de los bancos antes seleccionados; primero se extrajo una muestra representativa de cada uno de los materiales del banco correspondientes para hacerles los ensayos de laboratorio.

3.1 PRUEBAS DE GRANULOMETRÍA

Por granulometría o análisis granulométrico de un material, se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual, se puedan separar las partículas que constituyen el material según sus tamaños; de tal manera que se pueda conocer las cantidades en peso de cada tamaño que dan el peso total de la muestra.

Para separar los tamaños se utilizan mallas de diferentes aberturas, las cuales proporcionan el tamaño máximo del material en cada una de ellas. Los pesos de cada tamaño se expresan como porcentajes retenidos en cada malla con respecto al peso total de la muestra. Estos porcentajes se calculan tanto parciales como acumulados en cada malla, con los porcentajes acumulados que pasan las mallas se traza la gráfica de valores del material.

Hay gráficas límites especificadas para diversos materiales, así para que un material sea aceptable debe encontrarse dentro de la zona limitada por estas gráficas.

Las mallas estándares usadas para determinar la graduación de los materiales son:

Arenas: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200

Grava: 6", 3", 1 1/2", 3/4", 1/2", 3/8", y N°4

El diagrama de granulometría muestra la distribución en tamaños del agregado; pudiendo determinarse si la muestra se comporta de acuerdo a las especificaciones, si es demasiado grueso o fina o si tiene deficiencia en algún tamaño en particular.

La granulometría y el tamaño máximo afectan las proporciones relativas de los agregados, cemento y el agua necesaria; así como también la trabajabilidad, la economía, la porosidad y la contracción del concreto.

La granulometría de los agregados ligeros para concreto debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C - 331 (Unidades de Mampostería).

MODULO DE FINURA (MF).

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices estándares N°4, 8, 16, 30, 50 y 100 dividida entre 100.

El módulo de finura representa un índice del tamaño de la mayoría de las partículas de un agregado; entre más alto es el valor, más grueso es el agregado. Así mismo es una indicación del comportamiento probable de una mezcla elaborada con agregado de una determinada granulometría.¹⁴

De acuerdo al módulo de finura que presentan las arenas, éstas se clasifican según la tabla 3.1

Tabla 3.1 Clasificación de las arenas en función del módulo de finura

Muy gruesa	Mayor de 3.5
Arena gruesa	2.5 - 3.5
Arena fina	1.5 - 2.5
Arena muy fina	0.5 - 1.5

¹⁴ Diseño de losetas prefabricadas utilizando concreto reforzado de peso ligero. Flores Recinos, Juan Carlos y otros. Tesis. FIA. UES. 1995

Los diagramas granulométricos que se muestran a continuación para cada uno de los agregados fueron elaborados siguiendo el procedimiento descrito en la norma ASTM C- 331. Para ello se obtuvieron muestras de los bancos previamente establecidos. Los requisitos de graduación para agregados de peso ligero en unidades de mampostería se presentan en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Requisitos de graduación para agregados de peso ligero en unidades de mampostería de concreto.

Porcentaje (por peso) que pasan cada una de las siguientes mallas								
Tamaño	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50	Nº 100
Agregado Fino Nº 4 a 0	.....	.....	100	85 a 100	.....	40 a 80	10 a 35	5 a 25
Agregado Grueso 1/2" a Nº 4 3/8" a Nº 8	100	90 a 100 100	40 a 80 80 a 100	0 a 20 5 a 40	0 a 10 0 a 20	..........	..........	..........
Agregado Fino y Grueso Combinado 1/2" a 0 3/8" a 0	100	95 a 100 100	..... 90 a 100	50 a 80 65 a 90	..... 35 a 65	..... .....	5 a 20 10 a 25	2 a 15 5 a 15

3.1.1 PIEDRA PÓMEZ:

Este material se pasó previamente por la malla de 3/4", de acuerdo a estudios similares de fabricación de ladrillos con este tipo de material, en los cuales se trabajaron con materiales que pasaban la malla de 3/4", 1/2" y la Nº4, con estos se obtuvieron resultados satisfactorios en los ladrillos.

Otro motivo de pasar el material por la malla 3/4" fue para eliminar las partículas

de tamaño considerable ya que materiales mayores de 3/4" no son recomendados para elaborar concreto para unidades de mampostería.

Para tener una muestra representativa del material (grava, arena) se cuarteo, luego fue pasada por la malla N° 4 para separar las gravas de las arenas.

Las gravas se tamizaron manualmente pasando el material por las mallas de 3/4", 1/2", 3/8" y N° 4.

El tamizado de las arenas se hizo mecánicamente, es decir, utilizando un agitador mecánico de mallas por un tiempo de 5 minutos; la arena se colocó en la serie de tamices: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

Las proporciones retenidas en cada tamiz tanto para las gravas como para las arenas fueron pesadas y transformadas en porcentajes acumulativos de la muestra total; como se muestra en las tablas 3.4 y 3.5; las curvas que éstas representan se muestran en las gráficas 3.1 y 3.2 respectivamente.

Determinación del porcentaje de arena y grava de la piedra pómez.

Las cantidades de grava y arena de piedra pómez se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 CANTIDADES de arena y grava de piedra pómez

Material	Cantidad (gr)	Porcentaje(%)
Arena	594.9	59.49
Grava	405.1	40.51
Total	1000	100

$$\% \text{Arena} = ((\text{peso que pasa la malla N}^\circ 4) / \text{peso inicial}) \times 100; \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\% \text{ Arena} = (594.9/1000) \times 100 = 59.49\%$$

$$\% \text{Grava} = ((\text{peso retenido en la malla N}^\circ 4) / \text{Peso inicial}) \times 100 \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\% \text{ Grava} = (405.1/1000) \times 100 = 40.51\%$$

Granulometría de la grava de piedra pómez.

Tabla 3.4 Análisis granulométrico de la grava de piedra pómez

Procedencia:		banco el Congo			
Material:		Piedra Pómez			
Colorimetría:		Blanca a Amarillenta			
Peso inicial de la Muestra = 405.1gr					
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% retenido		% acumulado que pasa
			parcial	acumulado	
3/4"	19.05	0.0	0	0	100.00
1/2"	12.70	55.5	13.70	13.70	86.30
3/8"	9.52	78.2	19.30	33.00	67.00
N° 4	4.76	271.4 + 0.2	67.00	100.00	0.00

$$\text{Error} = (W_o - W_f) / W_f$$

Ec. 3.3

Donde:

W_o : peso inicial de la muestra

W_f : peso final de la muestra

$$E = (405.1 - 404.9) / 404.9 = 0.05 \% < 0.5\% \quad \text{OK}$$

Granulometría de la arena de Pómez

Tabla 3.5 análisis granulométrico de la arena de piedra pómez

Procedencia:		Banco el Congo			
Material:		Arena de piedra pómez			
Colorimetría:		Blanco a Amarillento			
Peso inicial de la muestra:		250gr			
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% retenido		% acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
N° 4	7.760	0.0	0	0	100.0
N° 8	2.360	106.5 + 1	43.0	43.0	57.0
N° 16	1.180	79.0	31.6	74.6	25.4
N° 30	0.600	41.5	16.6	91.2	8.8
N° 50	0.300	11.5	4.6	95.8	4.2
N° 100	0.150	3.4	1.4	97.2	2.8
N°200	0.075	2.5	1.0	98.2	1.8
Fondo	-	4.6	1.8	100.0	0.0
total	-	250			

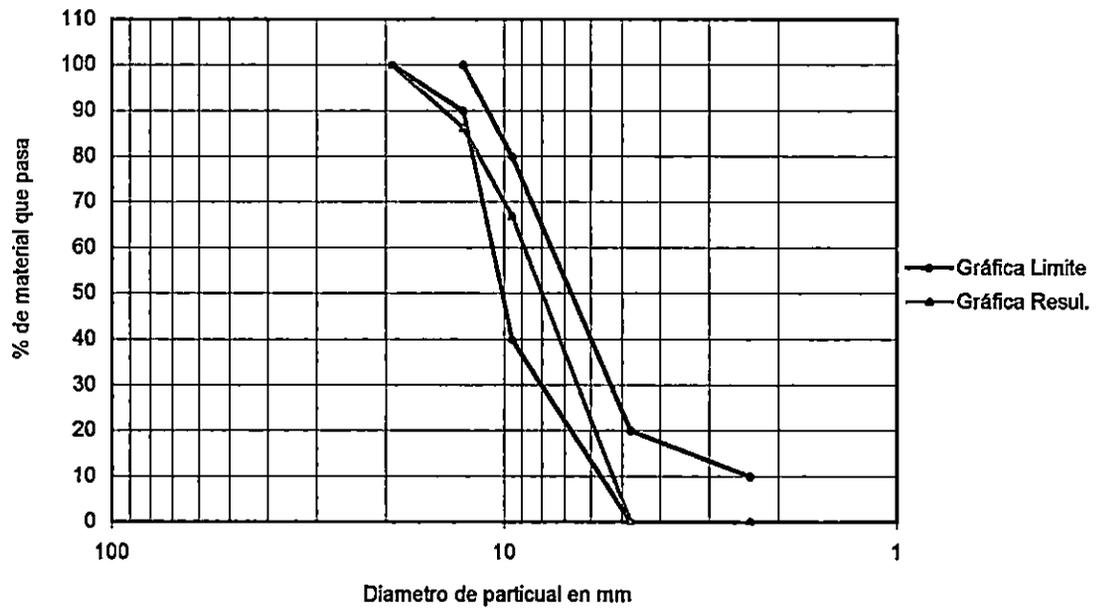
$$MF = (\sum \% \text{ ret. acumulado } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100) / 100$$

Ec. N° 3.4

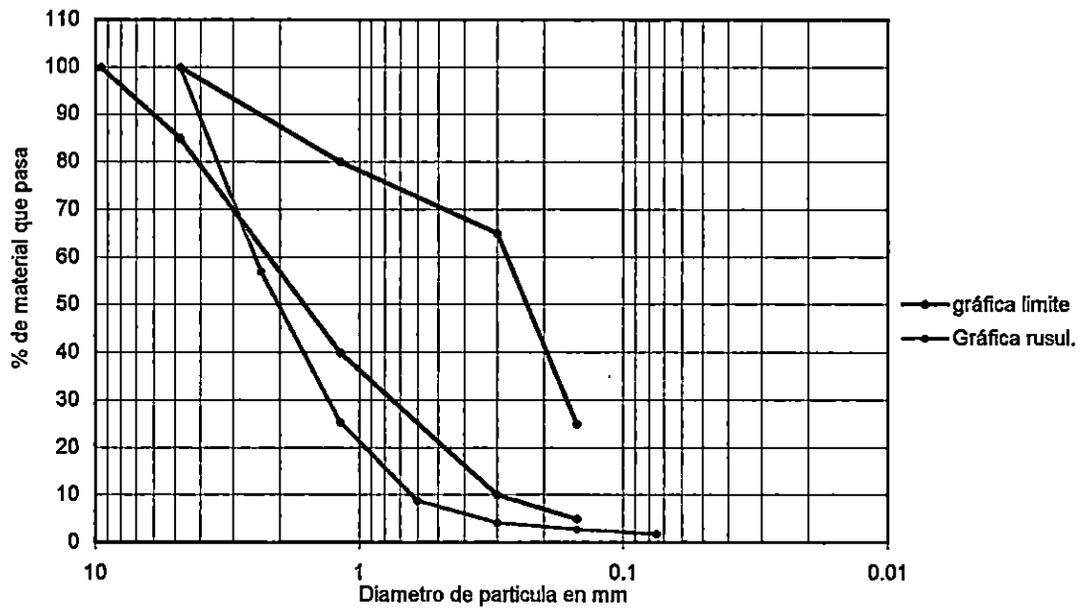
$MF = 401.8 / 100 = 4.018$; Clasificación : **arena muy gruesa.**

$$\text{Error} = (250 - 249) / 249$$

$$E = 0.4\% < 0.5\% \text{ OK}$$



Gráfica 3.1 Curva granulométrica de la grava de piedra pómez.



Gráfica 3.2 Curva granulométrica de las arenas de piedra pómez.

3.1.2 ESCORIA VOLCÁNICA.

El desarrollo de la prueba granulométrica de la escoria volcánica se procedió de manera similar que para el caso de la piedra pómez.

Las proporciones retenidas en cada tamiz tanto para las gravas como para las arenas fueron pesadas y transformadas en porcentajes acumulativos de la muestra total; como se muestra en las tablas 3.7 y 3.8; las curvas que éstas representan se muestran en las gráficas 3.3 y 3.4 respectivamente.

Determinación del porcentaje de arena y grava de la escoria volcánica.

Las cantidades y porcentajes de la escoria volcánica se muestran en la tabla 3.6

Tabla 3.6. Cantidades de arena y grava de escoria volcánica

Cantidad inicial = 2000 gr.		
Material	Cantidad (gr)	Porcentaje (%)
Grava	678.4	33.9
Arena	1321.6	66.1
Total	2000	100

Granulometría de las gravas de Escoria Volcánica.

Tabla 3.7 Análisis granulométrico de las gravas de Escoria Volcánica

Procedencia:		Banco Cerro El Cerrito			
Material:		Escoria Volcánica			
Colorimetría:		Rojizo			
Peso inicial de la muestra =		1320gr			
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	281.8	21.4	21.4	78.6
N° 4	4.76	1035.0 + 3.2	78.6	100.0	0.0
Total	-	1320			

$E = 0.24\% < 0.5\%$ OK

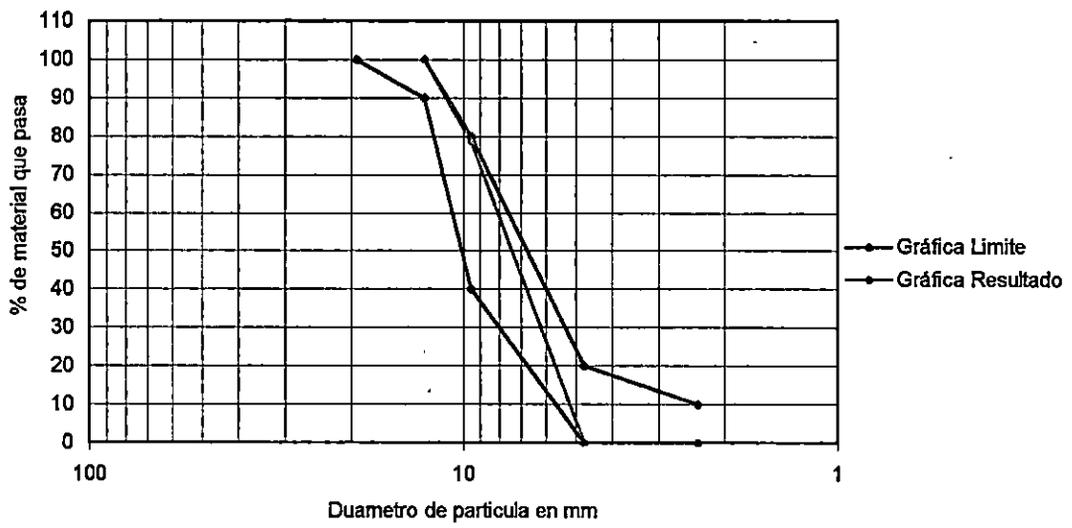
Granulometría de las arenas de Escoria Volcánica

Tabla 3.8 Análisis granulométrico de las arenas de Escoria Volcánica

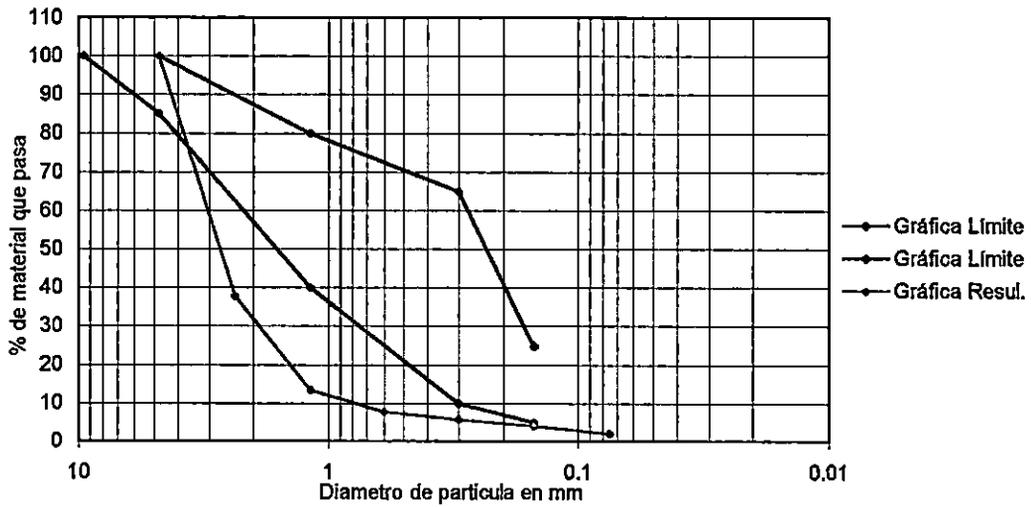
Procedencia: Banco Cerro El Cerrito					
Material: Escoria Volcánica					
Colorimetría: Rojizo					
Peso inicial de la muestra = 250gr					
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% retenido		% Acumulado que Pasa
			Parcial	Acumulado	
Nº 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	155.0 + 0.5	62.2	62.2	37.8
Nº 16	1.180	60.9	24.3	86.5	13.5
Nº 30	0.600	14.5	5.8	92.3	7.7
Nº 50	0.300	5.0	2.0	94.3	5.7
Nº 100	0.150	3.9	1.6	95.9	4.1
Nº 200	0.075	5.4	2.2	98.1	1.9
Fndo	-	4.8	1.9	100.0	0.0
Total	-	250			

MF = $431.2 / 100 = 4.312$; Clasificación : **Arena muy gruesa**

E = 0.20% < 0.5 % OK



Gráfica 3.3 Curva granulométrica de grava de escoria volcánica.



Gráfica 3.4 Curva granulométrica de las arenas de escoria volcánica.

3.1.3 ARENA LIMOSA.

La granulometría de la arena limosa se realizó de acuerdo a la norma ASTM D - 422, ya que este material posee gran cantidad de finos, es decir, material que pasa la malla N° 200.

Para realizar ésta prueba fue necesario lavar el material por la malla N° 200 para eliminar todos los finos que éste posee. Después de lavarlo, el material que se retiene en la malla N° 200 se seca colocándolo en un horno.

Ya seco el material se procede a pasarlo por el juego de tamices que comprende las siguientes mallas N° 8, 16, 30, 50, 100 y 200.

Los resultados del análisis granulométrico se muestran en la tabla 3.10 y se representan en la gráfica granulométrica 3.5.

Las cantidades y porcentaje de arena y grava de arena limosa se muestran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Cantidades y porcentajes de arena y grava de arena limosa.

Cantidad inicial = 1000 gr.		
Material	Cantidad (gr)	Porcentaje (%)
Arena Limosa	947.2	94.72
Grava	52.8	5.28
Total	1000	100

Granulometría de la arena limosa.

Tabla 3.10 Análisis granulométrico de la arena limosa.

Procedencia:		Banco El Congo			
Material:		Arena Limosa			
Colorimetría:		Blanca Amarillenta			
Peso inicial de la muestra = 648.7gr					
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% retenido		% Acumulado que Pasa
			Parcial	Acumulado	
Nº 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.360	63.7	9.82	9.82	90.18
Nº 16	1.180	104.7	16.14	25.96	74.04
Nº 30	0.600	107.4	16.56	42.52	57.48
Nº 50	0.300	111.0	17.11	59.63	40.37
Nº 100	0.150	110.7	17.06	76.69	23.31
Nº 200	0.075	135.5 + 0.4	20.95	97.64	2.36
Fndo	-	15.3	2.36	100	0.0
Total	-	648.7			

Determinación del porcentaje de fino que pasan la malla Nº 200

Lavando el material por la malla N° 200 se determinó que 298.99 gr pasaban dicha malla. De la siguiente manera:

$$MP\ 200 = W_{ts} - W_{rs} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

MP 200 : Material que pasa la malla N° 200

W_{ts}: Peso total seco.

W_{rs}: peso retenido parcial seco. (es el peso retenido en la malla N° 200 y secado al horno)

Siendo:

$$W_{ts} = W_H / (1 + (W / 100)) \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

W_H : peso inicial húmedo de la muestra

W: contenido de humedad.

$$W_{rs} = 1000 / (1 + (5.52/100)) = 947.69$$

$$MP\ 200 = 947.69 - 648.7 = 298.99\ \text{gr.}$$

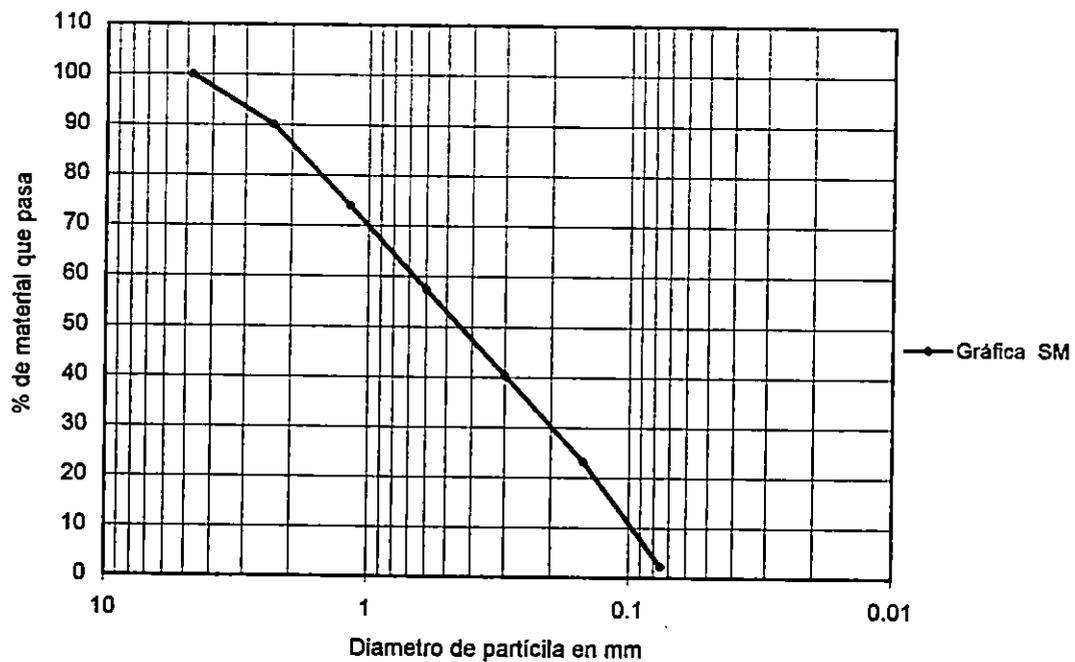
Durante el tamizado pasaron la malla N° 200 15.3 gr, obteniéndose de ello que el porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200, es decir, agregado muy fino es:

$$\% \text{agr. Muy fino} = ((MP200 + \text{fondo}) / \text{peso de la m. seca}) \times 100 \quad \text{Ec. 3.7}$$

Donde:

fondo: material que pasa la malla N°200 durante el tamizado.

$$\% \text{ agr Muy fino} = ((298.99 + 15.3) / 947.69) = 33.16\%$$



Gráfica 3.5 Curva granulométrica de la arena limosa.

3.1.4 ARENA.

El ensayo de granulometría de las arenas se hizo pasando el material por las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200 para encontrar los porcentajes retenidos de material en cada malla como se muestra en la tabla 3.11; luego se presenta la curva granulométrica en la gráfica 3.6.

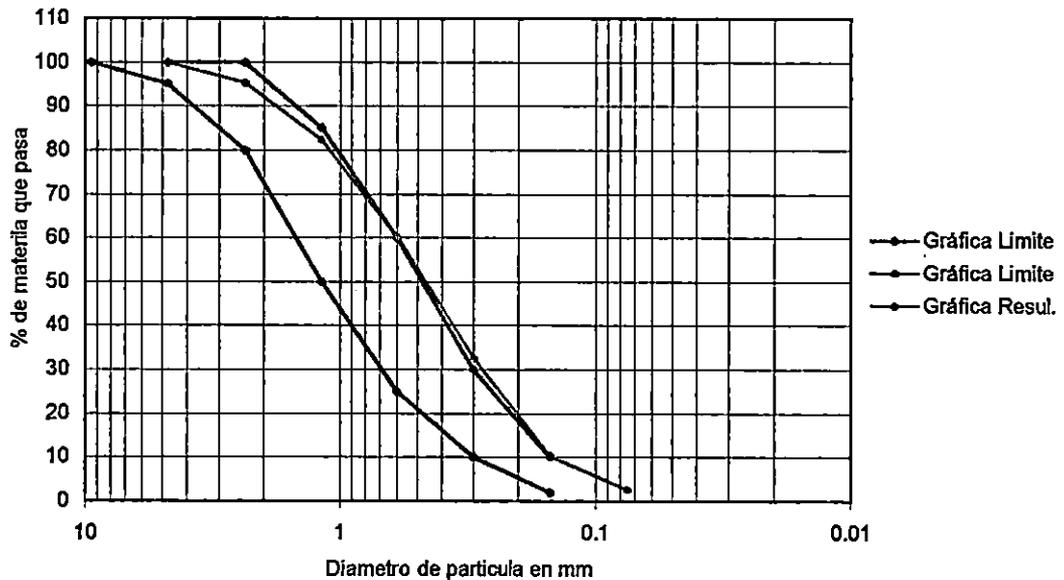
Granulometría de las arenas.

Tabla 3.11 Análisis granulométrico de las arenas

Procedencia: Rio de Las Cañas					
Material: Arena					
Colorimetría: Gris oscuro					
Peso inicial de la muestra = 500gr					
Malla	Abertura(mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	23.0	4.6	4.6	95.4
N° 16	1.180	64.4	12.9	17.5	82.5
N° 30	0.600	111.0	22.2	39.7	60.3
N° 50	0.300	136.4 + 2.30	27.7	67.4	32.6
N° 100	0.150	111.0	22.2	89.6	10.4
N° 200	0.075	38.6	7.7	97.3	2.7
Fndo	-	13.3	2.7	0.0	100.0
Total	-	500			

MF = 218.8 / 100 = 2.188, Clasificación: **Arena Fina.**

Error = 0.46% < 0.5% OK



Gráfica 3.6 Curva granulométrica de las arenas (Río Las Cañas).

3.2 PESO VOLUMÉTRICO:

Se define como la relación entre el peso seco del material y el volumen que éste ocupa, tomándose en cuenta los vacíos del material así como también las oquedades entre las partículas. El valor del peso volumétrico no es considerado como una medida de la calidad del material que se ensaya, pero se ve involucrado en muchos otros cálculos como por ejemplo, en el diseño de las proporciones para el concreto.

El peso volumétrico depende del grado de compactación que se le dé al agregado, de aquí se deduce que para un determinado material con cierta densidad, el peso

volumétrico dependerá del tamaño, la distribución y la forma de las partículas del agregado. Un peso volumétrico alto significa que hay menos huecos por llenarse con agua y cemento.

De acuerdo al sistema de acomodamiento que haya tenido el material antes de la prueba (compactado o no), el peso volumétrico puede ser:

a) Peso Volumétrico Suelto:

Llamado así, cuando el material al iniciar la prueba no se compacta al acomodarlo. Este peso es usado para dosificación de concreto.

b) Peso Volumétrico Varillado:

Se nombre así, cuando al iniciar la prueba el material se compacta al acomodarlo. Es usado para materiales apilados y que se encuentran sujetos a acomodamientos o asentamientos, que pueden ser provocados por el tránsito sobre ellos o por el transcurso del tiempo.

Según la norma ASTM C - 29, los materiales utilizados en el cálculo de los pesos volumétricos varillado y suelto, tienen que ser secados a la intemperie. En la norma ASTM C - 331 se establecen los límites máximos para el peso volumétrico de agregados

ligeros para elaborar concreto; dichos valores se muestran en la tabla 3.12

TABLA 3.12 Requisitos de peso unitario de los agregados para concreto ligero.

DESIGNACIÓN DE TAMAÑO	PESO SECO SUELTO (MÁXIMO)	
	Lb/pie ³	Kg/m ³
Agregado fino	70	1120
Agregado grueso	55	880
Agregado fino y grueso combinado.	65	1040

3.2.1 PIEDRA PÓMEZ:

En los ensayos de laboratorio el peso volumétrico para la piedra pómez se determinó usando agregado fino y grueso combinado, pasados previamente por el tamiz 3/4", obteniéndose los resultados que se muestra en la tabla 3.13.

Peso Volumétrico Suelto y Varillado

Tabla 3.13 Peso volumétrico de agregado fino y grueso combinado (Piedra Pómez)

Procedencia:	Banco El Congo				Peso del recipiente vació. W_{mv} : 8.735 kg			
Material:	Piedra Pómez				Peso de la placa. P_l : 2.127 kg			
Tamaño máximo:	3/4"				Volumen del recipiente. V : 0.01393 m ³			
Acomodamiento del mat.	Suelto				Varillado			
Designación	1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
Pe. del rec.+ mat. W_{mm} (kg)	16.51	16.29	16.31	16.37	16.85	17.18	17.32	16.17
Peso volumétrico P_{vv} (kg/m ³)	556	542	544	546.25	582	606	616	605.00

Cálculo:

- a) peso volumétrico suelto (Pvs):

$$Pvs = (Wmm_s - Wmv) / V \quad \text{Ec. 3.8}$$

- b) peso volumétrico varillado (Pvv):

$$Pvv = (Wmm_v - Wmv) / V \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

Wmv : peso del recipiente vacío

Wmm_s : peso del recipiente más el material suelto

Wmm_v : peso del recipiente más el material varillado

V : volumen del recipiente

3.2.2 ESCORIA VOLCÁNICA

Previo al ensayo, el material se paso por el tamiz de 1/2", determinándose de esta manera el peso volumétrico para el agregado fino y grueso combinado. Los resultados

obtenidos tanto para peso volumétrico suelto y varillado se muestran en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Peso volumétrico para agregado fino y grueso combinado (Escoria Volcánica)

Procedencia: Cerro El Cerrito		Peso del recipiente vacío. Wmv: 8.735 kg						
Material: Escoria Volcánica		Peso de la placa. PI: 2.127 kg						
Tamaño máximo: 1/2"		Volumen del recipiente. V: 0.01393 m ³						
Acomodamiento del mat.	Suelto				Varillado			
Designación	1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
Pe. del rec. + mat. Wmm (kg)	21.42	21.29	21.69	21.52	22.40	22.58	22.51	16.17
Peso volumétrico Pvv (kg/m ³)	910.1	901.1	929.8	917.8	980.4	987.9	993.7	986.10

3.2.3 ARENA LIMOSA:

La prueba se realiza de forma similar a los demás materiales, colocando una cantidad de material en un recipiente de volumen conocido, luego se pesa la cantidad de material que ocupa el recipiente.

A este material solo se le calculó el peso volumétrico compactado. A continuación se presentan los resultados en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Peso volumétrico de la Arena Limosa

Procedencia:	Banco El Congo	Peso del recipiente vacío. Wmv: 1.616 kg						
Material:	Arena Limosa	Diámetro. D : 15.18cm						
Tamaño máximo:	4.76 mm	Hatura. H: 15.13cm						
		Volumen del recipiente. V: 0.002738 m ³						
Acomodamiento del mat.	Suelto				Varillado			
Designación	1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
Pe. del rec.+ mat. Wmm (kg)					4.71	4.76	4.69	4.72
Peso volumétrico Pvv (kg/m³)					1128.1	1147.1	1123.7	1132.97

3.2.4 ARENA:

A la arena se le determinó el peso volumétrico suelto y varillado similar a los demás materiales.

Los resultados se presentan en la tabla 3.16.

Tabla 3.16 Peso volumétrico de las arenas.

Procedencia:	Río Las Cañas	Peso del recipiente vacío. Wmv: 7.880 kg						
Material:	Arena	Peso de placa Pl: 1.095 Kg						
Tamaño máximo:	4.76 mm	Volumen del recipiente. V: 0.00853 m ³						
Acomodamiento del mat.	Suelto				Varillado			
Designación	1	2	3	Prom.	1	2	3	Prom.
Pe. del rec.+ mat. Wmm (kg)	17.51	17.55	17.69	17.61	19.14	19.50	19.22	19.27
Peso volumétrico Pvv (kg/m³)	1130	1130	1150	1140.0	1320	1360	1330	1340.0

3.3 ABSORCIÓN:

Es la propiedad que mide la cantidad de agua que es capaz de incorporar un material hasta llenar completamente sus poros permeables, después de permanecer sumergida en agua; expresada en porcentaje del peso del material seco.

Para calcular la absorción es necesario que el agregado se encuentre en contacto con el agua por suficiente tiempo como para satisfacer en su mayoría el potencial absorbente.

La absorción de un material depende de su porosidad y de la intercomunicación de sus poros, por lo que la velocidad de absorción o el tiempo necesario para que se sature varía de un material a otro. El ACI establece que el tiempo de absorción para agregados normales es de 24 horas, tiempo durante el cual se considera al material saturado, para el caso de los materiales ligeros, se ha logrado determinar, a través de estudios anteriores¹⁵ que la Pómez necesita de 72 horas para saturarse.

El valor de absorción en los agregados es muy importante ya que con éste valor se fija la cantidad de agua que debe agregársele a la mezcla de concreto; la cual debe ser suficiente para la hidratación de los aglomerantes y la que absorberán los agregados y, evitar de esta manera alterar la relación A/C previamente establecida.

Para determinar la absorción de los diferentes agregados se sigue el

¹⁵ Larios Cerón y otros. (1986). Paneles de Concreto Ligero. Tesis. FIA - UES.



procedimiento de la norma ASTM C - 128.

3.3.1 PIEDRA PÓMEZ:

Para éste material se dejó saturar una muestra conteniendo finos y grueso combinados, durante un tiempo de 72 horas; pasado éste tiempo se secó el material con franela hasta obtener la condición de saturado superficialmente seco. Luego se coloca en el horno durante un período de 24 horas para obtener el peso seco.

A continuación en la tabla 3. 17 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de absorción de la piedra pómez.

Tabla 3.17 porcentaje de absorción de la Pómez

Procedencia:	Banco El Congo	
Material:	Piedra Pómez	
Colorimetría:	Blanco	
Tamaño máximo:	3/4"	
Peso inicial de la muestra (Wo):	500gr	
Designación	Muestra (gr)	% de Absorción
Ws ₁	330.7	51.19
Ws ₂	318.1	57.18
Ws ₃	320.5	56.00
Promedio		54.79

Cálculo:

$$\% \text{ Abs} = ((W_s - W_o) / W_o) \times 100 \quad \text{Ec. 3.10}$$

Donde:

W_o: Peso de la muestra secada al horno

W_s: Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

% Abs: porcentaje de absorción.

3.3.2 ESCORIA VOLCÁNICA:

Esta prueba se realizó de forma similar al de la piedra pómez; los resultados se presentan a continuación en la tabla 3.18.

Tabla 3.18 Porcentaje de absorción de la Escoria Volcánica.

Procedencia:	Cerro El Cerrito	
Material:	Escoria Volcánica	
Colorimetría:	Rojizo	
Tamaño máximo:	1/2"	
Peso inicial de la muestra (W _o):	500gr	
Designación	Muestra (gr)	% de Absorción
W _{s1}	439.9	13.66
W _{s2}	438.9	13.92
Promedio		13.79

3.3.3 ARENA:

La arena a diferencia de los demás materiales por ser un agregado de peso normal se dejó saturar por 24 horas; para determinar la condición de saturada superficie seca de la arena, se le efectuó el ensayo referente al cono para humedad superficial (cono truncado) especificado en la norma ASTM C-128.

Los resultados se presentan a continuación en la tabla 3.19.

Tabla 3.19 Porcentaje de absorción de las arenas.

Procedencia:	Río Las Cañas	
Material:	Arena	
Colorimetria:	Gris oscuro	
Tamaño máximo:	4.76mm	
Peso inicial de la muestra (Wo):	500gr	
Designación	Muestra (gr)	% de Absorción
Ws ₁	468.3	6.77
Ws ₃	467.3	7.00
Promedio		6.88

3.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA:

Es la relación del peso en aire de una unidad de volumen de un material al peso de un volumen igual de agua, en un mismo estado de temperatura.

La gravedad específica de los agregados en los diseños de mezclas de concreto se utiliza para determinar el volumen que ocuparán los agregados una vez conocido el peso

de los mismos, de acuerdo a la dosificación establecida para la mezcla.

Hay dos clases de gravedad específica empleada con los agregados: **la gravedad específica en masa bruta**, que depende del volumen saturado superficie seca en donde los poros de las partículas se consideran como parte del volumen y **la gravedad específica aparente**, que depende del volumen sólido; ambas dependen del peso seco en el horno y ambos se calculan como el peso unitario de las partículas de agregados divididos por el peso unitario del agua.

La gravedad específica se puede realizar por varios métodos:

Agregado grueso: Métodos del Sifón¹⁶, Método del Picnómetro y Método de la Canasta.

Agregado fino: Método del Picnómetro, Le Chetelier, Matraces y Método del frasco de Chapman¹⁷.

El procedimiento para determinar la gravedad específica de los agregados se establece en las normas ASTM C - 127 y C - 128.

3.4.1 **PIEDRA PÓMEZ:**

¹⁶ Este método no se especifica en las normas ASTM.

¹⁷ Este método no se especifica en las normas ASTM

Para determinar la gravedad específica de la piedra pómez se hizo uso del método del Sifón con material en condición de saturado superficialmente seco. Debido a la forma como se va a utilizar en la mezcla se uso la piedra pómez combinada, es decir, agregados fino y grueso juntos.

El método del sifón se realiza de la siguiente manera: sobre una superficie horizontal, se llena el Sifón hasta el punto de rebose para poder calibrarlo, lo cual se logra hasta que ya no sale agua por la boquilla del sifón; sin embargo para efectos de laboratorio, se considera calibrado el sifón cuando fluyen de 3 a 5 gotas por minutos.

Luego se deposita dentro del sifón la muestra de material y en un recipiente graduado se recoge el agua desplazada hasta el mismo intervalo de gotas por minuto cuando se adiciona la muestra.

Los resultados de la prueba de gravedad específica de la piedra pómez se muestra en la tabla 3.20.

Tabla 3.20 Gravedad Específica de la piedra pómez.

Procedencia:	Banco El Congo	
Material:	Piedra Pómez	
Colorimetría:	Blanco	
Tamaño máximo:	3/4"	
Peso inicial de la muestra (Wo):	500gr	
Designación	Muestra (gr)	Gravedad específica
Ws ₁	420.0	1.19
Ws ₂	406.0	1.24
Ws ₃	428.0	1.17
Promedio		1.20

Cálculo:

$$G_s = W_m / W_a \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde:

G_s : Gravedad Específica.

W_m : Peso del material.

W_a : Peso del agua desplazada.

3.4.2 ESCORIA VOLCÁNICA:

La obtención de la gravedad específica para este material se realizó de manera similar que para la piedra pómez.

Los resultados de la prueba de gravedad específica de la escoria volcánica se presentan en la tabla 3.21.

Tabla 3.21 Gravedad específica de la Escoria Volcánica.

Procedencia:	Cerro El Cerrito	
Material:	Escoria Volcánica	
Colorimetría:	Rojizo	
Tamaño máximo:	1/2"	
Peso inicial de la muestra (W_o):	500gr	
Designación	Muestra (gr)	Gravedad específica
W_{s1}	258.0	1.94
W_{s2}	260.0	1.92
W_{s3}	260.0	1.92
W_{s4}	263.0	1.90
Promedio		1.92

3.4.3 ARENA LIMOSA:

La gravedad específica de la arena limosa se determino utilizando el método del matraz, ya que este material se considera un suelo muy fino. El desarrollo de la prueba se hace de acuerdo a la norma ASTM D-854.

El método se desarrolla de la siguiente manera: el suelo utilizado para esta prueba debe estar completamente seco; se coloca la muestra de suelo en el matraz, luego se le agrega agua hasta llegar a las proximidades de la marca de aforo, se desaira el matraz con suelo; después de desairar el matraz se le agrega agua hasta aforarlo; luego se pesa todo el conjunto.

Los resultados de la prueba de gravedad específica de la arena limosa se muestran en la tabla 3.22.

Tabla 3.22 gravedad Específica de la arena Limosa.

Procedencia:	Banco El Congo
Material:	Arena Limosa
Colorimetría:	Blanco Amarillento
Designación	
Matraz nº	9
$W_{\text{suelo} + \text{agua} + \text{matraz}}$	742.0 gr
$W_{\text{agua} + \text{matraz}}$	686.2 gr
W_{suelo}	100 gr
temperatura	26° C
Gravedad Especifica	2.60

3.4.4 ARENA:

La gravedad específica para la arena se determinó utilizando el método del frasco de Chapman, por la facilidad que da la realización de este método.

Este método consiste en lo siguiente: se toma una cantidad de arena de peso conocido en condición saturada superficialmente seco, luego se deposita este material en el frasco de Chapman, el cual contiene un volumen de agua conocido. Al depositar el material en el frasco, el volumen de agua sube hasta la parte graduada del frasco y así se lee el volumen final.

Los resultados de la prueba de gravedad específica de la arena se presentan en la tabla 3.23.

Tabla 3.23 Gravedad Específica de la arena.

Procedencia:	Río Las Cañas	
Material:	Arena	
Colorimetría:	Gris oscura	
Tamaño máximo:	4.76mm	
Peso inicial de la muestra (Wo):	200gr	
Designación	Muestra (gr)	Gravedad específica
Ws ₁	405.5	2.43
Ws ₂	406.0	2.43
Ws ₃	407.0	2.42
Promedio		2.43

3.5 CONTENIDO DE HUMEDAD:

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio y representa la cantidad de agua existente en una cantidad dada de un agregado con relación a su peso seco. El contenido de humedad de un agregado, es usado tanto para la dosificación del concreto; como en un suelo, para determinar otras propiedades como la plasticidad, el estado de compactación, etc.

El contenido de humedad de un material es variable ya que depende de la exposición del material al sol y a la lluvia, en un momento dado puede ser mayor o menor que el valor de absorción.

Para todos los materiales la prueba ha sido desarrollada utilizando el mismo procedimiento. Este consistió en tomar una muestra de material en condición de extracción de banco, de un peso conocido; tomándose éste como su peso húmedo, luego se coloca en el horno durante un período de 12 a 18 horas a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, para obtener su peso seco.

3.5.1 PIEDRA PÓMEZ:

Los resultados del contenido de humedad para la piedra pómez se muestran en la tabla 3.24.

Tabla 3.24 Contenido de humedad de la piedra pómez.

Procedencia:	Banco El Congo	
Material:	Piedra Pómez	
Colorimetría:	Blanco	
Tamaño máximo:	3/4"	
Peso inicial de la muestra (Wo):	100gr	
Designación	Muestra (gr)	Contenido de Humedad
Ws ₁	82.8	20.77%
Ws ₂	84.4	18.48%
Promedio		19.62%

Cálculo:

$$W = (Ww / Ws) \times 100 \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde:

Ww: peso del agua presente en el agregado.

Ws: peso seco de la muestra.

3.5.2 ESCORIA VOLCÁNICA:

Los resultados del contenido de humedad para la escoria volcánica se presentan en la tabla 3.25.

Tabla 3.25 Contenido de humedad de la Escoria Volcánica.

Procedencia:	Cerro El Cerrito	
Material:	Escoria Volcánica	
Colorimetría:	Rojizo	
Tamaño máximo:	1/2"	
Peso inicial de la muestra (Wo):	200gr	
Designación	Muestra (gr)	Contenido de Humedad
Ws ₁	191.1	4.66%
Ws ₂	191.3	4.55%
Ws ₃	189.6	5.48%
Promedio		4.90%

3.5.3 ARENA LIMOSA:

Los resultados del contenido de humedad para la arena limosa se muestran en la tabla 3.26.

Tabla 3.26 Contenido de humedad de la arena limosa.

Procedencia:	Banco El Congo	
Material:	Arena Limosa	
Colorimetría:	Blanco Amarillento	
Peso inicial de la muestra (Wo):	200gr	
Designación	Muestra (gr)	Contenido de Humedad
Ws ₁	187.5	6.67%
Ws ₂	188.2	6.27%
Promedio		6.47%

3.5.4 ARENA:

Los resultados del contenido de humedad para la arena se presentan en la tabla 3.27.

Tabla 3.27 Contenido de humedad de la arena.

Procedencia:	Río Las Cañas	
Material:	Arena	
Colorimetría:	Gris oscura	
Tamaño máximo:	4.76mm	
Peso inicial de la muestra (Wo):	200gr	
Designación	Muestra (gr)	Contenido de Humedad
Ws ₁	115.5	73.16%
Ws ₂	116.6	71.53%
Promedio		72.34%

3.6 ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DE RESULTADOS

GRANULOMETRÍA

– Piedra pómez:

Los porcentajes de arena y grava de piedra pómez indican una mayor cantidad de arena en la muestra de dicho material; siendo éstos: % arena = 59.49% y % grava = 40.51%.

El análisis granulométrico se hizo por separado para arenas y gravas de piedra pómez; al analizar la gráfica de la grava de piedra pómez (gráfica 3.1) se puede observar que existe un intervalo que cae fuera de los límites establecidos por la norma ASTM C-331, dicho intervalo lo forma el material que pasa la malla de 3/4" y se retiene en la malla de 1/2". Mientras que el material que pasa la malla de 1/2", 3/8" y se retiene en la

mallas N°4 sí cumplen con los límites establecidos por la norma.

Lo anterior indica que en la grava de piedra pómez existe una deficiencia de material con tamaño que va desde la malla de 3/4" hasta la de 1/2".

La gráfica de las arenas de piedra pómez (gráfica 3.2) indica una ausencia muy notable de material fino ya que a partir del material que pasa la malla N°8 se sale de los límites establecidos por la norma ASTM C-331.

– Escoria volcánica:

Los porcentajes de arena y grava muestran un alto contenido de material que pasa la malla N°4, es decir un porcentaje de arena igual a 61.1% mientras que el material retenido en dicha malla es menor (% de grava = 33.9%).

Al igual que la piedra pómez, el análisis granulométrico de la escoria volcánica se hizo por separado; para gravas y arena.

La curva granulométrica de la grava (gráfica 3.3) muestra un material que cumple con los límites de la norma ASTM C-331, indicando con esto un material bien graduado.

La curva granulométrica de la arena (gráfica 3.4) al igual que la arena de piedra pómez muestra una ausencia bastante notable de material fino, es decir aquel material que pasa la malla N°8 y que se retenga en las mallas N°16, 30, 50 Y 100; para que cumpla con lo establecido en la norma ASTM C-331.

– Arena Limosa:

Los porcentajes de arena y grava que conforman la arena limosa demuestran un material fino (arena), ya que hay un 94.72% que pasa la malla N°4 mientras que el material retenido solo alcanza un 5.28%. Considerando que existe una pequeña cantidad de material grueso solo se le hizo el análisis granulométrico al material que pasa la malla N°4.

Al lavar el material por la malla N° 200 (según procedimiento de la norma ASTM C-422) se encontró un porcentaje de material muy fino de 33.16%; indicando que la arena limosa utilizada contiene una cantidad apreciable de material muy fino.

La gráfica de la arena limosa (gráfica 3.5) demuestra que ésta contiene los mayores porcentajes de material retenido en las mallas N° 50 y 200 indicando una mayor cantidad de material muy fino; con lo cual se puede llegar a compensar la ausencia de material fino tanto en la piedra pómez como en la escoria volcánica, mejorando con esto la trabajabilidad de la mezcla y disminuir la porosidad de las

unidades de los ecoladrillos fabricados.

– Arena

La curva granulométrica (gráfica 3.6) de la arena muestra que este material posee una granulometría con una cantidad apreciable de material fino, los mayores porcentajes son retenidos en las mallas N° 30, 50 y 100. Esta gráfica cumple con los límites establecidos en la norma ASTM C-33.

PESO VOLUMÉTRICO.

Según los límites de peso volumétrico que establece la norma ASTM C-331 para agregados de peso ligero utilizados en la fabricación de elementos de mampostería (tabla 3.11) indican que tanto la piedra pómez como la escoria volcánica cumplen con lo establecido en dicha norma ya que los pesos volumétricos sueltos de la piedra pómez (546.25 kg/m^3) y escoria volcánica (917.8 kg/m^3) son menores a 1040 kg/m^3 que dicta la norma; al compactar el material de piedra pómez el peso volumétrico de este material aumenta un 10.75% con respecto al peso volumétrico suelto, indicando poco acomodamiento de las partículas al ser varillado. En la escoria volcánica el peso volumétrico suelto aumenta en 7.44% a peso volumétrico varillado indicando también poco acomodamiento de sus partículas.

A la arena limosa solo se le calculó el peso volumétrico varillado ya que al ser éste mayor que el suelto tiene una mayor incidencia en el peso volumétrico de los ecoladrillos y su valor dio 1132.97 kg/m^3 .

El peso volumétrico de la arena tanto suelto (1140.0 kg/m^3) como varillado (1340 kg/m^3) comparados con los de peso ligero (piedra pómez y escoria volcánica) es bastante alto, por lo que tendrá mayor incidencia en el peso de los ecoladrillos fabricados, así como también en su resistencia.

ABSORCIÓN

La absorción de los materiales utilizados varía grandemente; el que muestra una mayor absorción es la piedra pómez con un valor del 54.79%; este es el material que afectará mayormente la trabajabilidad de la mezcla ya que se necesitará una mayor cantidad de agua. La escoria volcánica presenta una absorción del 13.79% y la arena una absorción de 6.88%.

La absorción de la arena limosa por ser un material que presenta una granulometría muy fina puede considerársele como un valor despreciable que no alterará la cantidad de agua que se le agregará a la mezcla.

GRAVEDAD ESPECÍFICA

De los materiales utilizados en las pruebas el que presenta el menor valor de gravedad específica es la piedra pómez con un valor de 1.20; se nota también que a medida aumenta la presencia de finos en los diferentes materiales aumenta también el valor de gravedad específica así se obtuvieron valores como: para la escoria volcánica de 1.92, para la arena limosa; 2.60 y para la arena un valor de 2.43.

CONTENIDO DE HUMEDAD

De los materiales el que presenta un mayor porcentaje de contenido de humedad es la arena del río las cañas con un valor del 72.74%, debido a que la arena se extrajo del río. La piedra pómez tan bien posee bastante porcentaje de contenido de humedad dando un valor de 19.62%, la escoria volcánica y la arena limosa presentan bajos contenidos de humedad; sus valores son 4.90% y 6.47% respectivamente.

Los valores de contenidos de humedad de los diferentes materiales son los que éstos tenían al momento de ser extraídos de los diferentes bancos.

CAPÍTULO IV

PROYECTO PARA LA ELABORACIÓN DE ECOLADRILLOS UTILIZANDO CEMENTO MEZCLADO CESSABLOCK (ASTM C- 1157) Y CEMENTO DE MAMPOSTERÍA CUSCATLAN (ASTM C- 91).

4.1 DISEÑO DE MEZCLA:

Diseñar una mezcla de concreto ligero consiste en seleccionar las cantidades de cada uno de los materiales que la componen; en nuestro caso, seleccionar las cantidades de piedra pómez, arena limosa, escoria volcánica y arena que al combinarse formarán diferentes mezclas con las cuales se fabricarán los ecoladrillos.

El diseño debe ser adecuado para obtener de la mezcla en estado fresco una buena trabajabilidad y en estado seco durabilidad, resistencia y absorción adecuados. La relación agua cemento (A/C) se aplica al concreto hecho con agregados de peso ligero de la misma manera que al concreto de agregado normal y también es posible hacer los diseños de mezcla para concreto ligero igual que el método de diseño para concreto normal; es decir, tomando en cuenta la gravedad específica, el peso volumétrico y la

absorción de los agregados. Sin embargo, para el caso de los agregados de peso ligero es muy difícil determinar qué cantidad de agua total de la mezcla es absorbida por los agregados y cuánta, en realidad, ocupa espacios dentro del concreto (la que forma parte del concreto o pasta de cemento). Esta dificultad la causa no solo el elevado valor de absorción de los agregados de peso ligero, sino también el hecho de que la absorción varía mucho en velocidad y en algunos agregados, puede continuar a una velocidad apreciable durante varios días.

Por lo tanto, la relación neta A/C dependerá de la velocidad de absorción en el momento de hacer la mezcla y no solo del contenido de humedad del agregado.

Procedimiento para el diseño de las mezclas:

Para diseñar cada una de las mezclas se utilizó el método de volumen absoluto, en dicho método se considera que la suma de los volúmenes de cada uno de los materiales es igual al volumen que ocupará el concreto compactado.

Para realizar este método es necesario conocer la gravedad específica de cada material que compondrán la mezcla. En nuestro caso, se está utilizando una combinación de diferentes agregados tales como: piedra pómez, escoria volcánica, arena limosa y arena por lo que fue necesario obtener por separado la gravedad específica de cada uno de ellos para luego ser ponderados y obtener la gravedad específica de la combinación

de los materiales de cada una de las mezclas.

La gravedad específica de la combinación de los materiales se calcula sumando los productos de los porcentajes de cada material por su correspondiente gravedad específica, dividido entre la sumatoria de los porcentajes de los materiales combinados.

También es necesario conocer en este método la gravedad específica del cemento y la gravedad específica del agua. Así también debe establecerse una relación agua cemento y una cantidad de cemento (en kg/m^3) en los respectivos diseños.

Ejemplo numérico:

Diseño de mezcla para un metro cúbico.

En la tabla 4.1 se muestran los porcentajes estimados de cada agregado para la mezcla 1 y su respectiva gravedad específica calculada en las pruebas de laboratorio a los agregados (capítulo III).

Tabla 4.1 Datos del diseño.

Materiales	Porcentaje (%)	Gravedad Específica
Pómez	20	1.20
Escoria volcánica	10	1.92
Arena limosa	70	2.60

Cálculo de la gravedad específica ponderada.

$$G_{sp} = (\%_{\text{pomez}} \times G_{\text{Spomez}} + \%_{\text{esc. vol.}} \times G_{\text{Sesc. vol.}} + \%_{\text{Arena l.}} \times G_{\text{SArena l.}}) / 100$$

$$G_{sp} = (20 \times 1.2 + 10 \times 1.92 + 70 \times 2.60) / 100$$

$$G_{sp} = 2.25$$

Datos:

Gravedad específica del cemento:	3.1
Gravedad específica del agua:	1.0
Gravedad específica del agregado combinado:	2.25
Cantidad de cemento:	250 kg/m ³

Cantidad de agua para la pasta de cemento:

Considerando una relación agua cemento (A/C) de 0.5, la cual es un promedio de los valores para los diseños de concreto recomendados por el ACI; entonces tenemos que la cantidad de agua será.

$$A/C = 0.5 \implies A = 0.5 C$$

$$A = 0.5 \times 250 = 125.0 \text{ kg/m}^3$$

Para completar la siguiente tabla fue necesario encontrar la cantidad en volumen del agregado combinado, para ello se encontró individualmente la cantidad en volumen de cemento y agua, dividiendo la cantidad en peso por su respectiva gravedad específica, obteniéndose así: 80.65 lts y 125.0 lts de cemento y agua respectivamente; además considerando un 8% de de aire incluido en 1 m³ de concreto.

Entonces para determinar la cantidad en volumen del agregado combinado se parte de saber que 1 m³ es equivalente a 1000 lts; luego:

$$\text{Agr. Comb.vol.} = 1000 \text{ lts} - \text{cant. de agua} - \text{cant. de cemento} - \text{aire incluido}$$

$$\text{Agr. Comb. vol.} = 1000 - 125 - 80.65 - 1000(8\%)$$

$$\text{Agr. Comb vol.} = 714.35 \text{ lts.}$$

Para determinar la cantidad en peso del agregado combinado se multiplica la cantidad en volumen por la gravedad específica ponderada así:

$$\text{Agr. Comb.peso} = 714.35 \times 2.25$$

$$\text{Agr. Comb.peso} = 1607.0 \text{ kg.}$$

Los resultados se muestran en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Cálculo de los agregados combinados

Materiales	Volumen (lts)	Gravedad esp.	Peso (kg)
Cemento	80.65	3.10	250.00
Agua	125.00	1.00	125.00
Aire 8 %	80.00	--	
Ag. Comb.	714.35	2.25	1607.00

Conociendo la cantidad en peso del material combinado y los porcentajes individuales de cada material; se puede calcular las cantidades en peso de cada material multiplicando el valor del agregado combinado por el porcentaje respectivo del material.

Tabla 4.3: Cantidad de cada uno de los materiales

Materiales	Porcentaje (%)	Peso (kg)
Pómez	20	321.46
Escoria. Vol.	10	160.73
Arena limosa	70	1125.11

La tabla 4.4 presenta en resumen las cantidades en peso y volumen de cada material.

Tabla 4.4: Peso y Volumen de cada uno de los materiales

Materiales	Peso (kg)	Volumen (lts)
Cemento	250.0	80.65
Pómez	321.46	267.88
Escoria vol.	160.73	83.73
Arena limosa	1125.11	432.73



Tomando como base la cantidad de cemento, se puede encontrar la relación volumétrica dividiendo la cantidad en volumen de cada material entre la cantidad de cemento también en volumen.

Relación volumétrica = 1: 3 ½: 1: 5 ½.

Donde:

- 1 Parte de volumen de cemento.
- 3 ½ Parte de volumen de pómez
- 1 Parte de volumen de escoria volcánica.
- 5 ½ Parte de volumen de arena limosa.

4.1.1 DISEÑO DE LAS MEZCLAS CON CEMENTO MEZCLADO CESSABLOCK (ASTM C - 1157) Y CEMENTO DE MAMPOSTERÍA CUSCATLÁN (ASTM C- 91).

Las tablas siguientes muestran en resumen los resultados de cada diseño correspondientes a cada mezcla; estos valores provienen de cálculos similares al ejemplo numérico anterior.

Los valores que contienen cada tabla son comunes para los dos tipos de cemento considerados en el estudio.

4.1.1.1 MÉTODO MANUAL

Mezcla # 1 (cemento + piedra pómez + escoria volcánica + arena limosa)

Tabla 4.5: Diseños de la mezcla 1 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³			Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lts)	Agua (lts)	Pómez (lts)	Escoria Volcánica(lts)	Arena Limosa(lts)		
1	80.65	125	156.68	97.93	518.67	Dependerá De la Humedad Del material	1: 2: 1: 6 ½.
2	80.65	125	293.12	91.12	424.52		1: 3 ½: 1: 5 ½
3	80.65	125	281.46	175.91	349.39		1: 3 :2: 4 ½.
4	80.65	125	391.82	163.26	270.22		1: 4 ½: 2: 3 ½.

Mezcla # 2 (cemento + piedra pómez + arena limosa)

Tabla 4.6: Diseños de la mezcla 2 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³		Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lts)	Agua (lts)	Pómez (lts)	Arena limosa (lts)		
1	80.65	125	162.52	605.25	Dependerá De la Humedad Del material	1: 2: 7 ½
2	80.65	125	304.80	504.50		1: 3 ½: 6 ½
3	80.65	125	480.25	669.06		1: 5 ½: 4 ½
4	80.65	125	610.20	252.49		1: 7: 3

Mezcla # 3 (cemento + piedra pómez + arena)

Tabla 4.7: Diseños de la mezcla 3 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³		Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lts)	Agua (lts)	Pómez (lts)	Arena (lts)		
1	80.65	125	137.33	610.38	Dependerá De la Humedad Del material	1: 1 ½: 7 ½.
2	80.65	125	260.03	513.63		1: 3: 6 ½
3	80.65	125	322.60	322.60		1: 4: 4
4	80.65	125	403.65	241.38		1: 5: 3

4.1.1.2 MÉTODO MECÁNICO

Dado que se genera una mayor compactación de la mezcla y un mejor acomodo de las partículas del material, al producir unidades con la ayuda de máquinas fabricadoras de productos para mampostería se ha optado por cambiar dos diseños para la mezcla # 1 y 2 disminuyendo la cantidad de cemento; obteniendo así relaciones volumétricas de 1: 14 y 1: 15.

Mezcla #1 (cemento + piedra pómez + escoria volcánica + arena limosa)

Tabla 4.8: Diseños de la mezcla 1 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³			Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lts)	Agua (lts)	Pómez (lts)	Escoria Volcánica(lts)	Arena Limosa(lts)		
1	80.65	125	391.82	163.26	270.22	Dependerá De la Humedad Del material	1: 4 ½: 2: 3 ½.
2	80.65	125	156.68	97.93	518.67		1: 2: 1: 6 ½.
3	59.68	92.5	298.4	197.0	358.0		1: 5: 3: 6
4	56.45	87.5	282.2	169.3	395.2		1: 5: 3: 7

Mezcla # 2 (cemento + piedra pómez + arena limosa)

Tabla 4.9: Diseños de la mezcla 2 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³		Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lts)	Agua (lts)	Pómez (lts)	Arena limosa (lts)		
1	80.65	125	480.25	669.06	Dependerá De la Humedad Del material	1: 5 ½: 4 ½
2	80.65	125	610.20	252.49		1: 7: 3
3	59.68	92.5	477.4	358.0		1: 8: 6
4	56.45	87.5	451.6	395.2		1: 8: 7

Mezcla # 3 (cemento + piedra pómez + arena)

Tabla 4.10: Diseños de la mezcla 3 para los tipos de cemento Cessablock y Cuscatlán

Diseño	Pasta para 1m ³		Materiales para 1m ³		Agua de corrección	Relación Volumétrica.
	Cemento (lbs)	Agua (lbs)	Pómez (lbs)	Arena (lbs)		
1	80.65	125	137.33	610.38	Dependerá De la Humedad Del material	1: 1 ½: 7 ½.
2	80.65	125	260.03	513.63		1: 3: 6 ½
3	80.65	125	322.60	322.60		1: 4: 4
4	80.65	125	403.65	241.38		1: 5: 3

4.2 FABRICACIÓN DE ESPECÍMENES:

4.2.1 MÉTODO DE FABRICACIÓN MANUAL:

Este método es similar al método empleado para la fabricación del ladrillo de barro cocido en forma artesanal, es decir, aquel en el que solo actúa la fuerza del hombre para realizar la mezcla y la fabricación del ladrillo. Este consiste en utilizar herramientas manuales como palas y azadones para realizar la mezcla y, gradillas para moldear las unidades; otra herramienta usada fue la cuchara de albañil con la cual se pudo proporcionar una superficie fina a la cara superior de las unidades.

El método se desarrollo de la siguiente manera:

- 1) Dosificación de cada uno de los materiales: Este se hace utilizando un recipiente con un volumen conocido, para proporcionar las cantidades de los materiales

establecidos en los diseños de las mezclas. Esto se representa en la foto N° 1 y 2



Foto N° 1 Dosificación de materiales.

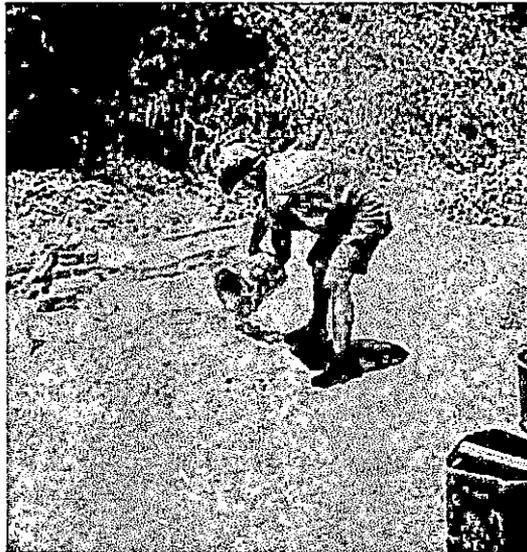


Foto N° 2 Dosificación del cemento.

- 2) Mezclado de los materiales: El mezclado se inicia en seco combinando primero los materiales establecidos finos (arena limosa y arena) con el cemento hasta

obtener un color uniforme, luego se le agregan los agregados gruesos (piedra pómez y escoria volcánica), según la mezcla que se va utilizar, hasta obtener una distribución homogénea de los materiales. Como último paso del mezclado se le agrega el agua necesaria la cual estará en base a la consistencia requerida de la mezcla y tenga una buena trabajabilidad para el moldeado de las unidades.

Para mezclar los materiales el operario utiliza una pala, como se muestra en la foto N° 3.



Foto N° 3 Mezclado de los materiales.

- 3) Moldeado y desmoldado de las unidades: El moldeo se realiza depositando la mezcla en los moldes, utilizando palas, y acomodando éste con las manos del operario(protegiéndoselas con guantes) para darles una compactación a las unidades (también se puede utilizar otros medios de compactación como el

unidades (también se puede utilizar otros medios de compactación como el varillado, vibrado, etc); el acabado final se realiza utilizando una cuchara de albañil con el objeto de obtener una superficie plana y uniforme.

Para realizar el desmoldado de las unidades se debe tomar en cuenta el tiempo de fraguado inicial, el cual varía según el tamaño de las partículas que constituyen la mezcla; así para mezclas con mayor cantidad de materiales gruesos el tiempo de desmoldado varía de 30 a 90 segundos¹⁸ y para mezclas con mayor cantidad de material fino el tiempo varía de 1 a 3 minutos¹⁸. El desmoldado debe realizarse con sumo cuidado para evitar el deterioro de las aristas de las unidades; también es recomendable engrasar los moldes para facilitar el desmoldado.

Al no tomar en cuenta el tiempo recomendado de desmoldado las unidades pueden deformarse o sufrir ensanchamientos en sus caras laterales.

Los moldes utilizados fueron los mismos con los que se fabrican los ladrillos de barro cocido, es decir “gradillas” metálicas con dimensiones de 7x14x28 (cm).

Esto se representa en las fotos N° 4, 5 y 6

¹⁸ Tiempo determinado basándose en la experiencia lograda en ésta investigación con los tipos de cemento y agregados utilizados.

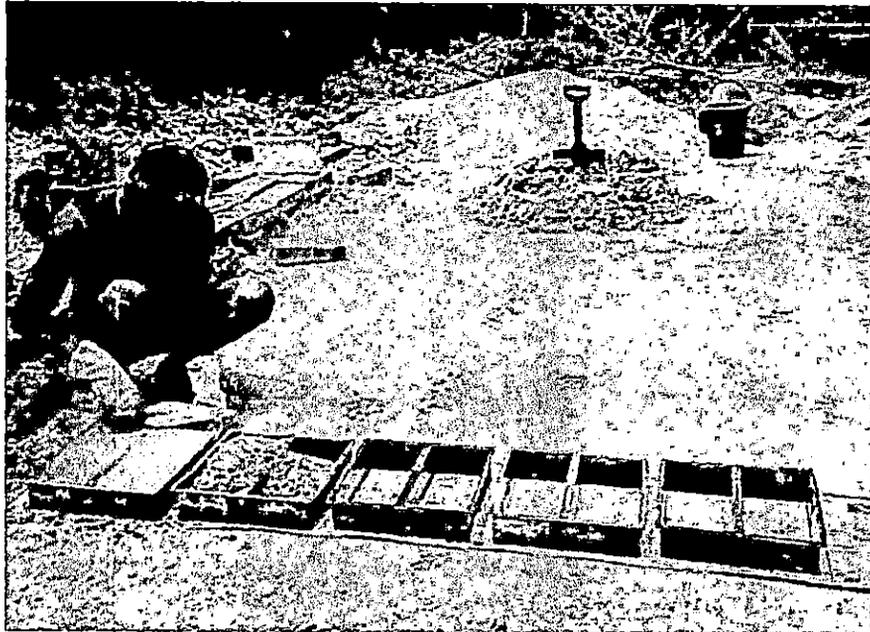


Foto N° 4 Gradillas o moldes para moldeo

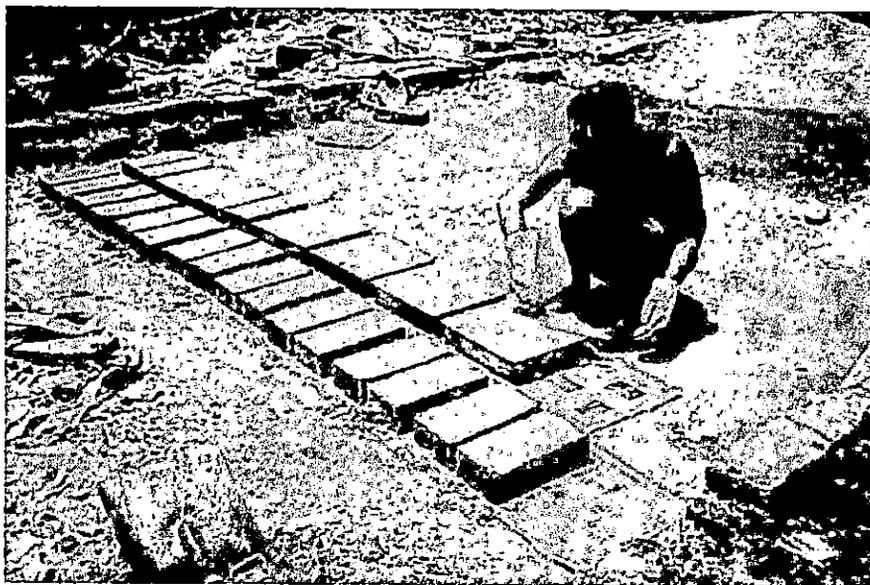


Foto N° 5 Moldeo de las unidades.



Foto N° 6 Desmoldado de las unidades

- 4) Apilado y curado de las unidades: El apilado de las unidades se realiza en un tiempo de 24 horas después de haberse moldeado(ver foto N° 7 y 8); durante este tiempo las unidades deben protegerse del sol y la lluvia con material impermeable como plástico si las unidades han sido fabricadas al aire libre.



Foto N° 7 Apilado de los ecoladrillos.

Las unidades deben apilarse en una superficie plana (ver foto N° 8) para luego poder curarse. El curado debe realizarse por un tiempo no menor de 7 días; éste se realiza para lograr dos objetivos principales:

1. Impedir la fuga rápida de agua de los espacios que ocupa y la consecuente contracción y deformación del ladrillo
2. Proporcionar al cemento el agua necesaria para su proceso de hidratación y aumento de resistencia, agua perdida tanto por la evaporación ambiental como la originada por el calor de hidratación y el agua de absorción de las partículas de agregado y con ello eliminar en alguna medida la contracción a edades tempranas.

El curado puede hacerse por aspersion, utilizando mangueras, regaderas o recipiente para rociar el agua sobre las unidades (ver foto N° 9) este debe realizarse periódicamente; Además, las unidades deben protegerse con material impermeable para evitar la evaporación del agua de curado y así mantenerlos húmedos.



Foto N° 8 Apilado de las unidades.



Foto N° 9 curado de los ecoladrillos.

4.2.2 MÉTODO DE FABRICACIÓN MECÁNICO.

El método mecánico es aquel en el cual se hace uso de máquinas para fabricar

unidades de mampostería; este método se puede hacer de dos formas:

- Forma semi mecánica:

Esta forma consiste en realizar la mezcla de los agregados y el cemento de forma manual, es decir utilizando únicamente la energía del hombre; y en la fabricación de las unidades se realiza usando máquinas para fabricar productos de mampostería.

- Forma mecánica:

En esta forma tanto la preparación de la mezcla como la fabricación de las unidades de mampostería se hace totalmente mecanizada; es decir, utilizando una máquina concretera para realizar la mezcla y una máquina para fabricar unidades de mamposterías en la fabricación de los ecoladrillos.

Existen plantas sistematizadas de fabricación de unidades de mampostería con las cuales se alcanzan altos niveles de producción.

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó la forma semimecánica, elaborando la mezcla manualmente y utilizando una máquina VIBROK del tipo B 1000 (ver especificaciones en anexo # 4) para la fabricación de las unidades de mampostería.

El proceso de fabricación utilizado en este método se realiza de la siguiente manera.

- 1) Elaboración de la mezcla: La dosificación de los materiales y la preparación de la mezcla se hizo de forma similar a los pasos 1 y 2 del método manual con la diferencia que se utilizó menos agua para alcanzar la consistencia adecuada de la mezcla para el método mecánico.

Empíricamente se puede determinar la consistencia de la mezcla tomando una cantidad de mezcla en la mano y presionándola; luego se observa si las huellas se marcan en la bola de mezcla sin que emana agua de ella.

- 2) Fabricación de las unidades: se inicia con la preparación de la máquina (ver fotografía N° 10); limpiando los molde y contra molde, colocando una tabla por debajo de los moldes la cual sirve de soporte de las unidades ya fabricadas (ver foto N° 11) y lubricando el resto de piezas de la máquina.

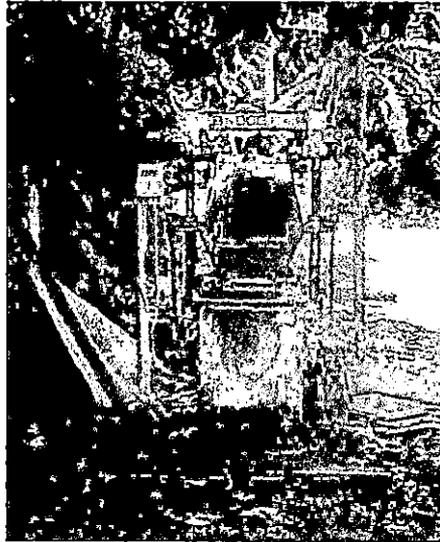


Foto N° 10 Máquina para fabricar productos de mampostería.

La colocación de la mezcla en los moldes debe hacerse usando herramientas manuales como pala (ver fotografía N° 12), tomando en cuenta que se debe colocar una tabla por debajo de los moldes la cual servirá de base a las unidades ya moldeadas.

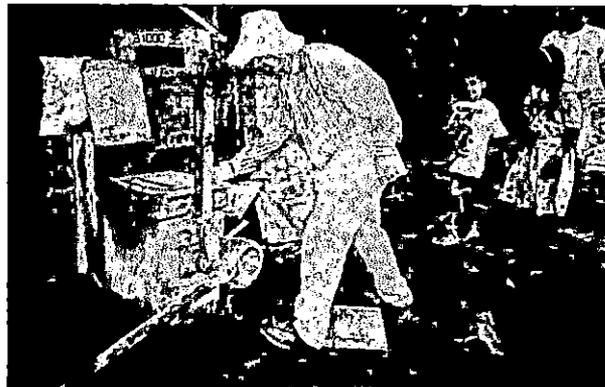


Foto 11 Colocación de la tabla en la máquina.



Foto N° 12 Colocación de la mezcla.

- 3) Vibrado y compactado de la mezcla: El vibrado servirá para acomodar las partículas de la mezcla, al mismo tiempo de vibrar la mezcla se hace el compactado dejando caer el contra molde sobre el molde para obtener la compactación requerida en las unidades (esto se representa en las fotos N° 13 y 14).



Foto N° 13 Vibrado y acomodo manual de la mezcla en los moldes.

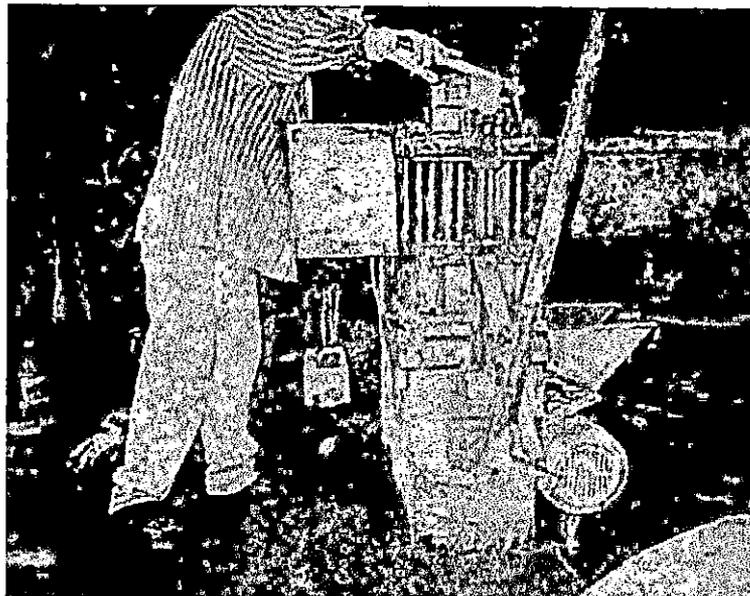


Foto N° 14 Compactado (bajado del contra molde).

El tiempo de vibrado deberá ser de acuerdo a la consistencia de la mezcla siendo menor cuando la mezcla contiene una mayor cantidad de agua que la requerida (10-15 seg)¹⁹; ya que puede llegar a ocasionar un sangramiento acelerado de la mezcla y se dará un mayor tiempo de vibrado cuando se trabaja con mezclas con poca cantidad de agua (15-20seg)¹⁹.

- 4) **Desmoldado de las unidades:** esto se hace levantando el contra molde de la máquina una vez terminado el vibrado y compactado de las unidades fabricadas, quedando completamente libres las unidades (ver foto N° 15). En este momento se debe hacer una evaluación visual y rápida de las unidades fabricadas para determinar si salieron del molde en buenas condiciones y poder continuar con el proceso del fraguado y curado. Las unidades que presenten defectos estéticos o estructurales deberán descartarse.

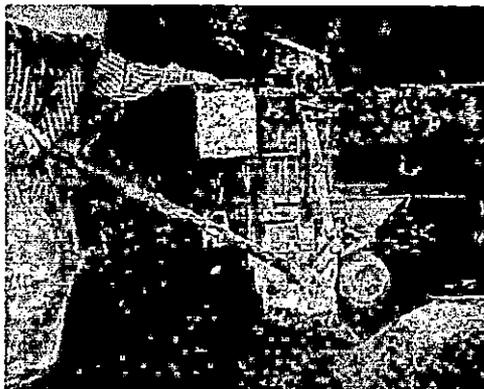


Foto N° 15 Desmoldado de ecoladrillos.

¹⁹ Tiempo determinado basándose en la experiencia obtenida en esta investigación con los tipos de cemento y agregados utilizados.

- 5) Retiro de las unidades: las unidades en buen estado se llevan al lugar destinado para su fraguado final, donde obtendrán la resistencia suficiente para poder ser manipulados; esto se muestra en la foto N° 16.

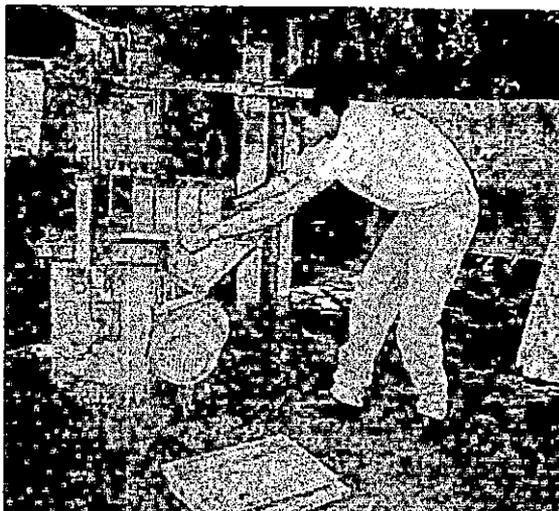


Foto N° 16 Retiro de las unidades de la máquina.

- 6) Fraguado y curado de ecoladrillos: se hizo de forma similar al método manual.

4.2.3 CUIDADOS EN LA FABRICACIÓN DE LOS ECOLADRILLOS

4.2.3.1 MÉTODO MANUAL.

- En la preparación de la mezcla se deberá tener cuidado durante el mezclado sobre todo cuando se le agrega el agua, con el objeto de evitar que se eliminen las



partículas del cemento en caso de fuga de agua.

- El moldeo de las unidades se deberá hacer sobre superficies planas y finas, para evitar deformaciones en la cara inferior de los ecoladrillos; por lo cual es recomendable utilizar como superficie de soporte tablas de madera, superficies bien compactadas o superficies pavimentadas.
- El acomodo y compactación de la mezcla en las gradillas se realiza manualmente por lo que es necesario utilizar guantes que protejan al operario de daños en la piel los cuales son producidos por el cemento.
- La manipulación durante el apilado y curado debe hacerse con cuidado; para evitar cualquier deterioro de sus aristas sobre todo las unidades fabricadas con cemento de mampostería, el cual presenta mayor fragilidad durante los primeros días de edad.
- El acabado final de las unidades tendrá que hacerse utilizando una cuchara de albañil o cualquier otro objeto plano que proporcione una superficie uniforme al ecoladrillo; con ello también se puede tener un control para generar una altura uniforme en todas las unidades fabricadas.
- Cuando la fabricación de los ecoladrillos es realizada por 3 operarios, será útil usar más de 5 gradillas para proporcionar el tiempo necesario de fraguado inicial a la

más de 5 gradillas para proporcionar el tiempo necesario de fraguado inicial a la mezcla y que el rendimiento de producción sea el adecuado.

- En cuanto al moldeo es aconsejable utilizar patios amplios, dado que las unidades quedan sobre el piso durante su fraguado, hasta que alcanza una resistencia que les permita ser manipulados (como mínimo 24 horas).

4.2.3.2 MÉTODO MECÁNICO

- Para obtener la consistencia adecuada de la mezcla (consistencia casi seca), el agua se le deberá agregar poco a poco, de tal manera que solo sea la necesaria. Esto se puede hacer rociando el agua con las manos o utilizando un recipiente con regadera.
- Las tablas para la colocación de las unidades fabricadas, tienen que ser de superficie rígida y fina; la cual deberá estar totalmente limpia. Una buena práctica para obtener una superficie adecuada es colocarles material impermeable y liso, como plástico negro o lámina lisa.
- El tiempo de vibrado será el necesario hasta que no se presente segregación en la mezcla y varía según su consistencia. El sangrado de la mezcla se podrá evitar, en cierta forma proporcionando la consistencia adecuada a la mezcla (agregándole solo el agua necesaria a la mezcla), pero también es de tomar en cuenta que mezclas demasiado secas presentan baja cohesión entre las partículas y las unidades se pueden fisurar o desbordar fácilmente al salir del molde.

- Otro de los factores a controlar en el momento del vibrado, será el ancho de las unidades, las cuales por lo general son mayores que las establecidas (14 centímetros de ancho)²⁰, una manera de mantener este ancho es generándole una vibración constante durante un período de 10 a 15 segundos²¹, tiempo necesario y suficiente para que la mezcla alcance su mayor grado de compactación y los contramoldes alcancen el tope determinado para que las unidades fabricadas queden todas del mismo ancho.
- El retiro de los moldes debe hacerse con una velocidad constante durante todo su recorrido, es decir de una sola vez.
- Después de retirar los moldes de las unidades se realiza una inspección visual, con el propósito de eliminar las unidades que presentan defectos.
- No es recomendable colocar tablas con unidades sobre unidades frescas, por lo cual éstas se colocarán en un solo tendido sobre el piso.
- El período de fraguado debe ser mínimo posible para permitir la reutilización de las tablas, por lo general es de 24 horas²² aunque puede ser menor

²⁰ Ancho de los moldes utilizados en esta investigación.

²¹ Tiempo determinado en base a la experiencia obtenida en esta investigación.

²² Tiempo de fraguado determinado en base a la experiencia obtenida en esta investigación.

4.3 PRUEBAS DE LABORATORIO A ESPECIMENES.

Después de haber realizado los diseños de cada una de las mezclas y fabricar una determinada cantidad de unidades, es necesario realizar pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas que éstas presentan; el procedimiento para realizar estas pruebas o ensayos se hace de forma similar a las pruebas que se realizan a los ladrillos de barro cocido (ver capítulo II) cuyos procedimientos se encuentran en las normas ASTM C – 62 y ASTM C – 67 (ver anexos 2 y 3); cumpliendo así con el objetivo principal del estudio que es el de encontrar propiedades similares o mejores que los ladrillos de barro cocido.

Las pruebas de laboratorio son un parámetro técnico para determinar la calidad de un material. Se han realizado pruebas de compresión simple, flexión (módulo de ruptura), absorción, peso volumétrico y variación de las dimensiones para cada diseño de las respectivas mezclas.

4.3.1 PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE

Esta es una de las pruebas de laboratorio más importante para medir la calidad de un material y sirve para determinar la ganancia de resistencia en el transcurso del tiempo. La prueba consiste en aplicar una carga constante a un espécimen hasta que éste falle, con lo cual se llega a determinar su resistencia a la compresión.

La prueba de resistencia a la compresión se ha realizado a las edades de 7, 14 y 28 días para cada diseño de las diferentes mezclas y se han tomado 5 unidades por edad; para realizar la prueba las unidades se parten a la mitad.

Los datos y cálculos se presentan en las tablas desde la 4.11 hasta la 4.46; donde: la columna 1, contiene los diseños correspondientes a cada mezcla; la columna 2, representa las unidades ensayadas de cada diseño; las columnas 3 y 4, representan los promedios de ancho y largo para cada muestra; en la columna 5, se presentan las medidas correspondientes al largo promedio dividido entre 2, que representa la mitad de cada muestra; la columna 6, identifica el área promedio, la cual se calculó de las columnas 3 y 5; la columna 7, contiene la carga aplicada con la cual falló la muestra; la columna 8, muestra el esfuerzo de compresión soportado por cada muestra, el cual se obtiene dividiendo la columna 7 entre la columna 5 y la última columna contiene los promedios de esfuerzos para cada diseño de muestras.



MÉTODO MANUAL
CEMENTO CESSABLOCK:
MEZCLA # 1

Tabla 4.11 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)	esf.(kg/cm ²)	Promedio esf.(kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	5075.00	25.89	30.94
	1.2	14.00	28.00	14.00	196.00	6800.00	34.69	
	1.3	14.25	27.65	13.83	197.01	6950.00	35.28	
	1.4	14.10	28.00	14.00	197.40	6350.00	32.17	
	1.5	14.00	28.00	14.00	196.00	5225.00	26.66	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.00	28.20	14.10	197.40	5350.00	27.10	25.08
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	4650.00	23.72	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	4900.00	25.00	
	2.4	14.10	28.05	14.03	197.75	4825.00	24.40	
	2.5	14.10	28.20	14.10	198.81	5000.00	25.15	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.20	27.90	13.95	198.09	6450.00	32.56	30.09
	3.2	14.00	28.10	14.05	196.70	5800.00	29.49	
	3.3	14.20	28.20	14.10	200.22	6575.00	32.84	
	3.4	14.00	28.05	14.03	196.35	5450.00	27.76	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	5450.00	27.81	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	5450.00	27.81	28.14
	4.2	14.10	28.00	14.00	197.40	5950.00	30.14	
	4.3	14.25	28.00	14.00	199.50	5650.00	28.32	
	4.4	14.00	28.00	14.00	196.00	5500.00	28.06	
	4.5	14.10	28.10	14.05	198.11	5225.00	26.37	



Tabla 4.12 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.20	28.20	14.10	200.22	10500.00	52.44	43.01
	1.2	13.90	28.05	14.03	194.95	7550.00	38.73	
	1.3	14.10	28.00	14.00	197.40	8220.00	41.64	
	1.4	14.15	28.15	14.08	199.16	8180.00	41.07	
	1.5	14.00	28.10	14.05	196.70	8100.00	41.18	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	13.90	28.00	14.00	194.60	7000.00	35.97	35.90
	2.2	14.10	27.80	13.90	195.99	7400.00	37.76	
	2.3	14.35	27.80	13.90	199.47	6750.00	33.84	
	2.4	14.25	27.80	13.90	198.08	7000.00	35.34	
	2.5	14.05	28.00	14.00	196.70	7200.00	36.60	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	8450.00	43.11	42.31
	3.2	14.30	27.85	13.93	199.13	8350.00	41.93	
	3.3	14.00	28.00	14.00	196.00	8100.00	41.33	
	3.4	14.10	28.00	14.00	197.40	9000.00	45.59	
	3.5	14.05	28.05	14.03	197.05	7800.00	39.58	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	14.00	28.15	14.08	197.05	7700.00	39.08	38.96
	4.2	14.00	28.00	14.00	196.00	8050.00	41.07	
	4.3	14.10	28.00	14.00	197.40	7400.00	37.49	
	4.4	14.00	28.00	14.00	196.00	7550.00	38.52	
	4.5	14.15	28.15	14.08	199.16	7700.00	38.66	



Tabla 4.13 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo. (cm)	Largo/2(cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf.(kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.15	28.10	14.05	198.81	11750.00	59.10	63.62
	1.2	14.00	28.20	14.10	197.40	13200.00	66.87	
	1.3	14.05	27.95	13.98	196.35	13800.00	70.28	
	1.4	14.15	27.88	13.94	197.22	13200.00	66.93	
	1.5	13.85	28.00	14.00	193.90	10650.00	54.93	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.03	27.98	13.99	196.17	10950.00	55.82	52.51
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	9700.00	49.49	
	2.3	13.93	28.00	14.00	194.95	11100.00	56.94	
	2.4	14.00	27.95	13.98	195.65	9350.00	47.79	
	2.5	14.05	27.93	13.96	196.17	10300.00	52.50	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.00	27.85	13.93	194.95	11750.00	60.27	55.72
	3.2	13.83	28.10	14.05	194.24	10800.00	55.60	
	3.3	14.00	27.93	13.96	195.48	10550.00	53.97	
	3.4	14.05	27.85	13.93	195.65	9900.00	50.60	
	3.5	14.15	28.08	14.04	198.63	11550.00	58.15	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	14.05	27.90	13.95	196.00	9700.00	49.49	48.57
	4.2	14.03	28.00	14.00	196.35	9300.00	47.36	
	4.3	14.03	28.05	14.03	196.70	9950.00	50.58	
	4.4	14.03	27.93	13.96	195.82	9000.00	45.96	
	4.5	14.08	27.88	13.94	196.17	9700.00	49.45	

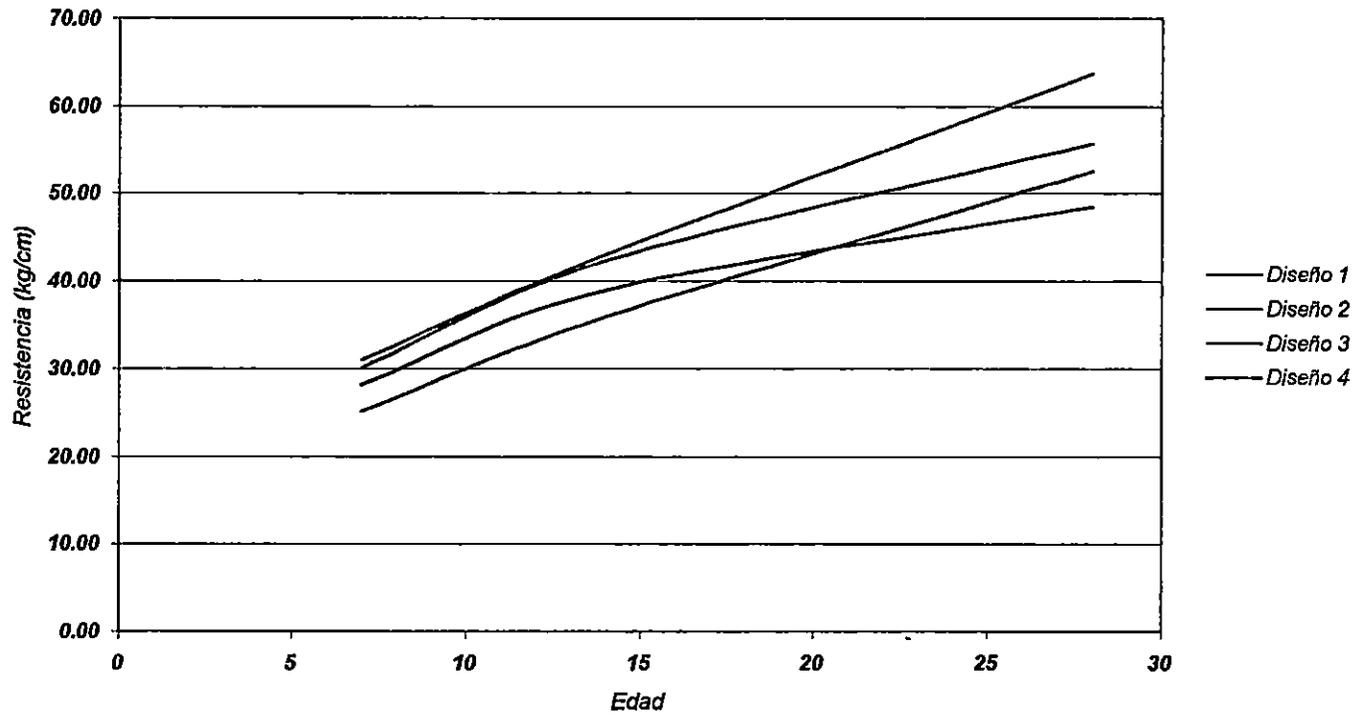


Gráfico 4.1 Esfuerzo de compresión mezcla # 1 (Cessablock, método manual)



MEZCLA # 2

Tabla 4.14 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.10	28.00	14.00	197.40	5250.00	26.60	27.23
	1.2	14.30	28.30	14.15	202.35	6000.00	29.65	
	1.3	13.85	28.20	14.10	195.29	5600.00	28.68	
	1.4	14.10	28.05	14.03	197.75	5200.00	26.30	
	1.5	14.25	28.15	14.08	200.57	5000.00	24.93	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	14.35	28.45	14.23	204.13	4650.00	22.78	25.80
	2.2	14.05	28.05	14.03	197.05	5500.00	27.91	
	2.3	14.15	28.20	14.10	199.52	5150.00	25.81	
	2.4	14.05	28.00	14.00	196.70	5050.00	25.67	
	2.5	14.05	28.15	14.08	197.75	5300.00	26.80	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	6150.00	31.38	28.79
	3.2	13.95	28.00	14.00	195.30	5550.00	28.42	
	3.3	13.95	28.00	14.00	195.30	5200.00	26.63	
	3.4	13.90	28.05	14.03	194.95	5550.00	28.47	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	5700.00	29.08	
1: 7: 3	4.1	14.15	28.10	14.05	198.81	4400.00	22.13	26.74
	4.2	14.15	28.05	14.03	198.45	5650.00	28.47	
	4.3	14.05	28.05	14.03	197.05	5700.00	28.93	
	4.4	14.00	27.95	13.98	195.65	5100.00	26.07	
	4.5	14.35	28.00	14.00	200.90	5650.00	28.12	



Tabla 4.15 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho(cm)	Largo.(cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.30	28.10	14.05	200.92	8600.00	42.80	38.57
	1.2	14.20	28.00	14.00	198.80	6950.00	34.96	
	1.3	14.45	28.00	14.00	202.30	8000.00	39.55	
	1.4	14.20	28.00	14.00	198.80	7450.00	37.47	
	1.5	14.15	28.05	14.03	198.45	7550.00	38.04	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	14.20	28.20	14.10	200.22	6950.00	34.71	36.77
	2.2	13.95	28.20	14.10	196.70	7600.00	38.64	
	2.3	14.10	28.15	14.08	198.46	7680.00	38.70	
	2.4	14.25	27.95	13.98	199.14	7000.00	35.15	
	2.5	13.90	28.25	14.13	196.34	7200.00	36.67	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.10	28.10	14.05	198.11	7950.00	40.13	37.04
	3.2	14.25	28.10	14.05	200.21	6950.00	34.71	
	3.3	14.10	28.00	14.00	197.40	7600.00	38.50	
	3.4	14.00	28.00	14.00	196.00	7650.00	39.03	
	3.5	14.25	28.15	14.08	200.57	6580.00	32.81	
1: 7: 3	4.1	14.20	28.00	14.00	198.80	6750.00	33.95	34.09
	4.2	13.95	28.30	14.15	197.39	6550.00	33.18	
	4.3	14.25	28.10	14.05	200.21	6800.00	33.96	
	4.4	14.40	27.85	13.93	200.52	6150.00	30.67	
	4.5	14.20	28.05	14.03	199.16	7700.00	38.66	



Tabla 4.16 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho.(cm)	Largo. (cm)	Largo /2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.30	28.15	14.08	201.27	14400.00	71.54	53.47
	1.2	14.55	28.15	14.08	204.79	10400.00	50.78	
	1.3	14.25	28.35	14.18	201.99	10425.00	51.61	
	1.4	14.30	28.20	14.10	201.63	9150.00	45.38	
	1.5	14.25	28.05	14.03	199.86	9600.00	48.03	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	13.95	28.00	14.00	195.30	10050.00	51.46	50.76
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	9950.00	50.77	
	2.3	14.10	28.05	14.03	197.75	10200.00	51.58	
	2.4	14.15	28.45	14.23	201.28	9950.00	49.43	
	2.5	14.05	28.00	14.00	196.70	9950.00	50.58	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.05	28.00	14.00	196.70	10650.00	54.14	48.19
	3.2	14.60	28.00	14.00	204.40	8150.00	39.87	
	3.3	14.00	28.00	14.00	196.00	9000.00	45.92	
	3.4	14.05	27.90	13.95	196.00	9950.00	50.77	
	3.5	14.25	27.80	13.90	198.08	9950.00	50.23	
1: 7: 3	4.1	14.10	28.00	14.00	197.40	12600.00	63.83	55.87
	4.2	14.05	28.00	14.00	196.70	12300.00	62.53	
	4.3	13.95	28.00	14.00	195.30	9100.00	46.59	
	4.4	13.95	28.00	14.00	195.30	9950.00	50.95	
	4.5	14.05	28.10	14.05	197.40	10950.00	55.47	

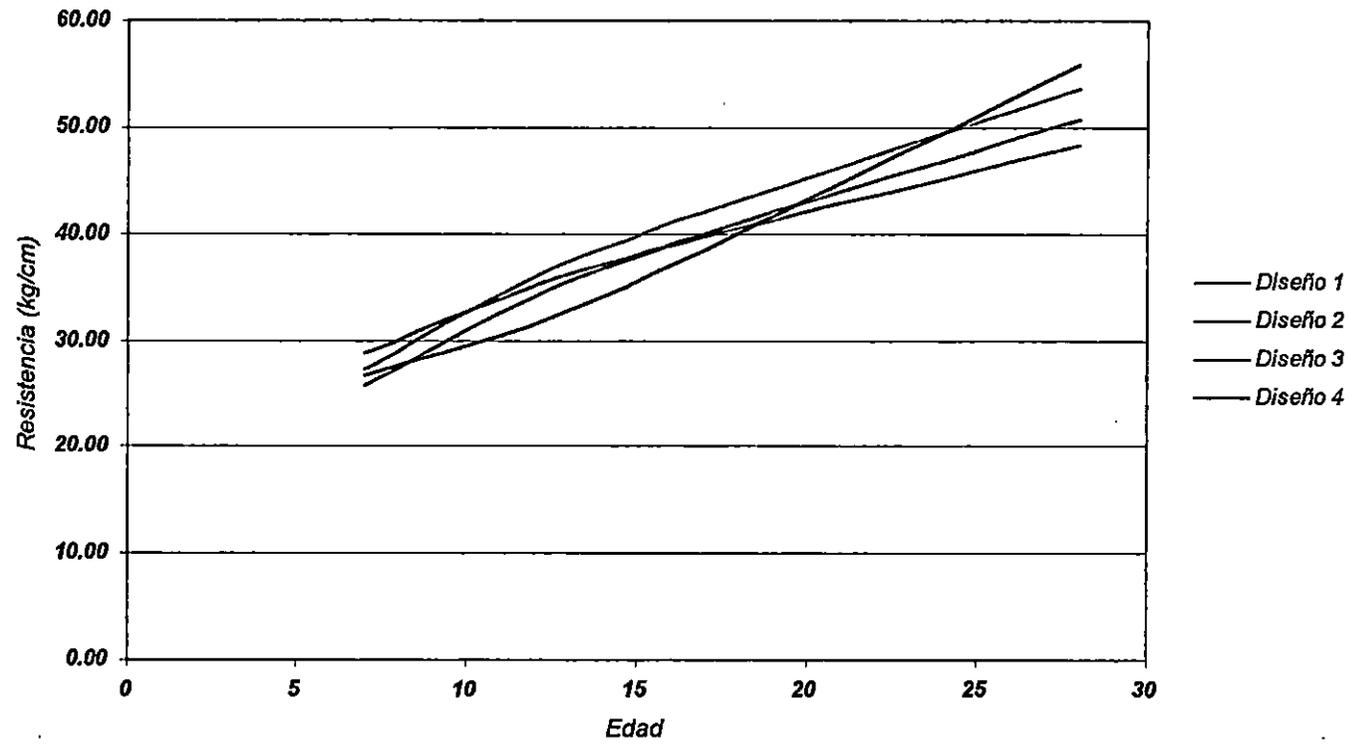


Gráfico 4.2 Esfuerzo de compresión mezcla # 2 (Cessablock, método manual)

MEZCLA # 3



Tabla 4.17 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm)	Promedio esf. (kg/cm)
1: 1½: 7½.	1.1	14.05	28.10	14.05	197.40	2650.00	13.42	13.40
	1.2	14.15	28.10	14.05	198.81	2700.00	13.58	
	1.3	14.00	28.00	14.00	196.00	2550.00	13.01	
	1.4	14.40	28.00	14.00	201.60	2650.00	13.14	
	1.5	14.30	28.30	14.15	202.35	2800.00	13.84	
1: 3: 6½.	2.1	14.00	28.00	14.00	196.00	2950.00	15.05	14.71
	2.2	14.20	28.20	14.10	200.22	2850.00	14.23	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	3100.00	15.82	
	2.4	14.15	28.00	14.00	198.10	2550.00	12.87	
	2.5	14.00	28.00	14.00	196.00	3050.00	15.56	
1: 4: 4	3.1	14.10	28.00	14.00	197.40	2150.00	10.89	12.77
	3.2	14.00	28.10	14.05	196.70	2700.00	13.73	
	3.3	14.00	28.10	14.05	196.70	2750.00	13.98	
	3.4	14.00	28.10	14.05	196.70	2300.00	11.69	
	3.5	14.10	28.20	14.10	198.81	2700.00	13.58	
1: 5: 3	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	3500.00	17.86	17.97
	4.2	14.10	28.00	14.00	197.40	3650.00	18.49	
	4.3	14.00	28.00	14.00	196.00	3100.00	15.82	
	4.4	14.20	28.00	14.00	198.80	4300.00	21.63	
	4.5	14.00	28.00	14.00	196.00	3150.00	16.07	



Tabla 4.18 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo(cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	3180.00	16.22	17.38
	1.2	14.00	28.00	14.00	196.00	3180.00	16.22	
	1.3	14.05	28.00	14.00	196.70	3570.00	18.15	
	1.4	14.10	28.10	14.05	198.11	4600.00	23.22	
	1.5	14.15	28.10	14.05	198.81	2600.00	13.08	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.20	27.95	13.98	198.45	3900.00	19.65	21.06
	2.2	13.95	28.10	14.05	196.00	4150.00	21.17	
	2.3	14.00	28.10	14.05	196.70	4220.00	21.45	
	2.4	14.30	27.90	13.95	199.49	4600.00	23.06	
	2.5	14.10	28.10	14.05	198.11	3950.00	19.94	
1: 4: 4	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	5030.00	25.66	24.85
	3.2	14.00	28.00	14.00	196.00	4980.00	25.41	
	3.3	14.00	28.00	14.00	196.00	5420.00	27.65	
	3.4	13.85	28.10	14.05	194.59	4600.00	23.64	
	3.5	14.35	28.00	14.00	200.90	4400.00	21.90	
1: 5: 3	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	4000.00	20.41	22.84
	4.2	14.00	28.00	14.00	196.00	4300.00	21.94	
	4.3	14.10	28.00	14.00	197.40	4500.00	22.80	
	4.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4900.00	25.00	
	4.5	14.25	28.00	14.00	199.50	4800.00	24.06	



Tabla 4.19 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho.(cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.10	27.80	13.90	195.99	6250.00	31.89	33.15
	1.2	14.25	27.90	13.95	198.79	6600.00	33.20	
	1.3	13.75	28.10	14.05	193.19	6700.00	34.68	
	1.4	14.00	27.85	13.93	194.95	6400.00	32.83	
	1.5	14.05	27.90	13.95	196.00	6500.00	33.16	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.00	27.90	13.95	195.30	8300.00	42.50	41.69
	2.2	14.15	28.00	14.00	198.10	8150.00	41.14	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	7200.00	36.73	
	2.4	14.00	27.80	13.90	194.60	8250.00	42.39	
	2.5	14.05	27.90	13.95	196.00	8950.00	45.66	
1: 4: 4	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	9700.00	49.49	46.94
	3.2	14.00	28.00	14.00	196.00	9775.00	49.87	
	3.3	14.30	27.65	13.83	197.70	8150.00	41.22	
	3.4	14.00	27.90	13.95	195.30	8800.00	45.06	
	3.5	14.10	28.05	14.03	197.75	9700.00	49.05	
1: 5: 3	4.1	13.85	28.05	14.03	194.25	8900.00	45.82	38.53
	4.2	14.20	27.65	13.83	196.32	6850.00	34.89	
	4.3	14.00	27.65	13.83	193.55	6400.00	33.07	
	4.4	14.15	28.10	14.05	198.81	9550.00	48.04	
	4.5	13.90	28.00	14.00	194.60	6000.00	30.83	

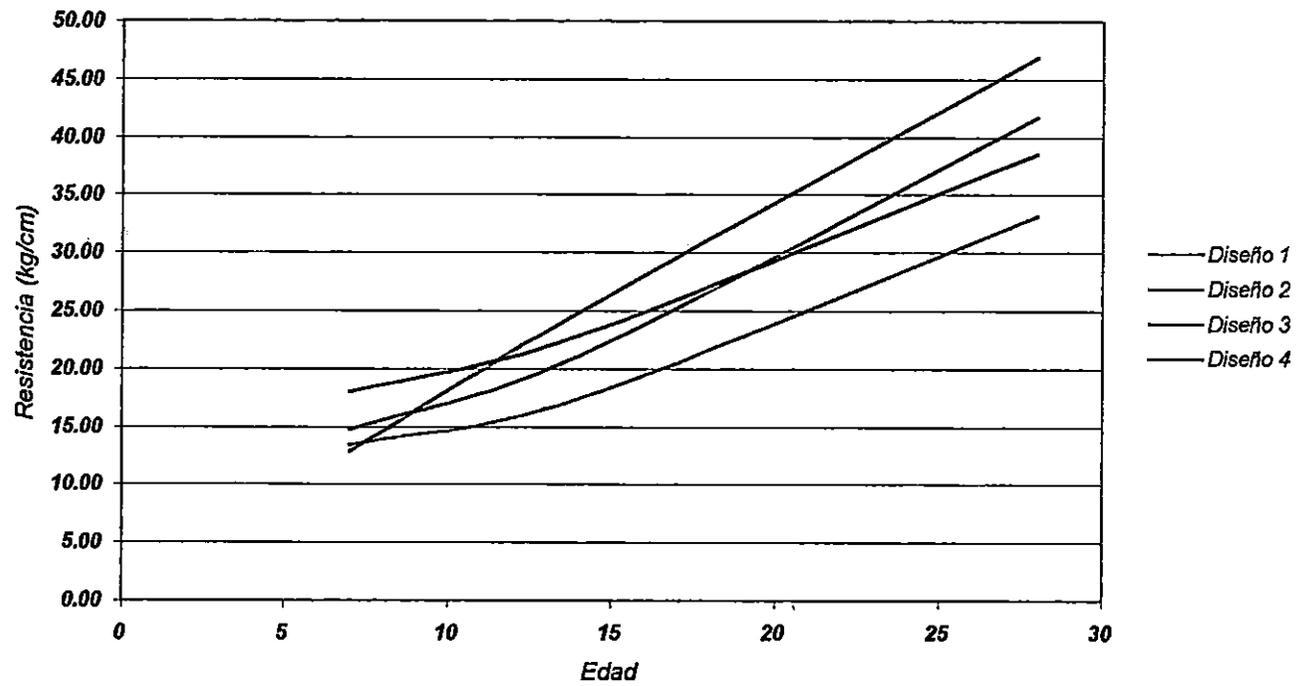


Gráfico 4.3 Esfuerzo de compresión mezcla # 3 (Cessablock, método manual)



CEMENTO CUSCATLAN:

MEZCLA # 1

Tabla 4.20 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho.(cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf.(kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	5250.00	26.79	25.78
	1.2	14.25	28.10	14.05	200.21	4680.00	23.38	
	1.3	14.20	28.00	14.00	198.80	5400.00	27.16	
	1.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4810.00	24.54	
	1.5	14.25	28.00	14.00	199.50	5390.00	27.02	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.00	28.15	14.08	197.05	3750.00	19.03	19.82
	2.2	14.15	28.15	14.08	199.16	4250.00	21.34	
	2.3	14.26	28.10	14.05	200.31	4100.00	20.47	
	2.4	14.00	27.90	13.95	195.30	3950.00	20.23	
	2.5	14.00	28.15	14.08	197.05	3550.00	18.02	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	5290.00	26.99	25.97
	3.2	14.25	28.30	14.15	201.64	5900.00	29.26	
	3.3	14.10	28.00	14.00	197.40	5500.00	27.86	
	3.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4050.00	20.66	
	3.5	14.15	28.00	14.00	198.10	4970.00	25.09	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	3200.00	16.33	16.15
	4.2	14.10	28.00	14.00	197.40	3700.00	18.74	
	4.3	14.00	28.10	14.05	196.70	3200.00	16.27	
	4.4	14.10	28.10	14.05	198.11	3150.00	15.90	
	4.5	14.00	28.00	14.00	196.00	2650.00	13.52	



Tabla 4.21 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.10	28.10	14.05	198.11	10700.00	54.01	49.28
	1.2	14.00	28.10	14.05	196.70	10395.00	52.85	
	1.3	14.00	28.10	14.05	196.70	8800.00	44.74	
	1.4	14.00	28.00	14.00	196.00	9300.00	47.45	
	1.5	14.15	28.10	14.05	198.81	9410.00	47.33	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.10	28.00	14.00	197.40	8250.00	41.79	40.90
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	7700.00	39.29	
	2.3	14.00	28.10	14.05	196.70	8400.00	42.70	
	2.4	14.00	28.00	14.00	196.00	7800.00	39.80	
	2.5	14.30	28.00	14.00	200.20	8190.00	40.91	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.25	27.90	13.95	198.79	9100.00	45.78	47.27
	3.2	14.25	28.10	14.05	200.21	9075.00	45.33	
	3.3	14.15	28.30	14.15	200.22	9800.00	48.95	
	3.4	14.20	27.95	13.98	198.45	9400.00	47.37	
	3.5	14.30	28.00	14.00	200.20	9800.00	48.95	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	14.40	28.10	14.05	202.32	8475.00	41.89	40.30
	4.2	14.40	28.25	14.13	203.40	8700.00	42.77	
	4.3	14.25	28.10	14.05	200.21	8100.00	40.46	
	4.4	14.00	28.10	14.05	196.70	7825.00	39.78	
	4.5	14.10	27.90	13.95	196.70	7200.00	36.60	



Tabla 4.22 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm)	Prom. Esfuerzo (kg/cm)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	10050.00	51.28	51.50
	1.2	13.88	28.00	14.00	194.25	10350.00	53.28	
	1.3	14.00	27.83	13.91	194.78	9800.00	50.31	
	1.4	13.95	27.90	13.95	194.60	10100.00	51.90	
	1.5	14.08	28.00	14.00	197.05	10000.00	50.75	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.10	28.00	14.00	197.40	8050.00	40.78	43.02
	2.2	14.18	27.90	13.95	197.74	8550.00	43.24	
	2.3	13.93	27.83	13.91	193.73	7800.00	40.26	
	2.4	14.00	28.05	14.03	196.35	8000.00	40.74	
	2.5	14.00	27.95	13.98	195.65	9800.00	50.09	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	13.93	27.95	13.98	194.60	9000.00	46.25	48.64
	3.2	14.00	27.93	13.96	195.48	9800.00	50.13	
	3.3	14.00	28.05	14.03	196.35	9000.00	45.84	
	3.4	13.90	28.05	14.03	194.95	9650.00	49.50	
	3.5	13.95	28.00	14.00	195.30	10050.00	51.46	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	13.93	28.08	14.04	195.47	7800.00	39.90	42.96
	4.2	13.98	28.00	14.00	195.65	7500.00	38.33	
	4.3	14.00	28.00	14.00	196.00	8800.00	44.90	
	4.4	14.00	28.13	14.06	196.88	8500.00	43.17	
	4.5	14.00	28.00	14.00	196.00	9500.00	48.47	

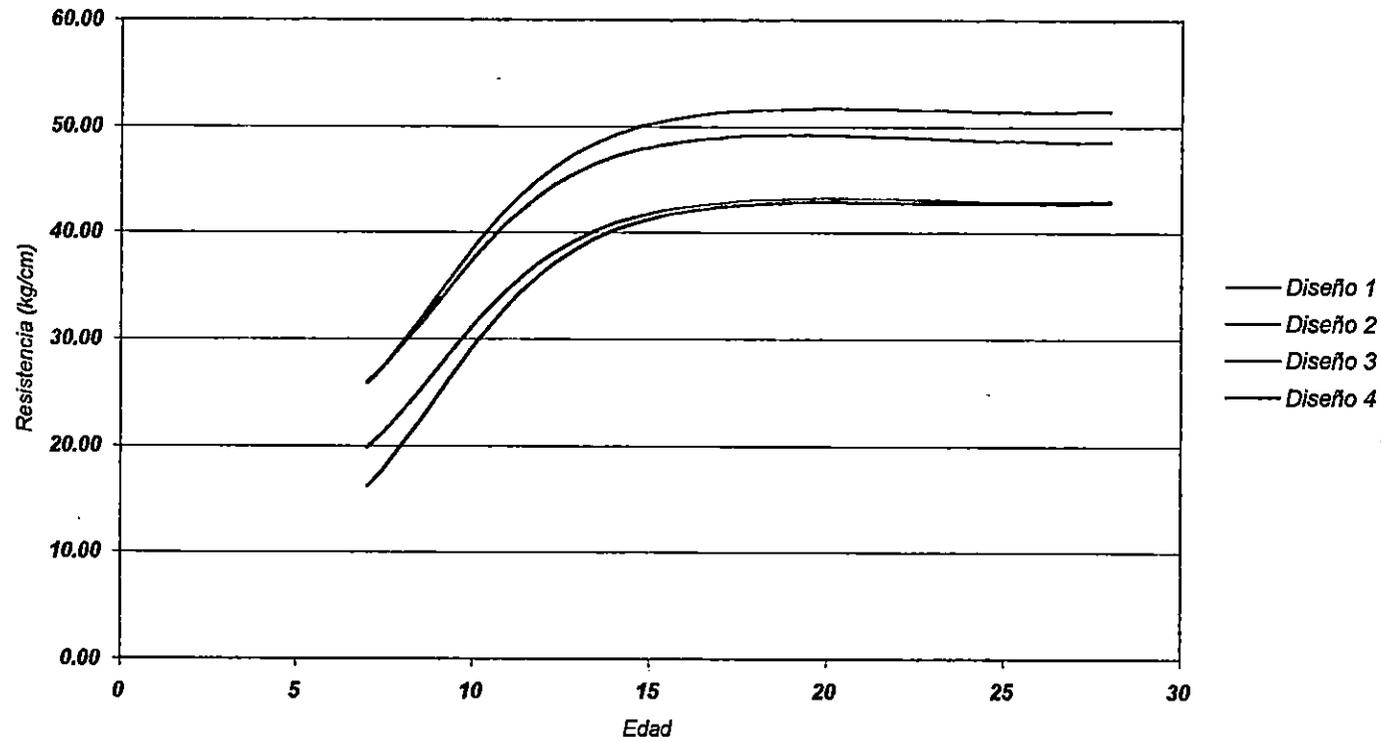


Gráfico 4.4 Esfuerzo de compresión mezcla # 1 (Cuscatlán, método manual)



MEZCLA # 2

Tabla 4.23 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf.(kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.25	27.80	13.90	198.08	4970.00	25.09	22.58
	1.2	14.00	27.80	13.90	194.60	4050.00	20.81	
	1.3	14.00	28.20	14.10	197.40	4400.00	22.29	
	1.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4390.00	22.40	
	1.5	14.00	28.10	14.05	196.70	4390.00	22.32	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	14.20	28.00	14.00	198.80	3000.00	15.09	16.44
	2.2	14.10	27.80	13.90	195.99	3150.00	16.07	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	3500.00	17.86	
	2.4	14.00	28.00	14.00	196.00	2500.00	12.76	
	2.5	14.00	27.95	13.98	195.65	4000.00	20.44	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.00	27.80	13.90	194.60	5290.00	27.18	23.07
	3.2	14.20	27.80	13.90	197.38	4970.00	25.18	
	3.3	14.10	28.05	14.03	197.75	4450.00	22.50	
	3.4	14.00	28.00	14.00	196.00	3300.00	16.84	
	3.5	14.00	27.80	13.90	194.60	4600.00	23.64	
1: 7: 3	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	3000.00	15.31	15.93
	4.2	14.20	28.20	14.10	200.22	3050.00	15.23	
	4.3	14.00	28.00	14.00	196.00	3050.00	15.56	
	4.4	14.20	27.80	13.90	197.38	3600.00	18.24	
	4.5	14.00	28.00	14.00	196.00	3000.00	15.31	



Tabla 4.24 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	6450.00	32.91	31.07
	1.2	14.10	28.00	14.00	197.40	6200.00	31.41	
	1.3	14.10	28.00	14.00	197.40	5654.00	28.64	
	1.4	14.00	28.00	14.00	196.00	5640.00	28.78	
	1.5	14.00	28.00	14.00	196.00	6590.00	33.62	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	14.00	28.10	14.05	196.70	5350.00	27.20	26.56
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	4910.00	25.05	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	4700.00	23.98	
	2.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4700.00	23.98	
	2.5	14.00	28.00	14.00	196.00	6390.00	32.60	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	4910.00	25.05	28.45
	3.2	14.00	28.00	14.00	196.00	5490.00	28.01	
	3.3	14.00	28.00	14.00	196.00	5900.00	30.10	
	3.4	14.00	28.10	14.05	196.70	5400.00	27.45	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	6200.00	31.63	
1: 7: 3	4.1	14.20	28.00	14.00	198.80	4600.00	23.14	20.88
	4.2	14.10	28.00	14.00	197.40	3300.00	16.72	
	4.3	14.00	28.10	14.05	196.70	4180.00	21.25	
	4.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4300.00	21.94	
	4.5	14.00	28.00	14.00	196.00	4190.00	21.38	



Tabla 4.25 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.03	27.95	13.98	196.00	10400.00	53.06	47.68
	1.2	13.85	28.03	14.01	194.07	9100.00	46.89	
	1.3	14.00	28.03	14.01	196.18	8950.00	45.62	
	1.4	13.85	28.00	14.00	193.90	8250.00	42.55	
	1.5	14.03	27.80	13.90	194.95	9800.00	50.27	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	13.98	27.95	13.98	195.30	8200.00	41.99	40.73
	2.2	13.93	27.75	13.88	193.21	7250.00	37.52	
	2.3	14.00	28.00	14.00	196.00	7400.00	37.76	
	2.4	13.95	27.88	13.94	194.43	8400.00	43.20	
	2.5	13.90	28.00	14.00	194.60	8400.00	43.17	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.05	28.00	14.00	196.70	8950.00	45.50	43.22
	3.2	13.95	27.85	13.93	194.25	7600.00	39.12	
	3.3	14.13	27.73	13.86	195.81	8100.00	41.37	
	3.4	13.95	27.98	13.99	195.13	9000.00	46.12	
	3.5	14.00	27.93	13.96	195.48	8600.00	44.00	
1: 7: 3	4.1	14.23	27.98	13.99	198.97	6150.00	30.91	29.45
	4.2	13.88	28.00	14.00	194.25	5350.00	27.54	
	4.3	13.98	27.93	13.96	195.13	5550.00	28.44	
	4.4	14.03	27.93	13.96	195.82	5400.00	27.58	
	4.5	14.00	27.90	13.95	195.30	6400.00	32.77	

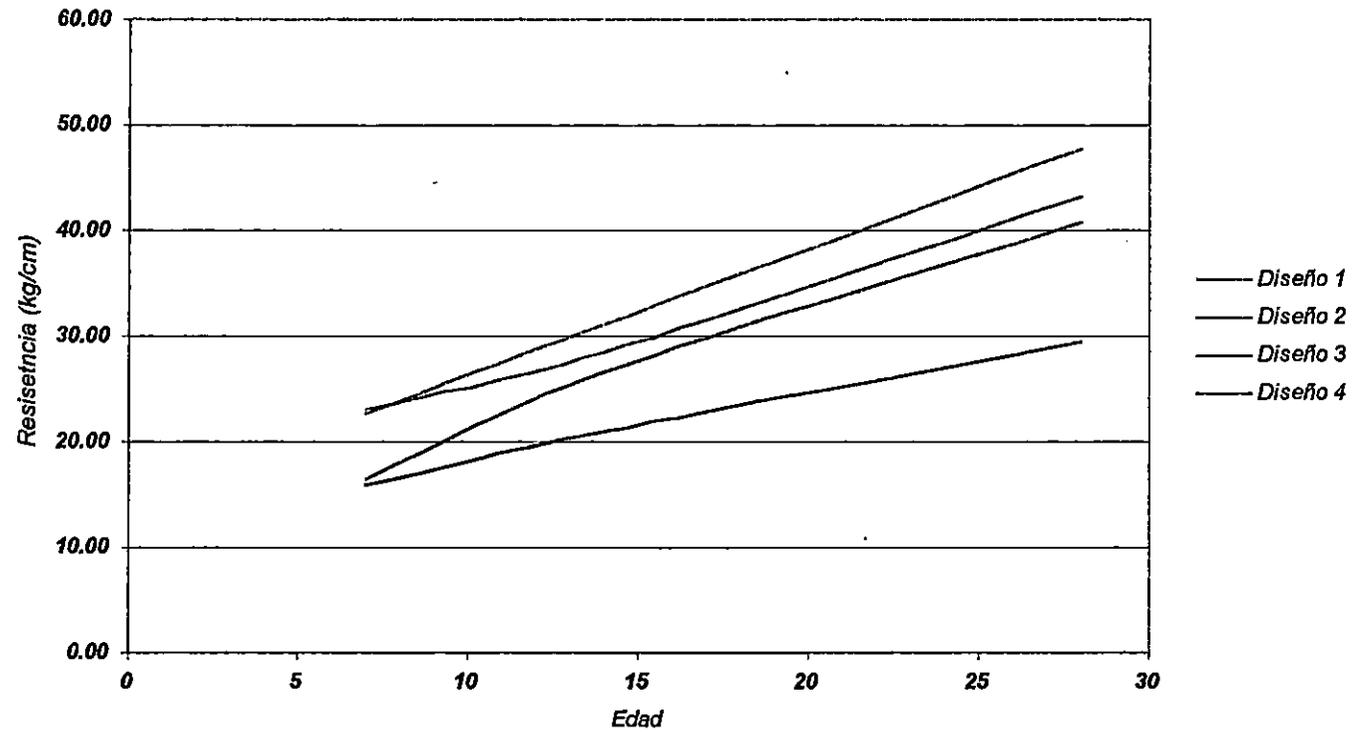


Gráfico 4.5 Esfuerzo de compresión mezcla # 2 (Cuscatlán, método manual)



MEZCLA # 3

Tabla 4.26 Esfuerzo de compresión a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	2000.00	10.20	9.46
	1.2	14.00	28.00	14.00	196.00	2150.00	10.97	
	1.3	14.00	27.80	13.90	194.60	1900.00	9.76	
	1.4	13.90	28.00	14.00	194.60	1600.00	8.22	
	1.5	14.00	28.00	14.00	196.00	1600.00	8.16	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.00	28.05	14.03	196.35	1250.00	6.37	8.11
	2.2	14.40	27.80	13.90	200.16	1500.00	7.49	
	2.3	14.40	27.95	13.98	201.24	1500.00	7.45	
	2.4	13.95	28.00	14.00	195.30	1950.00	9.98	
	2.5	14.00	27.85	13.93	194.95	1800.00	9.23	
1: 4: 4	3.1	14.10	27.95	13.98	197.05	2400.00	12.18	12.28
	3.2	14.00	28.00	14.00	196.00	2600.00	13.27	
	3.3	14.25	27.70	13.85	197.36	2650.00	13.43	
	3.4	14.25	27.90	13.95	198.79	2300.00	11.57	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	2150.00	10.97	
1: 5: 3	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	2700.00	13.78	13.34
	4.2	14.05	28.00	14.00	196.70	3000.00	15.25	
	4.3	14.05	27.70	13.85	194.59	2700.00	13.88	
	4.4	14.10	28.00	14.00	197.40	2500.00	12.66	
	4.5	14.10	28.00	14.00	197.40	2200.00	11.14	



Tabla 4.27 Esfuerzo de compresión a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.00	28.00	14.00	196.00	4190.00	21.38	22.06
	1.2	14.00	28.10	14.05	196.70	5000.00	25.42	
	1.3	14.00	28.00	14.00	196.00	4690.00	23.93	
	1.4	14.00	28.00	14.00	196.00	4400.00	22.45	
	1.5	14.00	28.00	14.00	196.00	3360.00	17.14	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.00	28.00	14.00	196.00	4350.00	22.19	20.81
	2.2	14.00	28.00	14.00	196.00	4190.00	21.38	
	2.3	14.10	28.00	14.00	197.40	4190.00	21.23	
	2.4	14.10	28.00	14.00	197.40	3975.00	20.14	
	2.5	14.20	28.00	14.00	198.80	3800.00	19.11	
1: 4: 4	3.1	14.00	28.00	14.00	196.00	4800.00	24.49	29.51
	3.2	14.10	28.00	14.00	197.40	5700.00	28.88	
	3.3	14.00	28.00	14.00	196.00	5490.00	28.01	
	3.4	14.00	28.00	14.00	196.00	6775.00	34.57	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	6200.00	31.63	
1: 5: 3	4.1	14.00	28.00	14.00	196.00	6200.00	31.63	29.99
	4.2	14.10	28.00	14.00	197.40	6500.00	32.93	
	4.3	14.00	28.00	14.00	196.00	5700.00	29.08	
	4.4	14.20	28.00	14.00	198.80	5700.00	28.67	
	4.5	14.20	28.00	14.00	198.80	5490.00	27.62	



Tabla 4.28 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo. (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.10	28.00	14.00	197.40	4800.00	24.32	26.99
	1.2	14.05	28.00	14.00	196.70	6150.00	31.27	
	1.3	14.00	28.00	14.00	196.00	5375.00	27.42	
	1.4	14.10	28.00	14.00	197.40	4750.00	24.06	
	1.5	14.10	28.00	14.00	197.40	5500.00	27.86	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.15	28.00	14.00	198.10	5000.00	25.24	27.62
	2.2	14.05	28.00	14.00	196.70	5250.00	26.69	
	2.3	13.95	28.00	14.00	195.30	6150.00	31.49	
	2.4	14.05	28.05	14.03	197.05	5500.00	27.91	
	2.5	13.90	27.95	13.98	194.25	5200.00	26.77	
1: 4: 4	3.1	14.13	28.00	14.00	197.75	3950.00	19.97	31.28
	3.2	13.98	28.00	14.00	195.65	7425.00	37.95	
	3.3	14.15	27.95	13.98	197.75	6600.00	33.38	
	3.4	13.90	28.05	14.03	194.95	7025.00	36.04	
	3.5	14.00	28.00	14.00	196.00	5700.00	29.08	
1: 5: 3	4.1	14.10	28.00	14.00	197.40	6600.00	33.43	34.10
	4.2	14.00	28.00	14.00	196.00	7325.00	37.37	
	4.3	14.15	28.05	14.03	198.45	6550.00	33.01	
	4.4	14.10	28.00	14.00	197.40	6550.00	33.18	
	4.5	14.05	27.95	13.98	196.35	6575.00	33.49	

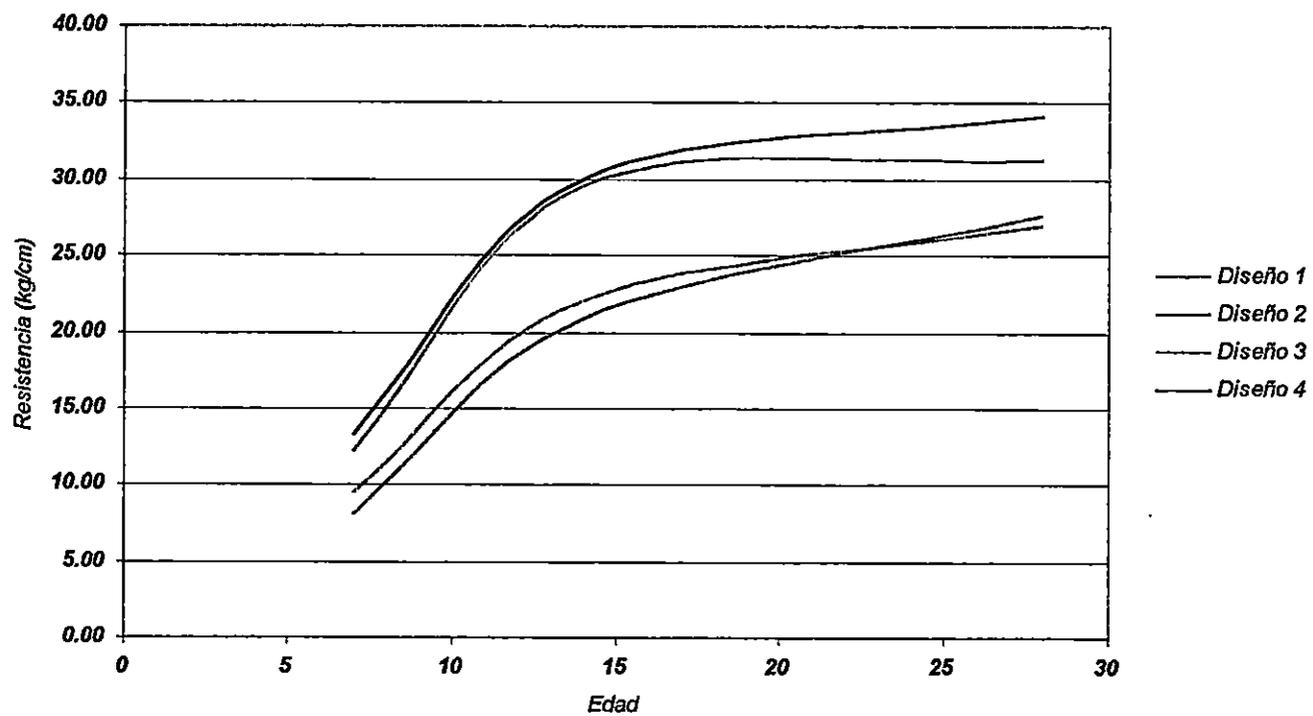


Gráfico 4.6 Esfuerzo de compresión mezcla # 3 (Cuscatlán, método manual)



**MÉTODO MECÁNICO:
CEMENTO CESSABLOCK
MEZCLA # 1**

Tabla 1.29 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	14.15	28.30	14.15	200.22	8650.00	43.20	41.81
	1.2	14.50	28.00	14.00	203.00	8500.00	41.87	
	1.3	14.70	28.00	14.00	205.80	8200.00	39.84	
	1.4	14.70	28.00	14.00	205.80	8350.00	40.57	
	1.5	14.10	28.00	14.00	197.40	8600.00	43.57	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	14.95	28.10	14.05	210.05	8050.00	38.32	36.31
	2.2	14.50	28.05	14.03	203.36	8000.00	39.34	
	2.3	14.50	28.25	14.13	204.81	6850.00	33.45	
	2.4	14.70	28.30	14.15	208.01	7800.00	37.50	
	2.5	14.50	28.05	14.03	203.36	6700.00	32.95	
1: 5: 3: 6	3.1	14.85	28.00	14.00	207.90	5800.00	27.90	30.91
	3.2	14.25	28.00	14.00	199.50	8800.00	44.11	
	3.3	14.55	28.20	14.10	205.16	5650.00	27.54	
	3.4	14.00	28.05	14.03	196.35	5300.00	26.99	
	3.5	14.85	28.15	14.08	209.01	5850.00	27.99	
1: 5: 3: 7	4.1	14.55	28.00	14.00	203.70	5500.00	27.00	24.74
	4.2	14.30	28.00	14.00	200.20	4700.00	23.48	
	4.3	14.50	28.00	14.00	203.00	4600.00	22.66	
	4.4	14.50	28.00	14.00	203.00	5400.00	26.60	
	4.5	14.75	28.00	14.00	206.50	4950.00	23.97	



Tabla 1.30 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	14.40	28.00	14.00	201.60	15000.00	74.40	72.95
	1.2	14.35	28.00	14.00	200.90	14650.00	72.92	
	1.3	14.10	28.00	14.00	197.40	14500.00	73.45	
	1.4	14.45	28.00	14.00	202.30	13900.00	68.71	
	1.5	14.80	28.10	14.05	207.94	15650.00	75.26	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	14.80	28.25	14.13	209.05	13050.00	62.43	67.89
	2.2	14.50	28.10	14.05	203.73	12900.00	63.32	
	2.3	14.60	28.10	14.05	205.13	15000.00	73.12	
	2.4	14.80	28.35	14.18	209.79	13800.00	65.78	
	2.5	14.70	28.10	14.05	206.54	15450.00	74.81	
1: 5: 3: 6	3.1	14.85	28.20	14.10	209.39	11000.00	52.53	53.55
	3.2	14.75	28.05	14.03	206.87	11850.00	57.28	
	3.3	14.65	28.10	14.05	205.83	10350.00	50.28	
	3.4	15.10	28.00	14.00	211.40	10900.00	51.56	
	3.5	14.65	28.00	14.00	205.10	11500.00	56.07	
1: 5: 3: 7	4.1	14.50	28.05	14.03	203.36	9600.00	47.21	49.15
	4.2	14.75	28.20	14.10	207.98	9700.00	46.64	
	4.3	14.00	28.05	14.03	196.35	9400.00	47.87	
	4.4	14.50	28.00	14.00	203.00	11100.00	54.68	
	4.5	14.25	28.00	14.00	199.50	9850.00	49.37	



Tabla 4.31 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	14.83	28.05	14.03	207.92	18900.00	90.90	86.40
	1.2	14.45	28.00	14.00	202.30	18700.00	92.44	
	1.3	14.48	28.05	14.03	203.01	17100.00	84.23	
	1.4	14.10	28.03	14.01	197.58	18200.00	92.12	
	1.5	15.00	28.03	14.01	210.19	15200.00	72.32	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	14.85	28.30	14.15	210.13	15000.00	71.39	79.40
	2.2	14.78	28.35	14.18	209.44	16100.00	76.87	
	2.3	14.90	28.18	14.09	209.90	18100.00	86.23	
	2.4	14.55	28.23	14.11	205.34	15000.00	73.05	
	2.5	14.48	28.03	14.01	202.83	18150.00	89.48	
1: 5: 3: 6	3.1	14.70	28.00	14.00	205.80	13100.00	63.65	59.22
	3.2	14.73	28.00	14.00	206.15	12600.00	61.12	
	3.3	14.75	28.00	14.00	206.50	12900.00	62.47	
	3.4	14.68	28.03	14.01	205.63	11550.00	56.17	
	3.5	14.63	28.03	14.01	204.93	10800.00	52.70	
1: 5: 3: 7	4.1	14.50	28.03	14.01	203.18	11700.00	57.58	55.10
	4.2	14.48	28.00	14.00	202.65	11400.00	56.25	
	4.3	14.45	28.00	14.00	202.30	11050.00	54.62	
	4.4	14.40	28.00	14.00	201.60	11200.00	55.56	
	4.5	14.43	28.00	14.00	201.95	10400.00	51.50	

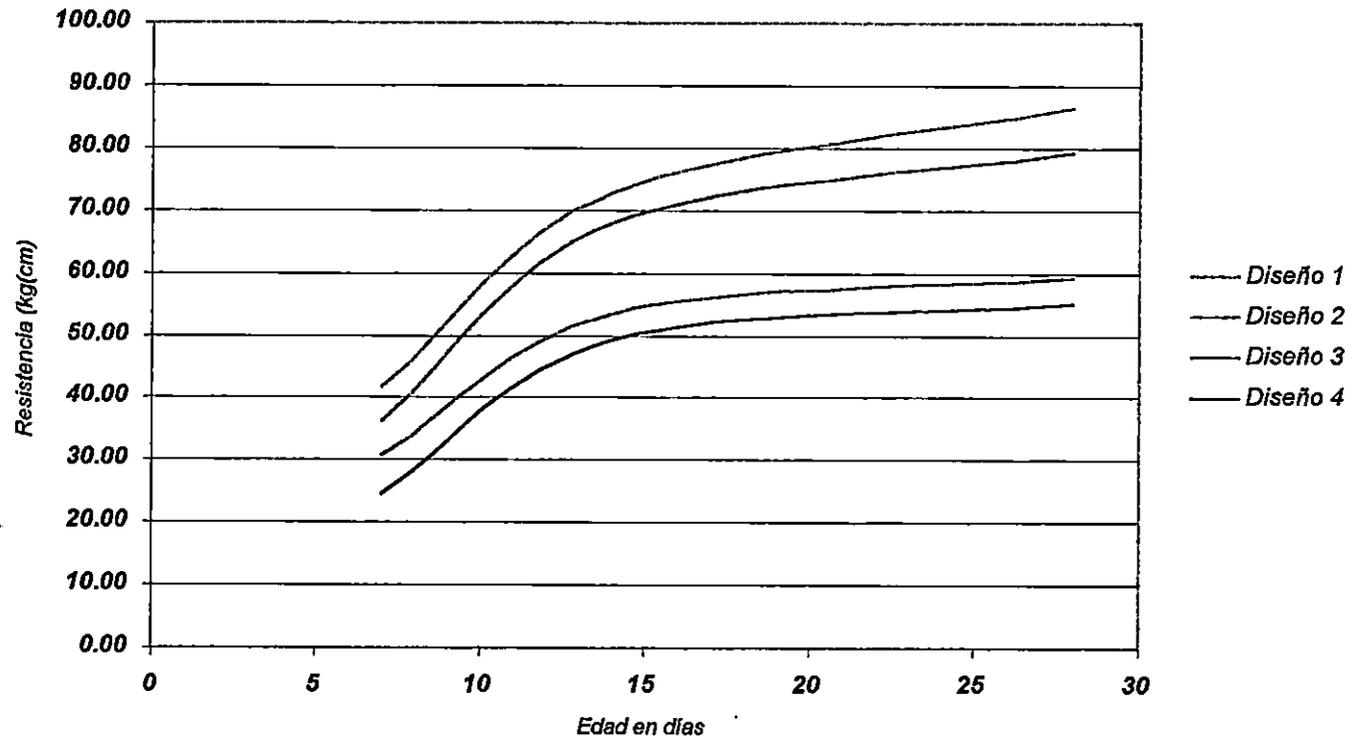


Gráfico 4.7 Esfuerzo de compresión mezcla # 1 (Cessablock, método mecánico)

MEZCLA # 2



Tabla 4.32 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	15.00	28.10	14.05	210.75	7600.00	36.06	34.34
	1.2	14.45	28.00	14.00	202.30	6300.00	31.14	
	1.3	14.50	28.10	14.05	203.73	6800.00	33.38	
	1.4	14.45	28.05	14.03	202.66	7400.00	36.51	
	1.5	14.40	28.10	14.05	202.32	7000.00	34.60	
1: 7 : 3	2.1	14.50	28.00	14.00	203.00	7600.00	37.44	38.62
	2.2	14.60	28.00	14.00	204.40	7700.00	37.67	
	2.3	14.75	28.00	14.00	206.50	8100.00	39.23	
	2.4	14.70	28.00	14.00	205.80	8300.00	40.33	
	2.5	14.50	28.00	14.00	203.00	7800.00	38.42	
1: 8 : 6	3.1	14.70	28.10	14.05	206.54	7100.00	34.38	34.40
	3.2	14.35	28.00	14.00	200.90	6850.00	34.10	
	3.3	14.50	28.20	14.10	204.45	7350.00	35.95	
	3.4	14.40	28.00	14.00	201.60	7100.00	35.22	
	3.5	14.50	28.15	14.08	204.09	6600.00	32.34	
1: 8 : 7	4.1	14.50	28.20	14.10	204.45	4700.00	22.99	26.45
	4.2	14.65	28.20	14.10	206.57	5300.00	25.66	
	4.3	14.65	28.25	14.13	206.93	4800.00	23.20	
	4.4	14.80	28.30	14.15	209.42	6350.00	30.32	
	4.5	14.45	28.30	14.15	204.47	6150.00	30.08	



Tabla 4.33 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.55	28.00	14.00	203.70	12200.00	59.89	62.10
	1.2	14.45	28.00	14.00	202.30	12800.00	63.27	
	1.3	15.00	28.00	14.00	210.00	12700.00	60.48	
	1.4	14.35	28.00	14.00	200.90	12900.00	64.21	
	1.5	15.00	28.10	14.05	210.75	13200.00	62.63	
1: 7 : 3	2.1	14.70	28.15	14.08	206.90	12850.00	62.11	64.69
	2.2	14.50	28.35	14.18	205.54	14400.00	70.06	
	2.3	14.90	28.35	14.18	211.21	13500.00	63.92	
	2.4	14.55	28.20	14.10	205.16	13400.00	65.32	
	2.5	14.90	28.35	14.18	211.21	13100.00	62.02	
1: 8: 6	3.1	14.90	28.15	14.08	209.72	13800.00	65.80	63.75
	3.2	14.75	28.00	14.00	206.50	12800.00	61.99	
	3.3	15.00	28.00	14.00	210.00	13200.00	62.86	
	3.4	14.70	28.15	14.08	206.90	13400.00	64.76	
	3.5	15.00	28.20	14.10	211.50	13400.00	63.36	
1: 8: 7	4.1	14.40	28.00	14.00	201.60	9750.00	48.36	47.15
	4.2	14.20	28.00	14.00	198.80	9500.00	47.79	
	4.3	14.50	28.00	14.00	203.00	10500.00	51.72	
	4.4	14.75	28.00	14.00	206.50	9400.00	45.52	
	4.5	14.50	28.00	14.00	203.00	8600.00	42.36	



Tabla 4.34 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.30	28.08	14.04	200.74	14200.00	70.74	73.35
	1.2	14.88	28.03	14.01	208.44	15300.00	73.40	
	1.3	14.63	28.03	14.01	204.93	15400.00	75.15	
	1.4	14.68	28.03	14.01	205.63	14600.00	71.00	
	1.5	14.55	28.05	14.03	204.06	15600.00	76.45	
1: 7 : 3	2.1	14.50	28.00	14.00	203.00	15200.00	74.88	71.58
	2.2	14.50	28.00	14.00	203.00	13000.00	64.04	
	2.3	14.50	28.00	14.00	203.00	14100.00	69.46	
	2.4	14.50	28.00	14.00	203.00	15700.00	77.34	
	2.5	14.40	28.00	14.00	201.60	14550.00	72.17	
1: 8: 6	3.1	14.48	28.03	14.01	202.83	14800.00	72.97	75.65
	3.2	14.28	28.03	14.01	200.03	15700.00	78.49	
	3.3	14.20	28.05	14.03	199.16	15500.00	77.83	
	3.4	14.50	28.03	14.01	203.18	15050.00	74.07	
	3.5	14.45	28.00	14.00	202.30	15150.00	74.89	
1: 8: 7	4.1	14.10	28.33	14.16	199.69	10500.00	52.58	56.71
	4.2	14.50	28.10	14.05	203.73	12300.00	60.38	
	4.3	14.58	28.25	14.13	205.87	12200.00	59.26	
	4.4	14.53	28.13	14.06	204.26	12050.00	58.99	
	4.5	14.20	28.25	14.13	200.58	10500.00	52.35	

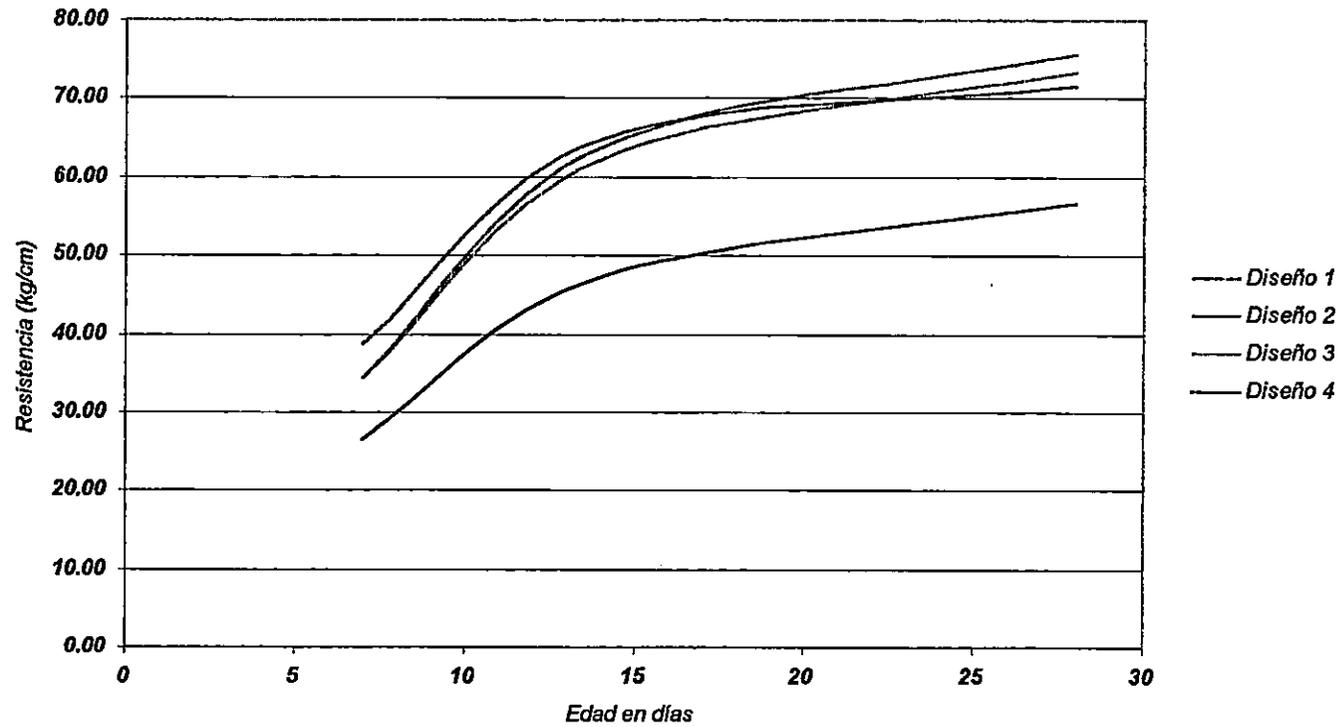


Gráfico 4.8 Esfuerzo de compresión mezcla # 2 (Cessablock, método mecánico)

MEZCLA # 3



Tabla 4.35 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.65	28.10	14.05	205.83	4750.00	23.08	28.50
	1.2	14.50	28.15	14.08	204.09	4600.00	22.54	
	1.3	15.00	28.10	14.05	210.75	6800.00	32.27	
	1.4	14.60	28.05	14.03	204.77	6400.00	31.26	
	1.5	14.50	28.10	14.05	203.73	6800.00	33.38	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.50	28.00	14.00	203.00	5250.00	25.86	27.26
	2.2	14.45	28.10	14.05	203.02	5300.00	26.11	
	2.3	14.45	28.00	14.00	202.30	5900.00	29.16	
	2.4	14.40	28.10	14.05	202.32	5300.00	26.20	
	2.5	14.55	28.00	14.00	203.70	5900.00	28.96	
1: 4: 4	3.1	15.00	28.10	14.05	210.75	8600.00	40.81	40.27
	3.2	14.85	28.05	14.03	208.27	8250.00	39.61	
	3.3	14.90	28.00	14.00	208.60	8250.00	39.55	
	3.4	14.75	28.05	14.03	206.87	8600.00	41.57	
	3.5	14.80	28.00	14.00	207.20	8250.00	39.82	
1: 5: 3	4.1	14.45	28.00	14.00	202.30	6000.00	29.66	27.01
	4.2	14.35	28.00	14.00	200.90	5600.00	27.87	
	4.3	14.80	28.10	14.05	207.94	5150.00	24.77	
	4.4	14.55	28.00	14.00	203.70	5600.00	27.49	
	4.5	14.50	28.10	14.05	203.73	5150.00	25.28	



Tabla 4.36 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.65	28.00	14.00	205.10	8500.00	41.44	49.21
	1.2	14.70	28.00	14.00	205.80	12900.00	62.68	
	1.3	14.50	28.00	14.00	203.00	9050.00	44.58	
	1.4	14.70	28.00	14.00	205.80	10500.00	51.02	
	1.5	14.50	28.00	14.00	203.00	9400.00	46.31	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.55	28.00	14.00	203.70	10800.00	53.02	45.93
	2.2	14.75	28.00	14.00	206.50	8700.00	42.13	
	2.3	14.45	28.00	14.00	202.30	8800.00	43.50	
	2.4	14.75	28.00	14.00	206.50	9600.00	46.49	
	2.5	14.45	28.00	14.00	202.30	9000.00	44.49	
1: 4: 4	3.1	14.30	28.00	14.00	200.20	14000.00	69.93	71.90
	3.2	14.70	28.00	14.00	205.80	14700.00	71.43	
	3.3	14.80	28.00	14.00	207.20	15200.00	73.36	
	3.4	14.70	28.00	14.00	205.80	14700.00	71.43	
	3.5	14.80	28.00	14.00	207.20	15200.00	73.36	
1: 5: 3	4.1	14.25	28.00	14.00	199.50	10800.00	54.14	46.34
	4.2	14.25	28.00	14.00	199.50	10300.00	51.63	
	4.3	14.80	28.00	14.00	207.20	7700.00	37.16	
	4.4	14.25	28.00	14.00	199.50	10300.00	51.63	
	4.5	14.80	28.00	14.00	207.20	7700.00	37.16	



Tabla 4.37 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho. (cm)	Largo (cm)	Largo/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esf. (kg/cm ²)	Promedio esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	14.63	28.13	14.06	205.66	11150.00	54.21	50.61
	1.2	14.60	28.15	14.08	205.50	11400.00	55.48	
	1.3	15.00	28.13	14.06	210.94	9100.00	43.14	
	1.4	14.63	28.15	14.08	205.85	10100.00	49.07	
	1.5	14.60	28.13	14.06	205.31	10500.00	51.14	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.85	28.03	14.01	208.09	10900.00	52.38	51.99
	2.2	14.98	28.05	14.03	210.02	11250.00	53.57	
	2.3	14.95	28.00	14.00	209.30	10400.00	49.69	
	2.4	14.85	28.05	14.03	208.27	10700.00	51.38	
	2.5	14.98	28.00	14.00	209.65	11100.00	52.95	
1: 4: 4	3.1	14.25	28.10	14.05	200.21	16800.00	83.91	78.67
	3.2	14.30	28.10	14.05	200.92	15700.00	78.14	
	3.3	14.53	28.05	14.03	203.71	15350.00	75.35	
	3.4	14.25	28.10	14.05	200.21	15500.00	77.42	
	3.5	14.30	28.05	14.03	200.56	15750.00	78.53	
1: 5: 3	4.1	14.35	28.00	14.00	200.90	11150.00	55.50	54.03
	4.2	14.38	28.00	14.00	201.25	11300.00	56.15	
	4.3	14.18	28.00	14.00	198.45	9850.00	49.63	
	4.4	14.38	28.00	14.00	201.25	10750.00	53.42	
	4.5	14.18	28.00	14.00	198.45	11000.00	55.43	

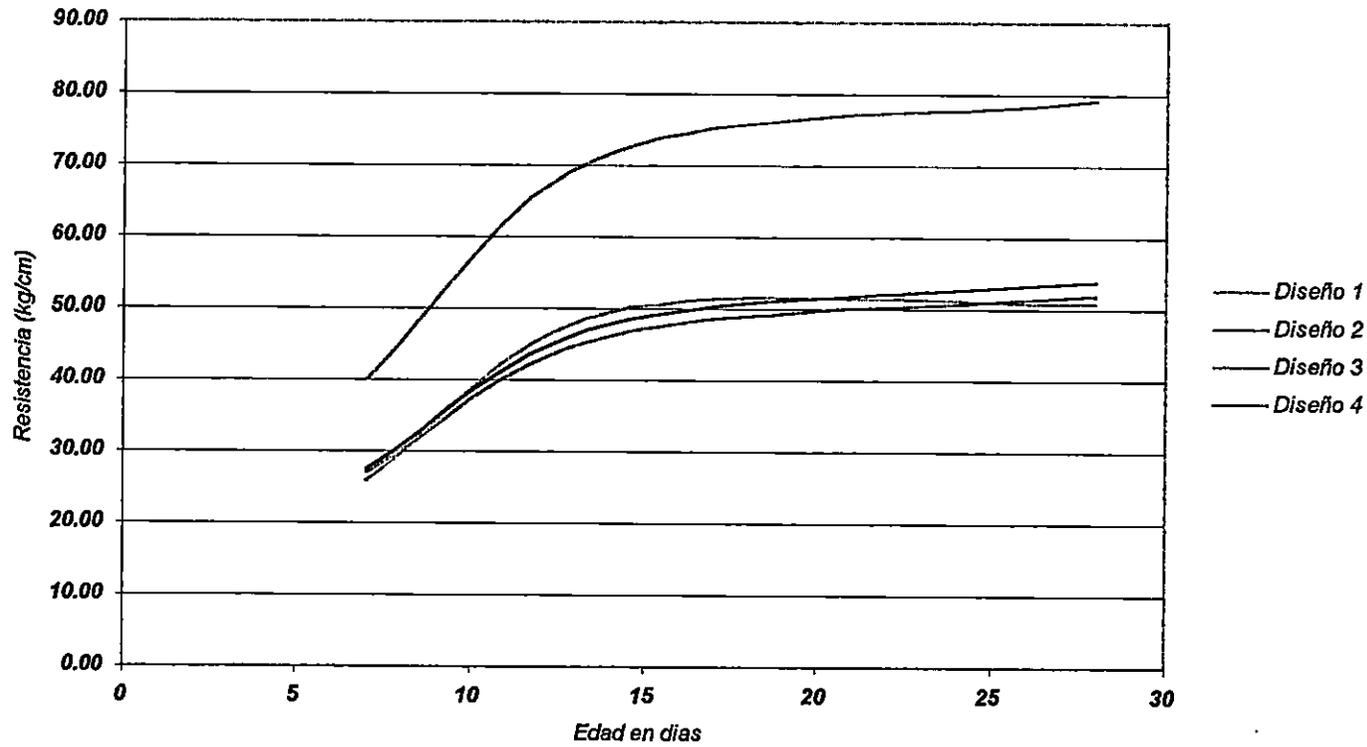


Gráfico 4.9 Esfuerzo de compresión mezcla # 3 (Cessablock, método mecánico)



CEMENTO CUSCATLÁN

MEZCLA # 1

Tabla 4.38 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	14.80	28.05	14.03	207.57	6550.00	31.56	31.22
	1.2	15.00	28.00	14.00	210.00	6800.00	32.38	
	1.3	14.65	28.00	14.00	205.10	6100.00	29.74	
	1.4	14.80	28.00	14.00	207.20	6900.00	33.30	
	1.5	14.90	28.10	14.05	209.35	6100.00	29.14	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	15.00	28.05	14.03	210.38	5850.00	27.81	27.80
	2.2	14.95	28.05	14.03	209.67	5850.00	27.90	
	2.3	14.50	28.10	14.05	203.73	5300.00	26.02	
	2.4	15.00	28.05	14.03	210.38	5850.00	27.81	
	2.5	14.65	28.25	14.13	206.93	6100.00	29.48	
1: 5: 3: 6	3.1	15.00	28.00	14.00	210.00	5500.00	26.19	26.34
	3.2	15.00	28.00	14.00	210.00	5800.00	27.62	
	3.3	14.65	28.10	14.05	205.83	5150.00	25.02	
	3.4	15.00	28.00	14.00	210.00	5900.00	28.10	
	3.5	15.00	28.00	14.00	210.00	5200.00	24.76	
1: 5: 3: 7	4.1	15.00	28.00	14.00	210.00	5550.00	26.43	27.23
	4.2	15.00	28.00	14.00	210.00	5550.00	26.43	
	4.3	14.50	28.00	14.00	203.00	5600.00	27.59	
	4.4	14.75	28.00	14.00	206.50	5700.00	27.60	
	4.5	15.00	28.00	14.00	210.00	5900.00	28.10	



Tabla 4.39 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	15.00	28.10	14.05	210.75	11300.00	53.62	53.40
	1.2	14.45	28.00	14.00	202.30	11300.00	55.86	
	1.3	14.85	28.10	14.05	208.64	10800.00	51.76	
	1.4	14.75	28.20	14.10	207.98	11350.00	54.57	
	1.5	14.85	28.15	14.08	209.01	10700.00	51.19	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	15.00	28.20	14.10	211.50	11100.00	52.48	52.74
	2.2	14.65	28.20	14.10	206.57	10100.00	48.90	
	2.3	14.85	28.25	14.13	209.76	11300.00	53.87	
	2.4	14.60	28.20	14.10	205.86	11400.00	55.38	
	2.5	14.95	28.10	14.05	210.05	11150.00	53.08	
1: 5: 3: 6	3.1	14.55	28.10	14.05	204.43	10600.00	51.85	49.49
	3.2	15.00	28.05	14.03	210.38	10600.00	50.39	
	3.3	14.55	28.00	14.00	203.70	10100.00	49.58	
	3.4	14.65	28.00	14.00	205.10	9600.00	46.81	
	3.5	15.00	28.00	14.00	210.00	10250.00	48.81	
1: 5: 3: 7	4.1	14.95	28.00	14.00	209.30	10100.00	48.26	48.03
	4.2	14.50	28.05	14.03	203.36	9800.00	48.19	
	4.3	15.00	28.00	14.00	210.00	10500.00	50.00	
	4.4	14.80	28.10	14.05	207.94	9800.00	47.13	
	4.5	15.00	28.05	14.03	210.38	9800.00	46.58	



Tabla 4.40 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	15.00	28.00	14.00	210.00	15400.00	73.33	69.13
	1.2	15.00	28.03	14.01	210.19	15050.00	71.60	
	1.3	15.00	28.00	14.00	210.00	14700.00	70.00	
	1.4	15.00	28.05	14.03	210.38	13300.00	63.22	
	1.5	15.00	28.05	14.03	210.38	14200.00	67.50	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	14.58	28.15	14.08	205.14	13500.00	65.81	65.06
	2.2	14.95	28.15	14.08	210.42	13900.00	66.06	
	2.3	14.80	28.08	14.04	207.76	13700.00	65.94	
	2.4	14.48	28.15	14.08	203.74	13000.00	63.81	
	2.5	14.98	28.10	14.05	210.40	13400.00	63.69	
1: 5: 3: 6	3.1	14.83	28.00	14.00	207.55	12800.00	61.67	58.51
	3.2	14.88	28.00	14.00	208.25	11800.00	56.66	
	3.3	14.98	28.00	14.00	209.65	11900.00	56.76	
	3.4	14.85	28.00	14.00	207.90	12500.00	60.13	
	3.5	15.00	28.03	14.01	210.19	12050.00	57.33	
1: 5: 3: 7	4.1	14.98	28.00	14.00	209.65	12000.00	57.24	57.37
	4.2	14.95	28.00	14.00	209.30	12600.00	60.20	
	4.3	14.93	28.05	14.03	209.32	12700.00	60.67	
	4.4	14.65	28.05	14.03	205.47	11150.00	54.27	
	4.5	14.60	28.05	14.03	204.77	11150.00	54.45	

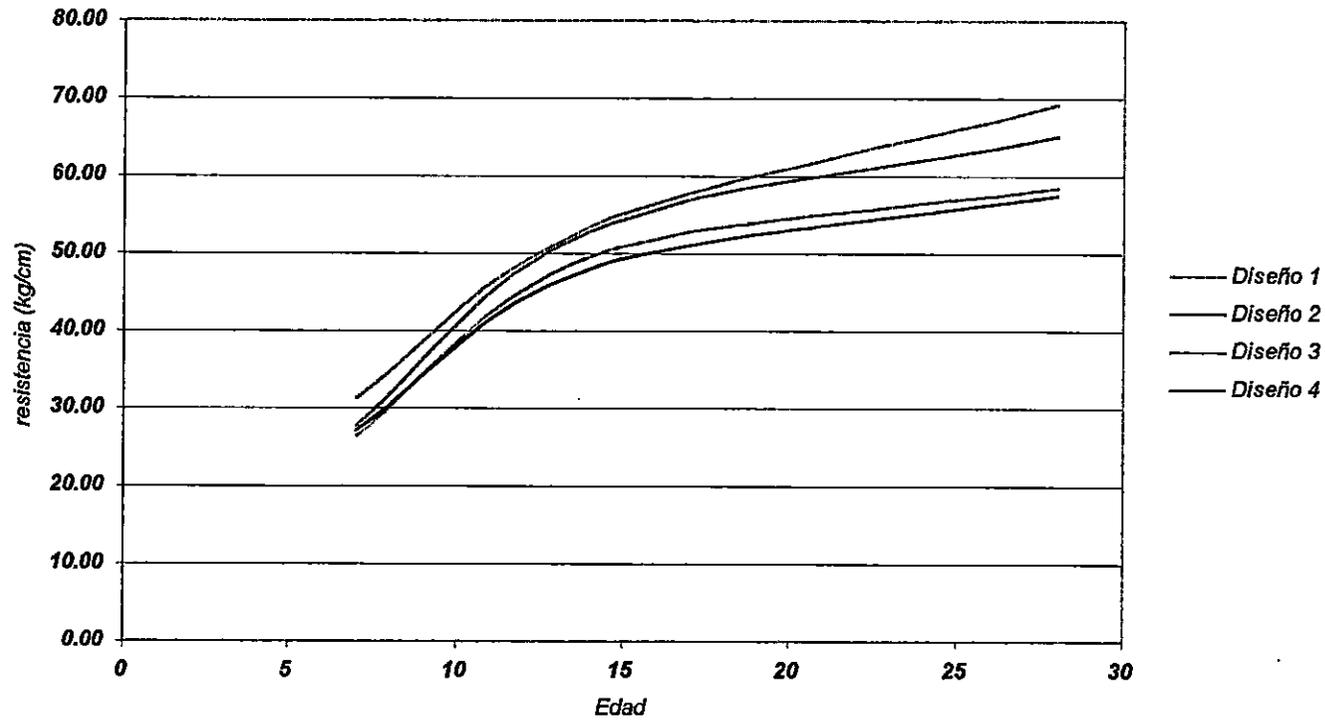


Gráfico 4.10 Esfuerzo de compresión mezcla # 1 (Cuscatlán, método mecánico)

MEZCLA # 2

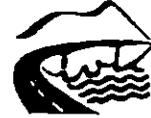


Tabla 4.41 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.50	28.00	14.00	203.00	6400.00	31.53	31.45
	1.2	14.50	27.95	13.98	202.64	6050.00	29.86	
	1.3	15.00	28.00	14.00	210.00	6700.00	31.90	
	1.4	15.00	28.00	14.00	210.00	7050.00	33.57	
	1.5	14.90	28.05	14.03	208.97	6350.00	30.39	
1: 7 : 3	2.1	14.20	28.00	14.00	198.80	7600.00	38.23	35.45
	2.2	15.00	28.00	14.00	210.00	7350.00	35.00	
	2.3	14.95	28.00	14.00	209.30	6850.00	32.73	
	2.4	14.85	28.00	14.00	207.90	7550.00	36.32	
	2.5	14.50	28.00	14.00	203.00	7100.00	34.98	
1: 8 : 6	3.1	14.65	28.00	14.00	205.10	5350.00	26.08	29.52
	3.2	15.00	28.00	14.00	210.00	6200.00	29.52	
	3.3	14.35	28.00	14.00	200.90	6550.00	32.60	
	3.4	14.65	28.00	14.00	205.10	6200.00	30.23	
	3.5	14.45	28.00	14.00	202.30	5900.00	29.16	
1: 8 : 7	4.1	14.20	28.15	14.08	199.87	5150.00	25.77	28.18
	4.2	15.00	28.00	14.00	210.00	6300.00	30.00	
	4.3	15.00	28.10	14.05	210.75	6300.00	29.89	
	4.4	14.90	28.10	14.05	209.35	6300.00	30.09	
	4.5	14.70	28.15	14.08	206.90	5200.00	25.13	



Tabla 4.42 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.55	28.00	14.00	203.70	12250.00	60.14	56.54
	1.2	15.00	28.10	14.05	210.75	12200.00	57.89	
	1.3	15.00	28.15	14.08	211.13	11550.00	54.71	
	1.4	14.70	28.10	14.05	206.54	11550.00	55.92	
	1.5	14.90	28.20	14.10	210.09	11350.00	54.02	
1: 7 : 3	2.1	15.00	28.00	14.00	210.00	13650.00	65.00	61.68
	2.2	14.80	28.00	14.00	207.20	12800.00	61.78	
	2.3	14.80	28.00	14.00	207.20	12800.00	61.78	
	2.4	14.80	28.00	14.00	207.20	12000.00	57.92	
	2.5	14.65	28.00	14.00	205.10	12700.00	61.92	
1: 8: 6	3.1	14.45	28.00	14.00	202.30	11850.00	58.58	57.05
	3.2	15.00	28.00	14.00	210.00	11800.00	56.19	
	3.3	14.90	28.00	14.00	208.60	11450.00	54.89	
	3.4	14.50	28.00	14.00	203.00	12050.00	59.36	
	3.5	14.55	28.00	14.00	203.70	11450.00	56.21	
1: 8: 7	4.1	14.90	28.00	14.00	208.60	9750.00	46.74	49.21
	4.2	14.50	28.00	14.00	203.00	10300.00	50.74	
	4.3	14.80	28.00	14.00	207.20	10700.00	51.64	
	4.4	14.45	28.00	14.00	202.30	9300.00	45.97	
	4.5	15.00	28.00	14.00	210.00	10700.00	50.95	



Tabla 4.43 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.75	28.03	14.01	206.68	14000.00	67.74	67.36
	1.2	14.68	28.03	14.01	205.63	14100.00	68.57	
	1.3	14.43	28.03	14.01	202.13	13000.00	64.31	
	1.4	14.68	28.05	14.03	205.82	14000.00	68.02	
	1.5	14.68	28.00	14.00	205.45	14000.00	68.14	
1: 7 : 3	2.1	14.78	28.00	14.00	206.85	15300.00	73.97	75.00
	2.2	14.80	27.98	13.99	207.02	15250.00	73.67	
	2.3	14.98	28.00	14.00	209.65	15400.00	73.46	
	2.4	14.68	28.00	14.00	205.45	16550.00	80.55	
	2.5	14.65	28.00	14.00	205.10	15050.00	73.38	
1: 8 : 6	3.1	14.55	28.00	14.00	203.70	12400.00	60.87	63.95
	3.2	14.65	28.03	14.01	205.28	12500.00	60.89	
	3.3	15.00	28.00	14.00	210.00	14150.00	67.38	
	3.4	14.65	28.03	14.01	205.28	13650.00	66.49	
	3.5	14.48	28.03	14.01	202.83	13000.00	64.09	
1: 8 : 7	4.1	14.70	28.03	14.01	205.98	10950.00	53.16	56.92
	4.2	14.73	28.08	14.04	206.70	12000.00	58.05	
	4.3	14.60	28.05	14.03	204.77	11000.00	53.72	
	4.4	14.90	28.03	14.01	208.79	12150.00	58.19	
	4.5	14.53	28.00	14.00	203.35	12500.00	61.47	

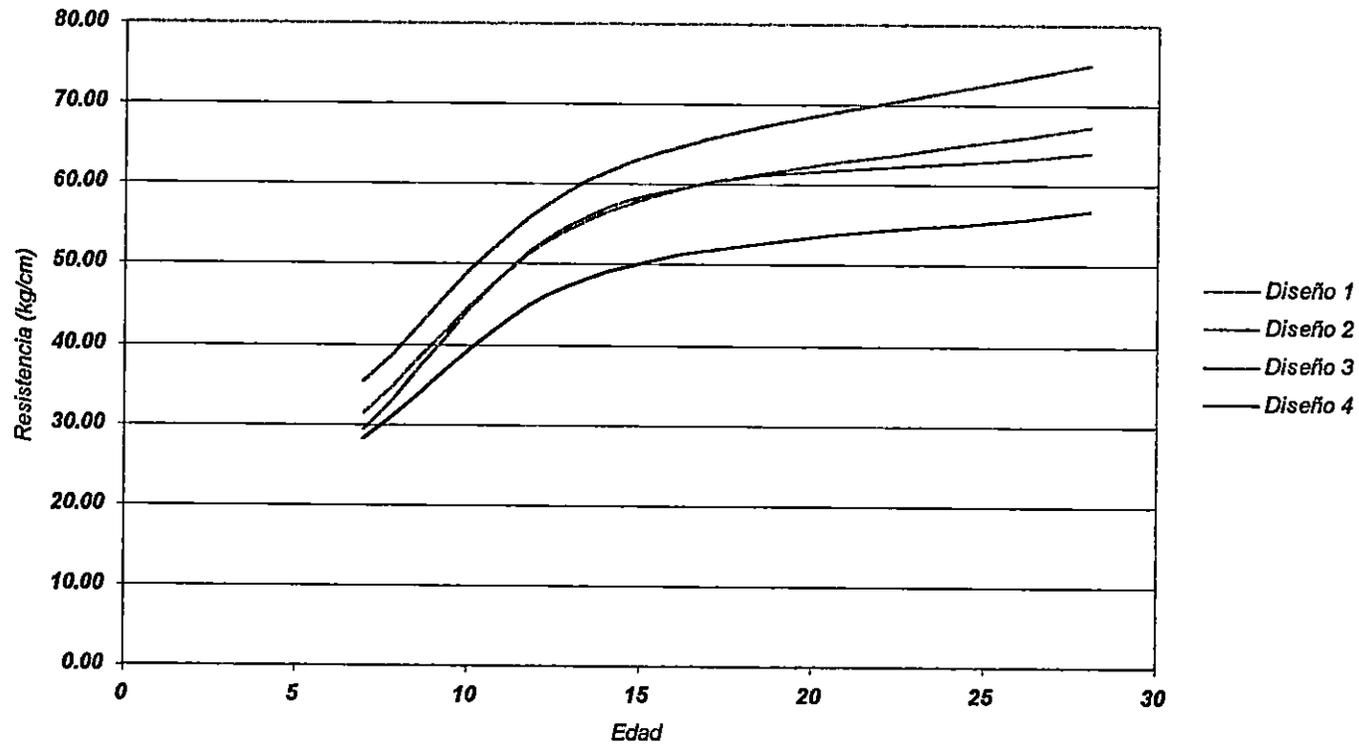


Gráfico 4.11 Esfuerzo de compresión mezcla # 2 (Cuscatlán, método mecánico)

MEZCLA # 3



Tabla 4.44 Esfuerzo de compresión 7 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½	1.1	15.00	28.00	14.00	210.00	5600.00	26.67	25.22
	1.2	15.00	28.00	14.00	210.00	4850.00	23.10	
	1.3	15.00	28.00	14.00	210.00	5800.00	27.62	
	1.4	14.50	28.00	14.00	203.00	5200.00	25.62	
	1.5	15.00	28.00	14.00	210.00	4850.00	23.10	
1: 3: 6 ½	2.1	15.00	28.00	14.00	210.00	4200.00	20.00	20.05
	2.2	15.00	28.00	14.00	210.00	3900.00	18.57	
	2.3	15.00	28.05	14.03	210.38	4450.00	21.15	
	2.4	15.00	28.00	14.00	210.00	4350.00	20.71	
	2.5	14.75	28.05	14.03	206.87	4100.00	19.82	
1: 4: 4	3.1	14.95	28.05	14.03	209.67	6850.00	32.67	32.29
	3.2	14.80	28.05	14.03	207.57	7200.00	34.69	
	3.3	15.00	28.05	14.03	210.38	6800.00	32.32	
	3.4	15.00	28.10	14.05	210.75	6800.00	32.27	
	3.5	14.95	28.10	14.05	210.05	6200.00	29.52	
1: 5: 3	4.1	14.95	28.05	14.03	209.67	6800.00	32.43	33.09
	4.2	14.90	28.00	14.00	208.60	6650.00	31.88	
	4.3	14.90	28.00	14.00	208.60	6500.00	31.16	
	4.4	14.80	28.00	14.00	207.20	6550.00	31.61	
	4.5	14.25	28.00	14.00	199.50	7650.00	38.35	



Tabla 4.45 Esfuerzo de compresión 14 días de edad

Diseño	Muestra	ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½	1.1	15.00	28.00	14.00	210.00	10150.00	48.33	47.61
	1.2	14.55	28.00	14.00	203.70	9800.00	48.11	
	1.3	14.90	28.00	14.00	208.60	9500.00	45.54	
	1.4	14.75	28.00	14.00	206.50	10200.00	49.39	
	1.5	15.00	28.00	14.00	210.00	9800.00	46.67	
1: 3: 6 ½	2.1	15.00	28.00	14.00	210.00	7950.00	37.86	40.12
	2.2	15.00	28.00	14.00	210.00	8350.00	39.76	
	2.3	14.90	28.00	14.00	208.60	8800.00	42.19	
	2.4	15.00	28.00	14.00	210.00	8250.00	39.29	
	2.5	14.80	28.00	14.00	207.20	8600.00	41.51	
1: 4: 4	3.1	14.70	28.00	14.00	205.80	13750.00	66.81	60.49
	3.2	14.80	28.00	14.00	207.20	12500.00	60.33	
	3.3	14.90	28.00	14.00	208.60	11950.00	57.29	
	3.4	14.90	28.00	14.00	208.60	12500.00	59.92	
	3.5	15.00	28.00	14.00	210.00	12200.00	58.10	
1: 5: 3	4.1	15.00	28.00	14.00	210.00	12000.00	57.14	54.59
	4.2	14.90	28.00	14.00	208.60	10000.00	47.94	
	4.3	15.00	28.00	14.00	210.00	11800.00	56.19	
	4.4	14.90	28.00	14.00	208.60	11300.00	54.17	
	4.5	14.90	28.00	14.00	208.60	12000.00	57.53	



Tabla 4.46 Esfuerzo de compresión 28 días de edad

Diseño	Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	(Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esf. (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½	1.1	15.05	28.00	14.00	210.70	9700.00	46.04	56.41
	1.2	14.83	28.00	14.00	207.55	12100.00	58.30	
	1.3	14.80	28.00	14.00	207.20	11250.00	54.30	
	1.4	14.80	28.00	14.00	207.20	12550.00	60.57	
	1.5	14.55	28.00	14.00	203.70	12800.00	62.84	
1: 3: 6 ½	2.1	14.68	28.03	14.01	205.63	10100.00	49.12	49.58
	2.2	14.50	28.03	14.01	203.18	10100.00	49.71	
	2.3	15.00	28.00	14.00	210.00	10350.00	49.29	
	2.4	14.58	28.05	14.03	204.41	10900.00	53.32	
	2.5	14.60	28.00	14.00	204.40	9500.00	46.48	
1: 4: 4	3.1	14.85	28.00	14.00	207.90	14700.00	70.71	71.42
	3.2	14.93	28.00	14.00	208.95	14650.00	70.11	
	3.3	14.85	28.00	14.00	207.90	13600.00	65.42	
	3.4	14.93	28.00	14.00	208.95	15400.00	73.70	
	3.5	15.00	28.00	14.00	210.00	16200.00	77.14	
1: 5: 3	4.1	14.78	28.00	14.00	206.85	13400.00	64.78	65.17
	4.2	14.68	28.00	14.00	205.45	13400.00	65.22	
	4.3	14.68	28.00	14.00	205.45	15100.00	73.50	
	4.4	14.75	28.00	14.00	206.50	13900.00	67.31	
	4.5	14.80	28.00	14.00	207.20	11400.00	55.02	

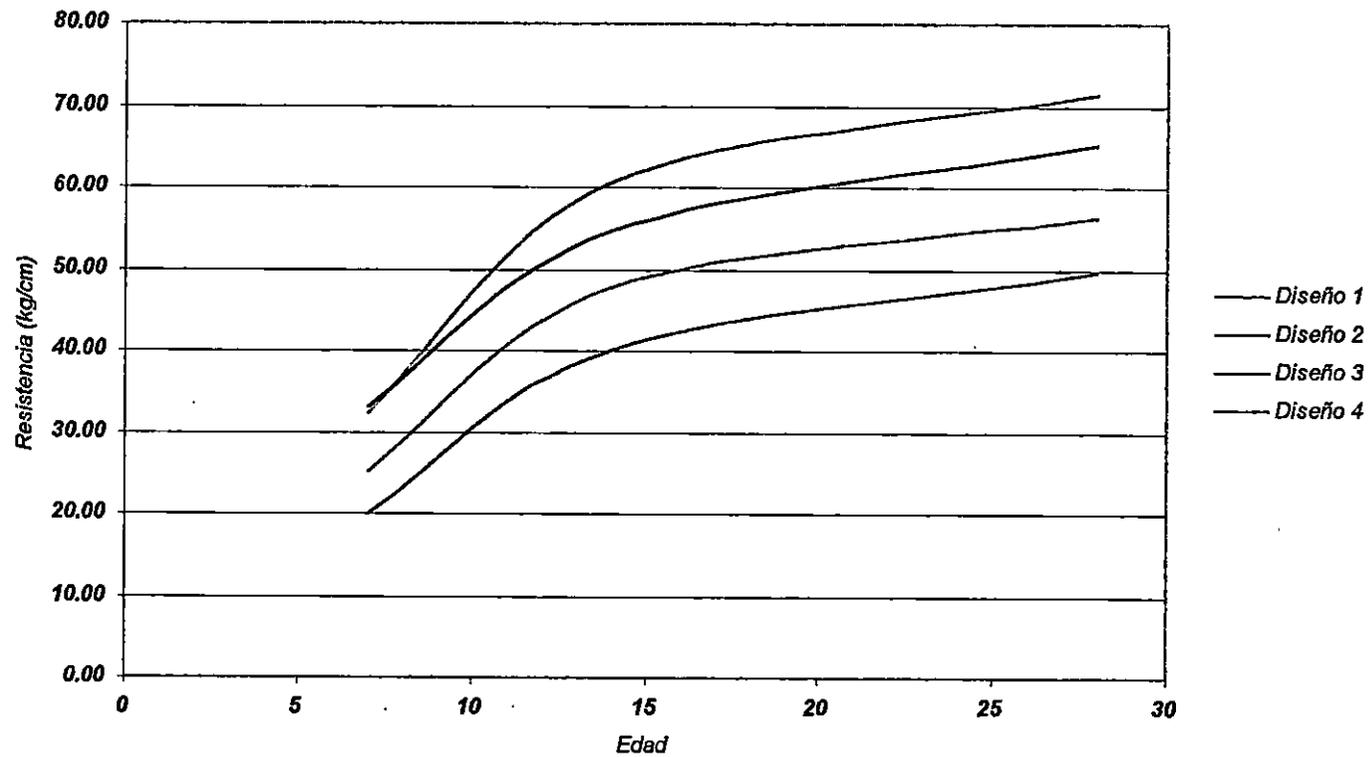


Gráfico 4.12 Esfuerzo de compresión mezcla # 3 (Cuscatlán, método mecánico)

4.3.2 FLEXIÓN (MÓDULO DE RUPTURA):

Esta prueba se realiza apoyando el espécimen por sus extremos y sometiéndolo a una carga transversal; con la prueba de flexión se determina el módulo de ruptura que es un parámetro de la resistencia a la flexión transversal de un material. Esta prueba al igual que en la prueba de compresión, se realizó para las edades de 7, 14 y 28 días tomando unidades secas y enteras para cada diseño de cada mezcla.

Los datos y resultados se representan desde la tabla 4.47 hasta la tabla 4.82, donde: la columna 1, contiene los diseños correspondientes de cada mezcla; en la columna 2, se presentan las unidades ensayadas de cada diseño; en las columnas 3, 5 y 6 se presentan las dimensiones promedio de largo, ancho y alto respectivamente de cada muestra; la columna 4, contiene la distancia entre los apoyos, la cual se obtiene restando el largo del ladrillo 4 centímetros; en la columna 7, se presenta la carga aplicada a cada muestra; en la columna 8 se presentan los módulos de ruptura para cada muestra y finalmente la columna 9 contiene los promedios de los módulos de ruptura de cada diseño.



**MÉTODO MANUAL:
CEMENTO CESSABLOCK:
MEZCLA # 1**

Tabla 4.47 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	28.00	24.00	14.00	8.00	140.00	5.63	8.44
	1.2	27.90	23.90	14.45	7.60	255.00	10.95	
	1.3	27.95	23.95	14.15	7.95	280.00	11.25	
	1.4	28.15	24.15	14.00	7.80	170.00	7.23	
	1.5	27.95	23.95	14.20	7.75	170.00	7.16	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.00	24.00	14.10	7.70	215.00	9.26	8.25
	2.2	27.95	23.95	14.15	7.60	190.00	8.35	
	2.3	27.90	23.90	14.40	7.60	200.00	8.62	
	2.4	28.00	24.00	14.20	7.75	240.00	10.13	
	2.5	28.00	24.00	14.05	7.60	110.00	4.88	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	14.00	7.70	255.00	11.06	9.42
	3.2	28.10	24.10	14.20	7.55	155.00	6.92	
	3.3	28.00	24.00	14.00	7.70	250.00	10.84	
	3.4	28.10	24.10	14.00	7.55	200.00	9.06	
	3.5	28.20	24.20	14.00	7.50	200.00	9.22	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	28.00	24.00	14.40	7.75	170.00	7.08	8.20
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.80	170.00	7.19	
	4.3	28.00	24.00	14.25	7.80	170.00	7.06	
	4.4	28.00	24.00	14.00	7.90	235.00	9.68	
	4.5	28.00	24.00	14.40	7.75	240.00	9.99	



Tabla 4.48 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	28.00	24.00	14.00	7.65	370.00	16.26	16.90
	1.2	28.00	24.00	14.00	7.50	450.00	20.57	
	1.3	28.10	24.10	14.20	7.70	270.00	11.59	
	1.4	28.15	24.15	14.15	7.50	370.00	16.84	
	1.5	28.00	24.00	14.10	7.55	430.00	19.26	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.10	24.10	14.00	7.75	320.00	13.76	12.82
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.80	325.00	13.74	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.55	300.00	13.53	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.50	300.00	13.71	
	2.5	28.10	24.10	14.00	7.80	220.00	9.34	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.10	24.10	14.00	7.85	340.00	14.25	13.05
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.55	340.00	15.34	
	3.3	28.10	24.10	14.10	7.80	340.00	14.33	
	3.4	28.00	24.00	14.00	7.50	250.00	11.43	
	3.5	28.00	24.00	14.00	7.55	220.00	9.92	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	28.00	24.00	14.10	7.65	360.00	15.71	14.39
	4.2	28.00	24.00	14.20	7.50	280.00	12.62	
	4.3	28.00	24.00	14.10	7.55	310.00	13.89	
	4.4	28.10	24.10	14.10	7.70		0.00	
	4.5	28.00	24.00	14.00	7.55	340.00	15.34	



Tabla 4.49 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	28.08	24.08	14.10	7.50	511.11	23.27	25.11
	1.2	28.08	24.08	13.53	7.43	556.54	26.95	
	1.3	27.95	23.95	14.08	7.68	545.18	23.62	
	1.4	28.03	24.03	14.23	7.45	624.69	28.51	
	1.5	27.98	23.98	14.03	7.60	522.47	23.19	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	27.93	23.93	13.98	7.65	681.48	29.90	25.15
	2.2	27.88	23.88	14.10	7.68	584.94	25.22	
	2.3	27.93	23.93	14.03	7.65	539.51	23.59	
	2.4	28.08	24.08	14.13	7.40	511.11	23.86	
	2.5	28.00	24.00	14.05	7.60	522.47	23.18	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	27.95	23.95	14.03	7.65	653.09	28.59	26.20
	3.2	28.00	24.00	13.85	7.50	556.54	25.72	
	3.3	27.88	23.88	14.08	7.68	596.30	25.76	
	3.4	27.88	23.88	14.05	7.45	539.51	24.78	
	3.5	27.85	23.85	14.03	7.25	539.51	26.18	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	28.00	24.00	14.10	7.45	499.75	22.99	22.30
	4.2	27.73	23.73	14.13	7.65	465.68	20.05	
	4.3	27.90	23.90	14.00	7.53	482.72	21.83	
	4.4	28.13	24.13	14.15	7.60	465.68	20.62	
	4.5	28.03	24.03	13.93	7.38	511.11	24.32	



MEZCLA # 2

Tabla 4.50 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	28.20	24.20	14.20	7.45	170.00	7.83	10.41
	1.2	28.25	24.25	14.05	7.35	210.00	10.06	
	1.3	27.90	23.90	14.00	7.35	260.00	12.32	
	1.4	28.10	24.10	14.40	7.20	195.00	9.44	
	1.5	27.85	23.85	14.10	7.30	260.00	12.38	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.15	7.50	215.00	9.72	8.11
	2.2	28.05	24.05	14.00	7.60	160.00	7.14	
	2.3	28.20	24.20	14.25	7.45	195.00	8.95	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.50	160.00	7.31	
	2.5	28.20	24.20	14.00	7.70	170.00	7.43	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	27.80	23.80	14.25	7.55	160.00	7.03	6.79
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.50	170.00	7.77	
	3.3	28.00	24.00	14.00	7.50	125.00	5.71	
	3.4	28.00	24.00	14.00	7.70	160.00	6.94	
	3.5	27.90	23.90	14.00	7.70	150.00	6.48	
1: 7: 3	4.1	28.10	24.10	14.15	7.20	160.00	7.89	9.12
	4.2	28.10	24.10	14.25	7.55	205.00	9.12	
	4.3	28.00	24.00	14.00	7.45	210.00	9.73	
	4.4	28.00	24.00	14.00	7.35	160.00	7.62	
	4.5	28.20	24.20	14.15	7.55	250.00	11.25	



Tabla 4.51 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.15	7.35	340.74	16.05	19.29
	1.2	28.10	24.10	14.15	7.55	454.32	20.36	
	1.3	28.30	24.30	14.40	7.35	442.96	20.76	
	1.4	28.00	24.00	14.15	7.20	442.96	21.74	
	1.5	28.15	24.15	14.20	7.60	397.53	17.56	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	27.95	23.95	14.40	7.50	352.10	15.62	17.10
	2.2	28.00	24.00	14.10	7.70	425.93	18.34	
	2.3	28.25	24.25	14.20	7.75	448.64	19.13	
	2.4	28.05	24.05	14.20	7.60	346.42	15.24	
	2.5	28.15	24.15	14.10	7.60	386.17	17.18	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	13.85	7.60	397.53	17.89	15.90
	3.2	28.05	24.05	14.20	7.80	340.74	14.23	
	3.3	28.15	24.15	14.10	7.40	289.63	13.59	
	3.4	27.90	23.90	14.20	7.50	397.53	17.84	
	3.5	28.00	24.00	14.10	7.45	346.42	15.94	
1: 7: 3.	4.1	28.20	24.20	14.00	7.70	283.95	12.42	14.15
	4.2	28.20	24.20	14.50	7.50	255.56	11.37	
	4.3	28.15	24.15	14.15	7.55	340.74	15.30	
	4.4	28.10	24.10	14.35	7.50	369.14	16.53	
	4.5	28.00	24.00	14.20	7.50	335.06	15.10	



Tabla 4.52 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	28.05	24.05	14.00	7.30	340.74	16.48	17.94
	1.2	28.05	24.05	14.05	7.30	482.72	23.26	
	1.3	28.05	24.05	14.10	7.35	454.32	21.52	
	1.4	27.90	23.90	14.45	7.55	397.53	17.30	
	1.5	28.00	24.00	14.10	7.65	255.56	11.15	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	27.95	23.95	13.95	7.95	454.32	18.51	19.38
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.60	477.04	21.24	
	2.3	28.05	24.05	14.30	7.50	425.93	19.10	
	2.4	28.00	24.00	13.95	7.80	352.10	14.93	
	2.5	28.30	24.30	14.10	7.35	482.72	23.10	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	28.15	24.15	14.10	7.40	352.10	16.52	18.33
	3.2	27.75	23.75	14.25	7.55	431.60	18.93	
	3.3	28.30	24.30	13.95	7.50	386.17	17.94	
	3.4	28.15	24.15	14.00	7.45	369.14	17.21	
	3.5	28.15	24.15	14.35	7.10	420.25	21.04	
1: 7: 3	4.1	28.00	24.00	13.90	7.55	397.53	18.06	16.14
	4.2	27.90	23.90	13.90	7.50	238.52	10.94	
	4.3	27.95	23.95	13.95	7.45	386.17	17.92	
	4.4	28.00	24.00	14.00	7.65	425.93	18.71	
	4.5	28.00	24.00	13.70	7.75	403.21	17.64	



MEZCLA # 3

Tabla 4.53 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.20	24.20	14.15	7.60	85.19	3.78	5.20
	1.2	28.00	24.00	14.15	7.60	136.30	6.00	
	1.3	28.10	24.10	14.25	7.65	130.62	5.66	
	1.4	28.00	24.00	14.20	7.60	136.30	5.98	
	1.5	28.00	24.00	14.25	7.50	102.22	4.59	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.90	130.62	5.38	6.39
	2.2	28.10	24.10	14.00	7.70	136.30	5.94	
	2.3	28.10	24.10	14.00	7.60	130.62	5.84	
	2.4	28.00	24.00	14.50	7.60	141.98	6.10	
	2.5	28.25	24.25	14.00	7.70	198.77	8.71	
1: 4: 4	3.1	28.15	24.15	14.00	7.70	136.30	5.95	6.35
	3.2	28.10	24.10	14.25	7.60	170.37	7.48	
	3.3	28.15	24.15	14.00	7.40	141.98	6.71	
	3.4	28.00	24.00	14.50	7.90	141.98	5.65	
	3.5	28.00	24.00	14.30	7.90	147.65	5.96	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.50	8.00	204.44	7.93	6.39
	4.2	28.00	24.00	14.30	7.90	159.01	6.41	
	4.3	28.00	24.00	14.00	7.60	153.33	6.83	
	4.4	28.00	24.00	14.25	7.60	141.98	6.21	
	4.5	28.25	24.25	13.95	7.85	107.90	4.57	



Tabla 4.54 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.10	7.55	110.00	4.93	4.51
	1.2	28.15	24.15	14.05	7.40	80.00	3.77	
	1.3	28.20	24.20	14.30	7.45	80.00	3.66	
	1.4	28.00	24.00	14.00	7.75	100.00	4.28	
	1.5	28.00	24.00	14.10	7.50	130.00	5.90	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.50	105.00	4.80	5.17
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.70	120.00	5.20	
	2.3	28.00	24.00	14.20	7.45	120.00	5.48	
	2.4	28.10	24.10	13.90	7.70	125.00	5.48	
	2.5	28.00	24.00	14.10	7.60	110.00	4.86	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.00	7.65	100.00	4.39	6.89
	3.2	28.00	24.00	14.10	7.80	150.00	6.29	
	3.3	28.00	24.00	14.10	7.80	170.00	7.13	
	3.4	27.95	23.95	14.35	7.60	250.00	10.84	
	3.5	28.00	24.00	14.15	7.70	135.00	5.79	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.00	7.60	145.00	6.46	6.54
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.65	115.00	5.05	
	4.3	28.00	24.00	14.00	7.50	125.00	5.71	
	4.4	28.00	24.00	14.00	7.70	170.00	7.37	
	4.5	28.00	24.00	14.20	7.70	190.00	8.12	



Tabla 4.55 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	27.80	23.80	14.00	7.40	238.52	11.11	10.88
	1.2	28.00	24.00	14.10	7.45	227.16	10.45	
	1.3	28.00	24.00	13.90	7.45	227.16	10.60	
	1.4	28.00	24.00	14.00	7.40	227.16	10.67	
	1.5	28.10	24.10	14.00	7.30	238.52	11.56	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.60	318.02	14.16	13.32
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.50	312.35	14.28	
	2.3	28.00	24.00	14.05	7.55	283.95	12.76	
	2.4	28.00	24.00	13.90	7.60	283.95	12.73	
	2.5	27.80	23.80	14.20	7.35	272.59	12.69	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.10	7.50	386.17	17.53	15.35
	3.2	27.80	23.80	13.90	7.55	357.78	16.12	
	3.3	27.80	23.80	14.10	7.55	357.78	15.89	
	3.4	27.90	23.90	13.90	7.45	312.35	14.51	
	3.5	27.80	23.80	14.00	7.55	283.95	12.70	
1: 5: 3	4.1	27.80	23.80	14.10	7.50	318.02	14.31	17.08
	4.2	28.00	24.00	13.90	7.65	374.81	16.59	
	4.3	28.00	24.00	14.10	7.70	482.72	20.79	
	4.4	28.10	24.10	13.80	7.70	397.53	17.56	
	4.5	27.80	23.80	14.10	7.20	340.74	16.64	



CEMENTO CUSCATLAN:

MEZCLA # 1

Tabla 4.56 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	28.00	24.00	14.10	7.80	261.23	10.96	9.97
	1.2	28.00	24.00	14.00	7.65	227.16	9.98	
	1.3	27.90	23.90	14.00	7.90	221.48	9.09	
	1.4	28.00	24.00	14.00	7.75	232.84	9.97	
	1.5	28.00	24.00	14.00	7.70	227.16	9.85	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.80	176.05	7.44	7.34
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.90	181.73	7.49	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.70	159.01	6.90	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.70	170.37	7.39	
	2.5	28.00	24.00	14.00	7.90	181.73	7.49	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	14.00	7.70	232.84	10.10	9.95
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.80	221.48	9.36	
	3.3	28.00	24.00	14.10	7.55	244.20	10.94	
	3.4	28.20	24.20	14.00	7.55	227.16	10.33	
	3.5	27.90	23.90	14.25	7.75	215.80	9.04	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	28.10	24.10	14.00	7.50	164.69	7.56	7.35
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.65	164.69	7.24	
	4.3	28.00	24.00	14.00	7.60	170.37	7.58	
	4.4	28.00	24.00	14.10	7.60	153.33	6.78	
	4.5	28.00	24.00	14.00	7.60	170.37	7.58	



Tabla 4.57 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Defor. Del anillo	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	28.00	24.00	14.10	7.50	35.00	198.77	9.02	14.28
	1.2	27.90	23.90	14.10	7.40	64.00	363.46	16.88	
	1.3	28.00	24.00	14.00	7.90	65.00	369.14	15.21	
	1.4	28.00	24.00	14.15	7.80	66.00	374.81	15.67	
	1.5	27.90	23.90	14.00	7.60	58.00	329.38	14.60	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.55	55.00	312.35	14.09	11.50
	2.2	28.00	24.00	14.20	8.00	52.00	295.31	11.70	
	2.3	28.10	24.10	14.20	7.80	48.00	272.59	11.41	
	2.4	28.00	24.00	14.10	7.90	43.00	244.20	9.99	
	2.5	28.00	24.00	14.10	7.50	40.00	227.16	10.31	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	14.00	7.90	60.00	340.74	14.04	15.31
	3.2	28.00	24.00	14.10	7.70	45.00	255.56	11.00	
	3.3	28.10	24.10	14.00	7.25	63.00	357.78	17.58	
	3.4	28.10	24.10	14.00	7.80	60.00	340.74	14.46	
	3.5	28.00	24.00	14.00	7.50	75.00	425.93	19.47	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	28.00	24.00	14.05	7.80	40.00	227.16	9.57	10.81
	4.2	28.00	24.00	14.25	7.75	45.00	255.56	10.75	
	4.3	28.20	24.20	14.30	7.80	50.00	283.95	11.85	
	4.4	28.10	24.10	14.25	7.70	50.00	283.95	12.15	
	4.5	28.10	24.10	14.25	7.70	40.00	227.16	9.72	



Tabla 4.58 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	27.88	23.88	14.00	7.50	397.53	18.08	19.04
	1.2	28.05	24.05	13.93	7.68	488.39	21.48	
	1.3	28.00	24.00	13.93	7.29	340.74	16.56	
	1.4	28.03	24.03	14.05	7.58	425.93	19.04	
	1.5	28.05	24.05	13.98	7.65	454.32	20.04	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.03	24.03	14.03	7.47	295.31	13.61	15.47
	2.2	27.83	23.83	13.98	7.50	335.06	15.23	
	2.3	27.90	23.90	14.00	7.40	329.38	15.40	
	2.4	28.00	24.00	13.98	7.63	442.96	19.63	
	2.5	28.03	24.03	14.05	7.35	283.95	13.48	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	14.05	7.63	482.72	21.27	17.35
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.65	420.25	18.47	
	3.3	28.00	24.00	14.13	7.65	352.10	15.33	
	3.4	27.95	23.95	14.08	7.65	397.53	17.34	
	3.5	27.85	23.85	13.95	7.48	312.35	14.34	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	27.93	23.93	13.95	7.63	278.27	12.31	11.58
	4.2	27.95	23.95	14.00	7.53	232.84	10.55	
	4.3	28.00	24.00	14.00	7.55	283.95	12.81	
	4.4	27.93	23.93	14.00	7.23	227.16	11.16	
	4.5	27.93	23.93	14.00	7.53	244.20	11.05	

MEZCLA # 2



Tabla 4.59 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	27.90	23.90	14.20	7.50	190.00	8.53	6.92
	1.2	27.90	23.90	14.00	7.50	100.00	4.55	
	1.3	27.90	23.90	14.00	7.30	140.00	6.73	
	1.4	27.90	23.90	14.00	7.50	150.00	6.83	
	1.5	28.00	24.00	14.00	7.40	170.00	7.98	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.50	155.00	7.09	6.73
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.40	160.00	7.51	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.50	135.00	6.17	
	2.4	28.00	24.00	13.90	7.65	165.00	7.30	
	2.5	28.00	24.00	14.00	7.45	120.00	5.56	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	28.00	24.00	14.00	7.70	115.00	4.99	6.13
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.50	100.00	4.57	
	3.3	28.05	24.05	14.00	7.75	150.00	6.44	
	3.4	27.90	23.90	14.00	7.65	170.00	7.44	
	3.5	28.10	24.10	13.90	7.60	160.00	7.20	
1: 7: 3	4.1	28.00	24.00	14.00	7.40	110.00	5.17	4.22
	4.2	28.00	24.00	13.80	7.60	60.00	2.71	
	4.3	27.90	23.90	14.00	7.30	115.00	5.53	
	4.4	27.90	23.90	14.00	7.45	60.00	2.77	
	4.5	28.00	24.00	14.00	7.40	105.00	4.93	



Tabla 4.60 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.10	7.50	230.00	10.44	8.87
	1.2	28.10	24.10	14.00	7.55	180.00	8.15	
	1.3	28.00	24.00	14.00	7.60	225.00	10.02	
	1.4	28.00	24.00	14.00	7.50	200.00	9.14	
	1.5	28.00	24.00	14.00	7.90	160.00	6.59	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.20	7.50	120.00	5.41	8.21
	2.2	28.10	24.10	14.10	8.00	250.00	10.01	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.70	280.00	12.14	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.60	160.00	7.12	
	2.5	28.00	24.00	14.10	7.75	150.00	6.38	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	28.10	24.10	14.00	7.50	170.00	7.80	7.55
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.50	170.00	7.77	
	3.3	28.00	24.00	14.10	7.60	150.00	6.63	
	3.4	28.00	24.00	14.00	7.80	125.00	5.28	
	3.5	28.00	24.00	14.00	7.50	225.00	10.29	
1: 7: 3	4.1	28.00	24.00	14.00	7.55	110.00	4.96	3.35
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.40	75.00	3.52	
	4.3	28.00	24.00	14.20	7.50	65.00	2.93	
	4.4	28.20	24.20	14.25	7.50	70.00	3.17	
	4.5	28.00	24.00	14.20	7.65	50.00	2.17	



Tabla 4.61 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 2: 7 ½.	1.1	28.08	24.08	14.05	7.58	414.57	18.57	19.81
	1.2	27.98	23.98	13.85	7.58	465.68	21.07	
	1.3	27.98	23.98	14.00	7.58	431.60	19.32	
	1.4	28.00	24.00	14.00	7.85	511.11	21.33	
	1.5	28.00	24.00	14.03	7.38	397.53	18.76	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	28.03	24.03	13.98	7.60	397.53	17.75	18.28
	2.2	27.80	23.80	14.10	7.58	397.53	17.54	
	2.3	27.98	23.98	14.00	7.60	397.53	17.68	
	2.4	27.95	23.95	14.05	7.45	408.89	18.84	
	2.5	27.98	23.98	14.00	7.63	442.96	19.57	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	27.95	23.95	14.00	7.73	425.93	18.31	19.39
	3.2	27.98	23.98	13.88	7.60	482.72	21.66	
	3.3	27.95	23.95	14.03	7.43	397.53	18.47	
	3.4	28.00	24.00	13.93	7.55	431.60	19.57	
	3.5	28.00	24.00	14.03	7.55	420.25	18.92	
1: 7: 3	4.1	28.00	24.00	13.98	7.10	170.37	8.71	9.96
	4.2	27.88	23.88	14.03	7.48	255.56	11.68	
	4.3	28.00	24.00	13.95	7.65	227.16	10.02	
	4.4	28.00	24.00	14.15	7.73	227.16	9.68	
	4.5	28.00	24.00	14.13	7.73	227.16	9.70	



MEZCLA # 3:

Tabla 4.62 Módulo de ruptura a los 7 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alta (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.20	7.70	124.94	5.34	3.94
	1.2	28.00	24.00	13.95	7.50	96.54	4.43	
	1.3	28.00	24.00	14.05	7.55	73.83	3.32	
	1.4	28.10	24.10	14.00	7.60	73.83	3.30	
	1.5	28.00	24.00	14.00	7.60	73.83	3.29	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.35	90.86	4.33	4.05
	2.2	28.10	24.10	14.00	7.10	90.86	4.65	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.65	90.86	3.99	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.50	79.51	3.63	
	2.5	28.00	24.00	14.00	7.75	85.19	3.65	
1: 4: 4	3.1	27.80	23.80	14.11	7.55	136.30	6.05	5.53
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.60	119.26	5.31	
	3.3	28.00	24.00	14.00	7.25	102.22	5.00	
	3.4	27.95	23.95	14.25	7.70	119.26	5.07	
	3.5	28.00	24.00	13.90	7.20	124.94	6.24	
1: 5: 3	4.1	28.10	24.10	14.00	7.50	136.30	6.26	6.68
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.45	141.98	6.58	
	4.3	28.00	24.00	14.10	7.40	153.33	7.15	
	4.4	28.00	24.00	14.20	7.50	153.33	6.91	
	4.5	27.90	23.90	14.05	7.45	141.98	6.53	



Tabla 4.63 Módulo de ruptura a los 14 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alta (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.00	7.80	141.98	6.00	6.01
	1.2	28.00	24.00	14.00	7.65	147.65	6.49	
	1.3	28.00	24.00	14.00	7.70	141.98	6.16	
	1.4	28.00	24.00	14.10	7.75	136.30	5.79	
	1.5	27.90	23.90	14.00	7.55	124.94	5.61	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.00	7.65	124.94	5.49	5.70
	2.2	28.00	24.00	14.00	7.90	136.30	5.62	
	2.3	28.00	24.00	14.00	7.90	124.94	5.15	
	2.4	28.00	24.00	14.00	7.60	147.65	6.57	
	2.5	28.00	24.00	14.00	7.70	130.62	5.66	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.00	7.75	210.12	9.00	7.07
	3.2	28.00	24.00	14.00	7.60	193.09	8.60	
	3.3	28.00	24.00	14.00	7.55	124.94	5.64	
	3.4	28.00	24.00	14.00	7.55	141.98	6.40	
	3.5	28.00	24.00	14.00	7.50	124.94	5.71	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.00	7.90	198.77	8.19	6.38
	4.2	28.00	24.00	14.00	7.25	136.30	6.67	
	4.3	28.00	24.00	13.90	7.45	136.30	6.36	
	4.4	28.00	24.00	14.00	7.55	124.94	5.64	
	4.5	28.00	24.00	14.00	7.60	113.58	5.06	



Tabla 4.64 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.00	7.75	170.37	7.29	8.01
	1.2	27.95	23.95	14.00	7.53	198.77	9.01	
	1.3	27.65	23.65	13.93	7.63	170.37	7.47	
	1.4	27.90	23.90	14.10	7.70	170.37	7.31	
	1.5	27.88	23.88	14.00	7.53	198.77	8.98	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	13.83	7.43	141.98	6.71	6.51
	2.2	27.75	23.75	14.05	7.75	159.01	6.71	
	2.3	27.98	23.98	14.00	7.68	141.98	6.19	
	2.4	27.68	23.68	13.90	7.45	141.98	6.54	
	2.5	27.83	23.83	14.00	7.53	141.98	6.40	
1: 4: 4	3.1	27.80	23.80	14.05	7.68	244.20	10.53	11.67
	3.2	27.98	23.98	14.10	7.53	261.23	11.77	
	3.3	27.78	23.78	13.83	7.70	261.23	11.37	
	3.4	27.70	23.70	13.98	7.78	329.38	13.86	
	3.5	27.98	23.98	13.90	7.55	238.52	10.83	
1: 5: 3	4.1	27.83	23.83	13.93	7.23	227.16	11.17	9.19
	4.2	27.95	23.95	14.00	7.63	215.80	9.52	
	4.3	27.85	23.85	13.75	7.50	198.77	9.19	
	4.4	28.05	24.05	14.13	7.63	130.62	5.74	
	4.5	27.68	23.68	14.08	7.90	255.56	10.33	



**MÉTODO MECÁNICO
CEMENTO CESSABLOCK
MEZCLA # 1**

Tabla 4.65 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.00	24.00	14.55	7.00	244.20	12.33	12.14
	1.2	28.10	24.10	14.90	7.00	198.77	9.84	
	1.3	28.00	24.00	14.50	7.00	283.95	14.39	
	1.4	28.00	24.00	14.85	7.00	238.52	11.80	
	1.5	27.95	23.95	14.50	7.00	244.20	12.35	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.25	24.25	14.50	7.10	193.09	9.61	10.66
	2.2	28.00	24.00	14.50	7.00	204.44	10.36	
	2.3	28.00	24.00	14.50	7.00	215.80	10.93	
	2.4	28.05	24.05	14.80	7.00	249.88	12.43	
	2.5	28.05	24.05	14.90	6.95	198.77	9.96	
1: 5: 3: 6	3.1	28.10	24.10	14.85	7.00	113.58	5.64	6.74
	3.2	28.00	24.00	14.70	7.00	102.22	5.11	
	3.3	28.00	24.00	14.55	7.00	215.80	10.90	
	3.4	28.05	24.05	14.85	7.00	130.62	6.48	
	3.5	28.00	24.00	14.90	7.00	113.58	5.60	
1: 5: 3: 7	4.1	28.00	24.00	14.25	7.00	73.83	3.81	4.19
	4.2	28.00	24.00	14.50	7.00	79.51	4.03	
	4.3	28.00	24.00	14.55	7.05	85.19	4.24	
	4.4	28.00	24.00	14.50	7.00	90.86	4.60	
	4.5	28.00	24.00	14.65	7.00	85.19	4.27	



Tabla 4.66 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.00	24.00	14.55	7.00	283.95	14.34	15.91
	1.2	28.00	24.00	14.45	7.00	335.06	17.04	
	1.3	28.00	24.00	15.00	7.00	306.67	15.02	
	1.4	28.00	24.00	14.35	7.10	300.99	14.98	
	1.5	28.10	24.10	15.00	7.00	369.14	18.16	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.15	24.15	14.70	7.00	329.38	16.57	15.65
	2.2	28.35	24.35	14.50	7.10	283.95	14.19	
	2.3	28.35	24.35	14.90	7.10	340.74	16.57	
	2.4	28.20	24.20	14.55	7.00	283.95	14.46	
	2.5	28.35	24.35	14.90	7.00	329.38	16.48	
1: 5: 3: 6	3.1	28.15	24.15	14.90	7.05	136.30	6.67	7.84
	3.2	28.00	24.00	14.75	7.00	170.37	8.49	
	3.3	28.00	24.00	15.00	7.00	164.69	8.07	
	3.4	28.15	24.15	14.70	7.20	159.01	7.56	
	3.5	28.20	24.20	15.00	7.00	170.37	8.41	
1: 5: 3: 7	4.1	28.00	24.00	14.40	7.10	141.98	7.04	6.17
	4.2	28.00	24.00	14.20	7.00	130.62	6.76	
	4.3	28.00	24.00	14.50	7.00	113.58	5.75	
	4.4	28.00	24.00	14.75	7.05	141.98	6.97	
	4.5	28.00	24.00	14.50	7.00	85.19	4.32	



Tabla 4.67 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	27.98	23.98	14.28	6.95	465.68	24.29	22.05
	1.2	28.08	24.08	14.98	7.00	420.25	20.68	
	1.3	28.05	24.05	14.93	7.05	437.28	21.27	
	1.4	28.00	24.00	14.40	6.98	437.28	22.47	
	1.5	27.90	23.90	14.48	7.00	425.93	21.53	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.28	24.28	14.75	7.05	556.54	27.64	26.76
	2.2	28.25	24.25	14.50	7.00	590.62	30.24	
	2.3	28.18	24.18	14.78	7.10	567.90	27.65	
	2.4	28.13	24.13	14.83	7.15	499.75	23.86	
	2.5	28.05	24.05	14.85	7.05	499.75	24.43	
1: 5: 3: 6	3.1	28.03	24.03	14.73	6.95	215.80	10.93	11.93
	3.2	28.03	24.03	14.63	6.98	249.88	12.66	
	3.3	28.05	24.05	14.93	7.00	198.77	9.80	
	3.4	28.00	24.00	14.83	7.00	227.16	11.26	
	3.5	28.10	24.10	15.08	7.00	306.67	15.01	
1: 5: 3: 7	4.1	28.05	24.05	14.35	7.05	198.77	10.05	11.14
	4.2	28.00	24.00	14.45	6.98	227.16	11.63	
	4.3	28.00	24.00	14.43	6.95	147.65	7.63	
	4.4	28.00	24.00	14.45	6.95	335.06	17.28	
	4.5	28.05	24.05	14.70	7.00	181.73	9.10	



MEZCLA # 2

Tabla 4.68 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Prom. módulo de rupt. (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	27.95	23.95	14.00	7.00	159.01	8.33	8.64
	1.2	28.10	24.10	15.00	7.10	193.09	9.23	
	1.3	28.00	24.00	14.50	6.95	193.09	9.92	
	1.4	28.00	24.00	14.40	7.00	164.69	8.40	
	1.5	28.00	24.00	14.25	7.00	141.98	7.32	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.45	7.05	193.09	9.68	10.74
	2.2	28.00	24.00	14.60	7.00	187.41	9.43	
	2.3	28.00	24.00	14.45	7.05	210.12	10.53	
	2.4	28.00	24.00	14.60	7.05	227.16	11.27	
	2.5	28.00	24.00	14.50	7.05	255.56	12.77	
1: 8: 6	3.1	28.10	24.10	14.40	7.00	176.05	9.02	9.53
	3.2	28.00	24.00	14.60	7.15	181.73	8.77	
	3.3	28.15	24.15	14.85	7.05	187.41	9.20	
	3.4	28.20	24.20	14.65	7.05	193.09	9.63	
	3.5	28.00	24.00	14.50	7.05	221.48	11.06	
1: 8: 7	4.1	28.45	24.45	14.60	7.00	136.30	6.99	6.90
	4.2	28.35	24.35	14.55	7.10	153.33	7.64	
	4.3	28.45	24.45	14.70	7.20	136.30	6.56	
	4.4	28.35	24.35	14.65	7.05	136.30	6.84	
	4.5	28.45	24.45	14.70	7.10	130.62	6.46	

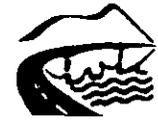


Tabla 4.69 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Distancia entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg)	Promedio Módulo de rupt. (kg)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	28.00	24.00	14.40	7.00	261.23	13.33	11.52
	1.2	28.00	24.00	14.40	7.00	227.16	11.59	
	1.3	28.20	24.20	14.70	7.00	238.52	12.02	
	1.4	28.00	24.00	14.20	6.95	181.73	9.54	
	1.5	28.05	24.05	14.65	7.00	221.48	11.13	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.65	6.95	249.88	12.71	11.57
	2.2	28.00	24.00	14.40	7.00	204.44	10.43	
	2.3	28.00	24.00	14.45	6.95	215.80	11.13	
	2.4	28.00	24.00	14.55	7.00	210.12	10.61	
	2.5	28.00	24.00	14.50	7.00	255.56	12.95	
1: 8: 6	3.1	28.25	24.25	14.70	7.05	272.59	13.57	13.51
	3.2	28.05	24.05	14.40	7.00	272.59	13.94	
	3.3	28.15	24.15	14.15	7.15	278.27	13.94	
	3.4	28.00	24.00	14.50	7.00	255.56	12.95	
	3.5	28.00	24.00	14.25	7.00	255.56	13.18	
1: 8: 7	4.1	28.25	24.25	14.55	7.10	193.09	9.58	9.48
	4.2	28.25	24.25	14.55	7.05	181.73	9.14	
	4.3	28.30	24.30	14.55	7.10	210.12	10.44	
	4.4	28.25	24.25	14.55	7.05	198.77	10.00	
	4.5	28.30	24.30	14.45	7.10	164.69	8.24	



Tabla 4.70 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Distancia entre Apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de Ruptura (kg)	Promedio Módulo (kg)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	28.10	24.10	14.75	7.00	420.25	21.02	20.97
	1.2	28.05	24.05	14.68	7.08	397.53	19.52	
	1.3	28.00	24.00	14.73	7.03	397.53	19.69	
	1.4	28.00	24.00	14.75	7.00	442.96	22.06	
	1.5	28.00	24.00	14.80	7.00	454.32	22.55	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.45	6.98	363.46	18.61	20.78
	2.2	28.00	24.00	14.55	7.00	408.89	20.65	
	2.3	28.00	24.00	14.55	7.00	448.64	22.65	
	2.4	28.00	24.00	14.50	7.00	465.68	23.60	
	2.5	28.00	24.00	14.50	7.00	363.46	18.42	
1: 8 : 6	3.1	28.05	24.05	14.95	7.00	437.28	21.53	20.73
	3.2	28.05	24.05	14.35	7.00	397.53	20.40	
	3.3	28.03	24.03	14.83	7.10	454.32	21.91	
	3.4	28.00	24.00	14.55	7.10	442.96	21.74	
	3.5	28.00	24.00	14.55	7.00	357.78	18.07	
1: 8 : 7	4.1	28.15	24.15	14.50	7.18	397.53	19.29	15.52
	4.2	28.08	24.08	14.53	7.10	300.99	14.84	
	4.3	28.10	24.10	14.53	7.00	249.88	12.69	
	4.4	28.15	24.15	14.53	7.00	266.91	13.59	
	4.5	28.08	24.08	14.60	7.00	340.74	17.20	



MEZCLA # 3

Tabla 4.71 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.15	24.15	14.50	7.15	119.26	5.83	7.35
	1.2	28.10	24.10	15.00	7.15	193.09	9.10	
	1.3	28.10	24.10	14.50	7.05	113.58	5.70	
	1.4	28.00	24.00	14.60	7.00	141.98	7.14	
	1.5	28.10	24.10	14.70	7.05	181.73	8.99	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.50	7.00	153.33	7.77	7.25
	2.2	28.00	24.00	14.95	7.10	147.65	7.05	
	2.3	28.00	24.00	14.80	7.10	136.30	6.58	
	2.4	28.10	24.10	14.80	7.15	159.01	7.60	
	2.5	28.00	24.00	14.70	7.05	147.65	7.28	
1: 4: 4	3.1	28.20	24.20	15.00	7.10	261.23	12.54	12.04
	3.2	28.00	24.00	15.10	7.20	249.88	11.49	
	3.3	28.20	24.20	15.00	7.10	255.56	12.27	
	3.4	28.00	24.00	14.80	7.20	249.88	11.72	
	3.5	28.10	24.10	14.90	7.30	266.91	12.15	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.65	7.10	227.16	11.07	11.01
	4.2	28.00	24.00	14.45	7.05	227.16	11.39	
	4.3	28.00	24.00	14.70	7.00	181.73	9.08	
	4.4	28.10	24.10	14.55	7.00	232.84	11.81	
	4.5	28.20	24.20	14.65	7.10	238.52	11.72	



Tabla 4.72 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.45	7.00	141.98	7.22	9.46
	1.2	28.00	24.00	14.45	7.00	170.37	8.66	
	1.3	28.00	24.00	14.70	7.00	249.88	12.49	
	1.4	28.10	24.10	14.65	7.10	227.16	11.12	
	1.5	28.00	24.00	14.60	7.00	215.80	10.86	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.35	7.00	198.77	10.18	10.50
	2.2	28.00	24.00	14.70	7.00	198.77	9.93	
	2.3	28.00	24.00	14.65	7.00	227.16	11.39	
	2.4	28.20	24.20	14.45	7.00	215.80	11.06	
	2.5	28.00	24.00	14.40	7.00	221.48	11.30	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.65	7.00	386.17	19.37	18.79
	3.2	28.00	24.00	14.90	7.20	363.46	16.94	
	3.3	28.00	24.00	14.55	7.00	397.53	20.07	
	3.4	28.10	24.10	14.55	7.10	403.21	19.87	
	3.5	28.10	24.10	14.65	7.00	380.49	19.16	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.10	7.05	227.16	11.67	14.04
	4.2	28.00	24.00	14.45	7.00	283.95	14.44	
	4.3	28.00	24.00	14.60	7.00	318.02	16.00	
	4.4	28.00	24.00	14.50	7.05	266.91	13.33	
	4.5	28.10	24.10	14.55	7.00	295.31	14.97	



Tabla 4.73 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.18	24.18	14.98	7.18	283.95	13.36	14.24
	1.2	28.05	24.05	15.00	7.15	312.35	14.69	
	1.3	28.00	24.00	14.85	7.10	295.31	14.20	
	1.4	28.10	24.10	14.75	7.15	283.95	13.61	
	1.5	28.05	24.05	15.00	7.00	312.35	15.33	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.03	24.03	14.88	7.10	266.91	12.83	12.53
	2.2	28.05	24.05	14.93	7.13	255.56	12.17	
	2.3	28.03	24.03	14.80	7.20	255.56	12.00	
	2.4	28.05	24.05	14.85	7.10	272.59	13.14	
	2.5	28.10	24.10	14.90	7.20	266.91	12.49	
1: 4: 4	3.1	28.03	24.03	14.63	7.20	465.68	22.13	21.67
	3.2	28.05	24.05	14.38	7.08	414.57	20.78	
	3.3	28.05	24.05	14.55	7.05	425.93	21.25	
	3.4	28.00	24.00	14.65	7.15	442.96	21.29	
	3.5	28.00	24.00	14.45	7.03	454.32	22.90	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.45	7.10	329.38	16.28	16.56
	4.2	28.00	24.00	14.23	7.00	346.42	17.89	
	4.3	28.00	24.00	14.25	7.00	272.59	14.05	
	4.4	28.10	24.10	14.23	7.01	340.74	17.62	
	4.5	28.00	24.00	14.25	7.00	329.38	16.98	

CEMENTO CUSCATLÁN:



MEZCLA # 1

Tabla 4.74 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (CM)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.00	24.00	14.90	7.00	130.62	6.44	7.12
	1.2	28.00	24.00	14.50	7.10	141.98	6.99	
	1.3	28.00	24.00	14.75	7.00	141.98	7.07	
	1.4	28.00	24.00	15.00	7.00	170.37	8.34	
	1.5	28.00	24.00	14.85	7.15	141.98	6.73	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.15	24.15	14.85	7.00	113.58	5.65	5.89
	2.2	28.00	24.00	14.95	7.20	130.62	6.07	
	2.3	28.10	24.10	15.00	7.00	113.58	5.59	
	2.4	28.10	24.10	15.00	7.10	136.30	6.52	
	2.5	28.05	24.05	14.90	7.00	113.58	5.61	
1: 5: 3: 6	3.1	28.00	24.00	14.85	7.00	102.22	5.06	6.15
	3.2	28.00	24.00	15.00	7.00	181.73	8.90	
	3.3	28.00	24.00	15.00	7.10	136.30	6.49	
	3.4	28.00	24.00	14.55	7.00	90.86	4.59	
	3.5	28.00	24.00	14.60	7.00	113.58	5.72	
1: 5: 3: 7	4.1	28.15	24.15	14.85	6.95	159.01	8.03	6.06
	4.2	28.00	24.00	14.45	7.00	113.58	5.77	
	4.3	28.00	24.00	14.50	7.00	113.58	5.75	
	4.4	28.00	24.00	14.90	7.00	113.58	5.60	
	4.5	28.00	24.00	14.65	7.00	102.22	5.13	



Tabla 4.75 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.05	24.05	14.90	7.10	193.09	9.27	11.22
	1.2	28.10	24.10	14.85	7.00	232.84	11.57	
	1.3	28.00	24.00	14.90	7.00	238.52	11.76	
	1.4	28.00	24.00	14.65	7.05	261.23	12.92	
	1.5	28.00	24.00	14.95	7.00	215.80	10.61	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.15	24.15	15.00	7.25	249.88	11.48	10.79
	2.2	28.10	24.10	14.95	7.10	221.48	10.62	
	2.3	28.15	24.15	14.85	7.05	227.16	11.15	
	2.4	28.15	24.15	14.90	7.00	221.48	10.99	
	2.5	28.25	24.25	14.80	7.20	204.44	9.69	
1: 5: 3: 6	3.1	28.00	24.00	15.00	7.15	170.37	8.00	7.37
	3.2	28.10	24.10	14.85	7.00	147.65	7.34	
	3.3	28.05	24.05	14.70	7.00	136.30	6.83	
	3.4	28.05	24.05	14.75	7.00	141.98	7.09	
	3.5	28.10	24.10	15.00	7.10	159.01	7.60	
1: 5: 3: 7	4.1	28.05	24.05	14.75	7.00	170.37	8.50	7.13
	4.2	28.15	24.15	14.90	7.00	153.33	7.61	
	4.3	28.10	24.10	14.55	7.10	119.26	5.88	
	4.4	28.10	24.10	14.95	7.00	141.98	7.01	
	4.5	28.00	24.00	14.85	7.05	136.30	6.65	



Tabla 4.76 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.05	24.05	15.00	7.05	397.53	19.24	20.36
	1.2	28.05	24.05	14.65	7.03	454.32	22.67	
	1.3	28.00	24.00	14.75	7.00	448.64	22.35	
	1.4	28.05	24.05	14.83	7.00	391.85	19.46	
	1.5	28.00	24.00	15.00	7.00	369.14	18.08	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.10	24.10	15.00	6.98	397.53	19.69	17.46
	2.2	28.05	24.05	15.10	7.05	380.49	18.29	
	2.3	28.23	24.23	14.75	7.10	386.17	18.87	
	2.4	28.15	24.15	15.00	7.08	283.95	13.70	
	2.5	28.20	24.20	14.75	7.08	340.74	16.75	
1: 5: 3: 6	3.1	28.05	24.05	14.40	6.98	221.48	11.40	11.45
	3.2	28.00	24.00	14.83	6.98	255.56	12.76	
	3.3	28.00	24.00	14.83	7.03	193.09	9.50	
	3.4	28.15	24.15	14.65	6.98	238.52	12.12	
	3.5	28.05	24.05	14.58	7.00	227.16	11.47	
1: 5: 3: 7	4.1	28.05	24.05	14.73	7.03	232.84	11.56	12.30
	4.2	28.10	24.10	14.95	7.10	266.91	12.80	
	4.3	28.08	24.08	14.58	7.00	244.20	12.35	
	4.4	28.00	24.00	15.00	7.00	249.88	12.24	
	4.5	28.13	24.13	14.90	6.98	249.88	12.47	



MEZCLA # 2

Tabla 4.77 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	28.00	24.00	14.70	7.10	136.30	6.62	7.29
	1.2	28.00	24.00	15.00	7.00	153.33	7.51	
	1.3	28.05	24.05	14.90	7.10	147.65	7.09	
	1.4	28.00	24.00	15.00	7.05	170.37	8.23	
	1.5	28.15	24.15	14.95	7.00	141.98	7.02	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.75	7.00	198.77	9.90	10.54
	2.2	27.90	23.90	15.00	7.05	227.16	10.92	
	2.3	28.00	24.00	14.60	7.05	255.56	12.68	
	2.4	28.00	24.00	14.75	7.00	193.09	9.62	
	2.5	28.00	24.00	14.80	7.00	193.09	9.59	
1: 8 : 6	3.1	28.05	24.05	15.00	7.00	187.41	9.20	6.40
	3.2	28.00	24.00	15.00	7.10	124.94	5.95	
	3.3	28.00	24.00	14.35	7.00	113.58	5.82	
	3.4	28.00	24.00	14.50	7.05	113.58	5.67	
	3.5	28.00	24.00	14.95	6.95	107.90	5.38	
1: 8 : 7	4.1	28.05	24.05	14.55	7.00	113.58	5.75	5.10
	4.2	28.00	24.00	14.50	7.10	113.58	5.59	
	4.3	28.00	24.00	14.65	6.95	85.19	4.33	
	4.4	28.05	24.05	14.55	7.00	102.22	5.17	
	4.5	28.00	24.00	14.85	7.10	96.54	4.64	



Tabla 4.78 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 4 ½ : 4 ½	1.1	28.00	24.00	15.00	7.00	176.05	8.62	9.95
	1.2	28.00	24.00	14.75	7.00	215.80	10.75	
	1.3	28.15	24.15	15.00	7.20	221.48	10.32	
	1.4	28.10	24.10	15.00	7.00	198.77	9.78	
	1.5	28.10	24.10	15.00	7.20	221.48	10.30	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.80	7.00	278.27	13.81	13.82
	2.2	28.00	24.00	15.00	7.00	283.95	13.91	
	2.3	28.00	24.00	14.90	7.00	300.99	14.84	
	2.4	28.00	24.00	14.80	7.05	283.95	13.90	
	2.5	28.00	24.00	14.85	7.00	255.56	12.64	
1: 8 : 6	3.1	28.00	24.00	14.50	7.00	198.77	10.07	9.94
	3.2	28.00	24.00	15.00	7.05	193.09	9.32	
	3.3	28.00	24.00	15.00	7.00	187.41	9.18	
	3.4	28.05	24.05	15.00	7.00	198.77	9.76	
	3.5	28.00	24.00	14.70	7.00	227.16	11.35	
1: 8 : 7	4.1	28.00	24.00	14.70	7.00	153.33	7.66	8.42
	4.2	28.00	24.00	15.00	7.00	198.77	9.74	
	4.3	28.10	24.10	14.45	7.00	147.65	7.54	
	4.4	28.00	24.00	15.00	7.00	215.80	10.57	
	4.5	28.00	24.00	14.30	7.00	170.37	8.75	



Tabla 4.79 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	28.00	24.00	14.75	6.98	335.06	16.81	16.62
	1.2	28.13	24.13	14.80	7.05	335.06	16.48	
	1.3	28.00	24.00	14.63	7.05	352.10	17.44	
	1.4	28.00	24.00	14.50	7.03	329.38	16.57	
	1.5	28.03	24.03	14.80	7.00	318.02	15.80	
1: 7 : 3	2.1	28.00	24.00	14.70	7.00	340.74	17.03	18.35
	2.2	28.00	24.00	14.70	7.00	340.74	17.03	
	2.3	28.00	24.00	14.78	7.03	397.53	19.63	
	2.4	28.00	24.00	14.58	7.00	335.06	16.89	
	2.5	28.08	24.08	14.90	7.03	431.60	21.20	
1: 8 : 6	3.1	28.03	24.03	14.68	7.00	249.88	12.52	14.03
	3.2	28.00	24.00	14.43	7.00	278.27	14.17	
	3.3	28.03	24.03	14.78	6.95	306.67	15.49	
	3.4	28.03	24.03	14.95	7.03	283.95	13.87	
	3.5	28.00	24.00	14.78	7.00	283.95	14.12	
1: 8 : 7	4.1	28.00	24.00	14.50	7.03	215.80	10.86	12.34
	4.2	28.03	24.03	14.63	7.00	227.16	11.42	
	4.3	28.00	24.00	14.50	7.00	244.20	12.37	
	4.4	28.03	24.03	14.80	6.98	306.67	15.35	
	4.5	28.00	24.00	14.18	7.00	283.95	14.72	

MEZCLA # 3



Tabla 4.80 Módulo de ruptura a los 7 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.50	7.00	119.26	6.04	5.86
	1.2	28.00	24.00	14.90	7.05	113.58	5.52	
	1.3	28.00	24.00	14.70	7.00	124.94	6.24	
	1.4	28.00	24.00	14.40	7.15	113.58	5.55	
	1.5	28.00	24.00	14.75	7.00	119.26	5.94	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	15.00	7.05	170.37	8.23	6.27
	2.2	28.00	24.00	15.00	7.00	136.30	6.68	
	2.3	28.00	24.00	14.95	7.00	113.58	5.58	
	2.4	28.00	24.00	14.90	7.15	113.58	5.37	
	2.5	28.00	24.00	14.95	7.05	113.58	5.50	
1: 4: 4	3.1	28.05	24.05	14.95	7.05	227.16	11.03	11.98
	3.2	28.05	24.05	14.80	7.05	232.84	11.42	
	3.3	28.00	24.00	14.65	7.05	227.16	11.23	
	3.4	28.00	24.00	14.40	7.05	272.59	13.71	
	3.5	28.10	24.10	14.55	7.05	249.88	12.49	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	15.00	7.00	215.80	10.57	10.35
	4.2	28.10	24.10	14.75	7.05	181.73	8.96	
	4.3	28.00	24.00	14.65	7.05	215.80	10.67	
	4.4	28.00	24.00	14.25	6.95	238.52	12.47	
	4.5	28.00	24.00	14.90	6.95	181.73	9.09	



Tabla 4.81 Módulo de ruptura a los 14 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	15.00	7.10	170.37	8.11	8.22
	1.2	28.00	24.00	14.70	7.00	187.41	9.37	
	1.3	28.00	24.00	15.00	7.00	170.37	8.34	
	1.4	28.00	24.00	15.00	7.00	159.01	7.79	
	1.5	28.00	24.00	15.00	7.00	153.33	7.51	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.70	7.00	170.37	8.51	7.62
	2.2	28.00	24.00	15.00	7.00	136.30	6.68	
	2.3	28.00	24.00	15.00	7.00	170.37	8.34	
	2.4	28.00	24.00	15.00	7.00	159.01	7.79	
	2.5	28.00	24.00	15.00	7.10	141.98	6.76	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.85	7.00	249.88	12.36	13.54
	3.2	28.00	24.00	15.00	7.00	255.56	12.52	
	3.3	28.00	24.00	15.00	7.00	283.95	13.91	
	3.4	28.00	24.00	15.00	7.00	295.31	14.46	
	3.5	28.00	24.00	15.00	7.00	295.31	14.46	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.55	7.00	283.95	14.34	12.64
	4.2	28.00	24.00	15.00	7.00	249.88	12.24	
	4.3	28.00	24.00	14.90	7.00	232.84	11.48	
	4.4	28.00	24.00	14.80	7.00	283.95	14.10	
	4.5	28.00	24.00	15.00	7.00	255.56	12.52	



Tabla 4.82 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

Diseño	Muestra	Largo (cm)	Dist. entre apoyos (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Carga (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Promedio Módulo (kg/cm ²)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.00	24.00	14.80	7.00	227.16	11.28	12.61
	1.2	28.00	24.00	14.95	7.00	255.56	12.56	
	1.3	28.00	24.00	14.90	7.00	227.16	11.20	
	1.4	28.00	24.00	14.95	6.98	272.59	13.49	
	1.5	28.03	24.03	14.88	7.03	295.31	14.50	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.00	24.00	14.73	7.00	193.09	9.63	10.29
	2.2	28.00	24.00	14.98	7.00	232.84	11.42	
	2.3	28.00	24.00	14.95	7.05	227.16	11.01	
	2.4	28.08	24.08	14.80	7.08	181.73	8.86	
	2.5	28.00	24.00	14.68	7.00	210.12	10.52	
1: 4: 4	3.1	28.00	24.00	14.80	7.00	425.93	21.14	18.99
	3.2	28.00	24.00	15.00	7.00	363.46	17.80	
	3.3	28.00	24.00	14.93	7.05	386.17	18.74	
	3.4	28.00	24.00	14.93	7.03	403.21	19.71	
	3.5	28.00	24.00	14.78	7.05	357.78	17.54	
1: 5: 3	4.1	28.00	24.00	14.83	7.00	369.14	18.29	16.78
	4.2	28.00	24.00	15.00	7.08	329.38	15.79	
	4.3	28.00	24.00	15.00	7.00	340.74	16.69	
	4.4	28.00	24.00	14.65	7.00	340.74	17.09	
	4.5	28.00	24.00	14.90	6.98	329.38	16.36	

4.3.3 ABSORCIÓN:

Con esta prueba se determina la cantidad de agua que las unidades van a incorporar hasta saturar sus poros, la prueba se realizó a mitades de unidades de ecoladrillos tomando 5 unidades por diseño para cada una de las mezclas.

Los datos y resultados se presentan desde la tabla 4.83 hasta la tabla 4.94; donde: en la columna 1, se muestran los diseños correspondientes a cada mezcla; en la columna 2, se muestran las unidades ensayadas de cada uno de los diseños; en la columna 3, se presenta el peso en la condición de saturado superficie seca de las unidades; en la columna 4, se muestra el peso seco de cada muestra; en la columna 5, se colocan la absorción por cada unidad, la cual resulta de dividir la diferencia del peso en condición de saturado superficie seca menos el peso seco, entre el peso seco, expresado en porcentaje y en la columna 6, se presenta el promedio de absorción de cada diseño.



**MÉTODO MANUAL.
CESSABLOCK:
MEZCLA # 1**

Tabla 4.83 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción(%)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	2428	2064	17.64	19.55
	1.2	2296	1875	22.45	
	1.3	2333	1940	20.26	
	1.4	2204	1855	18.81	
	1.5	2337	1971	18.57	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	2135	1759	21.38	18.63
	2.2	2203	1915	15.04	
	2.3	2043	1717	18.99	
	2.4	2160	1834	17.78	
	2.5	2157	1798	19.97	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	2252	1886	19.41	17.73
	3.2	2277	1900	19.84	
	3.3	2195	1894	15.89	
	3.4	2284	1933	18.16	
	3.5	2219	1924	15.33	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	2266	1900	19.26	21.24
	4.2	2184	1813	20.46	
	4.3	2209	1809	22.11	
	4.4	2167	1794	20.79	
	4.5	2175	1760	23.58	



MEZCLA # 2

Tabla 4.84 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	prom absorción (%)
1: 2: 7 ½.	1.1	2177	1912	13.86	14.55
	1.2	2240	1975	13.42	
	1.3	2235	1886	18.50	
	1.4	2235	1975	13.16	
	1.5	2252	1979	13.79	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	2195	1855	18.33	16.04
	2.2	2204	1915	15.09	
	2.3	2230	1916	16.39	
	2.4	2198	1910	15.08	
	2.5	2212	1918	15.33	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	2077	1685	23.26	18.32
	3.2	2106	1750	20.34	
	3.3	2190	1905	14.96	
	3.4	2208	1905	15.91	
	3.5	2208	1885	17.14	
1: 7: 3	4.1	2148	1750	22.74	19.56
	4.2	2186	1817	20.31	
	4.3	2065	1713	20.55	
	4.4	2193	1875	16.96	
	4.5	2204	1880	17.23	



MEZCLA # 3

Tabla 4.85 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción(%)	-prom absorción (%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	2345	2048	14.50	16.97
	1.2	2387	2020	18.17	
	1.3	2395	1990	20.35	
	1.4	2408	2078	15.88	
	1.5	2402	2072	15.93	
1: 3: 6 ½.	2.1	2233	1803	23.85	19.83
	2.2	2266	1845	22.82	
	2.3	2252	1912	17.78	
	2.4	2215	1900	16.58	
	2.5	2266	1918	18.14	
1: 4: 4	3.1	2170	1850	17.30	20.33
	3.2	2225	1865	19.30	
	3.3	2166	1851	17.02	
	3.4	2045	1654	23.64	
	3.5	2095	1684	24.41	
1: 5: 3	4.1	2095	1720	21.80	18.61
	4.2	1944	1643	18.32	
	4.3	2020	1699	18.89	
	4.4	2100	1760	19.32	
	4.5	2053	1790	14.69	



CEMENTO CUSCATLAN:

MEZCLA # 1

Tabla 4.86 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	prom absorción (%)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	2430	1989	22.17	20.37
	1.2	2380	1978	20.32	
	1.3	2466	2056	19.94	
	1.4	2373	1993	19.07	
	1.5	2465	2048	20.36	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	2260	1885	19.89	21.79
	2.2	2400	1961	22.39	
	2.3	2324	1902	22.19	
	2.4	2294	1884	21.76	
	2.5	2268	1848	22.73	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	2285	1897	20.45	20.75
	3.2	2392	1951	22.60	
	3.3	2376	1935	22.79	
	3.4	2323	1986	16.97	
	3.5	2461	2035	20.93	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	2314	1919	20.58	21.29
	4.2	2350	1959	19.96	
	4.3	2420	2058	17.59	
	4.4	2408	1984	21.37	
	4.5	2285	1800	26.94	



MEZCLA # 2

Tabla 4.87 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom absorción (%)
1: 2: 7 ½.	1.1	2557	1926	32.76	18.05
	1.2	2370	2102	12.75	
	1.3	2293	1936	18.44	
	1.4	2270	2041	11.22	
	1.5	2288	1988	15.09	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	2126	1843	15.36	15.00
	2.2	2270	1980	14.65	
	2.3	2220	1980	12.12	
	2.4	2205	1956	12.73	
	2.5	2220	1848	20.13	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	2144	1868	14.78	15.52
	3.2	2166	1906	13.64	
	3.3	2195	1865	17.69	
	3.4	2152	1845	16.64	
	3.5	2283	1988	14.84	
1: 7: 3	4.1	2148	1861	15.42	18.62
	4.2	2129	1746	21.94	
	4.3	2120	1800	17.78	
	4.4	2045	1715	19.24	
	4.5	2075	1748	18.71	



MEZCLA # 3

Tabla 4.88 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom absorción (%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	2233	1786	25.03	26.90
	1.2	2156	1728	24.77	
	1.3	2152	1663	29.40	
	1.4	2248	1738	29.34	
	1.5	2200	1747	25.93	
1: 3: 6 ½.	2.1	2496	2104	18.63	24.89
	2.2	2467	1785	38.21	
	2.3	2510	2063	21.67	
	2.4	2480	2036	21.81	
	2.5	2582	2080	24.13	
1: 4: 4	3.1	2043	1603	27.45	25.13
	3.2	2212	1736	27.42	
	3.3	2203	1784	23.49	
	3.4	2177	1703	27.83	
	3.5	2198	1840	19.46	
1: 5: 3	4.1	2095	1780	17.70	18.81
	4.2	2220	1844	20.39	
	4.3	2280	1881	21.21	
	4.4	2302	1943	18.48	
	4.5	2232	1920	16.25	



MÉTODO MECÁNICO.
CEMENTO CESSABLOCK.
MEZCLA # 1

Tabla 4.89 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	2069	1765	17.22	14.50
	1.2	2110	1840	14.67	
	1.3	2092	1830	14.32	
	1.4	2116	1867	13.34	
	1.5	2266	2006	12.96	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	2244	1933	16.09	15.30
	2.2	2319	2022	14.69	
	2.3	2210	1916	15.34	
	2.4	2275	1972	15.37	
	2.5	2192	1906	15.01	
1: 5: 3: 6	3.1	2163	1805	19.83	18.32
	3.2	2138	1810	18.12	
	3.3	2193	1858	18.03	
	3.4	2330	1978	17.80	
	3.5	2097	1780	17.81	
1: 5: 3: 7	4.1	2138	1775	20.45	20.61
	4.2	2207	1803	22.41	
	4.3	2040	1704	19.72	
	4.4	2021	1688	19.73	
	4.5	2120	1756	20.73	



MEZCLA # 2

Tabla 4.90 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	2053	1760	16.65	16.93
	1.2	2100	1793	17.12	
	1.3	2087	1778	17.38	
	1.4	2063	1760	17.22	
	1.5	2000	1720	16.28	
1: 7 : 3	2.1	1915	1640	16.77	17.25
	2.2	1925	1647	16.88	
	2.3	1840	1535	19.87	
	2.4	1915	1630	17.48	
	2.5	1913	1660	15.24	
1: 8: 6	3.1	2015	1745	15.47	17.85
	3.2	2112	1805	17.01	
	3.3	2032	1681	20.88	
	3.4	2032	1738	16.92	
	3.5	1937	1628	18.98	
1: 8: 7	4.1	2045	1728	18.34	20.68
	4.2	2040	1668	22.30	
	4.3	2082	1745	19.31	
	4.4	2060	1682	22.47	
	4.5	2052	1696	20.99	



MEZCLA # 3

Tabla 4.91 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	2486	2115	17.54	16.99
	1.2	2544	2195	15.90	
	1.3	2446	2081	17.54	
	1.4	2450	2095	16.95	
	1.5	2425	2072	17.04	
1: 3: 6 ½.	2.1	2362	2014	17.28	18.04
	2.2	2399	2023	18.59	
	2.3	2261	1916	18.01	
	2.4	2270	1920	18.23	
	2.5	2265	1918	18.09	
1: 4: 4	3.1	2230	1897	17.55	16.86
	3.2	2286	1964	16.40	
	3.3	2345	2005	16.96	
	3.4	2290	1960	16.84	
	3.5	2275	1952	16.55	
1: 5: 3	4.1	2016	1653	21.96	21.42
	4.2	2030	1685	20.47	
	4.3	2050	1685	21.66	
	4.4	2040	1682	21.28	
	4.5	2035	1672	21.71	



CEMENTO CUSCATÁN.

MEZCLA # 1

Tabla 4.92 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	2195	1860	18.01	16.85
	1.2	2099	1793	17.07	
	1.3	2172	1860	16.77	
	1.4	2161	1875	15.25	
	1.5	2185	1865	17.16	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	2254	1929	16.85	16.36
	2.2	2232	1925	15.95	
	2.3	2243	1935	15.92	
	2.4	2166	1830	18.36	
	2.5	2219	1934	14.74	
1: 5: 3: 6	3.1	2130	1781	19.60	20.27
	3.2	2136	1780	20.00	
	3.3	2175	1837	18.40	
	3.4	2178	1772	22.91	
	3.5	2234	1855	20.43	
1: 5: 3: 7	4.1	2225	1845	20.60	19.76
	4.2	2152	1773	21.38	
	4.3	2225	1837	21.12	
	4.4	2217	1878	18.05	
	4.5	2232	1897	17.66	



MEZCLA # 2

Tabla 4.93 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	Wsss (gr)	Ws (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	1980	1698	16.61	16.58
	1.2	2058	1758	17.06	
	1.3	2145	1848	16.07	
	1.4	2058	1782	15.49	
	1.5	2045	1738	17.66	
1: 7 : 3	2.1	2033	1759	15.58	17.05
	2.2	1972	1680	17.38	
	2.3	1945	1620	20.06	
	2.4	2022	1765	14.56	
	2.5	2000	1700	17.65	
1: 8: 6	3.1	1898	1602	18.48	17.53
	3.2	2148	1825	17.70	
	3.3	2142	1844	16.16	
	3.4	1950	1638	19.05	
	3.5	2011	1730	16.24	
1: 8: 7	4.1	2022	1695	19.29	19.66
	4.2	1991	1632	22.00	
	4.3	2050	1703	20.38	
	4.4	1909	1591	19.99	
	4.5	2065	1770	16.67	



MEZCLA # 3

Tabla 4.94 Porcentaje de absorción.

Diseño	Muestra	W _{ss} (gr)	W _s (gr)	Absorción (%)	Prom. absorción.(%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	2498	2166	15.33	15.57
	1.2	2464	2138	15.25	
	1.3	2592	2231	16.18	
	1.4	2645	2295	15.25	
	1.5	2561	2211	15.83	
1: 3: 6 ½.	2.1	2445	2091	16.93	17.04
	2.2	2411	2065	16.76	
	2.3	2398	2035	17.84	
	2.4	2403	2055	16.93	
	2.5	2343	2007	16.74	
1: 4: 4	3.1	2288	1955	17.03	17.97
	3.2	2265	1913	18.40	
	3.3	2258	1908	18.34	
	3.4	2335	1986	17.57	
	3.5	2325	1962	18.50	
1: 5: 3	4.1	2145	1799	19.23	19.37
	4.2	2040	1690	20.71	
	4.3	2118	1800	17.67	
	4.4	2169	1816	19.44	
	4.5	2150	1795	19.78	

4.3.4 PESO VOLUMÉTRICO:

Con esta prueba se determina el peso por unidad de volumen. Para esta prueba se tomaron 5 unidades enteras y secas por cada diseño para cada mezcla.

Los datos y resultados se presentan desde la tabla 4.95 hasta la tabla 4.106, donde: en la columna 1, se muestran los diseños correspondientes a cada mezcla; en la columna 2, se presentan las unidades ensayadas; en las columnas 3, 4 y 5 se muestra el promedio de las dimensiones de largo ancho y alto; en la columna 6 se presenta el volumen de cada una de las una de las muestras, el cual se obtiene multiplicando las columnas 3, 4 y 5; en la columna 7, se presenta el peso de cada muestra; en la columna 8, se presenta el peso volumétrico de las muestras, que se obtiene de dividir la columna 7 entre la columna 6 (las unidades de peso y volumen se han pasado a kg y m³ respectivamente) y en la columna 9 se presenta el peso volumétrico promedio de cada diseño.



**MÉTODO MANUAL:
CEMENTO CESSABLOCK:
MEZCLA # 1**

Tabla 4.95 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol. (kg/m ³)	Promedio peso vol. (kg/m ³)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	7.90	28.20	14.20	3163.48	4128	1304.89	1293.65
	1.2	7.55	28.05	13.90	2943.71	3750	1273.90	
	1.3	7.55	28.00	14.10	2980.74	3880	1301.69	
	1.4	7.55	28.15	14.15	3007.33	3710	1233.65	
	1.5	7.40	28.10	14.00	2911.16	3942	1354.10	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	7.50	28.00	13.90	2919.00	3518	1205.21	1199.50
	2.2	7.80	27.80	14.10	3057.44	3830	1252.68	
	2.3	7.70	27.80	14.35	3071.76	3434	1117.93	
	2.4	7.75	27.80	14.25	3070.16	3668	1194.73	
	2.5	7.45	28.00	14.05	2930.83	3596	1226.96	
1: 3: 2: 4 ½.	3.1	7.90	28.00	14.00	3096.80	3772	1218.03	1255.53
	3.2	7.60	27.85	14.30	3026.74	3800	1255.48	
	3.3	7.55	28.00	14.00	2959.60	3788	1279.90	
	3.4	7.90	28.00	14.10	3118.92	3866	1239.53	
	3.5	7.60	28.05	14.05	2995.18	3848	1284.73	
1: 4 ½: 2: 3 ½.	4.1	7.50	28.15	14.00	2955.75	3800	1285.63	1219.85
	4.2	7.65	28.00	14.00	2998.80	3626	1209.15	
	4.3	7.60	28.00	14.10	3000.48	3618	1205.81	
	4.4	7.50	28.00	14.00	2940.00	3588	1220.41	
	4.5	7.50	28.15	14.15	2987.42	3520	1178.27	



MEZCLA # 2

Tabla 4.96 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol. (kg/m ³)	Prom. de peso volumétrico (kg/m ³)
1: 2: 7 ½.	1.1	7.15	28.10	14.30	2873.08	3824	1330.97	1333.65
	1.2	7.40	28.00	14.20	2942.24	3950	1342.51	
	1.3	7.30	28.00	14.45	2953.58	3772	1277.09	
	1.4	7.35	28.00	14.20	2922.36	3950	1351.65	
	1.5	7.30	28.05	14.15	2897.42	3958	1366.04	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	7.55	28.20	14.20	3023.32	3710	1227.13	1265.20
	2.2	7.60	28.20	13.95	2989.76	3830	1281.04	
	2.3	7.60	28.15	14.10	3016.55	3832	1270.32	
	2.4	7.50	27.95	14.25	2987.16	3820	1278.81	
	2.5	7.70	28.25	13.90	3023.60	3836	1268.69	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	7.60	28.10	14.10	3011.20	3370	1119.16	1200.22
	3.2	7.75	28.10	14.25	3103.29	3500	1127.83	
	3.3	7.85	28.00	14.10	3099.18	3810	1229.36	
	3.4	7.80	28.00	14.00	3057.60	3810	1246.08	
	3.5	7.35	28.15	14.25	2948.36	3770	1278.68	
1: 7: 3	4.1	7.65	28.00	14.20	3041.64	3500	1150.70	1198.47
	4.2	7.50	28.30	13.95	2960.89	3634	1227.33	
	4.3	7.55	28.10	14.25	3023.21	3426	1133.23	
	4.4	7.45	27.85	14.40	2987.75	3750	1255.13	
	4.5	7.70	28.05	14.20	3066.99	3760	1225.96	



MEZCLA # 3

Tabla 4.97 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Prom. de peso volumétrico (kg/m ³)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	7.50	28.00	14.00	2940.00	4096	1393.20	1371.95
	1.2	7.60	28.00	14.00	2979.20	4040	1356.07	
	1.3	7.60	28.00	14.05	2989.84	3980	1331.17	
	1.4	7.45	28.10	14.10	2951.76	4156	1407.97	
	1.5	7.60	28.10	14.15	3021.87	4144	1371.33	
1: 3: 6 ½.	2.1	7.55	27.95	14.20	2996.52	3606	1203.40	1256.56
	2.2	7.70	28.10	13.95	3018.36	3690	1222.52	
	2.3	7.50	28.10	14.00	2950.50	3824	1296.05	
	2.4	7.50	27.90	14.30	2992.28	3800	1269.94	
	2.5	7.50	28.10	14.10	2971.58	3836	1290.90	
1: 4: 4	3.1	7.50	28.00	14.00	2940.00	3700	1258.50	1193.43
	3.2	7.60	28.00	14.00	2979.20	3730	1252.01	
	3.3	7.60	28.00	14.00	2979.20	3702	1242.62	
	3.4	7.65	28.10	13.85	2977.27	3308	1111.09	
	3.5	7.60	28.00	14.35	3053.68	3368	1102.93	
1: 5: 3	4.1	7.75	28.00	14.00	3038.00	3440	1132.32	1133.13
	4.2	7.80	28.00	14.00	3057.60	3286	1074.70	
	4.3	7.85	28.00	14.10	3099.18	3398	1096.42	
	4.4	7.65	28.00	14.00	2998.80	3520	1173.80	
	4.5	7.55	28.00	14.25	3012.45	3580	1188.40	



CEMENTO CUSCATLAN:

MEZCLA # 1

Tabla 4.98 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Prom. De peso volumétrico (kg/m ³)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	7.55	28.10	14.10	2991.39	3978	1329.82	1342.54
	1.2	7.50	28.10	14.00	2950.50	3956	1340.79	
	1.3	7.70	28.10	14.00	3029.18	4112	1357.46	
	1.4	7.55	28.00	14.00	2959.60	3986	1346.80	
	1.5	7.70	28.10	14.15	3061.64	4096	1337.85	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	7.60	28.00	14.10	3000.48	3770	1256.47	1264.86
	2.2	7.70	28.00	14.00	3018.40	3922	1299.36	
	2.3	7.55	28.10	14.00	2970.17	3804	1280.73	
	2.4	7.55	28.00	14.00	2959.60	3768	1273.15	
	2.5	7.60	28.00	14.30	3043.04	3696	1214.57	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	7.55	27.90	14.25	3001.69	3794	1263.95	1279.25
	3.2	7.55	28.10	14.25	3023.21	3902	1290.68	
	3.3	7.60	28.30	14.15	3043.38	3870	1271.61	
	3.4	7.90	27.95	14.20	3135.43	3972	1266.81	
	3.5	7.80	28.00	14.30	3123.12	4070	1303.18	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	7.55	28.10	14.40	3055.03	3838	1256.29	1269.92
	4.2	7.75	28.25	14.40	3152.70	3918	1242.74	
	4.3	7.70	28.10	14.25	3083.27	4116	1334.95	
	4.4	7.60	28.10	14.00	2989.84	3968	1327.16	
	4.5	7.70	27.90	14.10	3029.10	3600	1188.47	



MEZCLA # 2

Tabla 4.99 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Prom. De peso vol. (kg/m ³)
1: 2: 7 ½.	1.1	8.00	28.00	14.00	3136.00	3852	1228.32	1307.44
	1.2	7.80	28.00	14.10	3079.44	4204	1365.18	
	1.3	7.75	28.00	14.10	3059.70	3872	1265.48	
	1.4	7.70	28.00	14.00	3018.40	4082	1352.37	
	1.5	7.65	28.00	14.00	2998.80	3976	1325.86	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	7.40	28.10	14.00	2911.16	3686	1266.16	1312.74
	2.2	7.55	28.00	14.00	2959.60	4086	1380.59	
	2.3	7.60	28.00	14.00	2979.20	3960	1329.22	
	2.4	7.50	28.00	14.00	2940.00	3912	1330.61	
	2.5	7.50	28.00	14.00	2940.00	3696	1257.14	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	7.55	28.00	14.00	2959.60	3736	1262.33	1264.03
	3.2	7.60	28.00	14.00	2979.20	3812	1279.54	
	3.3	7.60	28.00	14.00	2979.20	3730	1252.01	
	3.4	7.60	28.10	14.00	2989.84	3690	1234.18	
	3.5	7.85	28.00	14.00	3077.20	3976	1292.08	
1: 7: 3	4.1	7.50	28.00	14.20	2982.00	3722	1248.16	1194.42
	4.2	7.50	28.00	14.10	2961.00	3492	1179.33	
	4.3	7.55	28.10	14.00	2970.17	3600	1212.05	
	4.4	7.60	28.00	14.00	2979.20	3430	1151.32	
	4.5	7.55	28.00	14.00	2959.60	3496	1181.24	



MEZCLA # 3

Tabla 4.100 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen(cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Prom. Peso vol. (kg/m ³)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	7.90	28.00	14.00	3096.80	3572	1153.45	1159.15
	1.2	7.50	28.10	14.00	2950.50	3456	1171.33	
	1.3	7.50	28.00	14.00	2940.00	3326	1131.29	
	1.4	7.65	28.00	14.00	2998.80	3476	1159.13	
	1.5	7.55	28.00	14.00	2959.60	3494	1180.56	
1: 3: 6 ½.	2.1	7.80	28.00	14.00	3057.60	4208	1376.24	1324.38
	2.2	7.60	28.00	14.00	2979.20	3570	1198.31	
	2.3	7.60	28.00	14.10	3000.48	4126	1375.11	
	2.4	7.75	28.00	14.10	3059.70	4072	1330.85	
	2.5	7.80	28.00	14.20	3101.28	4160	1341.38	
1: 4: 4	3.1	7.60	28.00	14.00	2979.20	3206	1076.13	1146.79
	3.2	7.90	28.00	14.10	3118.92	3472	1113.21	
	3.3	7.80	28.00	14.00	3057.60	3568	1166.93	
	3.4	7.50	28.00	14.00	2940.00	3406	1158.50	
	3.5	7.70	28.00	14.00	3018.40	3680	1219.19	
1: 5: 3	4.1	7.40	28.00	14.00	2900.80	3560	1227.25	1253.61
	4.2	7.50	28.00	14.10	2961.00	3688	1245.53	
	4.3	7.65	28.00	14.00	2998.80	3762	1254.50	
	4.4	7.80	28.00	14.20	3101.28	3886	1253.03	
	4.5	7.50	28.00	14.20	2982.00	3840	1287.73	



**MÉTODO MECÁNICO:
CEMENTO CESSABLOCK.
MEZCLA # 1**

Tabla 4.101 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Dimensiones			Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
		Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)				
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	7.00	28.00	14.40	2822.40	3530	1250.71	1316.00
	1.2	7.00	28.00	14.35	2812.60	3680	1308.40	
	1.3	7.00	28.00	14.10	2763.60	3660	1324.36	
	1.4	7.00	28.00	14.45	2832.20	3734	1318.41	
	1.5	7.00	28.10	14.80	2911.16	4012	1378.14	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	7.10	28.25	14.80	2968.51	3866	1302.34	1339.16
	2.2	7.10	28.10	14.50	2892.90	4044	1397.91	
	2.3	7.00	28.10	14.60	2871.82	3832	1334.35	
	2.4	7.00	28.35	14.80	2937.06	3944	1342.84	
	2.5	7.00	28.10	14.70	2891.49	3812	1318.35	
1: 5: 3: 6	3.1	7.00	28.20	14.85	2931.39	3610	1231.50	1267.72
	3.2	7.05	28.05	14.75	2916.85	3620	1241.07	
	3.3	7.00	28.10	14.65	2881.66	3716	1289.54	
	3.4	7.00	28.00	15.10	2959.60	3956	1336.67	
	3.5	7.00	28.00	14.65	2871.40	3560	1239.81	
1: 5: 3: 7	4.1	7.05	28.05	14.50	2867.41	3550	1238.05	1228.78
	4.2	7.00	28.20	14.75	2911.65	3606	1238.47	
	4.3	7.00	28.05	14.00	2748.90	3408	1239.77	
	4.4	7.00	28.00	14.50	2842.00	3376	1187.90	
	4.5	7.10	28.00	14.25	2832.90	3512	1239.72	



MEZCLA # 2

Tabla 4.102 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Dimensiones			Volumen (cm ³)	Peso (gr)	peso vol (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
		Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)				
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	7.00	28.00	14.40	2822.40	3520	1247.17	1242.58
	1.2	7.00	28.00	14.40	2822.40	3586	1270.55	
	1.3	7.00	28.20	14.70	2901.78	3556	1225.45	
	1.4	6.95	28.00	14.20	2763.32	3520	1273.83	
	1.5	7.00	28.05	14.65	2876.53	3440	1195.89	
1: 7 : 3	2.1	6.95	28.00	14.65	2850.89	3280	1150.52	1144.14
	2.2	7.00	28.00	14.40	2822.40	3294	1167.09	
	2.3	6.95	28.00	14.45	2811.97	3070	1091.76	
	2.4	7.00	28.00	14.55	2851.80	3260	1143.14	
	2.5	7.00	28.00	14.50	2842.00	3320	1168.19	
1: 8: 6	3.1	7.05	28.25	14.70	2927.69	3490	1192.07	1207.63
	3.2	7.00	28.05	14.40	2827.44	3610	1276.77	
	3.3	7.15	28.15	14.15	2848.01	3362	1180.48	
	3.4	7.00	28.00	14.50	2842.00	3476	1223.08	
	3.5	7.00	28.00	14.25	2793.00	3256	1165.77	
1: 8: 7	4.1	7.10	28.25	14.55	2918.37	3456	1184.22	1171.67
	4.2	7.05	28.25	14.55	2897.81	3336	1151.21	
	4.3	7.10	28.30	14.55	2923.53	3490	1193.76	
	4.4	7.05	28.25	14.55	2897.81	3364	1160.87	
	4.5	7.10	28.30	14.45	2903.44	3392	1168.27	



MEZCLA # 3

Tabla 4.103 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Dimensiones			Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol. (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
		Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)				
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	7.00	28.00	14.45	2832.20	4230	1493.54	1473.96
	1.2	7.00	28.00	14.45	2832.20	4390	1550.03	
	1.3	7.00	28.00	14.70	2881.20	4162	1444.54	
	1.4	7.10	28.10	14.65	2922.82	4190	1433.55	
	1.5	7.00	28.00	14.60	2861.60	4144	1448.14	
1: 3: 6 ½.	2.1	7.00	28.00	14.35	2812.60	4028	1432.13	1375.26
	2.2	7.00	28.00	14.70	2881.20	4046	1404.28	
	2.3	7.00	28.00	14.65	2871.40	3832	1334.54	
	2.4	7.00	28.20	14.45	2852.43	3840	1346.22	
	2.5	7.00	28.00	14.40	2822.40	3836	1359.13	
1: 4: 4	3.1	7.00	28.00	14.65	2871.40	3794	1321.31	1348.05
	3.2	7.20	28.00	14.90	3003.84	3928	1307.66	
	3.3	7.00	28.00	14.55	2851.80	4010	1406.13	
	3.4	7.10	28.10	14.55	2902.87	3920	1350.39	
	3.5	7.00	28.10	14.65	2881.66	3904	1354.78	
1: 5: 3	4.1	7.05	28.00	14.10	2783.34	3306	1187.78	1179.81
	4.2	7.00	28.00	14.45	2832.20	3370	1189.89	
	4.3	7.00	28.00	14.60	2861.60	3370	1177.66	
	4.4	7.05	28.00	14.50	2862.30	3364	1175.28	
	4.5	7.00	28.10	14.55	2861.99	3344	1168.42	



CEMENTO CUSCATLÁN:

MEZCLA # 1

Tabla 4.104 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	7.10	28.10	15.00	2992.65	3720	1243.05	1269.07
	1.2	7.00	28.00	14.45	2832.20	3586	1266.15	
	1.3	7.00	28.10	14.85	2921.00	3720	1273.54	
	1.4	7.00	28.20	14.75	2911.65	3750	1287.93	
	1.5	7.00	28.15	14.85	2926.19	3730	1274.69	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	7.15	28.20	15.00	3024.45	3858	1275.60	1290.90
	2.2	7.20	28.20	14.65	2974.54	3850	1294.32	
	2.3	7.10	28.25	14.85	2978.54	3870	1299.29	
	2.4	7.00	28.20	14.60	2882.04	3660	1269.93	
	2.5	7.00	28.10	14.95	2940.67	3868	1315.35	
1: 5: 3: 6	3.1	7.00	28.10	14.55	2861.99	3562	1244.59	1244.00
	3.2	7.00	28.05	15.00	2945.25	3560	1208.73	
	3.3	7.00	28.00	14.55	2851.80	3674	1288.31	
	3.4	7.00	28.00	14.65	2871.40	3544	1234.24	
	3.5	7.10	28.00	15.00	2982.00	3710	1244.13	
1: 5: 3: 7	4.1	7.10	28.00	14.95	2972.06	3690	1241.56	1263.02
	4.2	7.00	28.05	14.50	2847.08	3546	1245.49	
	4.3	7.00	28.00	15.00	2940.00	3674	1249.66	
	4.4	7.00	28.10	14.80	2911.16	3756	1290.21	
	4.5	7.00	28.05	15.00	2945.25	3794	1288.18	



MEZCLA # 2

Tabla 4.105 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	7.00	28.00	14.55	2851.80	3396	1190.83	1197.50
	1.2	7.05	28.10	15.00	2971.58	3516	1183.21	
	1.3	7.20	28.15	15.00	3040.20	3696	1215.71	
	1.4	7.00	28.10	14.70	2891.49	3564	1232.58	
	1.5	7.10	28.20	14.90	2983.28	3476	1165.16	
1: 7 : 3	2.1	7.10	28.00	15.00	2982.00	3518	1179.75	1171.20
	2.2	7.00	28.00	14.80	2900.80	3360	1158.30	
	2.3	7.00	28.00	14.80	2900.80	3240	1116.93	
	2.4	7.00	28.00	14.80	2900.80	3530	1216.91	
	2.5	7.00	28.00	14.65	2871.40	3400	1184.09	
1: 8 : 6	3.1	7.00	28.00	14.45	2832.20	3204	1131.28	1198.56
	3.2	7.05	28.00	15.00	2961.00	3650	1232.69	
	3.3	7.00	28.00	14.90	2920.40	3688	1262.84	
	3.4	7.00	28.00	14.50	2842.00	3276	1152.71	
	3.5	7.00	28.00	14.55	2851.80	3460	1213.27	
1: 8 : 7	4.1	7.00	28.00	14.90	2920.40	3390	1160.80	1162.21
	4.2	7.00	28.00	14.50	2842.00	3264	1148.49	
	4.3	7.00	28.00	14.80	2900.80	3406	1174.16	
	4.4	7.00	28.00	14.45	2832.20	3182	1123.51	
	4.5	7.00	28.00	15.00	2940.00	3540	1204.08	



MEZCLA # 3

Tabla 4.106 Peso volumétrico.

Diseño	Muestra	Alto (cm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol (kg/m ³)	Promedio peso volumétrico (kg/m ³)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	7.00	28.00	15.00	2940.00	4332	1473.47	1518.50
	1.2	7.00	28.00	14.55	2851.80	4276	1499.40	
	1.3	7.00	28.00	14.90	2920.40	4462	1527.87	
	1.4	7.00	28.00	14.75	2891.00	4590	1587.69	
	1.5	7.00	28.00	15.00	2940.00	4422	1504.08	
1: 3: 6 ½.	2.1	7.00	28.00	15.00	2940.00	4182	1422.45	1400.51
	2.2	7.00	28.00	15.00	2940.00	4130	1404.76	
	2.3	7.00	28.00	14.90	2920.40	4070	1393.64	
	2.4	7.00	28.00	15.00	2940.00	4110	1397.96	
	2.5	7.00	28.00	14.80	2900.80	4014	1383.76	
1: 4: 4	3.1	7.00	28.00	14.70	2881.20	3910	1357.07	1335.49
	3.2	7.00	28.00	14.80	2900.80	3826	1318.95	
	3.3	7.00	28.00	14.90	2920.40	3816	1306.67	
	3.4	7.00	28.00	14.90	2920.40	3972	1360.09	
	3.5	7.00	28.00	15.00	2940.00	3924	1334.69	
1: 5: 3	4.1	7.00	28.00	15.00	2940.00	3598	1223.81	1215.72
	4.2	7.00	28.00	14.90	2920.40	3380	1157.38	
	4.3	7.00	28.00	15.00	2940.00	3600	1224.49	
	4.4	7.00	28.00	14.90	2920.40	3632	1243.67	
	4.5	7.00	28.00	14.90	2920.40	3590	1229.28	

4.3.5 VARIACIÓN DE LAS DIMENSIONES.

Para determinar la variación de las dimensiones en unidades de ecoladrillos, se tomó un total de 10 muestras secas y enteras por cada diseño de cada una de las muestra; esta prueba consiste en determinar cuánto varía el alto, ancho y largo de las unidades fabricadas respecto a las dimensiones establecidas de diseño (7x14x28) cm.

En cada muestra se tomaron dos lecturas de alto, ancho y largo en ambas caras de las unidades ensayadas.

La variación de las dimensiones se determinó para un solo tipo de cemento partiendo del supuesto de que el tipo de cemento no influye en el incremento o disminución de las dimensiones de las unidades.

Los datos y resultados se presentan desde la tabla 4.107 hasta la tabla 4.124, donde: en la columna 1, se muestra el diseño de cada muestra; en la columna 2, se presentan las muestras de cada diseño a ensayar; las columnas 3, 4, 5 y 6, corresponden a las medidas de largo, ancho y alto (según tabla); en la columna 7, se presentan las medidas promedio (calculas de las columnas 3, 4, 5 y 6) de cada unidad para las dimensiones según tabla; la columna 8, muestra las dimensiones patrón (de la gradilla) de largo, ancho y alto (según tabla); en la columna 9, se presentan las variaciones de

cada muestra correspondiente a la dimensión de la tabla; finalmente en la columna 10, se muestra los promedios de las variaciones de dimensiones de cada diseño (según tabla).



MÉTODO MANUAL.
CEMENTOS CESSABLOCK Y CUSCATLAN.
MEZCLA # 1

Tabla 4.107 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	27.8	27.8	27.9	28.0	27.88	28.00	-0.42	0.01
	1.2	28.0	28.0	28.2	28.0	28.05	28.00	0.18	
	1.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	1.4	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	
	1.5	28.0	28.0	28.0	28.2	28.05	28.00	0.18	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	-0.16
	2.2	27.8	27.8	27.8	27.9	27.83	28.00	-0.62	
	2.3	27.8	28.0	28.0	27.8	27.90	28.00	-0.36	
	2.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	2.5	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.14
	3.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.4	28.0	28.0	27.8	28.0	27.95	28.00	-0.18	
	3.5	27.8	27.8	27.8	28.0	27.85	28.00	-0.54	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	27.8	27.9	28.0	28.0	27.93	28.00	-0.27	-0.11
	4.2	28.0	28.0	28.0	27.8	27.95	28.00	-0.18	
	4.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.4	28.0	28.0	27.8	27.9	27.93	28.00	-0.27	
	4.5	28.0	28.0	28.0	28.2	28.05	28.00	0.18	



Tabla 4.108 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variacion(%)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	-0.18
	1.2	14.0	13.9	14.0	13.8	13.93	14.00	-0.54	
	1.3	14.0	13.9	14.0	13.8	13.93	14.00	-0.54	
	1.4	14.0	14.2	14.0	14.0	14.05	14.00	0.36	
	1.5	14.0	14.0	14.0	13.9	13.98	14.00	-0.18	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	14.0	14.2	13.9	14.0	14.03	14.00	0.18	0.04
	2.2	14.0	14.0	13.9	14.0	13.98	14.00	-0.18	
	2.3	14.0	14.0	14.1	14.0	14.03	14.00	0.18	
	2.4	13.9	13.8	14.0	14.0	13.93	14.00	-0.54	
	2.5	14.1	14.0	14.2	14.0	14.08	14.00	0.54	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	14.0	14.2	14.0	14.0	14.05	14.00	0.36	0.29
	3.2	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	3.3	14.0	14.2	14.1	14.0	14.08	14.00	0.54	
	3.4	14.2	14.0	14.2	14.1	14.13	14.00	0.89	
	3.5	14.0	14.0	14.0	13.8	13.95	14.00	-0.36	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	13.8	14.0	14.0	14.0	13.95	14.00	-0.36	-0.07
	4.2	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	4.3	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	4.4	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	4.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	



Tabla 4.109 Variación de las dimensiones (ALTO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1: 2: 1: 6 ½.	1.1	7.5	7.7	7.4	7.4	7.50	7.00	7.14	7.64
	1.2	7.5	7.6	7.8	7.8	7.68	7.00	9.64	
	1.3	7.5	7.4	7.0	7.2	7.28	7.00	3.93	
	1.4	7.7	7.5	7.4	7.7	7.58	7.00	8.21	
	1.5	7.7	7.5	7.8	7.6	7.65	7.00	9.29	
1: 3 ½: 1: 5 ½.	2.1	7.5	7.3	7.7	7.6	7.53	7.00	7.50	6.93
	2.2	7.4	7.6	7.3	7.7	7.50	7.00	7.14	
	2.3	7.3	7.7	7.3	7.4	7.43	7.00	6.07	
	2.4	7.5	7.4	7.8	7.8	7.63	7.00	8.93	
	2.5	7.2	7.5	7.3	7.4	7.35	7.00	5.00	
1: 3 : 2: 4 ½.	3.1	7.5	7.8	7.5	7.7	7.63	7.00	8.93	8.79
	3.2	7.6	7.7	7.7	7.6	7.65	7.00	9.29	
	3.3	7.7	7.8	7.5	7.7	7.68	7.00	9.64	
	3.4	7.7	7.5	7.8	7.6	7.65	7.00	9.29	
	3.5	7.5	7.4	7.6	7.4	7.48	7.00	6.79	
1: 4 ½ : 2: 3 ½.	4.1	7.8	7.8	7.6	7.3	7.63	7.00	8.93	6.93
	4.2	7.6	7.7	7.4	7.3	7.50	7.00	7.14	
	4.3	7.7	7.7	7.4	7.4	7.55	7.00	7.86	
	4.4	7.2	7.3	7.2	7.2	7.23	7.00	3.21	
	4.5	7.6	7.3	7.6	7.6	7.53	7.00	7.50	



MEZCLA # 2

Tabla 4.110 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 2: 7 ½.	1.1	27.8	28.0	28.0	28.0	27.95	28.00	-0.18	-0.14
	1.2	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	
	1.3	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	
	1.4	28.0	27.9	28.0	28.1	28.00	28.00	0.00	
	1.5	27.6	27.7	27.9	28.0	27.80	28.00	-0.71	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	28.0	28.0	28.0	27.8	27.95	28.00	-0.18	-0.30
	2.2	27.6	27.8	27.8	27.8	27.75	28.00	-0.89	
	2.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	2.4	27.8	27.8	27.9	28.0	27.88	28.00	-0.45	
	2.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	27.9	28.0	28.1	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.38
	3.2	27.8	27.8	28.0	27.8	27.85	28.00	-0.54	
	3.3	27.5	27.8	27.8	27.8	27.73	28.00	-0.98	
	3.4	28.0	27.9	28.0	28.0	27.98	28.00	-0.09	
	3.5	28.0	27.8	28.0	27.9	27.93	28.00	-0.27	
1: 7: 3	4.1	28.0	28.0	27.9	28.0	27.98	28.00	-0.09	-0.20
	4.2	28.0	27.9	28.1	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.3	27.8	27.9	28.0	28.0	27.93	28.00	-0.27	
	4.4	28.0	27.7	28.0	28.0	27.93	28.00	-0.27	
	4.5	27.8	27.8	28.0	28.0	27.90	28.00	-0.36	



Tabla 4.111 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 2: 7 ½.	1.1	14.0	14.0	14.0	14.1	14.03	14.00	0.18	-0.36
	1.2	13.9	13.8	13.9	13.8	13.85	14.00	-1.07	
	1.3	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	1.4	13.8	13.9	13.7	14.0	13.85	14.00	-1.07	
	1.5	14.0	14.0	14.0	14.1	14.03	14.00	0.18	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	13.9	14.0	14.0	14.0	13.98	14.00	-0.18	-0.36
	2.2	14.0	14.0	13.9	13.8	13.93	14.00	-0.54	
	2.3	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	2.4	13.9	14.0	13.9	14.0	13.95	14.00	-0.36	
	2.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.90	14.00	-0.71	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	14.0	14.1	14.0	14.1	14.05	14.00	0.36	0.11
	3.2	13.9	14.0	13.9	14.0	13.95	14.00	-0.36	
	3.3	14.0	14.0	14.4	14.1	14.13	14.00	0.89	
	3.4	14.0	13.8	14.0	14.0	13.95	14.00	-0.36	
	3.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
1: 7: 3	4.1	14.3	14.3	14.2	14.1	14.23	14.00	1.61	0.14
	4.2	13.9	13.8	14.0	13.8	13.88	14.00	-0.89	
	4.3	14.0	13.9	14.0	14.0	13.98	14.00	-0.18	
	4.4	14.1	14.0	14.0	14.0	14.03	14.00	0.18	
	4.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	



Tabla 4.112 Variación de las dimensiones (ALTO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 2: 7 ½.	1.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.38	7.00	5.36	7.36
	1.2	7.3	7.1	7.6	7.4	7.35	7.00	5.00	
	1.3	7.6	7.4	7.7	7.5	7.55	7.00	7.86	
	1.4	7.8	7.6	7.8	7.4	7.65	7.00	9.29	
	1.5	7.6	7.6	7.6	7.8	7.65	7.00	9.29	
1: 3 ½: 6 ½.	2.1	7.9	7.6	7.5	7.7	7.68	7.00	9.64	7.14
	2.2	7.4	7.5	7.4	7.4	7.43	7.00	6.07	
	2.3	7.4	7.6	7.5	7.2	7.43	7.00	6.07	
	2.4	7.5	7.8	7.5	7.3	7.53	7.00	7.50	
	2.5	7.2	7.4	7.4	7.8	7.45	7.00	6.43	
1: 5 ½: 4 ½.	3.1	7.7	7.9	7.9	7.9	7.85	7.00	12.14	9.64
	3.2	7.5	7.5	7.6	7.8	7.60	7.00	8.57	
	3.3	7.5	7.6	7.6	7.6	7.58	7.00	8.21	
	3.4	7.5	7.5	8.0	7.8	7.70	7.00	10.00	
	3.5	7.6	7.6	7.9	7.5	7.65	7.00	9.29	
1: 7: 3	4.1	7.4	7.3	7.3	7.4	7.35	7.00	5.00	7.36
	4.2	7.0	7.3	7.8	8.0	7.53	7.00	7.50	
	4.3	7.8	7.9	7.5	7.0	7.55	7.00	7.86	
	4.4	7.6	7.5	7.6	7.9	7.65	7.00	9.29	
	4.5	7.3	7.4	7.9	7.4	7.50	7.00	7.14	



MEZCLA # 3

Tabla 4.113 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 1½: 7½.	1.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.45
	1.2	28.0	28.0	27.8	28.0	27.95	28.00	-0.18	
	1.3	27.6	27.6	27.7	27.7	27.65	28.00	-1.25	
	1.4	27.9	27.9	27.9	27.9	27.90	28.00	-0.36	
	1.5	27.9	27.8	27.9	27.9	27.88	28.00	-0.45	
1: 3: 6½.	2.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.55
	2.2	27.8	27.6	27.8	27.8	27.75	28.00	-0.89	
	2.3	27.9	28.0	28.0	28.0	27.98	28.00	-0.09	
	2.4	27.5	27.6	27.8	27.8	27.68	28.00	-1.16	
	2.5	27.7	27.7	28.0	27.9	27.83	28.00	-0.62	
1: 4: 4	3.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.41
	3.2	28.0	27.9	28.0	28.0	27.98	28.00	-0.09	
	3.3	27.5	27.7	28.0	27.9	27.78	28.00	-0.80	
	3.4	27.5	27.8	27.8	27.7	27.70	28.00	-1.07	
	3.5	28.0	28.0	28.0	27.9	27.98	28.00	-0.09	
1: 5: 3	4.1	27.7	27.9	27.8	27.8	27.80	28.00	-0.71	-0.48
	4.2	27.8	28.0	28.0	28.0	27.95	28.00	-0.18	
	4.3	27.5	27.8	28.1	28.0	27.85	28.00	-0.54	
	4.4	28.0	28.2	28.0	28.0	28.05	28.00	0.18	
	4.5	27.7	27.5	27.7	27.8	27.68	28.00	-1.16	



Tabla 4.114 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1: 1½: 7½	1.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	0.11
	1.2	14.0	14.1	14.0	14.0	14.03	14.00	0.18	
	1.3	13.9	13.9	14.0	14.0	13.95	14.00	-0.36	
	1.4	14.0	14.2	14.2	14.2	14.15	14.00	1.07	
	1.5	13.8	14.0	14.0	14.0	13.95	14.00	-0.36	
1: 3: 6½	2.1	13.8	13.8	13.9	13.8	13.83	14.00	-1.25	-0.39
	2.2	14.0	14.0	14.1	14.1	14.05	14.00	0.36	
	2.3	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
	2.4	13.9	13.9	13.7	13.9	13.85	14.00	-1.07	
	2.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.00	14.00	0.00	
1: 4: 4	3.1	14.2	14.0	14.0	14.0	14.05	14.00	0.36	-0.21
	3.2	14.0	14.0	14.2	14.2	14.10	14.00	0.71	
	3.3	13.9	13.7	14.0	13.7	13.83	14.00	-1.25	
	3.4	13.8	13.9	14.0	14.2	13.98	14.00	-0.18	
	3.5	13.9	14.0	13.8	13.9	13.90	14.00	-0.71	
1: 5: 3	4.1	13.9	13.9	14.0	13.9	13.93	14.00	-0.54	-0.18
	4.2	14.0	14.0	13.9	14.1	14.00	14.00	0.00	
	4.3	13.5	13.6	14.0	13.9	13.75	14.00	-1.79	
	4.4	14.1	14.3	14.0	14.1	14.13	14.00	0.89	
	4.5	14.0	14.1	14.1	14.1	14.08	14.00	0.54	

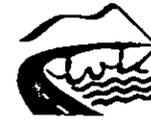


Tabla 4.115 Variación de las dimensiones (ALTO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	promedio de variación(%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	8.0	7.8	7.7	7.5	7.75	7.00	10.71	4.64
	1.2	7.6	7.5	4.5	4.5	6.03	7.00	-13.93	
	1.3	7.8	7.7	7.5	7.5	7.63	7.00	8.93	
	1.4	7.7	7.5	7.6	8.0	7.70	7.00	10.00	
	1.5	7.6	7.5	7.5	7.5	7.53	7.00	7.50	
1: 3: 6 ½.	2.1	7.5	7.4	7.4	7.4	7.43	7.00	6.07	8.07
	2.2	7.9	7.9	7.6	7.6	7.75	7.00	10.71	
	2.3	7.4	7.6	8.0	7.7	7.68	7.00	9.64	
	2.4	7.5	7.6	7.3	7.4	7.45	7.00	6.43	
	2.5	7.4	7.6	7.6	7.5	7.53	7.00	7.50	
1: 4: 4	3.1	7.7	7.8	7.4	7.8	7.68	7.00	9.64	9.21
	3.2	7.6	7.3	7.7	7.5	7.53	7.00	7.50	
	3.3	8.0	7.9	7.5	7.4	7.70	7.00	10.00	
	3.4	8.0	8.0	7.4	7.7	7.78	7.00	11.07	
	3.5	7.4	7.6	7.7	7.5	7.55	7.00	7.86	
1: 5: 3	4.1	7.2	7.0	7.4	7.3	7.23	7.00	3.21	8.21
	4.2	7.5	7.5	7.9	7.6	7.63	7.00	8.93	
	4.3	7.5	7.6	7.4	7.5	7.50	7.00	7.14	
	4.4	7.6	7.7	7.6	7.6	7.63	7.00	8.93	
	4.5	8.0	8.0	7.6	8.0	7.90	7.00	12.86	



MÉTODO MECÁNICO.
CEMENTO CESSABLOCK Y CUSCATLÁN.
MEZCLA # 1

Tabla 4.116 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	promedio de variación(%)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.07
	1.2	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	
	1.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	1.4	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	
	1.5	28.0	28.0	28.2	28.0	28.05	28.00	0.18	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	28.2	28.1	28.2	28.1	28.15	28.00	0.54	0.45
	2.2	28.2	28.1	28.2	28.1	28.15	28.00	0.54	
	2.3	28.1	28.1	28.0	28.1	28.08	28.00	0.27	
	2.4	28.1	28.1	28.2	28.1	28.13	28.00	0.45	
	2.5	28.2	28.1	28.1	28.1	28.13	28.00	0.45	
1: 5: 3: 6	3.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.02
	3.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.5	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	
1: 5: 3: 7	4.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.11
	4.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.3	28.1	28.0	28.0	28.1	28.05	28.00	0.18	
	4.4	28.0	28.0	28.2	28.0	28.05	28.00	0.18	
	4.5	28.0	28.0	28.0	28.2	28.05	28.00	0.18	



Tabla 4.117 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1: 4 ½ : 2: 3 ½	1.1	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	7.14
	1.2	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
	1.3	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
	1.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
	1.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
1: 2: 1: 6 ½	2.1	14.6	14.5	14.6	14.6	14.58	14.00	4.11	5.39
	2.2	15.0	14.8	15.0	15.0	14.95	14.00	6.79	
	2.3	14.8	14.8	14.8	14.8	14.80	14.00	5.71	
	2.4	14.6	14.6	14.6	14.1	14.48	14.00	3.39	
	2.5	14.9	15.0	15.0	15.0	14.98	14.00	6.96	
1: 5: 3: 6	3.1	14.8	14.8	14.9	14.8	14.83	14.00	5.89	6.46
	3.2	14.8	14.9	14.9	14.9	14.88	14.00	6.25	
	3.3	15.0	15.0	15.0	14.9	14.98	14.00	6.96	
	3.4	14.9	14.8	14.9	14.8	14.85	14.00	6.07	
	3.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
1: 5: 3: 7	4.1	15.0	14.9	15.0	15.0	14.98	14.00	6.96	5.86
	4.2	15.0	14.9	15.0	14.9	14.95	14.00	6.79	
	4.3	14.9	15.0	15.0	14.8	14.93	14.00	6.61	
	4.4	14.6	14.6	14.7	14.7	14.65	14.00	4.64	
	4.5	14.5	14.5	14.7	14.7	14.60	14.00	4.29	



Tabla 4.118 Variación de las dimensiones (ALTO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1:4½ : 2:3½	1.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	0.29
	1.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	1.3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	1.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	1.5	7.0	7.0	7.2	7.2	7.10	7.00	1.43	
1:2:1:6½	2.1	7.0	7.0	7.2	7.3	7.13	7.00	1.79	0.86
	2.2	7.0	7.2	7.0	7.0	7.05	7.00	0.71	
	2.3	7.0	7.0	7.1	7.2	7.08	7.00	1.07	
	2.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	2.5	7.0	7.0	7.2	7.0	7.05	7.00	0.71	
	3.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	3.2	7.0	7.2	7.0	6.9	7.03	7.00	0.36	
1:5:3:6	3.3	7.0	7.0	7.0	6.9	6.98	7.00	-0.36	0.00
	3.4	7.0	7.0	7.0	6.9	6.98	7.00	-0.36	
	3.5	7.0	7.1	7.0	7.0	7.03	7.00	0.36	
	4.1	7.0	7.0	7.0	6.9	6.98	7.00	-0.36	
	4.2	7.0	6.9	7.0	7.0	6.98	7.00	-0.36	
1:5:3:7	4.3	6.9	7.0	7.0	7.0	6.98	7.00	-0.36	-0.40
	4.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	4.5	6.9	6.9	7.0	7.0	6.93	7.00	-0.95	



MEZCLA # 2

Tabla 4.119 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	promedio de variación(%)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	0.09
	1.2	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	
	1.3	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	
	1.4	28.1	28.0	28.0	28.1	28.05	28.00	0.18	
	1.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 7 : 3	2.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	-0.02
	2.2	28.0	28.0	27.9	28.0	27.98	28.00	-0.09	
	2.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	2.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	2.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 8: 6	3.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.06
	3.2	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	
	3.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.4	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	
	3.5	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.11	
1: 8: 7	4.1	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	0.13
	4.2	28.0	28.1	28.1	28.1	28.08	28.00	0.27	
	4.3	28.0	28.1	28.1	28.0	28.05	28.00	0.18	
	4.4	28.0	28.0	28.0	28.1	28.03	28.00	0.09	
	4.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	



Tabla 4.120 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	promedio de variación(%)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.7	14.8	14.8	14.7	14.75	14.00	5.36	4.57
	1.2	14.6	14.7	14.7	14.7	14.68	14.00	4.82	
	1.3	14.4	14.4	14.4	14.5	14.43	14.00	3.04	
	1.4	14.7	14.7	14.6	14.7	14.68	14.00	4.82	
	1.5	14.6	14.8	14.7	14.6	14.68	14.00	4.82	
1: 7 : 3	2.1	14.8	14.8	14.8	14.7	14.78	14.00	5.54	5.54
	2.2	14.8	14.8	14.8	14.8	14.80	14.00	5.71	
	2.3	15.0	15.0	14.9	15.0	14.98	14.00	6.96	
	2.4	14.7	14.6	14.7	14.7	14.68	14.00	4.82	
	2.5	14.7	14.7	14.6	14.6	14.65	14.00	4.64	
1: 8: 6	3.1	14.6	14.6	14.5	14.5	14.55	14.00	3.93	4.75
	3.2	14.6	14.6	14.7	14.7	14.65	14.00	4.64	
	3.3	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
	3.4	14.6	14.6	14.7	14.7	14.65	14.00	4.64	
	3.5	14.5	14.5	14.5	14.4	14.48	14.00	3.39	
1: 8: 7	4.1	14.6	14.7	14.8	14.7	14.70	14.00	5.00	4.93
	4.2	14.7	14.7	14.7	14.8	14.73	14.00	5.18	
	4.3	14.5	14.6	14.7	14.6	14.60	14.00	4.29	
	4.4	14.8	14.8	15.0	15.0	14.90	14.00	6.43	
	4.5	14.5	14.6	14.5	14.5	14.53	14.00	3.75	



Tabla 4.121 Variación de las dimensiones (ALTO)

Discoño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	0.36
	1.2	7.0	7.0	7.0	6.9	6.98	7.00	-0.36	
	1.3	7.0	7.0	7.2	7.2	7.10	7.00	1.43	
	1.4	7.0	7.0	7.0	7.1	7.03	7.00	0.36	
	1.5	7.1	7.1	7.0	6.9	7.03	7.00	0.36	
1: 7 : 3	2.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	0.00
	2.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	2.3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	2.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	2.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
1: 8 : 6	3.1	7.1	7.0	6.9	6.9	6.98	7.00	-0.36	-0.07
	3.2	7.0	7.0	7.1	7.1	7.05	7.00	0.71	
	3.3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	3.4	7.0	7.0	6.9	6.9	6.95	7.00	-0.71	
	3.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
1: 8 : 7	4.1	6.9	6.9	7.0	7.1	6.98	7.00	-0.36	-0.07
	4.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	4.3	7.0	7.0	7.0	6.9	6.98	7.00	-0.36	
	4.4	7.0	6.9	7.0	7.0	6.98	7.00	-0.36	
	4.5	7.0	7.0	7.0	7.2	7.05	7.00	0.71	



MEZCLA # 3

Tabla 4.122 Variación de las dimensiones (LARGO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.02
	1.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	1.3	28.1	28.0	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	
	1.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	1.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 3: 6 ½.	2.1	28.0	28.1	28.0	28.0	28.03	28.00	0.09	0.07
	2.2	28.0	28.0	28.1	28.0	28.03	28.00	0.09	
	2.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	2.4	28.0	28.1	28.1	28.0	28.05	28.00	0.18	
	2.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 4: 4	3.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.00
	3.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	3.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
1: 5: 3	4.1	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	0.00
	4.2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.3	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.4	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	
	4.5	28.0	28.0	28.0	28.0	28.00	28.00	0.00	



Tabla 4.123 Variación de las dimensiones (ANCHO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación (%)
1: 1 ½: 7 ½.	1.1	15.0	15.0	15.2	15.0	15.05	14.00	7.50	5.75
	1.2	14.9	14.9	14.6	14.9	14.83	14.00	5.89	
	1.3	14.8	14.9	14.8	14.7	14.80	14.00	5.71	
	1.4	14.9	14.9	14.6	14.8	14.80	14.00	5.71	
	1.5	14.7	14.5	14.5	14.5	14.55	14.00	3.93	
1: 3: 6 ½.	2.1	14.8	14.7	14.6	14.6	14.68	14.00	4.82	4.79
	2.2	14.5	14.5	14.5	14.5	14.50	14.00	3.57	
	2.3	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
	2.4	14.5	14.6	14.6	14.6	14.58	14.00	4.11	
	2.5	14.5	14.5	14.7	14.7	14.60	14.00	4.29	
1: 4: 4	3.1	14.8	14.8	14.9	14.9	14.85	14.00	6.07	6.50
	3.2	14.9	15.0	14.9	14.9	14.93	14.00	6.61	
	3.3	14.7	14.7	15.0	15.0	14.85	14.00	6.07	
	3.4	14.9	14.9	14.9	15.0	14.93	14.00	6.61	
	3.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00	14.00	7.14	
1: 5: 3	4.1	14.8	14.9	14.7	14.7	14.78	14.00	5.54	5.25
	4.2	14.5	14.6	14.8	14.8	14.68	14.00	4.82	
	4.3	14.7	14.8	14.6	14.6	14.68	14.00	4.82	
	4.4	14.7	14.7	14.9	14.7	14.75	14.00	5.36	
	4.5	14.8	14.8	14.8	14.8	14.80	14.00	5.71	



Tabla 4.124 Variación de las dimensiones (ALTO)

Diseño	Muestra	A(cm)	B(cm)	C(cm)	D(cm)	Promedio (cm)	Molde (cm)	% variación	Promedio de variación(%)
1: 1½: 7½.	1.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.03	7.00	0.36	0.36
	1.2	7.1	7.0	7.0	7.0	7.03	7.00	0.36	
	1.3	7.1	7.1	7.0	7.0	7.05	7.00	0.71	
	1.4	7.1	7.0	7.0	7.0	7.03	7.00	0.36	
	1.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
1: 3: 6½.	2.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.03	7.00	0.36	0.71
	2.2	7.2	7.1	7.0	7.0	7.08	7.00	1.07	
	2.3	7.2	7.2	7.0	7.0	7.10	7.00	1.43	
	2.4	7.1	7.1	7.0	7.0	7.05	7.00	0.71	
	2.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
1: 4: 4	3.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.05	7.00	0.71	0.14
	3.2	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	3.3	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	3.4	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
	3.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	
1: 5: 3	4.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.00	7.00	0.00	-0.21
	4.2	7.0	6.9	7.0	7.0	6.98	7.00	-0.36	
	4.3	7.0	7.0	6.9	7.0	6.98	7.00	-0.36	
	4.4	7.0	7.1	7.0	7.0	7.03	7.00	0.36	
	4.5	6.9	6.9	7.0	7.0	6.95	7.00	-0.71	



4.4 TABLAS RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CADA PRUEBA.

4.4.1 MÉTODO MANUAL.

Tabla resumen 4.125 Resumen de resultado de las pruebas (cemento de mampostería cuscatlán)

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)			Módulo de ruptura (kg/cm ²)			Absorción (%)	Peso volumétrico (kg/m ³)	Variación de las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 DÍAS			Largo(%)	Ancho(%)	Alto (%)
1	1:2:1:6 ½.	25.78	49.28	51.50	9.97	14.28	19.04	20.37	1342.54	0.01	-0.18	7.64
	1:3 ½:1:5 ½.	19.82	40.90	43.02	7.34	11.50	15.47	21.79	1264.86	-0.16	0.04	6.93
	1:3 :2:4 ½.	25.97	47.27	48.64	9.95	15.31	17.35	20.75	1279.25	-0.14	0.29	8.79
	1:4 ½:2:3 ½.	16.15	40.30	42.96	7.35	10.81	11.58	21.29	1269.92	-0.11	-0.07	6.93
2	1: 2: 7 ½.	22.58	31.07	47.68	6.92	8.87	19.81	18.05	1307.44	-0.14	-0.36	7.36
	1: 3 ½: 6 ½.	16.44	26.56	40.73	6.73	8.21	18.28	15.00	1312.74	-0.3	-0.36	7.14
	1: 4 ½: 4 ½.	23.07	28.45	43.22	6.13	7.55	19.39	15.52	1264.03	-0.38	0.11	9.64
	1: 7 : 3	15.93	20.88	29.45	4.22	3.35	9.96	18.62	1194.42.	-0.2	0.14	7.36
3	1: 1 ½: 7 ½.	9.46	22.06	26.99	3.94	6.01	8.01	26.90	1159.15	-0.45	0.11	4.64
	1: 3: 6 1/2	8.11	20.81	27.62	4.05	5.70	6.51	24.89	1324.38	-0.55	-0.39	8.07
	1: 4: 4	12.28	29.51	31.28	5.53	7.07	11.67	25.13	1146.79	-0.41	-0.21	9.21
	1: 5: 3	13.34	29.99	34.10	6.68	6.38	9.19	18.81	1253.61	-0.48	-0.18	8.21



Tabla resumen 4.126 Resumen de resultado de las pruebas (cemento ASTM C-1157 cessablock)

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión(kg/cm ²)			Módulo de ruptura (kg/cm ²)			Absorción (%)	Peso volumétrico (kg/m ³)	variación de las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días			largo (%)	ancho (%)	alto (%)
1	1:2:1:6 ½.	30.94	43.01	63.62	8.44	16.90	25.11	19.55	1293.65	0.01	-0.18	7.64
	1:3 ½:1:5 ½.	25.08	35.90	52.51	8.25	12.82	25.15	18.63	1199.50	-0.16	0.04	6.93
	1:3 :2:4 ½.	30.09	42.31	55.72	9.42	13.05	26.20	17.73	1255.53	-0.14	0.29	8.79
	1:4 ½:2:3 ½.	28.14	38.96	48.57	8.20	14.39	22.30	21.24	1219.85	-0.11	-0.07	6.93
2	1: 2: 7 ½.	27.23	38.57	53.47	10.41	19.29	17.94	14.55	1333.65	-0.14	-0.36	7.36
	1: 3 ½: 6 ½.	25.80	36.77	50.76	8.11	17.10	19.38	16.04	1265.20	-0.30	-0.36	7.14
	1: 4 ½: 4 ½.	28.79	37.04	48.19	6.79	15.90	18.33	18.32	1200.22	-0.38	0.11	9.64
	1: 7 : 3	26.74	34.09	55.87	9.12	14.15	16.14	19.56	1198.47	-0.20	0.14	7.36
3	1: 1 ½: 7 ½.	13.40	17.38	33.15	5.20	4.51	10.88	16.97	1371.95	-0.45	0.11	4.64
	1: 3: 6 1/2	14.71	21.06	41.69	6.39	5.17	13.32	19.83	1256.56	-0.55	-0.39	8.07
	1: 4: 4	12.77	24.85	46.94	6.35	6.89	15.35	20.33	1193.53	-0.41	-0.21	9.21
	1: 5: 3	17.97	22.84	38.53	6.39	6.54	17.08	18.61	1133.13	-0.48	-0.18	8.21



4.4.2 MÉTODO MECÁNICO

Tabla resumen 4.127 Resumen de resultado de las pruebas (cemento de mampostería Cuscatlán)

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Módulo de ruptura (kg/cm ²)			Absorción (%)	Peso volumétrico (kg/m ³)	Variación de las dimensiones (%)		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días			largo	ancho	Alto
1	1:4 ½:2: 3 ½.	31.22	53.40	69.13	7.12	11.22	20.36	16.85	1269.07	0.07	7.14	0.29
	1: 2: 1: 6 ½.	27.80	52.74	65.06	5.89	10.79	17.46	16.36	1290.90	0.45	5.39	0.86
	1: 5: 3: 6	26.34	49.49	58.51	6.15	7.37	11.45	20.27	1244.00	0.02	6.46	0.00
	1: 5: 3: 7	27.23	48.03	57.37	6.17	7.16	12.30	19.76	1263.02	0.11	5.86	-0.40
2	1: 5 ½: 4 ½	31.45	56.54	67.36	7.29	9.95	16.62	16.58	1197.50	0.09	4.57	0.36
	1: 7 : 3	35.45	61.68	75.00	10.54	13.82	18.35	17.05	1171.20	-0.02	5.54	0.00
	1: 8: 6	29.52	57.05	63.95	6.40	9.94	14.03	17.53	1198.56	0.06	4.75	-0.07
	1: 8: 7	28.18	49.21	56.92	5.08	8.42	12.34	19.66	1162.21	0.13	4.93	-0.07
3	1: 1 ½: 7 ½.	25.22	47.61	56.41	5.86	8.22	12.61	15.57	1518.50	0.02	5.75	0.36
	1: 3: 6 1/2	20.05	40.12	49.58	6.27	7.62	10.29	17.04	1400.51	0.07	4.79	0.71
	1: 4: 4	32.29	60.49	71.42	11.98	13.54	18.99	17.97	1335.49	0.00	6.50	0.14
	1: 5: 3	33.09	54.59	65.17	10.35	12.64	16.78	19.37	1215.72	0.00	5.25	-0.21



Tabla resumen 4.128 Resumen de resultado de las pruebas (cemento ASTM C-1157 cessablock)

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Módulo de ruptura (kg/cm ²)			Absorción (%)	Peso volumétrico (kg/m ³)	Variación de las dimensiones (%)		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días			largo	ancho	Alto
1	1:4 ½:2: 3 ½.	41.81	72.95	86.40	12.14	15.91	22.05	14.50	1316.00	0.07	7.14	0.29
	1: 2: 1: 6 ½.	36.31	67.89	79.40	10.66	15.65	26.76	15.30	1339.16	0.45	5.39	0.86
	1: 5: 3: 6	30.91	53.55	59.22	6.74	7.84	11.93	18.32	1267.72	0.02	6.46	0.00
	1: 5: 3: 7	24.74	49.15	55.10	4.09	6.17	9.60	20.61	1228.78	0.11	5.86	-0.40
2	1: 5 ½: 4 ½	34.34	62.10	73.35	8.64	11.52	20.97	16.93	1242.58	0.09	4.57	0.36
	1: 7 : 3	38.62	64.69	71.58	10.74	11.57	20.78	17.25	1144.14	-0.02	5.54	0.00
	1: 8: 6	34.40	63.75	75.65	9.53	13.51	20.73	17.85	1207.63	0.06	4.75	-0.07
	1: 8: 7	26.45	47.15	56.71	6.91	9.35	16.01	20.68	1171.67	0.13	4.93	-0.07
3	1: 1 ½: 7 ½.	25.96	49.57	50.94	6.88	9.46	14.03	16.99	1473.96	0.02	5.75	0.36
	1: 3: 6 1/2	27.04	46.22	51.88	7.13	10.50	12.33	18.04	1375.26	0.07	4.79	0.71
	1: 4: 4	39.99	71.57	79.13	12.02	18.79	21.46	16.86	1348.05	0.00	6.50	0.14
	1: 5: 3	27.43	47.64	53.76	10.51	14.04	16.07	21.42	1179.81	0.00	5.25	-0.21

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS.

Los resultados de las diferentes pruebas realizadas a los ecoladrillos se analizan considerando el mejor diseño de las tres mezclas, tomando como base los resultados de la prueba de compresión para determinar qué diseño es el mejor, es decir, aquellos que presenten una mayor resistencia a la compresión simple; dado que para las demás pruebas los resultados de todas las unidades ensayadas presentan valores que cumplen con los requisitos de las normas ASTM para el caso de la absorción y valores aceptables en cuanto a módulo de ruptura y peso volumétrico.

Un caso especial muestra los resultados obtenidos en la prueba de variación de las dimensiones ya que para las unidades fabricadas a través del método manual, donde hay mayor variación (en porcentaje) es en la dimensión de alto; mientras que para el método mecánico al ancho es el que mayor porcentaje de variación presentan todas las unidades.

4.5.1 MÉTODO MANUAL.

Como puede observarse en la tabla resumen 4.125 (que corresponde al cemento de mampostería Cuscatlán) que de los tipo de mezcla la que mejores resultados ofrece es la mezcla # 1 y de ésta el diseño que mejor resistencia presenta es el que corresponde a la proporción volumétrica 1: 2: 1: 6 ½.; dando un valor de resistencia a la compresión

de 51.45 kg/cm^2 a los 28 de edad y un 50.1% de su resistencia a los 7 días de edad.

La tabla resumen 4.126 muestra los resultados para unidades fabricadas con cemento ASTM C – 1157 para el cual se puede determinar que tanto en la mezcla # 1 como en la mezcla # 2 se tienen diseños con resistencia a la compresión aceptables, notándose que en la mezcla # 1 se tiene un valor de 63.63 kg/cm^2 a los 28 días de edad con un 48.63% de su resistencia a los 7 días de edad para el diseño cuya proporción volumétrica es 1: 2: 1: 6 ½. ; mientras que para la mezcla # 2 el diseño correspondiente a la proporción volumétrica de 1: 7: 3, presenta un valor de resistencia a la compresión de 55.87 kg/cm^2 a los 28 días de edad, dando un 47.86 % de su resistencia a los 7 días de edad.

Para el módulo de ruptura las normas ASTM no establecen valores mínimos recomendables, por lo tanto los resultados obtenidos pueden considerarse aceptables; obteniéndose mejores resultados en la mezcla # 1 para ambos tipos de cementos cuyos valores oscilan entre $15.43 - 26.20 \text{ kg/cm}^2$.

Comparando los valores de absorción con los establecidos en la norma ASTM C – 62 se observa en la tabla resumen 4.125 (para cemento de mampostería) que los diseños correspondientes a las proporciones volumétricas 1: 1 ½ : 7 ½. y 1 : 4 : 4 ambos de la mezcla # 3 no cumplen con dichos requisitos cuyos valores son 26.90 % y 25.13 % respectivamente. Observándose que todos los demás valores para los dos tipos de

todos los demás valores para los dos tipos de cemento sí cumplen con dichos requisitos.

En cuanto al peso volumétrico las unidades que presentan un mayor valor son aquellas que contienen una mayor cantidad de agregado fino variando desde un valor de 1133.13 kg/m^3 hasta 1342.54 kg/m^3 .

4.5.2 MÉTODO MECÁNICO.

Para las unidades fabricadas con este método se obtuvieron mejores resultados de resistencia a la compresión que los fabricados por el método manual; considerando esta condición de antemano se hizo diseños con una menor cantidad de cemento para obtener unidades más económicas.

En la tabla resumen 4.127 que corresponde al tipo de cemento de mampostería Cuscatlán, se observa que en la mayoría de diseños se obtuvo valores aceptables de resistencia a la compresión, determinándose de éstos que los mejores diseños para la mezcla 1 son los que corresponden a la proporción volumétrica $1: 4 \frac{1}{2} : 2: 3 \frac{1}{2}$ (1: 10) cuyo valor de resistencia es de 69.13 kg/cm^2 a los 28 días de edad con un 45.2 % de su resistencia a los 7 días de edad y el diseño $1: 5: 3: 6$ (1: 14) que dio como resultado un valor de 58.51 kg/cm^2 a los 28 días de edad con un 45.0% a los 28 días de edad.

La mezcla 2 muestra como mejores diseños el correspondiente al $1: 7: 3$ (1: 10)

con un valor de resistencia a la compresión de 75.0 kg/cm^2 a los 28 días de edad (47.3% de su resistencia a los 7 días de edad) y el diseño 1: 8: 6 (1: 14) cuyo valor de resistencia es de 63.95 kg/cm^2 a los 28 días de edad (46.2% de su resistencia a los 7 días de edad). Para la mezcla 3 el mejor diseño es el de la relación volumétrica 1: 4: 4 el cual muestra un valor de 71.42 kg/cm^2 a los 28 días (45.2% a los 7 días de edad).

Las unidades fabricadas con cemento ASTM C-1157 muestra mayores valores de resistencia a la compresión ensayados a los 28 días de edad que los fabricados con el cemento de mampostería Cuscatlán (como se observa en la tabla 4.128); para la mezcla 1 los diseños 1: $4 \frac{1}{2}$: $2: 3 \frac{1}{2}$ (1: 10) y 1: 5: 3: 6 (1: 14) dan mejores resultados de resistencia a la compresión con valores de 86.40 kg/cm^2 y 59.22 kg/cm^2 a los 28 días de edad respectivamente (48.4% y 52.0% de su resistencia a los 7 días respectivamente).

Para la mezcla 2 el diseño 1: $5 \frac{1}{2}$: $4 \frac{1}{2}$ (1: 10) presenta un valor de 73.35 kg/cm^2 a los 28 días de edad (46.8% de resistencia a los 7 días de edad) y el diseño 1: 8: 6 (1: 14) cuyo valor de resistencia es de 75.65 kg/cm^2 a los 28 días de edad (45.5% de su resistencia a los 7 días) son los que mejores resultados presentan. Para la mezcla 3 el mejor diseño es el que da un valor de resistencia a la compresión de 79.13 kg/cm^2 a los 28 días (50.5% de su resistencia a los 7 días) que corresponde a la proporción volumétrica de 1: 4: 4.

El módulo de ruptura presenta valores que se consideran aceptables cuyo rango de

valores varía de 12.61 a 22.05 kg/cm² considerando ambos tipos de cemento.

La absorción presenta valores que oscilan entre 14.50 a 20.68% los cuales cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la norma ASTM C-62.

Los menores valores de peso volumétrico se observan en la mezcla 2, es decir en las unidades que están fabricadas únicamente con piedra pómez, arena limosa y cemento, cuyos valores varían de 1144.14 a 1242.58 kg/m³.

CAPITULO V

COMPARACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE ECOLADRILLO Y LADRILLOS DE BARRO COCIDO.

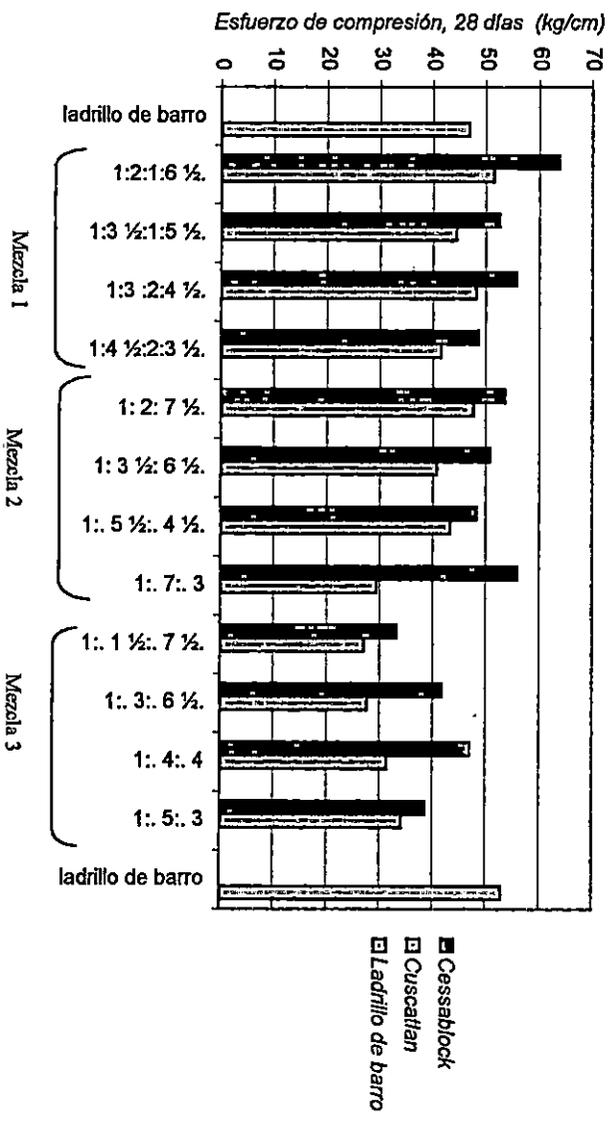
5.1 *COMPARACIÓN TÉCNICA.*

La comparación técnica entre el ladrillo de barro cocido y las unidades de ecoladrillos se hará por medio de gráficos de barra considerando los resultados de las diferentes pruebas de laboratorio realizadas a los ecoladrillos (capítulo IV) y pruebas similares realizadas a ladrillos de barro cocidos (ver resultados en anexo # 5). Los gráficos de barra están diseñados considerando los dos tipos de cemento utilizados en el estudio.

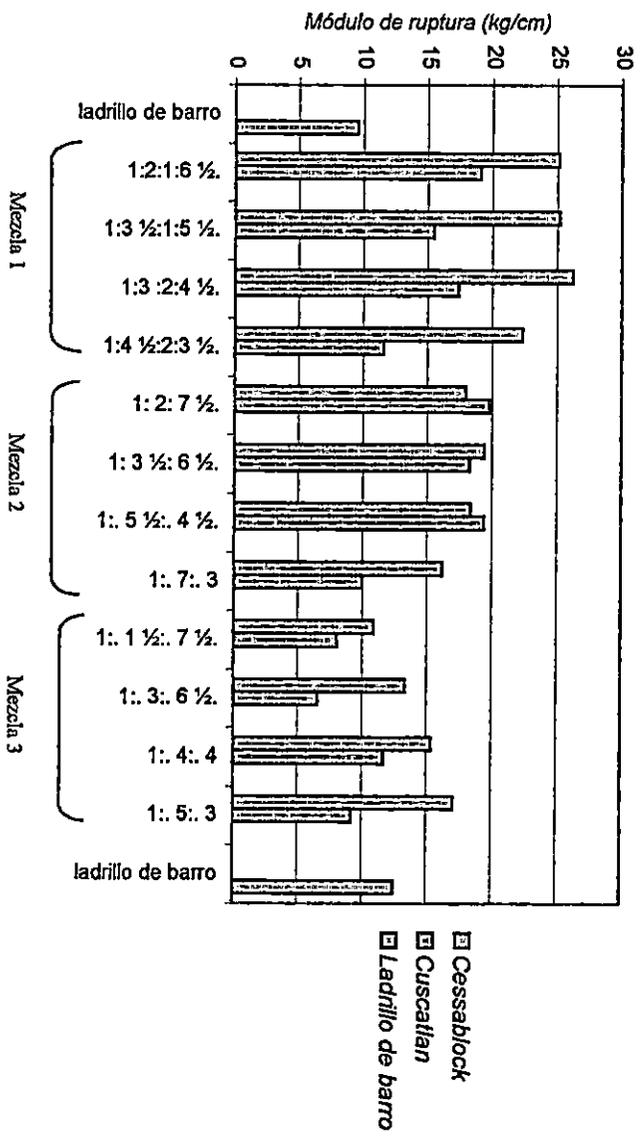
Los gráficos contienen los diferentes diseños de cada mezcla para las unidades de ecoladrillos, comparando éstos con los ladrillos de barro cocidos de los cuales se han tomado su valor máximo y su valor mínimo para cada prueba

Los especímenes de ladrillos de barro ensayados en este estudio, para realizar la comparación, provienen de la ciudad de Armenia; para ello se seleccionaron tres ladrilleras (las cuales tienen una mayor demanda por su producción y calidad de este tipo de ladrillos) y así encontrar un promedio de resultados en las diferentes pruebas.

Método manual.

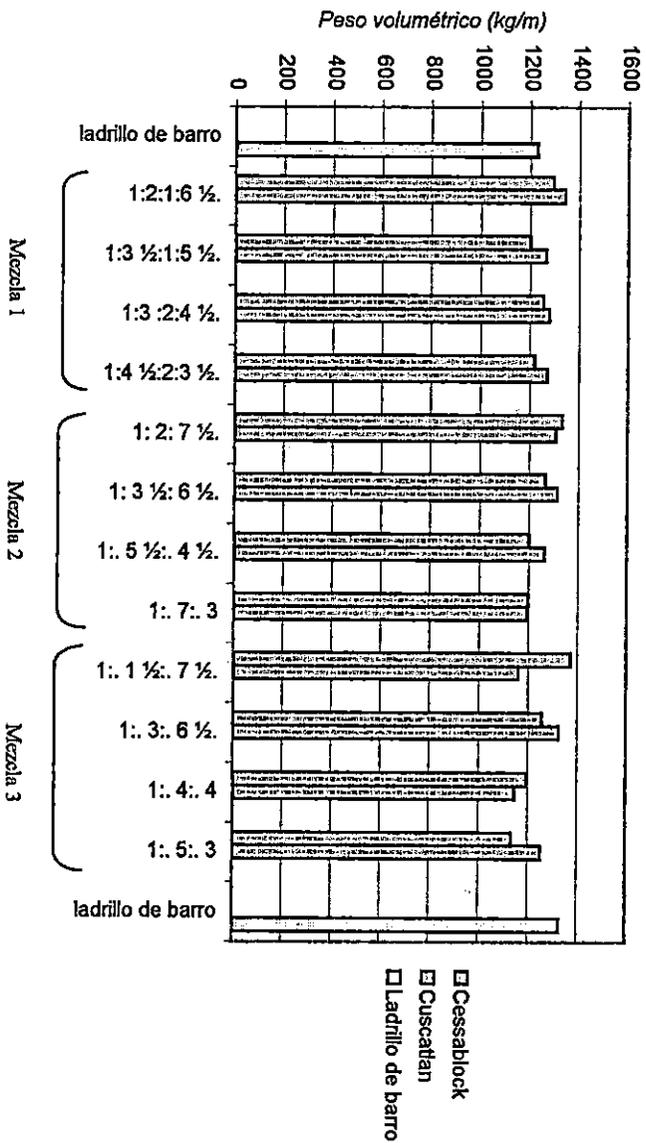


Gráfica 5.1 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.

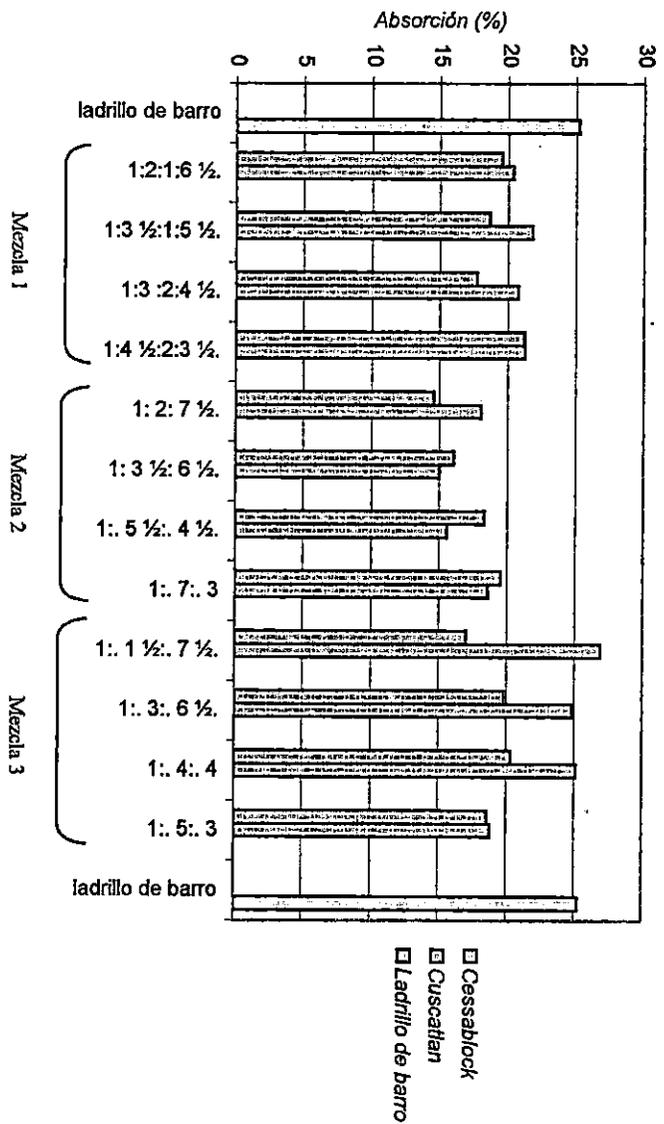


Gráfica 5.2 Módulo de ruptura a los 28 días de edad

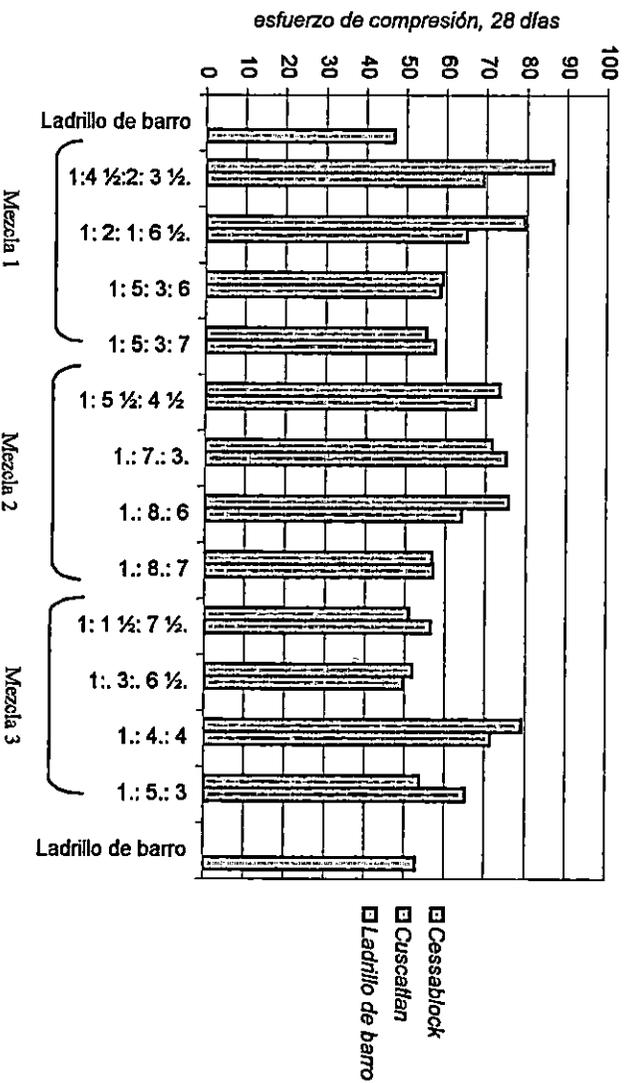
Gráfica 5.4 Peso volumétrico.



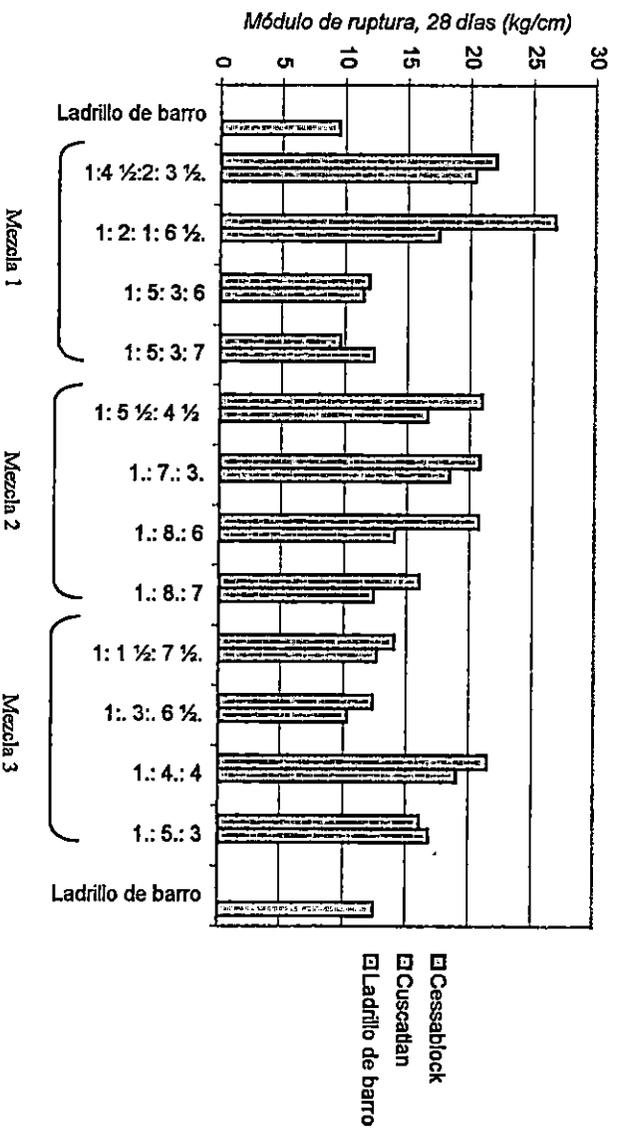
Gráfica 5.3 Porcentaje de Absorción



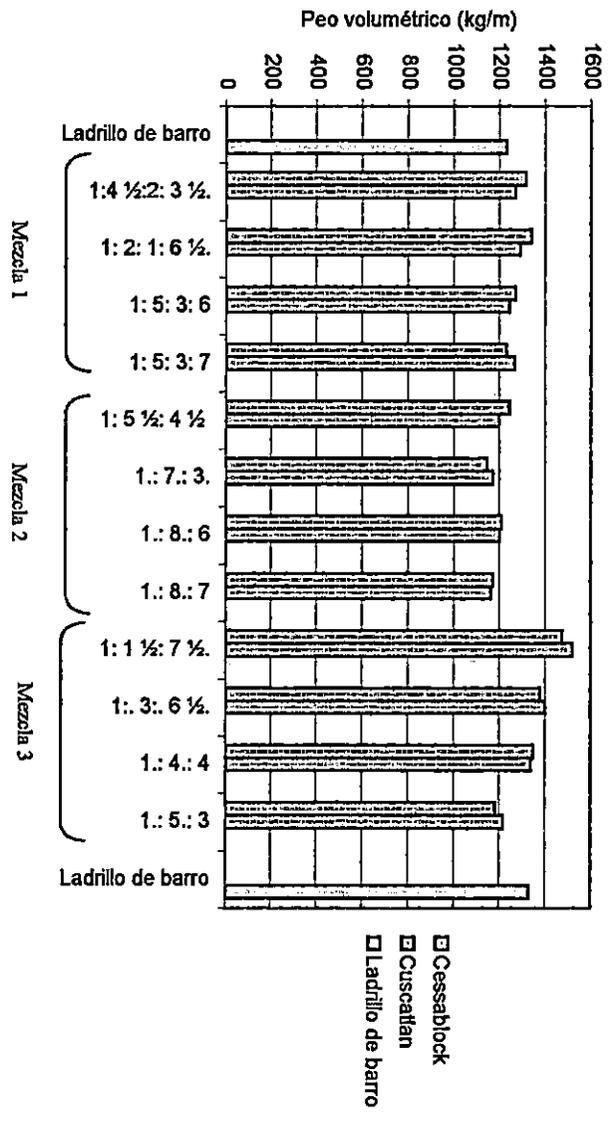
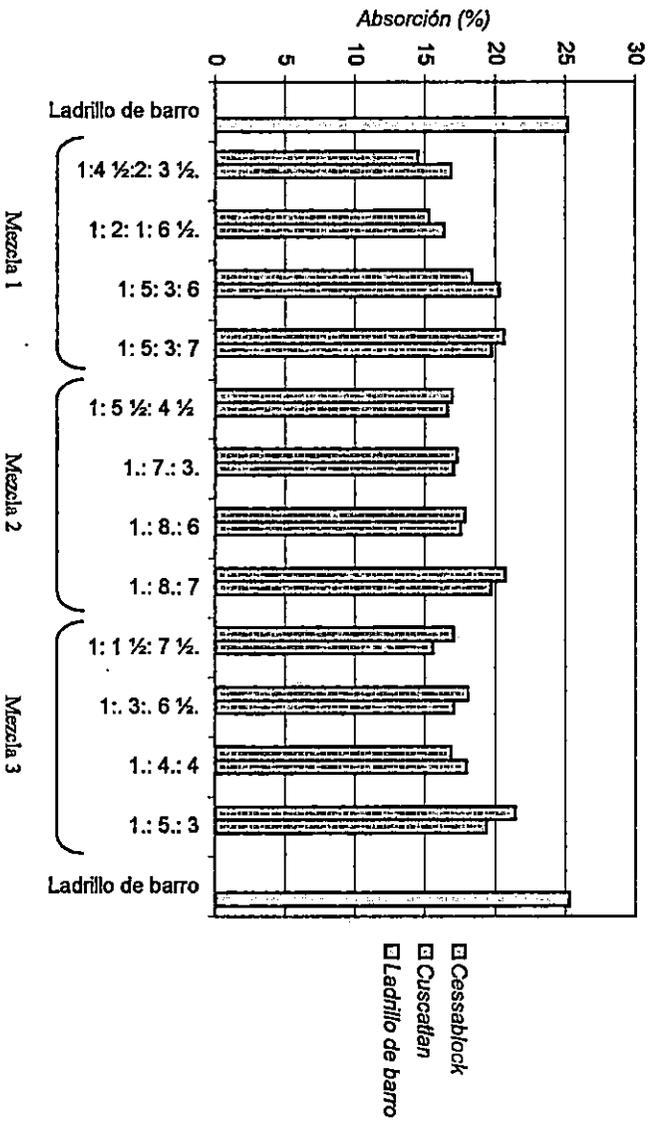
Método mecánico



Gráfica 5.5 Esfuerzo de compresión a los 28 días de edad.



Gráfica 5.6 Módulo de ruptura a los 28 días de edad.



Gráfica 5.8 Peso volumétrico.

Los gráficos de barras 5.1 y 5.5 que representan los resultados de la prueba de compresión simple para el método de fabricación manual y mecánico respectivamente, muestran que los especímenes fabricados con cemento ASTM C-1157 Cessablock dan los mayores valores de resistencia a la compresión, llegándose a obtener un valor máximo de 63.62 kg/cm^2 (diseño 1: 2: 1: 6 ½) para el método manual y un máximo de 86.40 kg/cm^2 (diseño 1: 4 ½: 2: 3 ½) para el método mecánico; comparando estos valores máximos con el valor máximo de resistencia a la compresión del ladrillo de barro, se tienen incrementos de resistencia de 20.4% y 63.5% respectivamente.

Al comparar los especímenes fabricados con cemento de mampostería Cuscatlán y el ladrillo de barro cocido, se observa que éstos dan resultados aceptables solo para aquellos que han sido fabricados por el método mecánico dando un valor máximo de resistencia a la compresión a los 28 días de 75.00 kg/cm^2 (diseño 1: 7: 3) y un incremento de 41.9% respecto al ladrillo de barro.

Los gráficos para módulo de ruptura (5.2 y 5.6) muestran que la mayoría de diseños dieron valores de resistencia a la flexión mayores que los resultados que se obtuvieron del ladrillo de barro cocido; obteniéndose mejores resultados con especímenes fabricados con el cemento ASTM C-1157 Cessablock.

Los valores de absorción (como puede notarse en los gráficos 5.3 y 5.7) son considerablemente más bajos que los resultados obtenidos con el ladrillo de barro cocido

(los cuales no cumplieron con lo establecido en la norma ASTM C-62); también puede observarse que para el método de fabricación manual los menores valores de absorción se obtuvieron con los especímenes fabricados con cemento ASTM C-1157 Cessablock, no así para los fabricados a través del método mecánico ya que en la mayoría de diseños se obtuvieron menores valores de absorción con el cemento de mampostería Cuscatlán.

Muy importante es la comparación de peso volumétrico entre los ecoladrillos y el ladrillo de barro cocido (gráficos 5.4 y 5.8) ya que influye en dos aspectos: el rendimiento de los trabajadores en la obra y el peso total por carga muerta de una estructura; al observarse las gráficas se puede apreciar que en la mayoría de diseños el peso volumétrico de los ecoladrillos es menor o relativamente igual al peso volumétrico de los ladrillos de barro cocido y aún más los especímenes fabricados a través de método mecánico; también puede observarse que hay poca diferencia entre los especímenes fabricados con los dos tipos de cemento.

5.2 *COMPARACIÓN ECONÓMICA.*

La comparación económica se hará tomando en cuenta los resultados de los presupuestos que corresponden a los ladrillos de barro cocido y los ecoladrillos. Estos se han calculado encontrando el costo de los diferentes rubros (materiales, herramientas, equipo y mano de obra) que intervienen en su proceso de fabricación; el costo ha sido deducido para un millar de unidades.

5.2.1 COSTO DE FABRICACIÓN DE ECOLADRILLOS.

Para establecer el costo de fabricación de los ecoladrillos, se deberán encontrar los costos individuales para: materiales, herramientas, equipo y mano de obra. En el análisis del costo de los materiales debe considerarse su transporte desde el lugar donde están establecidos los bancos hasta el lugar de fabricación de las unidades, en nuestro caso la ciudad de Armenia (departamento de Sonsonate).

En este estudio se ha considerado utilizar piedra pómez y arena limosa de un banco ubicado en la población de El Congo (Santa Ana), escoria volcánica de un banco ubicado en el cerro El Cerrito, Quezaltepeque (La Libertad) y la arena utilizada es procedente del Río las Cañas (San Salvador) (ver detalles en el capítulo II)

Materiales.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se encuentra el costo de un metro cúbico de cada material puesto en el lugar de fabricación, así:

Piedra pómez.

Para un camión con capacidad de 6 m^3 el costo de transporte es de $\text{¢ } 300.00$ desde el banco hasta el lugar de fabricación, también se incluye el valor del material en el

banco. Entonces el costo unitario para un metro cúbico de la piedra pómez es:

$$\text{¢}300.00/6\text{m}^3 = \text{¢}50.00/\text{m}^3$$

Arena limosa.

Ya que la arena limosa procede del mismo lugar donde se extrajo la piedra pómez el costo unitario para 1 m³ es de ¢ 50.00 / m³.

Escoria volcánica.

El costo unitario para 1m³ de escoria volcánica se obtiene considerando que el costo de transporte de un camión con capacidad para 6 m³. es de ¢ 350.00, por lo que el costo para 1m³ es de:

$$\text{¢} 350.00/6 \text{ m}^3 = \text{¢}58.33/\text{m}^3$$

Arena.

El transporte de la arena para un camión con capacidad de 6m³ tiene un costo por viaje de ¢450.00, entonces el costo unitario para 1m³ en de:

$$\text{¢}450.00/6\text{m}^3 = \text{¢}75.00 / \text{m}^3.$$

Cemento.

Para encontrar el costo de los dos tipos de cemento utilizados en el estudio se ha considerado el precio por bolsa, que se ofrece en el mercado y tenemos que:

Para cemento Cuscatlán = ¢ 32.50 por bolsa y

Para cemento Cessablock = ¢ 37.50 por bolsa.

Si una bolsa de cemento tiene un volumen de 0.0284 m^3 , entonces el costo unitario por 1 m^3 para el cemento es:

$$\text{Cemento Cuscatlán} = \text{¢ } 32.50 / 0.0284 \text{ m}^3 = \text{¢ } 1144.37 / \text{m}^3$$

$$\text{Cemento Cessablock} = \text{¢ } 37.50 / 0.0284 \text{ m}^3 = \text{¢ } 1320.42 / \text{m}^3$$

Después de haber encontrado los costos unitarios por metro cúbico de cada material, los demás rubros que intervienen en el costo de fabricación de los ecoladrillos, se calculan de acuerdo al método de fabricación empleado.

5.2.1.1 MÉTODO MANUAL.

Mano de obra.

Para una producción de 600 unidades por jornada de 8 horas, se considera la utilización de 3 hombres, estimando un salario individual de ¢ 45.00, entonces el costo

de mano de obra por jornada es de ₡ 135.00. Por lo tanto el costo de mano de obra para la fabricación de los ecoladrillos será de: $\text{₡}135.00/600 \text{ unidades} = \text{₡}0.225/\text{unidad}$; ahora el costo por millar de unidades es de: $\text{₡} 225.00 / \text{millar}$.

Herramientas.

Las herramientas utilizadas por jornadas para el desarrollo del método manual son: 4 gradillas, 2 palas, 2 cucharas de albañil, 1 carretilla, 2 baldes plásticos y 3 pares de guantes de hule.

Para calcular el costo de utilización de herramientas, se considera el precio en el mercado de cada una de ellas y la duración en horas²³. Los cálculos de cada una de las herramientas se muestran en la tabla 5.1, formada por 10 columnas, donde: en la primera columna, se muestra el tipo de herramienta utilizada; en la segunda columna, se presenta el número de herramientas que se han utilizados(según su tipo) por jornada; en la tercera columna, se muestra el precio de cada herramienta; en la cuarta columna se muestra la duración en horas de cada herramienta; en la quinta columna, se presenta el costo por hora de cada herramienta, este resulta de dividir la tercera columna entre la cuarta columna; en la columna seis, se presenta el costo para un sola herramienta por la jornada de 8 horas; en la columna 7, se muestra el costo por jornada de acuerdo al número de herramienta que se han utilizado (resulta de multiplicar la columna dos por

²³ Tablas de rendimientos y duración de herramientas.

la columna seis); en la columna 8 se muestra el costo que implica el uso de herramienta para cada ecoladrillo, esto resulta de dividir la columna 7 entre la producción diaria(600 unidades); en la columna 9 se presenta el costo de herramienta de cada tipo que conlleva la fabricación de un millar de unidades y finalmente; en la columna 10, se presenta el costo(por suma global) que implica el uso de herramientas para fabricar 1000 unidades.

5.2.1.2 MÉTODO MECÁNICO.

En este método se considera adecuado llevar a cabo la producción por lo menos con la participación de 4 hombres, 2 se encargarán de la operación de la máquina y los dos restantes se encargaran de realizar las respectivas mezclas.

También se considera el uso de herramientas y equipo siguiente: 2 palas, 1 carretilla, dos baldes, guantes y la máquina fabricadora de productos de mampostería.

Bajo estas condiciones, se puede obtener una producción mínima de 1200 ecoladrillos por jornada. Considerando lo anterior se puede calcular el costo de cada rubro que implica este proceso y basándose en la producción por jornada de ecoladrillos se puede calcular el costo para un millar.

Tabla 5.1 Costo de herramienta para fabricar un millar de ecoladrillo (método manual)

Tipo Herr.	N° de Herr. / jornada	Precio unitario	Duración (horas)	Costo / horas	Costo / jornada 8 horas	Costo / jornada de acuerdo al N° de Herr.	Costo de Herr. / eco ladrillo	Costo / millar	Suma global / millar
Pala	2	¢37.00	575	¢0.06	¢0.48	¢0.96	$¢1.6 \times 10^{-3}$	¢1.60	¢11.85
Cuchara de albañil	2	¢55.00	575	¢0.10	¢0.8	¢1.60	$¢2.67 \times 10^{-3}$	¢2.67	
Gradillas	4	¢100.00	5000	¢0.02	¢0.16	¢0.64	$¢1.07 \times 10^{-3}$	¢1.07	
Carretilla	1	¢240.00	750	¢0.32	¢2.56	¢2.56	$¢4.27 \times 10^{-3}$	¢4.27	
Baldes	2	¢12.00	250	¢0.048	¢0.0384	¢0.77	$¢1.28 \times 10^{-3}$	¢1.28	
Guantes	3	¢6.00	250	¢0.024	¢0.19	¢0.58	$¢9.6 \times 10^{-4}$	¢0.96	

Mano de obra.

Para calcular el costo de la mano de obra por jornada, se ha estimado un salario de ¢ 45.00 por persona y considerando la utilización de 4 personas, el costo de mano de obra por jornada será de ¢180.00 bajo esta condición y con una producción de 1200 ecoladrillos; la incidencia de este rubro en el costo de cada ecoladrillo será:

$$¢ 180.00 / 1200 \text{ ecoladrillo} = ¢ 0.15 / \text{ecoladrillos y}$$

$$¢150.00 / \text{millar.}$$

Herramientas.

El costo por el uso de herramienta en el método mecánico se puede obtener de la tabla 5.1; dando un resultado de suma global igual a ¢ 4.05/millar.

Equipo.

El costo de utilización de máquina se obtiene en base su valor de depreciación, el cual se calcula considerando su precio en el mercado y el respectivo porcentaje de depreciación por cada año, y la producción anual estimada de la máquina.

Considerando una producción diaria de 1200 unidades, se obtiene una producción anual de 372000 unidades aproximadamente, si el precio de la máquina en el mercado

es de ¢ 29030.6 y su respectivo porcentaje de depreciación por año es de 20 % (considerando 5 años de vida útil), entonces:

$$\text{Depreciación} = \text{¢ } 29030.60 \times 20\% / 100\% = \text{¢ } 5806.12/\text{año}$$

Así, la incidencia de la depreciación de la máquina en el costo unitario de cada ecoladrillos es:

$$\text{¢ } 5806.12 / 372000 \text{ ecoladrillos} = \text{¢ } 0.016/\text{ecoladrillo y}$$

$$\text{¢ } 16.00 / \text{millar}$$

Gasto de electricidad.

Para estimar el cálculo en el consumo de energía eléctrica, se parte de conocer la potencia del motor que posee la máquina vibradora utilizada; para una máquina Vibrok del tipo B 1000 la potencia es de 1.5 H.P., equivalente a 1.12 kilovatios (1kilovatio = 1.341 H.P.) La tarifa actual de 1 kilovatio – hora, tiene un valor de ¢ 0.75. Tomando en cuenta que cada 4 ecoladrillos requieren un tiempo de vibrado de 15 segundos aproximadamente, entonces corresponde 3.75 segundos para cada ecoladrillo y así, el costo de utilización de la energía eléctrica en la hechura de cada ecoladrillo es:

$$\text{¢ } 0.75 \times 1.12 \times 3.75 / 3600 \text{ segundos} = \text{¢ } 8.75 \times 10^{-4} / \text{ecoladrillo y}$$

¢ 0.88/ millar.

Los resultados obtenidos para cada rubro, se representan en la tabla 5.2 (método manual) y en la tabla 5.3 (método mecánico), donde: en la primer columna, aparece el rubro que interviene en el proceso; en la segunda columna, aparece la medida unitaria en cada rubro y finalmente; en la tercera columna, aparece el costo unitario.

Los 6 primeros rubros se han dejado en forma generalizada, analizando el costo para un metro cúbico de cada material ya que varia la proporción de un diseño a otro, mientras tanto, los otros cuatro rubros se han calculado en suma global para cada millar de ecoladrillo (según el método) ya que son constantes, indiferentemente del diseño que se realice.

Tabla 5.2 Costo unitario de los rubros que intervienen en la fabricación de los ecoladrillos (método manual)

RUBROS	UNIDAD	COSTO UNITARIO (¢)
Piedra pómez	m ³	50.00
Escoria volcánica	m ³	58.33
Arena limosa	m ³	50.00
Arena	m ³	75.00
Cemento de mampostería	m ³	1144.37
Cemento ASTM C - 1157	m ³	1320.42
Mano de obra	Suma global/millar	225.00
Herramientas	Suma global/millar	11.85

Tabla 5.3 Costo unitario de los rubros que intervienen en la fabricación de los ecoladrillos (método mecánico)

RUBROS	UNIDAD	COSTO UNITARIO (¢)
Piedra pómez	m ³	50.00
Escoria volcánica	m ³	58.33
Arena limosa	m ³	50.00
Arena	m ³	75.00
Cemento de mampostería	m ³	1144.37
Cemento ASTM C - 1157	m ³	1320.42
Mano de obra	Suma global/millar	150.00
Herramientas	Suma global/millar	4.05
Depreciación de la máquina	Suma global/millar	16.00
Electricidad	Suma global/millar	0.88

Habiendo encontrado el costo unitario de los rubros que intervienen en cada método de fabricación, se puede calcular el costo unitario de fabricación por millar de ecoladrillos, considerando la proporción de los materiales en los diferentes diseños de cada mezcla.

Los valores obtenidos de esta manera, se han ordenado en las tablas 5.4 y 5.5, para el método manual; Las cuales comprenden de 7 columnas, donde: la primera muestra el tipo de mezcla; la segunda muestra los respectivos diseños de mezcla; en la tercera se presenta la cantidad de unidades que se fabrican con una bolsa de cemento; en la cuarta, se presenta el costo global de los materiales de cada volumen de mezcla para fabricar un millar de unidades; en la quinta columna se muestra el valor constante que resulta de

sumar el gasto de herramienta; en la sexta columna se presenta el costo de mano de obra que involucra la fabricación de cada millar de ecoladrillos y finalmente, en la columna séptima aparece el costo de fabricación de cada millar de unidades, este resulta de sumar las columnas 4, 5 y 6 para cada uno de los diseños y en las tablas 5.6 y 5.7, para el método mecánico las cuales incluyen la depreciación de la máquina y los gastos por electricidad.

Para ilustrar el diseño de cálculo de los datos de las tablas 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7; se muestra un ejemplo numérico del costo por cada millar de ecoladrillos fabricados. Este corresponde al diseño # 3 de la mezcla # 2, en el cual intervienen: cemento, piedra pómez y arena limosa en las proporciones volumétricas siguientes:

1: 5: 4, para el método manual y en proporción 1: 8: 6, para el método mecánico.

Para calcular el volumen de los materiales, se toma como base el volumen de una parte de cemento, el volumen de la piedra pómez y arena limosa se calcula según la proporción correspondiente respecto del cemento. Este análisis se realiza para unidades fabricadas con el tipo de cemento de mampostería cuscatlán.

5.2.1.3 EJEMPLO NUMÉRICO.

- *MÉTODO MANUAL.*

Mezcla # 2, diseño # 3 (1: 5 ½: 4 ½)

Costo de material.

Cemento: 1 parte

$$\text{Cantidad de cemento} = 1 \text{ bolsa} = 0.0284 \text{ m}^3$$

Piedra pómez: 5 ½ partes

$$\text{Cantidad de piedra pómez} = 5 \frac{1}{2} \times 0.0284 \text{ m}^3 = 0.1562 \text{ m}^3$$

Arena limosa: 4 ½ partes

$$\text{Cantidad de arena limosa} = 4 \frac{1}{2} \times 0.0284 \text{ m}^3 = 0.1278 \text{ m}^3$$

Cantidad de ecoladrillos fabricados

$$= 84 \text{ unidades}$$

Precio de materiales.

$$\text{Cemento} = 0.0284 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 1144.37/\text{m}^3 = \text{¢ } 32.50$$

$$\text{Piedra pómez} = 0.1562 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 50.00/\text{m}^3 = \text{¢ } 7.81$$

$$\text{Arena limosa} = 0.1278 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 50.00/\text{m}^3 = \text{¢ } 6.39$$

$$\text{Total costo} = \text{¢ } 46.70$$

Entonces:

$$\text{Costo / ecoladrillo} = \text{¢ } 46.70 / 84 = \text{¢ } 0.555$$

$$\text{Costo / millar} = \text{¢ } 0.555 \times 1000 = \text{¢ } 555.95/\text{millar.}$$

Costo de herramientas (de tabla 5.2) :

$$\text{Suma global / millar} = \text{¢ } 11.85$$

Costo de mano de obra (de tabla 5.2):

Suma global / millar = ¢ 225.00

Costo total.

Costo total / millar = ¢ 555.95 + ¢ 11.85 + ¢ 225.00

Costo total / millar = ¢ 792.80 / millar.

▪ *MÉTODO MECANICO.*

Mezcla # 2, diseño # 3 (1: 8: 6)

Costo de material.

Cemento: 1 parte.

Cantidad de cemento = 1 bolsa = 0.0284 m³

Piedra pómez: 8 partes.

Cantidad de piedra pómez = 8 x 0.0284 m³ = 0.2272m³

Arena limosa 6 partes.

Cantidad de arena limosa = 6 x 0.0284 m³ = 0.1704 m³

Cantidad de ecoladrillos fabricados:

= 108. unidades

Precio de materiales para un metro cúbico:

Cemento = ¢ 1144.37 /m³

Piedra pómez = ¢ 50.00 / m³

Arena limosa = ¢ 50.00 / m³

Precio de materiales para la cantidad respectiva.

$$\text{Cemento} = 0.0284 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 1144.37 / \text{m}^3 = \text{¢ } 32.50$$

$$\text{Piedra pómez} = 0.2272 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 50.00 / \text{m}^3 = \text{¢ } 11.36$$

$$\text{Arena limosa} = 0.1704 \text{ m}^3 \times \text{¢ } 50.00 / \text{m}^3 = \text{¢ } 8.52$$

$$\text{Total costo} = \text{¢ } 52.38$$

Entonces:

$$\text{Costo / ecoladrillos} = \text{¢ } 52.38 / 108 \text{ ecoladrillo} = \text{¢ } 0.485 / \text{ ecol.}$$

$$\text{Costo / millar} = \text{¢ } 0.485 \times 1000 = \text{¢ } 485.00 / \text{ millar.}$$

Costo de herramientas (de tabla 5.3):

$$\text{Suma global / millar} = \text{¢ } 4.05$$

Depreciación de la máquina

$$\text{Total / millar} = \text{¢ } 16.000$$

Gasto por consumo de electricidad:

$$\text{Total / millar} = \text{¢ } 0.88$$

Mano de obra (de tabla 5.3):

$$\text{Total / millar} = \text{¢ } 150.00$$

Costo total:

$$\text{Costo total / millar ecol.} = \text{¢ } 485 + \text{¢ } 4.05 + \text{¢ } 16.00 + \text{¢ } 0.88 + \text{¢ } 150.00$$

$$\text{Costo total / millar ecol} = \text{¢ } 655.93 / \text{ millar.}$$

5.2.1.4 TABLAS RESUMEN DEL COSTO DE LAS UNIDADES POR MILLAR

Tabla 5.4 Costo por millar de ecoladrillos, cemento de mampostería Cuscatlán (método manual)

Mezcla	Diseño	Unidades / bolsa	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Total
1	1: 2: 1: 6 ½	78	¢592.62	¢225.00	¢11.85	¢829.47
	1: 3: 1: 5 ½	82	¢572.40	¢225.00	¢11.85	¢809.25
	1: 3: 2: 4 ½	84	¢553.13	¢225.00	¢11.85	¢789.98
	1: 4: 2: 3 ½	85	¢554.98	¢225.00	¢11.85	¢791.83
2	1: 2: 7 ½	78	¢586.62	¢225.00	¢11.85	¢823.47
	1: 3: 6 ½	82	¢562.63	¢225.00	¢11.85	¢799.48
	1: 5: 4 ½	84	¢555.95	¢225.00	¢11.85	¢792.80
	1: 7: 3	85	¢549.41	¢225.00	¢11.85	¢786.26
3	1: 1: 7 ½	84	¢623.56	¢225.00	¢11.85	¢860.41
	1: 3: 6 ½	84	¢620.75	¢225.00	¢11.85	¢857.60
	1: 4: 4	64	¢744.47	¢225.00	¢11.85	¢981.32
	1: 5: 3	64	¢729.68	¢225.00	¢11.85	¢966.53

Tabla 5.5 Costo por millar de ecoladrillos, cemento ASTM C-1157 cessablock (método manual)

Mezcla	Diseño	Unidades / bolsa	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Total
1	1: 2: 1: 6 ½	78	¢656.75	¢225.00	¢11.85	¢893.60
	1: 3: 1: 5 ½	82	¢633.37	¢225.00	¢11.85	¢870.22
	1: 3: 2: 4 ½	84	¢612.66	¢225.00	¢11.85	¢849.51
	1: 4: 2: 3 ½	85	¢613.80	¢225.00	¢11.85	¢850.65
2	1: 2: 7 ½	78	¢653.72	¢225.00	¢11.85	¢890.57
	1: 3: 6 ½	82	¢627.60	¢225.00	¢11.85	¢864.45
	1: 5: 4 ½	84	¢615.48	¢225.00	¢11.85	¢852.33
	1: 7: 3	85	¢608.23	¢225.00	¢11.85	¢845.08
3	1: 1: 7 ½	84	¢683.09	¢225.00	¢11.85	¢919.94
	1: 3: 6 ½	84	¢680.27	¢225.00	¢11.85	¢917.12
	1: 4: 4	64	¢822.60	¢225.00	¢11.85	¢1,059.45
	1: 5: 3	64	¢807.81	¢225.00	¢11.85	¢1,044.66

Tabla 5.6 Costo por millar de ecoladrillos, cemento de mampostería Cuscatlán (método mecánico)

Mezcla	Diseño	Unidades /bolsa	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Máquina	Electricidad	Total
1	1: 4: 2: 3 ½	84	¢561.59	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢732.52
	1: 2: 1: 6 ½	84	¢550.32	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢721.25
	1: 5: 3: 6	108	¢491.57	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢662.50
	1: 5: 3: 7	115	¢474.00	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢644.93
2	1:5 ½: 4 ½	83	¢562.65	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢733.58
	1: 7: 3	83	¢562.65	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢733.58
	1: 8: 6	108	¢485.00	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢655.93
	1: 8: 7	115	¢467.83	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢638.76
3	1: 1: 7 ½	84	¢623.56	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢794.49
	1: 3: 6 ½	84	¢620.75	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢791.68
	1: 4: 4	65	¢733.02	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢903.95
	1: 5: 3	65	¢718.46	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢889.39

Tabla 5.7 Costo por millar de ecoladrillos, cemento ASTM C-1157 cessablock (método mecánico)

Mezcla	Diseño	Unidades /bolsa	Materiales	Mano de obra	Herramientas	Máquina	Electricidad	Total
1	1: 4: 2: 3 ½	84	¢621.11	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢792.04
	1: 2: 1: 6 ½	84	¢609.84	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢780.77
	1: 5: 3: 6	108	¢537.87	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢708.80
	1: 5: 3: 7	115	¢517.48	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢688.41
2	1:5 ½: 4 ½	83	¢622.89	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢793.82
	1: 7: 3	83	¢622.89	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢793.82
	1: 8: 6	108	¢531.30	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢702.23
	1: 8: 7	115	¢511.30	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢682.23
3	1: 1: 7 ½	84	¢683.08	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢854.01
	1: 3: 6 ½	84	¢680.27	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢851.20
	1: 4: 4	65	¢809.94	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢980.87
	1: 5: 3	65	¢795.38	¢150.00	¢4.05	¢16.00	¢0.88	¢966.31

5.2.2 COSTO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO DE BARRO COCIDO

Para encontrar este costo se realizó una encuesta a ladrilleros de la ciudad de Armenia (departamento de Sonsonate) por ser esta ciudad una de las más productoras de ladrillos de barro cocido de forma artesanal y por que el costo de fabricación de las unidades de ecoladrillos se hizo considerando la zona de dicha ciudad.

La encuesta se realizó a 5 ladrilleras para tomar así un promedio de los costos individuales correspondientes a materiales, mano de obra (las herramientas, por lo general son propiedad de los operarios por lo que su costo va incluido en el costo de mano de obra) y la leña que se utiliza para quemar el ladrillo.

A continuación se presenta la encuesta realizada a las ladrilleras seleccionadas:

- 1- ¿Qué clase de materiales se usan en la fabricación del ladrillo de barro cocido?
- 2- ¿Cuánto cuesta el transporte de los materiales?
- 3- ¿Cuál es el costo de mano de obra por millar moldeado?
- 4- ¿Cuál es costo de mano de obra por millar quemado?
- 5- ¿Cuál es la capacidad de horno?
- 6- ¿Cuánto es el tiempo de quemado?

- 7- ¿Qué cantidad de leña (en pantes) se utiliza por hornada y cuál es el costo de cada pante?
- 8- ¿Cuántas unidades se fabrican por camionada (6 m^3)

5.2.2.1 CÁLCULO DE COSTO DE FABRICACIÓN DEL LADRILLO DE BARRO COCIDO

- Mano de obra

- Hechura

El costo de mano de obra es de $\text{¢}120.00/\text{millar}$ (promedio de las 5 ladrilleras), el cual solo incluye la fabricación, levantamiento, apilado y secado de las unidades.

- Quemado

Para el quemado se tiene un promedio de $\text{¢}45.00/\text{millar}$ de las 5 ladrilleras encuestadas que incluye el traslado y acomodo de los ladrillos en el horno, colocación de la leña y quemado posterior; entonces:

Costo total de mano de obra = costo de hechura + costo de quemado

Costo total de mano de obra = $\text{¢}120.00/\text{millar} + \text{¢}45.00/\text{millar}$

Costo total de mano de obra = ¢165.00/millar

- Materiales

Para fabricar 1000 unidades de ladrillos se utilizan como promedio 6m^3 de material (lo que equivale a 1 camionada), la cual incluye 50% de tierra blanca y 50% de barro o 75% de tierra blanca y 25% de barro. Por lo general y en el caso de las 5 ladrilleras encuestadas el material es transportado hasta el lugar de fabricación, entonces:

Costo de transporte por camionada (6m^3) es ¢200.00, ya que para fabricar 1000 unidades se utilizan 6m^3 de material el costo de los materiales es de ¢200.00/millar.

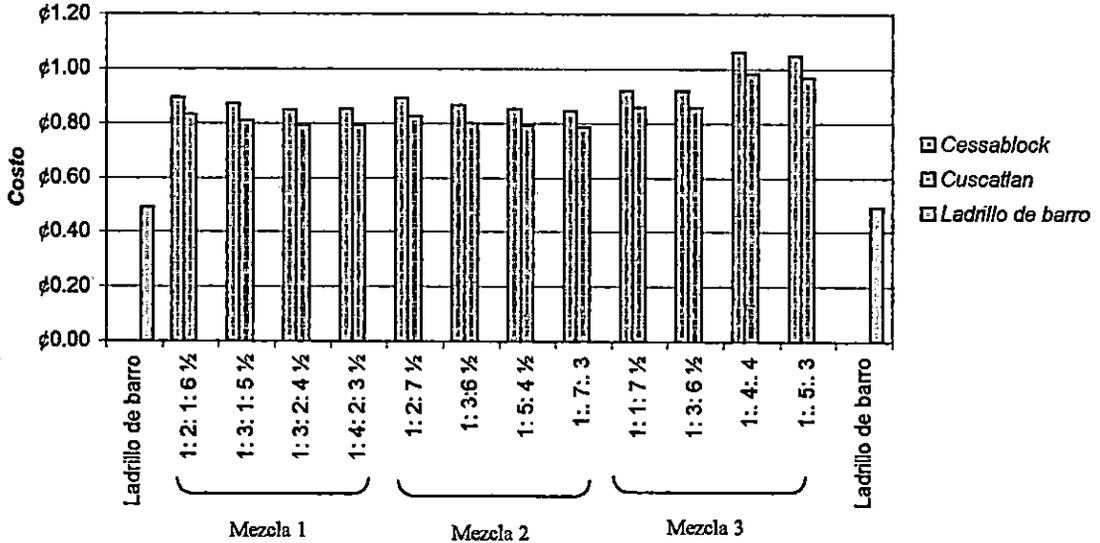
- Leña

La capacidad de los hornos en promedio de las 5 ladrilleras encuestadas es de 18000 ladrillos / hornada y si se utilizan 8 pantes de leña por hornada, entonces para quemar 1000 ladrillos se utilizarán 0.45 pantes de leña / millar; si cada pante de leña cuesta ¢275.00, tenemos:

Costo de leña = $0.45 * \text{¢}275.00$

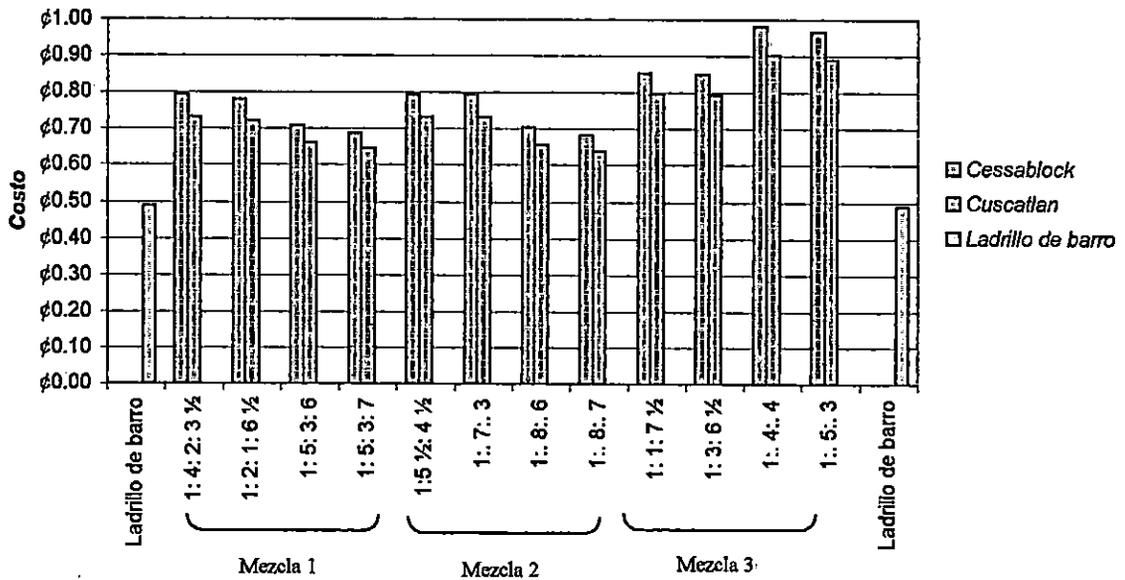
Costo de leña = ¢123.75/millar.

Método manual



Gráfica 5.9 Costo unitario de las unidades.

Método mecánico



Gráfica 5.10 Costo unitario de las unidades.

Luego, el costo total de fabricación del ladrillo de barro por millar de unidades será:

Costo total de fabricación = costo total de mano de obra + costo total de materiales
+ costo total de leña.

Costo total de fabricación = ¢165.00/millar + ¢200.00/millar + ¢123.75.00/millar

Costo total de fabricación = ¢488.75/millar

A este costo de fabricación no se le incluye el costo por gasto de herramientas, construcción, mantenimiento y depreciación del horno; así como también no se incluye los costos por daños al medio ambiente provocado por las ladrilleras en dos fases; la primera por deforestación y la segunda por contaminación de la atmósfera, éste por ser un costo intangible no es posible calcularlo fácilmente ya que esto implicaría un estudio mucho más profundo.

La comparación de costos de producción del ladrillo de barro cocido y los ecoladrillos se hará, al igual que la comparación técnica, por medio de gráficos de barras considerando los costos de los dos tipos de ladrillos.

Los costos de fabricación de los ecoladrillo y los ladrillo de barro cocido representados en las gráficas 5.9 y 5.10, correspondiente al método manual y mecánico respectivamente, muestran que las unidades de ecoladrillo tienen un costo de fabricación mayor que los correspondientes a los ladrillo de barro; esto debido a la utilización del cemento como aglutinante de los agregados y además porque hay un incremento en el costo del transporte de los materiales de $\text{¢}16.70/\text{m}^3$ llegando a incrementar el costo de fabricación para un millar de ecoladrillos en $\text{¢}61.33$ (en el diseño 1: 8: 6) el cual se evitaría si los materiales se obtienen de lugares cercanos a la fábrica. Si se hace una comparación entre las unidades fabricadas con cemento de mampostería Cuscatlán y cemento ASTM C-1157 Cessablock se puede apreciar un incremento en el costo para las unidades fabricas con el cemento Cessablock ya que este tipo de cemento posee un mayor precio de venta en el mercado.

Se observa además una diferencia de costos entre los dos métodos de fabricación, dando mayores valores las unidades fabricadas a través del método manual como consecuencia de tener un menor rendimiento en su producción.

Al hacer una comparación de costo para ambos método de fabricación de ecoladrillo con los costos de fabricación de ladrillo de barro cocido se nota que para el método manual se tienen valores de 116.8 % y 60.9 % para los valores máximo y mínimos respectivamente, e incrementos de 97.8 % y 30.7 % en los fabricados por el método mecánico.

Los valores máximos corresponden a los especímenes fabricados con cemento ASTM C- 1157 y los valores mínimos para el tipo de cemento de mampostería.

Haciendo la comparación con los costos de fabricación obtenidos para los ecoladrillos y los ladrillos de barro cocidos, ésta no es del todo justa ya que como se mencionó anteriormente para el cálculo del costo de fabricación de los ladrillos de barro no se han considerado algunos costos con lo cual se incrementaría su valor.

También otro factor que altera es el costo de transporte de los materiales, el cual tiene un valor mayor para los ecoladrillos aumentando $\text{¢}16.67 / \text{m}^3$ respecto con los ladrillos de barro cocido, ocasionado un incremento de $\text{¢}61.40$ por cada 1000 unidades fabricadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Después de haber realizado la investigación y haber analizado detenidamente los resultados obtenidos de los ensayos realizados durante el desarrollo de la misma se concluye lo siguiente:

Tomando en cuenta aspectos técnicos y económicos se ha determinado como mezcla óptima aquella que corresponde a la mezcla # 2, que está compuesta por los materiales: Cemento + piedra pómez + arena limosa; ya que al hacer una comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas a los especímenes (compresión simple, flexión, absorción y peso volumétrico) se observa que la mezcla # 2 produce los mejores resultados (ver tablas resumen 4.127 y 4.128) y presenta los menores costos de fabricación respecto a las demás mezclas.

Dentro de esta mezcla se determina como diseño óptimo, el correspondiente a la proporción volumétrica 1: 8: 6 por ser éste el que presenta un menor costo de fabricación, comparándolo con los demás diseños de dicha mezcla y además por poseer propiedades mecánicas y físicas mejores que el ladrillo de barro cocido; presentando las características siguientes:

Resistencia a la compresión a los 28 días: 75.65 kg/cm²

Resistencia a la flexión a los 28 días: 20.73 kg/cm²

Porcentaje de absorción: 17.85 %

Peso volumétrico: 1207.63 kg/m³

Unidades / bolsa: 108

Costo de fabricación: ₡702.23/millar

Se ha determinado el uso del tipo de cemento ASTM C – 1157 como mejor alternativa de fabricación dado que al elaborar especímenes, éstos muestran una mayor consistencia a edades tempranas (principalmente en sus aristas) y esto proporciona una mejor manejabilidad de las unidades; otra característica que este tipo de cemento presenta es que por ser mezclado con puzolana puede llegar a ganar resistencia a edades posteriores de los 28 días; esto se comprueba al realizar las pruebas de compresión simple a la edad de 90 días en muestras fabricadas con los diseños de la mezcla 2 (ver anexo 6) con lo cual se obtuvieron ganancias de resistencia significativas superando la resistencia obtenida a los 28 días de edad en 21.51 % para el diseño 1 (1:5 ½ :4 ½), 20.1 % para el diseño 2 (1: 7: 3), 9.73 % par el diseño 3 (1: 8: 6) y 14.62 % para el diseño 4 (1: 8: 7).

Entre los métodos de fabricación de unidades el que presenta los mejores condiciones es el método mecánico ya que con él se obtiene una mayor eficiencia durante la producción llegándose a fabricar 1200 unidades por jornada (de acuerdo a

nuestra experiencia), no así con el método manual el cual presenta más dificultad en la producción obteniéndose producciones menores por día (600 unidades).

También durante la elaboración de las unidades a través del método mecánico se llega a obtener una buena distribución de las partículas de la mezcla dando como resultado mayores valores de resistencia a la compresión en los especímenes, uniformidad en los resultados y una mejor apariencia en sus caras.

Al hacer una comparación técnica y económica entre la mezcla óptima y los ladrillos de barro cocido, puede concluirse que:

- Existe ventajas técnicas para las unidades de ecoladrillos, dando mayores valores de resistencia a la compresión y menores valores de absorción como parámetros más importantes.
- El proceso de fabricación escogido (método de fabricación mecánico) es más eficiente ya que se llega a tener una mayor producción de unidades y además es considerado un proceso limpio, ya que durante su fabricación no se daña al medio ambiente; no así el proceso de fabricación del ladrillo de barro que necesita quemarse en hornos artesanales cuyo combustible se obtiene de la quema de leña, para llegar a obtener su resistencia.

- Logra obtener una calidad homogénea para los ecoladrillos en cuanto a resistencia y apariencia de sus caras; en cambio para los ladrillos de barro cocido estas características varían según los lugares de producción y la calidad de los materiales empleados.
- El peso volumétrico obtenido para los ecoladrillos, es relativamente menor al peso volumétrico de los ladrillos de barro cocido.
- Los ecoladrillos presentan un mayor costo de producción que los costos correspondientes a los ladrillos de barro cocido, esto debido principalmente a la utilización de cemento como aglutinante y la utilización de maquinaria en su proceso de fabricación; pero se debe tomar en cuenta que para los ladrillos de barro cocido no se considera el costo por daños al medio ambiente lo cual vendría a aumentar su costo de producción.

En vista de no contar con normas específicas para determinar la calidad de las unidades de ecoladrillos, se ha tomado como parámetro la comparación de éstos con los ladrillos de barro cocido y las normas ASTM se han utilizado para seguir los procedimientos del desarrollo de las diferentes pruebas de laboratorio.

6.2 RECOMENDACIONES.

En el proceso de fabricación de este tipo de ladrillo (ecoladrillo), no se produce los efectos negativos que se generan en el proceso de fabricación de los ladrillos de barro cocido al utilizar leña como combustible para su quemado produciendo deforestación y contaminación a la atmósfera trayendo como consecuencia efectos dañinos al medio ambiente y en la salud de las personas cercanas a los lugares de producción; es por ello, que se hace recomendable promover la fabricación de los ecoladrillos como alternativa de trabajo a los fabricantes de ladrillo de barro y su utilización en la industria de la construcción.

Se recomienda el uso del cemento ASTM C - 1157 para obtener unidades con mejores resistencias a edades tempranas para poder ser manipulados sin deteriorar sus aristas. Pero si se requieren unidades más económicas es recomendable el uso del cemento de mampostería; siendo necesario proporcionar un mayor tiempo para su manipulación.

Para reducir costos en la fabricación de los ecoladrillos, es necesario ubicar los lugares de fabricación cerca de los bancos de acopio, y con ello minimizar el costo del transporte de los materiales.

Para llegar a obtener parámetros más completos de comparación entre los ecoladrillos y ladrillos de barro cocido es recomendable darle un seguimiento a esta investigación para determinar cómo es el comportamiento estructural de los ecoladrillos

en paredes de carga y de relleno, así como también investigar la adherencia de las unidades con el mortero tanto en juntas como en repellos; también se pueden investigar otras combinaciones de materiales con el objeto de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los ecoladrillos además probar con otros tipos de cemento para reducir los costos de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Miguel Ángel Anaya y otros. (1993). Elaboración de bloques de concreto ligero de pómez para vivienda de bajos costos. FIA. UES.
- Joaquín A. Hernández Ramírez. (1980). Estudio Técnico- financiero de Bloques para Pared. Tesis. Facultad de Ingeniería. UCA.
- René Adelio Láinez Guevara y otros.(1994). Impacto Ambiental Producido por Ladrilleras Ubicadas en el Área de Armenia año 1994. Facultad de Química y Farmacia. UES.
- Angélica María Herrera. Manual de Construcción de Mampostería de Concreto. Instituto Colombiano de Productores de Concreto (ICPC)
- Ing. Enrique Edgardo Melara. (1999). Revista del Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto (ISCYC). San Salvador, Septiembre de 1999.
- Minerales no metálicos, Rocas y Suelo de Uso Industrial en La Republica de El Salvador, Reporte Final (1971 - 1973), Centro de Investigaciones Geotécnicas

- Evaluación de los depósitos de Pómez, Finca El Limón, Coatepeque, Programa de Recursos Mineros PE - 42, Centro de Investigaciones Geotécnicas, San Salvador, Septiembre de 1979.
- El Estado Presente y Futuro de la Producción y Consumo de Leña en El Salvador. Modesto Juárez. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El Salvador. Octubre de 1992.
- Juan Carlos Flores Resino y otros. (1995). Diseños de losetas prefabricadas utilizando concreto reforzado de peso ligero. Trabajo de graduación. Facultad Ingeniería y Arquitectura. UES.
- Beatriz Eugenia Alvarenga y otros. (1994). Investigación y análisis de Mezclas con diferentes tipos de agregados para la elaboración de concretos ligeros. Tesis. UAE.
- II congreso Nacional de Ingeniería. Septiembre 4 - 5, 1972. San Salvador, ASIA; tomo I y II.
- Cuarto Congreso Nacional de Ingeniería. Septiembre 18 - 23 de 1978. San Salvador, ASIA Tomo I.

- José Adán Cuadra Cuadra S.J. (1988). Resistencia de la Mampostería a Base de Ladrillo Sólido de Barro Cocido. Tesis. UCA.
- Instituto Colombiano de productos de cemento – ICPC. (1991) Fabricación de Bloques de Concreto. Natas técnicas 4 – 38 – 858.
- Instituto Colombiano de productos de cemento – ICPC. (1991) Fabricación de Bloques de Suelo – cemento. Natas técnicas 12 – 6 – 902.
- Guía de Laboratorio de Construcción I. Departamento de Ingeniería Civil. UCA.
- Separatas sobre los tipos de cementos, proporcionados por el Instituto Salvadoreño del cemento y el concreto ISCYC.
- Miguel Ángel Díaz Hernández. (1978). Estudio Experimental Sobre Concreto Ligero de Pómez (Yacimiento Mariona). Seminario de graduación. FIA. UES.
- Consuelo Lucia Molina. (1987). Un nuevo material de construcción de bajo costo ante el déficit habitacional y la deforestación. Tesis. UPES.

ANEXOS

ANEXO 1

NORMA ASTM C - 331

***AGREGADOS LIGEROS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERIA
DE CONCRETO.***

NORMA ASTM C - 331

AGREGADOS LIGEROS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERIA DE CONCRETO.

Alcance.

1. Estas especificaciones incluyen agregados de peso ligero que se pretendan usar en unidades de mampostería de concreto en las cuales sea primordial importancia la ligereza de peso.

Características Generales

2. (a) En estas especificaciones se incluyen tres tipos generales de agregados de peso ligero, a saber:

Agregados preparados por expansión, calcinación, o sinterización de productos tales como escoria de altos hornos, arcilla, diatomita, ceniza volante, perlita, pizarra o vermiculita.

Agregados preparados por procesamiento de materiales celulares de peso ligero o de materiales inorgánicos granulares.

Graduación

3. (a) La graduación cumplirá con los requisitos prescritos en la tabla I, excepto por lo se establece en el párrafo (c).

Tabla I Requisitos de graduación para agregados de peso ligero en unidades de mampostería de concreto.

Porcentaje (por peso) que pasan cada una de las siguientes mallas								
Tamaño	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 50	Nº 100
Agregado Fino Nº 4 a 0	.....	.....	100	85 a 100	.....	40 a 80	10 a 35	5 a 25
Agregado Grueso 1/2" a Nº 4 3/8" a Nº 8	100	90 a 100 100	40 a 80 80 a 100	0 a 20 5 a 40	0 a 10 0 a 20	..........	..........	..........
Agregado Fino y Grueso Combinado 1/2" a 0 3/8" a 0	100	95 a 100 100	..... 90 a 100	50 a 80 65 a 90	..... 35 a 65	..... .....	5 a 20 10 a 25	2 a 15 5 a 15

(b) *Uniformidad de la Graduación.*- Para asegurar una uniformidad razonable en la graduación de embarques sucesivos de agregados de peso ligero, se determinará el módulo de finura en muestras tomadas de los embarques a intervalos estipulados por el comprador. Si el módulo de finura de los agregados de a cualquier embarque difiere en más de 7 por ciento del correspondiente a la muestra remitida para ensayos de aceptación, podrá rechazarse el agregado del embarque, a menos que pueda demostrarse que produce concreto de las características requeridas.

(c) *Renunciación a los Requisitos de Graduación.*- Cuando se requiere características especiales de las unidades para mampostería de concreto, tales texturas

particulares, resistencia, peso propiedades acústicas, o propiedades de aislamiento térmico, puede renunciarse a los requisitos de graduación por convenio entre las partes interesada, siempre que la graduación alternativa produzca concreto de las características requeridas.

Peso Unitario

4. (a) El peso unitario de los agregados de peso ligero cumplirá con los requisitos establecidos en la tabla II.

TABLA II Requisitos de peso unitario de los agregados para concreto ligero.

DESIGNACIÓN DE TAMAÑO	PESO SECO SUELTO (MÁXIMO)	
	Lb/pie ³	Kg/m ³
Agregado fino	70	1120
Agregado grueso	55	880
Agregado fino y grueso combinado.	65	1040

(b) *Uniformidad del Peso.*- El peso unitario de embarques sucesivos de agregados de peso ligero cumplirá con los requisitos ciento del correspondiente a la muestra remitida para ensayos de aceptación.

(d) *Durabilidad.*- En ausencia de un registro que compruebe la durabilidad satisfactoria en unidades de mampostería, los agregados de peso ligero deberán pasar un

ensaye de congelamiento y descongelamiento de concreto que sea satisfactorio al comprador.

Propiedades para la fabricación de concreto

6. Los especímenes de concreto que tengan los agregados de peso ligero que estén ensayando cumplirán los siguientes requisitos:

(a) *Contracción por Secado*.- La contracción por secado de especímenes de concreto preparados y ensayados de acuerdo con la sección 8 (a) no excederá 0.10 por ciento.

(b) *Desconchamiento*.- Los especímenes de concreto preparados y ensayados de acuerdo con la sección 8 (b) no presentarán desconchamiento en la superficie.

Métodos de muestreo y ensaye para determinar las propiedades de los agravados.

7. Los agregados de peso ligero se maestrearán, y las propiedades enumeradas de estas especificaciones se determinarán, de acuerdo con los siguientes métodos:

(a) *Muestreo*.- Métodos Estándar para Muestreo de Piedra, Escoria de Altos Hornos, Grava de Arena y Bloques de Piedra Usados como Materiales de Carretera ASTM D 75), excepto que los materiales contenidos en bolsas se maestrearán por medio de un separador y después por cuarteo.

(b) *Graduación*.- Método Estándar para Ensaye Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos (ASTM C 136), excepto que el peso de la muestra de ensaye de agregado fino se determinará de acuerdo con la Tabla III, y los agregados se cribarán solamente durante 5 minutos si se emplea cribado mecánico. La muestra de ensaye de agregado grueso consistiría de 0.0028 m³ (0.1 pie³) o más del material usado para determinar el peso unitario.

<i>Peso nominal del agregado (kg/m³)</i>	<i>Peso de la muestra de ensaye en (gr)</i>
400 – 560.....	150
560 – 720.....	200
720 – 880.....	250
880 – 1040.....	300
1040 – 1120.....	350

(c) *Peso Unitario (Perdida)*.- Método.- Método Estándar para Ensaye Granulométrico de agregados (ASTM C 29), utilizando el procedimiento de traspaleo descrito en la sección 7 del Método C 29, excepto que al agregado se ensayará después de haber sido secado en horno.

d) *Módulo de Finura*.- Definiciones Estándar de Términos Relativos a Concreto y Agregados para Concreto (ASTM C125).

e) *Grumos de Arcilla en Agregados*.- Método Tentativo de Ensaye para Grumos de Arcilla en Agregados Naturales (ASTM C 142).

f) *Pérdida por Ignición*.- Métodos Estándar de Análisis Químico de Cemento Pórtland (ASTM C 114-61), sección 20, Método A o B.

g) *Sanidad*.- Método Tentativo de Ensaye para sanidad de Agregados por medio de Sulfato de Sodio o de Sulfato de Magnesio (ASTM C 88).

ANEXO 2

NORMA ASTM C - 62

**ESPECIFICACION DE NORMA PARA LADRILLOS DE CONSTRUCCION
(UNIDADES DE ALBAÑILERIA SOLIDA HECHA DE ARCILLA O
ESQUISTO)**

NORMA ASTM C - 62

ESPECIFICACION DE NORMA PARA LADRILLOS DE CONSTRUCCION (UNIDADES DE ALBAÑILERIA SOLIDA HECHA DE ARCILLA O ESQUISTO)

1. Alcance

- Esta especificación cubre ladrillos intencionados para albañilería estructural como para albañilería no-estructural donde la apariencia externa no es un requerimiento. Los ladrillos son unidades prismáticas disponibles en una variedad de tamaño, forma, texturas, y colores. La especificación no cubre ladrillos intencionados para usar como unidad de guarnición o donde la apariencia de la superficie es un requerimiento. Esta especificación no cubre ladrillos intencionados para pavimentación.
- Los requerimientos de propiedad de esta norma aplican al tiempo que se compra. El uso de resultados de prueba de ladrillos extraídos de estructuras de albañilería para determinar conformidad o no-conformidad de los requerimientos de propiedad de esta norma está más allá del alcance de esta norma.
- Los ladrillos son manufacturados de arcilla, esquisto o sustancias terrestres similares y sujeta a un tratamiento de calor a altas temperaturas. El tratamiento de calor debe desarrollar suficientes enlaces entre los constituyentes particulados para proveer la fuerza y durabilidad que requiere esta especificación.
- Los ladrillos pueden dársele forma durante la fabricación por moldeo, presión o extrusión, y el método de forma puede ser usado para describir el ladrillo.
- Los valores dados en unidades de pulgada-libra deben ser visto como la norma.

2. Grados o categorías

- Categoría clasifica los ladrillos acorde su resistencia al daño causado por congelación cuando está mojado. Tres categorías son cubiertas y requerimiento de categoría se muestra en la tabla 1.
- *Categoría SW*- Los ladrillos intencionados para el uso donde hay alta y resistencia uniforme al daño causado por congelamiento cíclico son deseados y donde el ladrillo pudo ser congelado cuando hay agua saturada.
- *Categoría MW*- Ladrillos que pueden ser usados donde la resistencia moderada al daño de congelación cíclica es permisible o donde el ladrillo puede estar húmedo pero no saturado con agua cuando la congelación ocurre.
- *Categoría NW*- Ladrillos con poca resistencia al daño de congelación cíclica pero que puede ser aceptable para aplicaciones de protección de absorción de agua y congelación.

3. Propiedades físicas

- *Apariencia-* Si a los ladrillos se les requiere que tenga un color en particular, textura, acabado, uniformidad, o límites en las grietas, alabeo u otras imperfecciones reducibles de la apariencia deberían ser obtenidas bajo otras especificaciones como C216.
- *Durabilidad-* El ladrillo debe acatar los requerimientos físicos para la categoría especificada, como está prescrita en la tabla 1. Para la fuerza compresiva requerida en la tabla 1. Probar la unidad con fuerza compresiva perpendicular a la superficie de la cama de la unidad, con la unidad en la posición estirada.
- A no ser de otra manera especificada por el comprador, ladrillos de categoría SW y MW debe de ser aceptadas en ves de la categoría NW, y categoría SW en ves de categoría MW. Cuando la categoría no es especificada, los requerimientos de la categoría SW son los que gobiernan.
- El coeficiente de saturación requerido debe de desistir dado que el promedio de absorción de agua helada de una prueba al azar de cinco ladrillos no exceda el 8%, no más de un ladrillo de la prueba exceda el 8% y la absorción de agua helada debe ser menor que el 10%.
- *Congelar y deshelar-* Los requerimientos especificados en la absorción de agua y el coeficiente de saturación deben de desistir dado que una prueba de cinco ladrillos, conociendo todos los otros requerimientos, pasando la prueba de congelar y deshelar descrita en la sección de rango o clasificación de procedimientos de congelar y deshelar del método de pruebas C67.
- *Requerimientos de desistimiento de absorción y coeficiente de saturación-* Si el ladrillo está intencionado para el uso a la intemperie donde el índice del clima es menor de 50 (véase la fig. 1), a menos de otra manera especificada, Los requerimientos dados anteriormente para la absorción del agua (5-h hirviendo) y para el coeficiente de saturación deben desistir y un promedio mínimo de fuerza es requerido de 2500 psi (17.2 Mpa) debe ser aplicada.
- *Fuerza-* cuando los ladrillos son requeridos a tener una fuerza mayor que la prescrita en la especificación, el comprador debe especificar la fuerza mínima.
- *Medida inicial de absorción (IRA)-* Los resultados de prueba para la medida inicial de absorción (IRA) deben de ser determinada en acuerdo con la sección 9 de Métodos de Prueba C67 y debe de ser proporcionada a petición del especificador o el comprador. IRA no es una condición cualificativa o propiedad de unidades en esta especificación. Está propiedad es medida de manera de asistir en la selección de morteros y manejo de material en el proceso de construcción. Vea la nota

NOTA- Medida inicial de absorción (succión)- Laboratorio e investigación de campo ambas han mostrado que fuertes y uniones socadas contra agua entre morteros y unidades de albañilería no son conseguidos por métodos de construcción ordinaria cuando las unidades postradas tienen una excesiva medida inicial de absorción. Morteros que han endurecido a causas de pérdida excesiva de mezclar agua a una unidad puede no tener contacto completo e íntimo con una segunda unidad, resultando una adhesión pobre, enlace incompleto, y uniones permeables de baja resistencia. La IRA de la unidad es determinada por el método de laboratorio descrito en la sección 9 del Método de Prueba C67. La IRA en el campo depende de la humedad contenida en la unidad de albañilería y es determinada conforme la sección 14 del Método de Prueba C67. Unidades teniendo un promedio de campo de IRA excediendo 30

g/min por 3 plg² deberían de tener su IRA reducido abajo los 30 g/min por 30 plg² antes de ponerlos. Pueden ser mojados inmediatamente antes de ponerlos, pero es preferible mojarlos bien de 3 a 24 hrs antes de ponerlos en uso así para darles tiempo de humedecer y se distribuya en toda la unidad.

TABLA 1 Requerimientos físicos

Saturación Designación	Fuerza Compresiva mínima		Absorción máxima de agua		Coeficiente de	
	Area bruta, psi (mpa)		por 5-h hirviendo, %		Máxima	
individual	Promedio de	individual	Promedio de	individual	Promedio de	
	5 ladrillos		5 ladrillos		5 ladrillos	
Categoría SW 0.80	3000 (20.7)	2500 (17.2)	17.2	20.0	0.78	
Categoría MW 0.90	2500 (15.2)	2200 (15.2)	22.0	25.0	0.88	
Categoría NW limite	1500 (10.3)	1250 (8.6)	sin limite	sin limite	sin limite	sin

4. TAMAÑO Y NUCLEO DEL LADRILLO

- *Tamaño-* El tamaño del ladrillo deberá ser especificado por el comprador. La variación máxima permisible en dimensiones de las unidades no debe exceder esas dadas en la tabla 3.
- *Núcleo del ladrillo-* A menos que de otra manera especificado en el recibo de orden, los ladrillos deben ser solidos o con núcleo a opción del vendedor. El area neta de la sección transversal del núcleo del ladrillo en cualquier plano paralelo a la superficie conteniendo el núcleo debe de ser al menos 75% del grosor del area de la sección transversal medida en el mismo plano. Ni una parte de cualquier hoyo debe ser menor que ¾ de plg de cualquier esquina del ladrillo.

TABLA 2 Recomendación Categórica para Orientación de Cara

Orientación	Indice Climático		
	menos que 50	50 a 500	500 y mayor
En superficies verticales:			
En contacto con la tierra	MW	SW	SW
No en contacto con la tierra	MW	SW	SW
En otras que no sean superficies verticales:			
En contacto con la tierra	SW	SW	SW
No en contacto con la tierra	MW	SW	SW

TABLA 3 Variación de dimensiones permisible

Dimensiones Especificas, plg. (mm)	Variación máxima permisible en dimensiones especificadas Más o menos, plg. (mm)
hasta 3 (76), plgcl	3/32 (2.4)
arriba de 3 a 4 (76 a 102), plgcl	1/8 (3.2)
arriba de 4 a 6 (102 a 152), plgcl	3/16 (4.8)
arriba de 6 a 8 (152 a 203), plgcl	1/4 (6.4)
arriba de 8 a 12 (203 a 305), plgcl	5/16 (7.9)
arriba de 12 a 16 (305 a 406), plgcl	3/8 (9.5)

- *Cuña, cruzamiento o zapo-* A menos que de otra manera especificado en el recibo de orden, una fachada del ladrillo puede tener una escotadura o un panel de zapo y sapos hondos. La escotadura o panel de zapo no excedera los 3/8 de plg. (9.5 mm) en profundidad y ninguna parte de la escotadura o panel de zapo sera menor que $\frac{3}{4}$ de plg. (19.1mm) de cualquier orilla del ladrillo. En ladrillos que contengan sapos hondos, sapos más hondos que 3/8 de plg. (9.5 mm), en cualquier sección transversal entre los sapos hondos paralelos a la superficie que contiene los sapos hondos debe de cumplir los requerimientos de la durabilidad.

5. Muestra y Prueba

- Para propósitos de prueba, los ladrillos que son representativos del producto comercial debe de ser seleccionado por una persona competente seleccionado por el comprador, el lugar o lugares de selección debiera ser designado cuando la orden del comprador este lista. El producto o el comprador debiera proporcionar el espécimen de prueba sin ningún cargo.
- El ladrillo debiera ser probado y examinado de acuerdo al Método de Prueba C67.

Nota- A menos que se especifique de otra manera en la orden de compra, el costo de la prueba es llevado como lo siguiente: si el resultado de la prueba muestra que el ladrillo no acata las especificaciones requeridas, el costo es tipicamente llevado por el vendedor. Si el resultado de la prueba muestra que cumple con las especificaciones requeridas, entonces el costo es tipicamente llevado por el comprador.

6. Inspección Visual

- El ladrillo, al ser llevado al sitio, debiera, por inspección visual, debiera acatar con las especificaciones requeridas por el comprador o por la prueba o por la prueba aprobada por la norma de comparación y la prueba aprobando la prueba para los requerimientos fisicos. Sangrías menores o grietas superficiales que no son parte del proceso de producción, o pequeñas astillas causado por método de manejo y envío, no deben de ser causantes para que el ladrillo no sea reprobado.
- El ladrillo debe de estar libre de defectos, deficiencias y de tratamiento superficial, incluyendo capas que pueden interferir con la puesta apropiada del ladrillo o invalidar significativamente la fuerza o el ejecutamiento de la construcción.

- **Amenos que se acuerde sobre entre el comprador y el vendedor, un envío de ladrillos no puede contener mas del 5% de ladrillos quebrados.**

ANEXO 3

NORMA ASTM C- 67

**NORMA DE METODOS DE PRUEBA DE ENSAYO Y PRUEBA DE
LADRILLOS DE ARCILLA ESTRUCTURALES**

NORMA ASTM C- 67

NORMA DE METODOS DE PRUEBA DE ENSAYO Y PRUEBA DE LADRILLOS DE ARCILLA ESTRUCTURALES

1. Alcance

- Estos métodos de pruebas cubren procedimientos para el ensayo y prueba de ladrillos y ladrillos de arcilla estructurales. Aunque no necesariamente es aplicable a todas las clases de unidades, la prueba incluye el módulo de ruptura, fuerza compresiva, absorción, coeficiente de saturación, efecto de congelar y deshelar, eflorescencia, medida inicial de absorción y determinación de peso, tamaño, encurvamiento, cambio de longitud, y área vacía.
- Esta norma no pretende dirigir todos los factores de seguridad, si hay alguno, asociado con el uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas saludables y de seguridad apropiadas y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de usarlas.

2. Terminología

- *Definiciones:*
Terminología E 6 y Terminología C 43 deberá ser aplicada a los términos usados en esta prueba de métodos.

3. Pruebas

- *Selección de prueba de muestra-* Para el propósito de estas pruebas, ladrillos enteros o unidades de albañilería deben de ser seleccionadas por el comprador o por el representante autorizado. Las muestras deberán ser representativas de un lote de unidades de las cuales serán seleccionada e incluyan muestras representativas de los rangos de colores, texturas y tamaño en la carga y debe estar libre de suciedad, lodo u otro material que no esté asociado con el proceso de producción.
- *Número de muestras:*
Ladrillos- Para el módulo de ruptura, fuerza compresiva, resistencia a la abrasión, y determinación a la absorción, por lo menos diez ladrillos será seleccionados por lotes de 1 000 000 de ladrillos o fracción. Pruebas adicionales pueden ser tomadas a discreción del comprador.
- *Ladrillos de arcilla estructurales-* Para la determinación del peso y para la fuerza compresiva y prueba de absorción, por lo menos cinco ladrillos deben de ser seleccionados de cada lote de 250 toneladas o fracción. Para lotes más grandes, cinco muestras adicionales deberán ser probadas por cada 500 toneladas o fracción. En ningún caso menos de cinco ladrillos serán tomados. Muestras adicionales pueden ser tomadas a discreción del comprador.

- *Identificación*- Toda muestra deberá ser marcada para que pueda ser identificada. Lo marcado no deberá cubrir más del 5% del área superficial de la muestra.
- *Determinación del Peso:*
 - *Secado*- Secar la muestra de prueba en un horno ventilado a 230 hasta 239°F (110 a 115°C) por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida de 0.2% de la última muestra pesada.
 - *Enfriamiento*- Después de secado, enfriar la muestra en un cuarto seco manteniendo una temperatura de 24+ o - 8°C, con una humedad relativa entre 30 y 70%. Guarde la unidad libre de cargas, sin amontonar, con espacios separados, por un período no menos de 4 horas. No use muestras que estén calientes al tacto para cualquier prueba que requiera una unidad seca.
 - Un método alternativo para enfriar la muestra hasta aproximadamente temperatura ambiente es: Guarde las unidades sin amontonar, con separaciones, en un cuarto ventilado por un período de 4 horas, con una corriente de aire de un ventilador de eléctrico por encima por 2 horas.
 - *Cálculos e informe:*
Calcular el peso por unidad de área de la muestra dividiendo el total del peso en libras por el área promedio en pies cuadrados de las dos caras de la unidad como están puestos en una pared.

Los resultados de los informes separados por cada unidad con el promedio de cinco unidades o más.

- *Remover la capa de silicona de cada unidad de ladrillo*- La capa de silicona que será removida por el proceso es cualquiera de las siliconas poliméricos orgánicos compuestos usados para capas de resistencia al agua en ladrillos. Calentar el ladrillo a 510°C en una atmósfera oxidante por un período no menos de tres horas. La razón de calentamiento no debe de exceder los 149°C por hora.

4. Modulo de Ruptura (prueba de flexión)

- *Muestra de Prueba*- La muestra de prueba deber consistir de unidades enteras y secas. Cinco de las muestras deberán ser probadas.
- *Procedimiento:*
Sostener la muestra de prueba plana a menos que sea indicado de otra forma extendida aproximadamente a 25.4 mm menos que la longitud de unidad básica y cargado a media extensión. Si la muestra tiene encaje o rebajada ponerlas de modo que él encaja este en el lado de la compresión. Aplique la carga a la superficie superior de la muestra por medio de una placa de acero de 6.35 mm en grosor y de 38.10 mm de ancho y de largo por lo menos el ancho de la muestra.

Asegúrese que los soportes de la muestra de prueba estén libres de rotar en la dirección longitudinal y transversal de la muestra de prueba y ajústelos para que ellos no ejerzan ninguna fuerza en estas direcciones.

Velocidad de prueba- La razón de carga no deberá exceder los 8896 N/min. Pero estos requerimientos podrían ser considerados si al encontrarse la velocidad de la cabecera de movimiento de la maquina de prueba inmediatamente antes de aplicar la carga no es más de 1.27 mm/min.

- *Cálculos e informe:*

Calcular el módulo de ruptura de cada muestra como lo siguiente:

$$S = 3W(l/2 - x)/bd^2$$

Donde:

S = módulo de ruptura de la muestra al plano de falla, Pa.

W = máxima carga indicada por la maquina de prueba, N.

l = distancia entre sostenedores, mm.

b = ancho neto, de la prueba en el plano de falla mm, y

x = distancia promedio desde la media extensión de la muestra hasta el plano de falla medido desde la dirección de la extensión a lo largo de la línea central de la superficie de la cama sujeta a tensión, mm.

El informe de promedio del módulo de ruptura determina, de todas las muestras probadas el módulo de ruptura del lote.

5. Fuerza Compresiva

- *Muestra de prueba:*

Ladrillo- La muestra de prueba consistirá de medio ladrillo seco, la estatura entera y el ancho de la unidad, con una longitud igual a una mitad del largo entero de una unidad, 25.4 mm, excepto como está descrito abajo. Si la muestra de prueba, descrita arriba, excede la capacidad de la maquina, la muestra de prueba deberá consistir de pedazos secos de ladrillo, estatura entera y ancho de la unidad, con una longitud no menos de un cuarto de un cuarto de la longitud de una unidad entera, y con un área de sección transversal perpendicular al soporte no menos de 90.3 cm². La muestra deberá ser obtenida por un método que producirá, sin tambalear o rajar, una muestra con aproximadamente orillas planas y paralelas. Cinco muestras deberán ser probadas.

Ladrillo estructural de arcilla- Pruebe cinco muestra de ladrillos secos en una cama de apoyo igual al ancho, 25.4 mm; o pruebe unidades enteras.

- *Cubriendo muestras de pruebas:*

Toda muestra deberá estar seca y fría antes de que cualquier poción del procedimiento de cubierta se lleve acabo.

Si la superficie la cual será la superficie de apoyo durante la prueba de compresión esta rebaja o paneleada, llene la depresión con un mortero compuesto de una parte por peso de cemento de rápido endurecimiento y dos partes por peso de arena. Deje la muestra por lo menos 48 horas antes de

recubrir las. Donde la rebajada exceda 12.7 mm, use un ladrillo o una tajada de ladrillo o placa de metal como relleno. Recubra las muestras de prueba con cualquiera de los siguientes procedimientos.

Cubierta Gypsum- Cubrir las superficies opuestas de apoyo de cada muestra con shellac y deje que se seque bien. Acueste una de las superficies cubiertas con shellac de la muestra en una capa delgada de gypsun calcinado que a sido tendido en un contenedor que no absorbe el aceite, como el vidrio. La placa del molde de la superficie deberá ser plana entre 0.076 mm en 406.4 mm y suficientemente rígida; y así apoyada para que no sea desviada durante la operación de cubrimiento. Dele una capa delgada de aceite u otro material adecuado. Repita este proceso con las otras superficies cubiertas de shellac. Tenga cuidado con el apoyo opuesto en la superficie por que se formará aproximadamente paralelo y perpendicular al eje vertical de la muestra y el grueso de las tapas van hacer aproximadamente la misma y no excediendo 3.18 mm, Deje las tapaderas por lo menos 24 horas antes de probar la muestra.

Cubrimiento de llenado de azufre- Use una mezcla conteniendo 40 a 60% en peso de azufre, lo sobrante que sea arcilla quemada u otro material inerte adecuado pasando un tamiz número 150µm con o sin plastificante. Los requerimientos de la placa del molde superficial son descritos en el *cubrimiento gypsun*. Ponga cuatro barras cuadradas de acero de 25.4mm en la superficie de la placa para que forme un molde rectangular de aproximadamente 12.7 mm mayor en cualquier dimensión interior de la muestra. Caliente la mezcla de azufre en una hoya controlada termostáticamente a una temperatura suficiente para poder mantener fluidez por un período razonable de tiempo después de tener contacto con la superficie que está siendo cubierta. Tenga cuidado con prevenir el sobre calentamiento, y mueva él liquido en la hoya antes de usarlo. Llene el molde a una profundidad de 6.35 mm con el material de azufre derretido. Ponga la superficie de la unidad que va hacer cubierta rápida en él liquido, y agarre la muestra tal que el eje vertical este en un ángulo derecho a la superficie cubierta. El grosor de las tapas deberá ser aproximadamente el mismo. Deje que la unida se solidifique completamente. Deje que las tapas se enfríen por lo menos 2 horas antes de probar la muestra.

- *Procedimientos:*

Prueba de muestra de ladrillo acostado (eso es, la carga será aplicada en dirección a la profundidad del ladrillo). Pruebe la muestra de ladrillo estructural de arcilla en una posición tal que la carga se aplique en la misma dirección del servicio. Centre la muestra bajo apoyos esféricos entre 1.59 mm.

El apoyo superior será un asiento esférico, un bloque de metal duro firmemente agarrada en el centro de la cabeza superior de la maquina. El centro de la esfera será acostada al centro de la superficie del bloque en contacto con la muestra. El bloque será sostenido en el asiento esférico, pero será libre de moverse en cualquier dirección, y perímetro debe de tener por lo menos 6.35 mm de espacio de la cabeza para que permita a las muestras que tengan unos apoyos que no sean

paralelos. El diámetro de la superficie de apoyo será por lo menos 127.00 mm. Use un bloque de metal de apoyo debajo de la muestra para minimizar el desgaste de la parte inferior de la maquina. El bloque de superficie de apoyo intencionado para el contacto de la muestra deberá tener una dureza no menos de HB 620. Estas superficies no podrán separarse de la superficie plana por más de 0.03 mm. Cuando el área de apoyo del bloque de apoyo esférico no es suficiente para cubrir el área de la muestra, ponga una placa de acero con superficie maquinada a placas verdaderas entre 0.03 mm, y con un grosor igual a un tercio de la distancia de la orilla del apoyo esférico hasta la esquina más distante entre el bloque de apoyo esférico y la muestra cubierta.

Velocidad de Prueba- Aplique la carga, hasta la mitad de la carga máxima esperada, a cualquier proporción conveniente, después ajuste los controles de la maquina para que la carga restante a una razón uniforme en no menos de 1 o 2 minutos.

- *Cálculos e informe:*

Calcular la fuerza compresiva de cada muestra como la siguiente:

Fuerza compresiva, $C = W/A$

Donde:

C = Fuerza compresiva de la muestra, kg/cm².

W = carga máxima, kgf, indicado por la maquina de prueba y

A = el promedio del área de la superficie superior e inferior de la muestra, cm².

6. Absorción

- *Precisión y pesos:*

Ladrillo- La pesa o balanza debe de tener una capacidad de no menos de 2000 g, y debe de ser sensible a 0.5 g.

Teja- La balanza usada debe de ser sensible a 0.2% del peso de la muestra más pequeña.

- *Muestra de Prueba:*

Ladrillo- La muestra de prueba debe consistir de medio ladrillo que cumpla todos los requerimientos. Cinco muestras deben de ser probadas.

Teja- La muestra para la prueba de absorción debe consistir de cinco tejas o de tres pedazos representativos de cada una de las cinco tejas. Si pedazos pequeños son usados, tome dos de la concha y uno del enrejado interior, el peso de cada pedazo debe de ser de no menos de 227 g. Las pruebas deben de haber sido limpiadas de las astillas de las orillas y, si han sido tomadas de tejas que han estado sometidas a pruebas de fuerza, la muestra debe de estar libre de quebraduras por que causara falla en una compresión.

- *Prueba de sumersión de 5 a 24 horas:*

Procedimiento:

Muestras de prueba secas y frías y con un cierto peso cada una.

Saturación- Sumerja la muestra seca y fría sin haber sido, preliminarmente sumergida, en agua limpia de 15.5 a 30°C por el tiempo especificado. Remover la muestra, limpie el agua de la superficie con una franela húmeda y pese la muestra. Complete de pesar las otras muestras dentro de 5 minutos después de remover la muestra del agua.

Cálculos e Informe:

Calcule la absorción de cada muestra como lo siguiente:

$$\text{Absorción, \%} = 100(W_s - W_d)/W_d$$

Donde:

W_d = El peso de la muestra seca, y

W_s = El peso saturado de la muestra después de sumérgela en agua fría.

Informe el promedio de absorción de todas las muestras de prueba como la Absorción del lote

- *Prueba de hervir de 1, 2 y 5 horas:*

Prueba de muestra- Las muestras de prueba deben de ser las mismas de la prueba de 5 y 24 horas de agua fría y serán usadas en estado de saturación para completar la prueba.

Procedimiento- Regrese la muestra que ha sido tratada con agua fría al agua, y sujétela a la prueba de hervir.

Sumerja la muestra en agua limpia de 15.5 a 30°C de tal manera que circule libremente en todos los lados de la muestra. Caliente el agua hasta hervir, dentro de 1 hora, continúe hirviendo hasta un tiempo determinado, y luego dejen que se enfríe de 15.5 a 30°C por pérdida natural de calor. Mueva la muestra, limpie la superficie de la muestra con una franela húmeda y pese la muestra. Complete de pesar las muestras dentro de un tiempo de 5 minutos después de haber quitado las muestra del agua.

Si el tanque está equipado con un drenaje para que el agua a la temperatura adecuada pueda pasar por el tanque continuamente y a tal razón que un cambio completo de agua tome lugar en menos de 2 minutos, pese las muestras después de una hora.

Cálculos e informe:

Calcule la absorción de cada muestra como sigue:

$$\text{Absorción, \%} = 100(W_b - W_d)/W_d$$

Donde:

W_d = el peso de la muestra seca, y

W_b = peso saturado de la muestra después de ser sumergida en agua hirviendo.

Informe el promedio de absorción de todas las muestras probadas como la absorción del lote.

Coefficiente de saturación: Calcule el coeficiente de saturación de cada una de las muestras como sigue:

$$\text{Coeficiente de saturación} = \frac{Ws2 - Wd}{Wbs - Wd}$$

Donde:

Wd = peso de la muestra seca,

$Ws2$ = peso saturado de la muestra después de 24 horas sumergida en agua fría, y

Wbs = peso saturado de la muestra después de 5 horas sumergida en agua caliente.

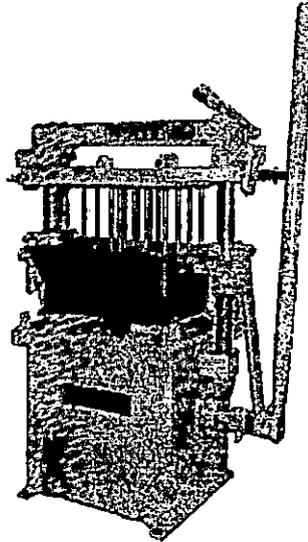
ANEXO 4

ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA TIPO B – 1000

A continuación se presentan las especificaciones técnica que corresponde a la máquina Bibrok tipo B – 1000; en ella se muestran las dimensiones, capacidad y el número de operarios para una determinada producción, contiene también el precio de mercado de dicha máquina.

Además se presenta en esquema una planta tipo de montaje de una fábrica para este tipo de máquina.

B-2000



Máquina manual para fabricar blocks y diversos elementos de concreto.

Tipo: Máquina fija para recibir el producto en tarimas de madera.

Sistema: Vibración unidireccional y compactación.

Productos

fabricados: Block, Tabique, Adoquín, etc.

DATOS TECNICOS

DIMENSIONES	CAPACIDAD	OPERARIOS
LARGO 165 CMS.	Tabiques y Tabicones Hasta 5,000	
ANCHO 100 CMS.	Blocks 15x20x40 Hasta 2,000	
ALTURA 165 CMS.	Adoquines Hasta 2,000	
PESO: 385 Kgs.		



VIBROK.



Maquinaria para Prefabricados
de Concreto

AV. TLAHUAC No. 4433
IZTAPALAPÁ 09890, MEXICO, D.F.
TELS.: 656-19-32, 656-19-92, 656-16-92
FAX: 656-32-99
R.F.C. FMM811210-IEO

ING. CARLOS MAURICIO DUGUE
CEMENTOS DE EL SALVADOR, S.A DE C.V
AV. EL ESPINO Y BLVD. SUR
URBANIZACION MADRE SELVA
ANT. CUZCATLAN LA LIBERTAD, EL SALVADOR
503 243 77 10

Prefectura No.

Fecha

MARZO 03, 99

Su orden

Nuestra orden

1

ELBUBERA VIEROK MSE. EN 1998

Máquina bloquera para fabricar tabiques, tabicones, blocks, bovedillas, celosias, adosquines, canales para riego y piezas especiales de concreto.

Desmoldes manual por medio de guianza articulada.

La vibración es eléctrica, y el producto se recibe en tarimas de madera/metal.

Motor: Motor eléctrico Monofásico de 110 - Volts, 60 ciclos y 1.5 H.P.

Mesa de vibración: 10centa ciclos hasta de 40x30x20 cms

Amortiguadores: 4 construidos en gule vulcanizado para alto impacto.

Guías: 2 columnas guías fabricadas en material resistente al desgaste.

Elevadores: 2 fabricados con guías de desques intercambiables.

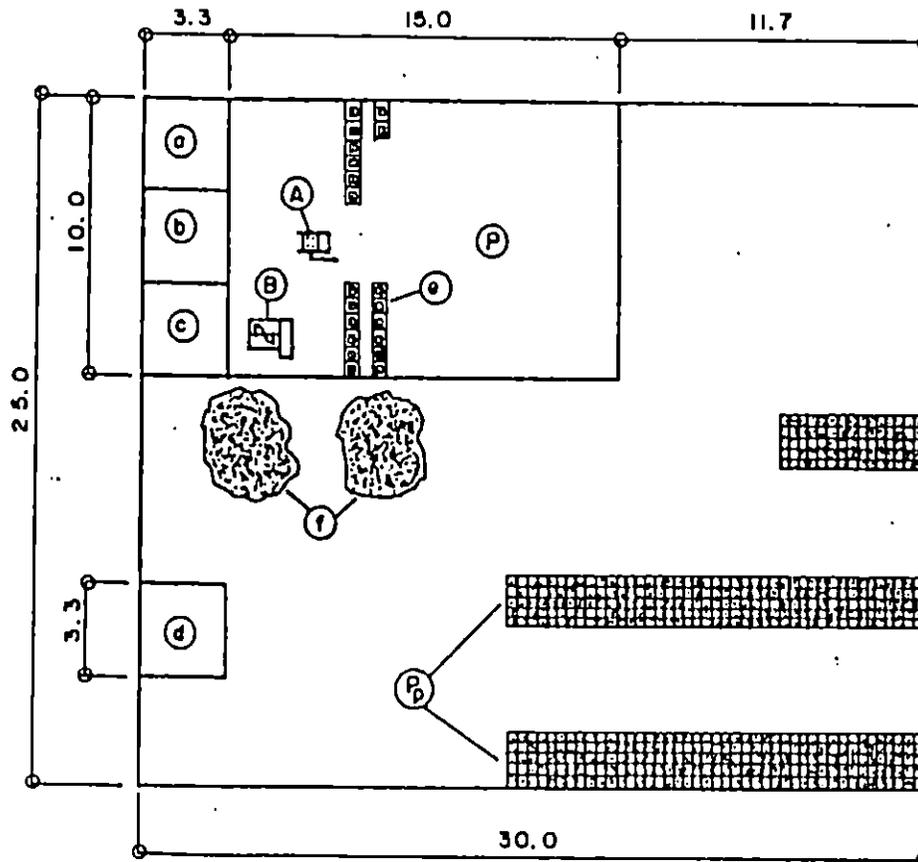
Cable porta cables: Fabricado en diamante con guías intercambiables y amolierado

Estructura: La máquina esta fabricada con material estructural de alta resistencia, lo que garantiza una larga vida sin costosas reparaciones.

F R E C I C Dhs. e

3,335.00

BLOQUERA VIBROK MOD.B-1000



PLANTA TIPO DE IDEA
DE MONTAJE DE UNA
MAQUINA BLOQUERA
B-1000
CON ALIMENTACION
MANUAL

A- MAQUINA
B- MEZCLADORA
P- PLAYA DE CURADO
P- ESTIBAS DE PRODUCTO
TERMINADO

a.- AREA DE SERVICIOS
b.- BODEGA DE MOLDES
Y REPUESTOS
c.- BODEGA DE CEMENTO
d.- OFICINAS
e.- BLOCK RECIENTE FABRICADO
f.- AGREGADOS

FORMAS MOLDES
Y MAQUINARIA S.A.

ANEXO 5

RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO HECHAS A LOS LADRILLOS DE BARRO COCIDOS.

Para poder determinar las propiedades de los ladrillos de barro cocidos y poder comparar éstas con las correspondientes a los ecoladrillos se hizo necesario realizar las diferentes pruebas de laboratorio para encontrar los valores de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, porcentaje de absorción y peso volumétrico.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las siguientes tablas.

PRUEBAS DE LABORATORIO A LADRILLOS DE BARRO COCIDO.

COMPRESIÓN SIMPLE

Tabla 1: Esfuerzo de compresión del ladrillo de barro cocido.

Ladrillera	Muestra	Dimensiones		Largo/2 (cm)	Arrea (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. De esfuerzo (kg/cm ²)
		Largo (cm)	Ancho (cm)					
1	1.1	27.48	13.70	13.74	188.20	10000.00	53.13	51.53
	1.2	27.78	13.80	13.89	191.65	9350.00	48.79	
	1.3	27.38	13.53	13.69	185.12	9750.00	52.67	
2	2.1	27.65	14.05	13.83	194.24	10100.00	52.00	52.84
	2.2	27.33	13.70	13.66	187.18	10250.00	54.76	
	2.3	27.33	14.00	13.66	191.28	9900.00	51.76	
3	3.1	27.33	13.75	13.66	187.86	8500.00	45.25	46.76
	3.2	27.13	13.63	13.56	184.79	9600.00	51.95	
	3.3	27.23	13.73	13.61	186.83	8050.00	43.09	

FLEXIÓN

Tabla 2: Modulo de ruptura del ladrillo de barro cocido.

Ladrillera	Muestra	Dimensiones			Dist. entre apoyos (cm)	defor del anillo	Carga (kg)	Modulo de ruptura (kg/cm ²)	Prom. de modulo de rupt. (kg/cm ²)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)					
1	1.1	27.48	13.70	7.03	23.48	30.00	170.37	8.87	9.52
	1.2	27.78	13.80	6.88	23.78	35.00	198.77	10.87	
	1.3	27.38	13.53	7.08	23.38	30.00	170.37	8.82	
2	2.1	27.65	14.05	6.55	23.65	22.00	124.94	7.35	12.43
	2.2	27.33	13.70	6.90	23.33	54.00	306.67	16.45	
	2.3	27.33	14.00	6.65	23.33	42.00	238.52	13.48	
3	3.1	27.33	13.75	6.53	23.33	25.00	141.98	8.49	8.96
	3.2	27.13	13.63	6.98	23.13	35.00	198.77	10.40	
	3.3	27.23	13.73	6.85	23.23	26.00	147.65	7.99	

ABSORCIÓN

Tabla 3: Absorción del ladrillo de barro cocido.

Ladrillera	Muestra	Ws (gr)	Wsss (gr)	Absorción (%)	Prom. Absorción (%)
1	1.1	1672	2088	24.88	25.28
	1.2	1649	2050	24.32	
	1.3	1512	1915	26.65	
2	2.1	1597	1955	22.42	25.20
	2.2	1585	1980	24.92	
	2.3	1553	1992	28.27	
3	3.1	1641	2052	25.05	25.22
	3.2	1612	2025	25.62	
	3.3	1641	2051	24.98	

PESO VOLUMÉTRICO

Tabla 4: Peso volumétrico del ladrillo de barro cocido.

Ladrillera	Muestra	Dimensiones			Volumen (cm ³)	Peso (gr)	Peso vol. (kg/m ³)	Prom. : peso volumétrico (kg/m ³)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)				
1	1.1	27.48	13.70	7.03	2644.26	3435.00	1299.04	1278.49
	1.2	27.78	13.80	6.88	2635.15	3340.00	1267.48	
	1.3	27.38	13.53	7.08	2619.50	3324.00	1268.95	
2	2.1	27.65	14.05	6.55	2544.56	3218.00	1264.66	1327.66
	2.2	27.33	13.70	6.90	2583.03	3484.00	1348.80	
	2.3	27.33	14.00	6.65	2543.96	3484.00	1369.52	
3	3.1	27.33	13.75	6.53	2451.56	2932.00	1195.97	1228.74
	3.2	27.13	13.63	6.98	2577.81	3396.00	1317.40	
	3.3	27.23	13.73	6.85	2559.59	3002.00	1172.84	

ANEXO 6

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE REALIZADA A ESPECÍMENES DE ECOLADRILLOS A LOS 90 DÍAS DE EDAD.

Para determinar la ganancia de resistencia de los ecoladrillos a edades posteriores a los 28 días de aquellas unidades fabricadas con el tipo de cemento ASTM C- 1157 Cessablock se ensayaron muestras de la mezcla # 2 a los 90 días de edad; cuyos resultados se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 1: ESFUERZO DE COMPRESIÓN A LOS 90 DÍAS DE EDAD.

diseño	Muestra	Prom. ancho (cm)	Prom. largo (cm)	(Prom. Largo)/2 (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Prom. esfuerzo (kg/cm ²)
1: 5 ½ : 4 ½	1.1	14.40	28.00	14.00	201.60	18000.00	89.29	89.13
	1.2	14.35	28.00	14.00	200.90	18050.00	89.85	
	1.3	14.10	28.00	14.00	197.40	18150.00	91.95	
	1.4	14.45	28.00	14.00	202.30	18100.00	89.47	
	1.5	14.80	28.10	14.05	207.94	17700.00	85.12	
1: 7: 3	2.1	14.80	28.25	14.13	209.05	19050.00	91.13	85.95
	2.2	14.50	28.10	14.05	203.73	18000.00	88.35	
	2.3	14.60	28.10	14.05	205.13	16250.00	79.22	
	2.4	14.80	28.35	14.18	209.79	17500.00	83.42	
	2.5	14.70	28.10	14.05	206.54	18100.00	87.64	
1: 8: 6	3.1	14.85	28.20	14.10	209.39	16700.00	79.76	83.01
	3.2	14.75	28.05	14.03	206.87	18900.00	91.36	
	3.3	14.65	28.10	14.05	205.83	17200.00	83.56	
	3.4	15.10	28.00	14.00	211.40	17100.00	80.89	
	3.5	14.65	28.00	14.00	205.10	16300.00	79.47	
1: 8: 7	4.1	14.50	28.05	14.03	203.36	14000.00	68.84	65.00
	4.2	14.75	28.20	14.10	207.98	11850.00	56.98	
	4.3	14.00	28.05	14.03	196.35	13350.00	67.99	
	4.4	14.50	28.00	14.00	203.00	13500.00	66.50	
	4.5	14.25	28.00	14.00	199.50	12900.00	64.66	