

**ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN UNIDADES DE
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL Y MURETES E-9, E-11 y E-14 DE
UNA EMPRESA LADRILLERA DE SANTANDER**

**ANA YANET SANCHEZ GIL
FREDY YADIR MEJIA ANGARITA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
2009**

**ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN UNIDADES DE
MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL Y MURETES E-9, E-11 y E-14 DE
UNA EMPRESA LADRILLERA DE SANTANDER**

**ANA YANET SÁNCHEZ GIL
FREDY YADIR MEJÍA ANGARITA**

**Tesis de Grado presentado como requisito para optar el titulo de
INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR
CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS
M.I.C. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
2009**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Agosto de 2009.

*Dedico especialmente a Dios,
por guiarme y escoger el camino
correcto para formarme como
persona.*

*A mis padres por su gran apoyo
incondicional a lo largo de mi
formación y que hoy concluye en
la expectativa de un profesional
formado para ejercerlo a una
sociedad que tanto lo necesita,*

*A mis hermanos y novia por su
apoyo y comprensión a lo largo y
culminación de esta meta.*

Fredy Yadir

*Dedico muy especialmente este
trabajo al Dios del cielo por
ayudarme a culminar este
trayecto tan importante en mi
vida.*

*A mis padres por ser mi fortaleza
y mi roca, gracias los amo.*

*Dedico también este trabajo a
una persona especial que
recuerdo y tengo siempre en mi
corazón.*

Ana Yanet

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Pontificia Bolivariana por habernos acogido en tan prestigiosa institución. Agradecemos al cuerpo docente por guiarnos, instruirnos y formarnos como profesionales. A nuestra directora de proyecto Ingeniera Claudia Patricia Retamoso Llamas por su sabiduría y conocimientos plasmados en este proyecto. A todos y cada uno de nuestro compañeros por la camaradería y amistad a lo largo de nuestra formación.

También muy especialmente agradecemos a nuestra compañera Luz Marina Torrado Gómez, por brindarnos espacios de su tiempo para poder realizar los ensayos de compresión en la Máquina Universal del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Universidad.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. Objetivo General.....	10
1.2. Objetivos Específicos.....	10
2. METODOLOGIA	11
2.1. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA.....	11
2.2. ESCOGENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.....	11
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.....	11
2.4. REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA.....	11
2.4.1. Refrentado de yeso (Yeso de Alta Resistencia “tipo IV” – Yeso normal).....	12
2.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN	12
2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	12
2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. ALCANCE	14
5. MARCO TEÓRICO.....	15
5.1. MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.....	15
5.1.1. Mampostería Simple.....	15
5.1.2. Mampostería Semireforzada.....	15
5.1.3. Mampostería Reforzada	15
5.2. DESARROLLO HISTORICO.....	15
5.3. ESTRUCTURAS MODERNAS DE MAMPOSTERIA.....	17
5.3.1. Ventajas y Desventajas:	17
5.3.1.1 Ventajas.....	18
5.3.1.2 Desventajas.....	18
5.4. MATERIALES	19
5.4.1. Bloques de Concreto.....	19
5.4.1.1 Absorción.....	19
5.4.1.2 Encogimiento Lineal.....	20
5.4.1.3 Contenido de humedad.....	20
5.4.1.4 Resistencia a la compresión.....	20
5.4.1.5 Rigidez.....	20
5.4.1.6 Resistencia a la tracción.....	21
5.4.2. Ladrillos	21
5.4.2.1 La durabilidad.....	24
5.4.2.2 La capacidad de absorción de agua.....	24
5.4.2.3 La resistencia a la compresión.....	24
5.4.2.4 La rigidez.....	24
5.4.2.5 La conductividad térmica.....	25
5.4.2.6 Las propiedades acústicas.....	25
5.4.3. Morteros.....	25
5.4.3.1 Mortero de Pega	25
5.4.3.2 Mortero de Relleno.....	26

5.4.3.3	Especificaciones de Materiales que componen el Mortero.....	27
5.4.4.	Refuerzo.....	30
5.5.	PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERIA (Muretes).....	30
5.5.1.	Determinación de f'm.....	31
5.6.	YESO DE ODONTOLOGIA.....	32
5.6.1.	Almacenamiento del yeso.....	33
5.6.2.	Derivados del yeso.....	33
5.6.2.1	Reacción de fraguado.....	34
5.6.2.2	Proporción agua/polvo.....	34
5.6.3.	Yeso para Modelos y Yeso Piedra.....	35
5.6.3.1	Producción de sulfato calcio hemihidratado.....	35
5.6.3.2	Tiempo de mezclado (TM).....	35
5.6.3.3	Tiempo de trabajo (TT).....	35
5.6.3.4	Tiempo de fraguado (TF).....	35
5.6.3.5	Temperatura.....	36
5.6.3.6	Retardadores y aceleradores.....	36
5.6.3.7	Resistencia.....	37
5.6.4.	Tipos de Productos del Yeso.....	38
5.6.4.1	Yeso de Paris (Tipo I).....	38
5.6.4.2	Yeso para modelos (Tipo II).....	38
5.6.4.3	Yeso piedra dental (Tipo III).....	39
5.6.4.4	Yeso piedra de alta resistencia (Tipo IV).....	39
5.6.4.5	Yeso piedra de alta resistencia y expansión (Tipo V).....	39
6.	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	41
6.1.	DIMENSIONES DE LAS PIEZAS.....	41
6.2.	ENSAYO DE RESITENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MATERIAL QUE SE UTILIZARA PARA REFRENTAR.....	42
6.2.1.	Preparación y Llenado de los Moldes.....	42
6.3.	REFRENTADO DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.....	46
6.3.1.	Refrentado con Yeso tipo IV y Yeso normal.....	47
6.3.2.	Procedimiento para llevar a cabo el refrentado:.....	48
6.4.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.....	50
6.5.	ENSAYO DE DISEÑO DE MORTERO.....	51
6.5.1.	Preparación y Llenado de los Moldes.....	52
6.6.	CONSTRUCCIÓN DE MURETES O PRISMAS DE MAMPOSTERÍA.....	54
6.7.	REFRENTADO DE MURETES.....	58
6.8.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MURETES.....	59
7.	RESULTADOS.....	61
7.1.	COMPRESIÓN DE CUBOS DE YESO.....	61
7.2.	COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.....	67
7.2.1.	Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-9.68	
7.2.2.	Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-11.68	
7.2.3.	Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-14.69	

7.3.	ESFUERZOS A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO DE PEGA.....	70
7.4.	ESFUERZOS A COMPRESION DE MURETES DE MAMPOSTERIA.	71
7.4.1.	Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-9.	73
7.4.2.	Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-11.	73
7.4.3.	Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-14.	74
8.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	76
8.1.	Definiciones Estadísticas Básicas.....	76
8.1.1.	Promedio o media aritmética.	76
8.1.2.	VARIANZA.....	76
8.1.3.	Desviación Estándar (σ).	77
8.1.4.	Coeficiente de Desviación. (ρ).....	77
8.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES.	78
8.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA	79
8.4.	ANALISIS DE RESULTADOS PARA MURETES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.....	82
9.	CONCLUSIONES	86
10.	RECOMENDACIONES.....	87
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXO 1.		90
ANEXO 2.		99
ANEXO 3.		102
ANEXO 4		105
ANEXO 5		106
ANEXO 6.		109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Dimensiones de los ladrillos estructurales.....	11
Tabla 2.	Porcentajes de Materiales a Utilizar en Refrentado.....	14
Tabla 3.	Morteros de Relleno. Partes por volumen.....	27
Tabla 4.	Clasificación ASTM C-270 de Morteros de Pega para Mampostería Simple.....	29
Tabla 5.	Clasificación ASTM C-476 De Morteros de Pega para Mampostería Reforzada	29
Tabla 6.	Tipos de Mortero de Pega (Ref. UBC).....	29
Tabla 7.	Usos de los Morteros de Cemento	30
Tabla 8.	Correlación entre la resistencia del bloque, el tipo de mortero y la resistencia de la mampostería f'_m [kg/cm^2].....	32
Tabla 9.	Factor de corrección de la resistencia f'_m según la esbeltez.....	32
Tabla 10.	Efectos de la proporción agua / polvo (A/P) y el tiempo de mezclado en el tiempo de fraguado del yeso de París.....	36
Tabla 11.	Tipos de productos del yeso	38
Tabla 12.	Dimensiones de las Unidades de Mampostería.....	41
Tabla 13.	Promedios de Esfuerzo en Yeso de Refrentado.....	62
Tabla 14.	Propiedades Físicas de la Resistencia a la Compresión de Unidades de Mampostería Estructural.....	67
Tabla 15.	Datos Generales de Esfuerzos de Compresión en Unidades de Mampostería.....	68
Tabla 16.	Esfuerzo de Compresión en Muretes de Mampostería.....	72
Tabla 17.	Datos Generales de Esfuerzos de Compresión en Muretes de Mampostería.....	72
Tabla 18.	Definición Comportamiento de Muestras Según el Coeficiente de Variación.....	78
Tabla 19.	Esfuerzos Promedios Obtenidos en el Trabajo de Grado Actual y el Trabajo de Grado Anterior (TA) para Unidades.....	79
Tabla 20.	Resultados Unidades de Mampostería tipo E-9.....	80
Tabla 21.	Resultados Unidades de Mampostería tipo E-11.....	81
Tabla 22.	Resultados Unidades de Mampostería tipo E-14.....	81
Tabla 23.	Esfuerzos Promedios Obtenidos en el Trabajo de Grado Actual y el Trabajo de Grado Anterior (TA) para Muretes...	82
Tabla 24.	Resultados Muretes de Mampostería tipo E-9.....	83
Tabla 25.	Resultados Muretes de Mampostería tipo E-11.....	84
Tabla 26.	Resultados Muretes de Mampostería tipo E-14.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Dimensionamiento de la Unidad.	41
Figura 2.	Preparación de la mezcla.	42
Figura 3.	Llenado de moldes.	43
Figura 4.	Culminación de los cubos.	43
Figura 5.	Desencoframiento de las muestras.	44
Figura 6.	Curado de los cubos.	44
Figura 7.	Toma de medidas de las muestras.	45
Figura 8.	Fallado del cubo.	45
Figura 9.	Tipos de fallas presentadas.	46
Figura 10.	Aplicación de Laca a las caras de las Unidades.	47
Figura 11.	Ajuste y Retiro Parte Superior Máquina.	48
Figura 12.	Humedecer el Filtro y Colocación Mezcla.	48
Figura 13.	Extendida de la Mezcla y Asentamiento de la Pieza.	49
Figura 14.	Piezas Refrentadas y Ordenadas.	49
Figura 15.	Ubicación de la Pieza en la Máquina Universal.	50
Figura 16.	Ladrillos fallados.	51
Figura 17.	Mezcla de Mortero.	52
Figura 18.	Llenado de las Formaletas para los Cubos de Mortero.	53
Figura 19.	Resistencia a la compresión de las muestras del mortero.	54
Figura 20.	Elaboración de muretes.	55
Figura 21.	Verificación del Nivel de los Muretes.	55
Figura 22.	Retiro de Sobrantes.	56
Figura 23.	Limpieza de los Muretes.	56
Figura 24.	Cumplimiento del Espesor de la Junta.	57
Figura 25.	Curado de los muretes 28 días.	57
Figura 26.	Proceso de refrentado de muretes.	58
Figura 27.	Proceso de fallado de Muretes.	59
Figura 28.	Tipo de fallas presentadas en los muretes.	60
Fuente: Propia.		62
Figura 29.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 95% y cemento 5%.	62
Figura 30.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 85% y cemento 15%.	63
Figura 31.	Esfuerzos a la compresión de yeso normal 50% y cemento 50%.	63
Figura 32.	Esfuerzos a la compresión de yeso normal 10% y cemento 90%.	64
Figura 33.	Esfuerzos a la compresión de yeso tipo IV 100%.	64
Figura 34.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 50% y yeso tipo IV 50%.	65
Figura 35.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 40% y yeso tipo IV 60%.	65
Figura 36.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 30% y yeso tipo IV 70%.	66

Figura 37.	Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 20% y yeso tipo IV 80%.	66
Figura 38.	Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E9.	68
Figura 39.	Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E11.	69
Figura 40.	Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E14.	70
Figura 41.	Esfuerzos de Compresión Mortero de Pega.	71
Figura 42.	Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E9.	73
Figura 43.	Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E11.	74
Figura 44.	Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E14.	75
Figura 45.	Promedio de esfuerzos en material de refrentado.	78
Figura 46.	Esfuerzos promedio diferentes refrentados.	80
Figura 47.	Esfuerzos promedios de compresión en unidades de Mampostería.	82
Figura 48.	Esfuerzos promedio diferentes refrentados en muretes.	83
Figura 49.	Esfuerzos promedio y desviación estándar de compresión de prismas.	85



RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS DE COMPRESIÓN EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL Y MURETES E-9, E-11 y E-14 DE UNA EMPRESA LADRILLERA DE SANTANDER

AUTOR(ES): Ana Yanet Sánchez Gil
Fredy Yadir Mejía Angarita

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Claudia Patricia Retamoso Llamas

RESUMEN

El proyecto de grado busca la manera de analizar los esfuerzos de compresión en unidades de mampostería estructural y muretes contruidos con ladrillo tipo E9, E11 y E14 de una ladrillera ubicada en el casco urbano de Bucaramanga, para comprobar si cumple con las Normas Técnicas Colombianas para garantizar su uso ya que este tipo de mampostería estructural tiene un auge en la construcción en estos momentos. Para la realización de estas pruebas se refrentaron los ladrillos y muretes, se busco una mezcla la cual cumpliera con los requerimientos de resistencia del refrentado. Se indago en un material diferente al yeso normal, para la mezcla del refrentado, este material es de uso odontológico llamado “yeso tipo IV” o “yeso de alta resistencia”, al cual se le realizaron ensayos de resistencia que fueron satisfactorios. Se realizo un buen refrentado cumpliendo con los 3 mm de espesor que debe tener cada cara del espécimen refrentado, que sirve para que al momento que se le aplica la carga sea una carga puntual en el centro de la cara de la unidad de mampostería. Es importante destacar que cuando se realizaban los refrentados de las unidades de mampostería de manera manual, no se garantizaba el paralelismo entre las caras y que la carga aplicada por la Máquina Universal este totalmente centrada respecto al espécimen. Las unidades de mampostería estructural y muretes fueron refrentados con una mezcla de 80% (yeso de alta resistencia ó yeso tipo IV) y 20% (yeso normal), transcurrido el tiempo determinado ya sea para la unidades o muretes se procede a ensayarlos en la maquina Universal para determinar la carga máxima que resiste cada espécimen. Con los datos obtenidos en los ensayos se realizara un análisis de resultados para determinar la calidad de este tipo de mampostería estructural.

PALABRAS CLAVES: Refrentado, Yeso de Alta Resistencia, Mampostería Estructural, Resistencia a la Compresión, Muretes.



GENERAL SUMMARY OF GRADE WORK

TÍTULO: ANALYSIS OF THE STRAIN OF COMPRESSION IN UNITS OF STRUCTURAL MASONRY AND PRISMS E-9, E-11 AND E-14 GIVES A COMPANY BRICKYARD OF SANTANDER

AUTHOR(S): Ana Yanet Sánchez Gil
Fredy Yadir Mejía Angarita

FACULTY: CIVIL ENGINEERING

DIRECTOR: CLAUDIA PATRICIA RETAMOSO LLAMAS

ABSTRACT

The project of degree looks for the way of analyzing the strain of compression in units and prisms of structural masonry constructed with brick type E9, E11 and E14 of a brickyard located in Bucaramanga's urban hull, to verify if it expires with the Technical Colombian Procedure to guarantee its use since this type of structural masonry has a summit in the construction in these moments. For the accomplishment of these tests sampling the bricks and prisms, It look for a mixture which was expiring with the requirements of resistance of the sampling. It investigate in a material different from the normal plaster, for the mixture of the sampling, this material is of odontolgy us so called "plaster type the IVth" or "plaster of high resistance ", they tested to these elements and it was satisfactory. A good sampling with 3 mm of thickness that must have every face of the sampling specimen, that serves in order that to the moment that applies the punctual load in the center of the face of the unit of masonry. It is important to emphasize that when there were realized the sampling of the units of masonry of a manual way, the parallelism was not guaranteeing between the faces and that the load applied by the Universal Machine this one totally centred with regard to the specimen. The units and prisms of structural masonry were sampling with a mixtureof 80 % (plaster of high resistance or plaster type the IVth) and 20 % (normal plaster), passed the time determined already is for the units or prisms one proceeds to test them in the Universal machine to determine the maximum load that resists every specimen. With the information obtained in the tests an analysis of results was realized to determine the quality of this type of structural masonry.

KEY WORDS: Sampler, plaster of high quality, structural masonry, compression resistance, prisms.

INTRODUCCIÓN

La mampostería estructural se maneja hoy en día por sus grandes ventajas constructivas en la utilización de diferentes tipos de obras como son: viviendas, hoteles, hospitales, muros de contención, puentes en arco, tanques entre otras.

El trabajo de grado busco analizar piezas de mampostería estructural expuestas a la compresión y la vez mejorar el tipo de mezcla para realizar el refrentado y asegurar un buen comportamiento a la hora de realizar el ensayo a compresión.

Se busco un tipo de mezcla para remplazar el método tradicional de refrentado que se ha venido utilizando con neopreno de acuerdo con estudios anteriores arroja esfuerzos menores y el refrentado en azufre puede ser bueno pero a su vez afectar la salud de quien está manipulando el azufre en el momento del refrentado.

Se determino y comparo con los estudios anteriores, la resistencia a compresión en ladrillos de mampostería estructural tipo (E9, E11, E14), refrentando 30 unidades de cada tipo de ladrillo y 30 muretes compuestos por 2 unidades de cada tipo.

Se utilizo una mezcla de (yeso normal (20%) – yeso tipo IV (80%)) la cual se determino basado en los resultados obtenidos del laboratorio, al realizarse ensayos de resistencia y de acuerdo con las especificaciones de la NTC.

El refrentado se realizo en la maquina refrendadora la cual nos garantizo el espesor requerido de 3 mm según las normas.

Se determino la resistencia a la compresión por medio de la maquina universal de los laboratorios de la U.P.B.

Con los estudios realizados buscamos la utilización de otros tipos de mezclas de refrentado y poder analizar el comportamiento a la compresión de ciertos tipos de ladrillos de mampostería estructural que son uno de los más utilizados hoy en día.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General.

Analizar los resultados de la resistencia a la compresión en piezas individuales y en muretes de unidades de mampostería estructural tipo E-9, E-11 y E-14, adicionalmente observando el comportamiento de resistencia a la compresión del refrentado en yeso que se utilizará para nivelar las piezas.

1.2. Objetivos Específicos.

Determinar la resistencia a la compresión de varias muestras de yeso de alta resistencia, yeso normal y cemento, para determinar la mezcla óptima a utilizar en el refrentado.

Determinar la resistencia a la compresión de treinta (30) unidades de mampostería de cada clase de ladrillo.

Comprobar la resistencia a la compresión del mortero utilizado en la pega de los muretes a ensayar.

Determinar la resistencia a la compresión en muretes (f'm) de treinta (30) muros de cada clase de unidad.

Analizar los resultados de resistencia a la compresión de unidades de mampostería y realizar comparaciones con trabajos de grado anteriores en los cuales se ensayaron piezas de mampostería estructural, que fueron refrentadas manualmente, con yeso, neopreno y azufre.

Analizar los resultados de resistencia a la compresión en muretes (f'm), comparando estos con los resultados obtenidos con trabajos de grado anteriores que refrentaron con yeso, de manera manual.

2. METODOLOGIA

2.1. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA.

Esta investigación tiene como objetivo primordial mejorar el sistema de refrentado para establecer una resistencia mayor al momento de aplicarle una fuerza compresión, en unidades de mampostería estructural E9, E11, E14, y muretes de 2 unidades de cada clase.

Basándonos en las investigaciones anteriores se ha demostrado un mejor resultado al realizarlo con yeso de París, pero en nuestro estudio utilizamos yeso de alta resistencia (yeso tipo IV).

2.2. ESCOGENCIA DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.

Se selecciono para trabajar una serie de ladrillos de mampostería estructural los cuales son E-9, E-11, Y E-14. Aquellos ladrillos fueron suministrados por la ladrillera **tubos y ladrillos** de la ciudad de Bucaramanga.

2.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Se observa a continuación las diferentes dimensiones de los ladrillos de mampostería estructural.

Tabla 1. Dimensiones de los ladrillos estructurales.

LADRILLO	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTO (cm)
E-9	9	33	19
E-11	11	33	19
E-14	14	33	19

2.4. REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERIA.

El refrentado es un proceso en el cual garantiza que la superficie del ladrillo este perfectamente lisa y hacer paralelas las caras.

Para que al momento que se aplique una carga, sea distribuida uniformemente para determinar la resistencia a la compresión en este caso en piezas de mampostería estructural.

2.4.1. Refrentado de yeso (Yeso de Alta Resistencia “tipo IV” – Yeso normal).

Se cubre con la laca las dos caras opuestas de carga de cada espécimen y se dejan secar bien. Se asienta una de las caras con laca seca sobre la mezcla de yeso extendida en la superficie del filtro implementado para la maquina refrentadora, se repite el mismo procedimiento para la otra cara. El espesor del refrentado debe ser aproximadamente el mismo en las dos caras y no se debe exceder de 3.0 mm. El refrentado debe dejarse secar en un tiempo mínimo de (48) horas antes de realizar el ensayo correspondiente.

2.5. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Al realizar los diferentes refrentados a cada una de las unidades de mampostería estructural tipo E9, E11, E14 y muretes conformados de 2 unidades de cada tipo, se realiza el ensayo a compresión en la maquina Universal del Laboratorio de Ingeniería civil de la UPB.

2.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, se analizaran para realizar una metodología estadística para poder interpretar los datos obtenidos.

2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se determinaran las características al utilizar el (Yeso de alta resistencia (yeso tipo VI) – yeso normal) en el sistema de refrentado.

3. JUSTIFICACIÓN

En diversos casos de ensayos en laboratorios con mampostería no se obtienen los resultados esperados, debido a que no se ha efectuado un buen refrentado en el material a fallar.

Buscando una solución al problema, en el trabajo de grado titulado: “VALIDACIÓN DEL REFRENTADO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO PORCENTAJES DE MEZCLA DE YESO – CAOLÍN (FASE I)” realizado por los ingenieros Edwin Enrique Ramírez Pita y Luis Fernando Ortiz Ariza, se diseñó un sistema de refrentado el cual perfeccionó tanto el espesor de refrentado y la nivelación, para así tener una buena colocación en la máquina y por consiguiente obtener mejores resultados en la pruebas de compresión de unidades de mampostería y muretes.

Este trabajo de grado continúa con lo desarrollado en el trabajo de grado mencionado y busca obtener una resistencia a la compresión óptima en el material que se utiliza en el refrentado de las unidades y los muretes, y así garantizar una resistencia más real en el laboratorio de ingeniería civil.

Adicionalmente, se busca obtener un resultado de resistencia a la compresión en unidades de mampostería y muretes ($f'm$), de tal manera que con el nivelado de las piezas con el refrentado realizado en la máquina, se valide el proceso en laboratorio.

4. ALCANCE

Se realizarán 30 cubos con porcentajes diferentes para determinar la resistencia a la compresión del material utilizado como refrentado así:

Tabla 2. Porcentajes de Materiales a Utilizar en Refrentado.

Yeso Normal	Cemento	Yeso Alta Resistencia
10%	90%	-
50%	50%	-
85%	15%	-
90%	10%	-
95%	5%	-
-	-	100%
50%	-	50%
60%	-	40%
70%	-	30%
80%	-	20%

Fuente: Autores.

De las anteriores mezclas, se elegirá aquella que cumpla con la resistencia necesaria para el refrentado de la mampostería estructural que se utilizará en el trabajo (E-9, E-11 y E-14).

A su vez se determinará la resistencia a la compresión de 30 muretes conformado por 2 ladrillos de cada clase (E-9, E-11 y E-14) y mortero de pega, para determinar la resistencia a la compresión (f_m) en el laboratorio.

Luego se analizarán los resultados individuales del trabajo de grado propio, con los resultados obtenidos en los trabajos de grado anteriores para comparar la resistencia a la compresión en unidades de mampostería y/o muretes en su diferente proceso. Los trabajos de grado que trabajaron con este tipo de unidades de mampostería son: "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y ESTUDIO DEL REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA", realizado por los Ingenieros Cristian Ricardo Medina Manosalva y Ronald Andrey Moreno Rincón y "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MURETES EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL TIPO E9, E11 Y TERMINAL." Realizado por los Ingenieros Omar Andrés Luna Badillo y Manuel Guillermo Arenas García.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1. MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.¹

La mampostería es un sistema de construcción que utiliza bloques de materiales tales como concreto, ladrillo, piedra, adobe, etc., unidos entre sí mediante alguna forma de mortero para formar elementos constructivos más complejos, por ejemplo muros. Dependiendo de ciertos factores se consideran tres tipos de mampostería: mampostería simple, mampostería semireforzada y mampostería reforzada.

5.1.1. Mampostería Simple

Generalmente se utilizan bloques de un tamaño tal que pueden ser manejados manualmente, tienen muy buena resistencia a esfuerzos de compresión pero muy baja a los de tracción.

5.1.2. Mampostería Semireforzada

Se diseña como mampostería simple a excepción de que las tracciones las toma el acero. Los requerimientos de refuerzos mínimos no rigen en este tipo de mampostería. También se conoce con el nombre de mampostería parcialmente reforzada.

5.1.3. Mampostería Reforzada

Es la mampostería estructural con refuerzo embebido en mortero de relleno (groutin), a través del cual forma un sistema monolítico con el muro originalmente hueco. El refuerzo puede utilizarse para resistir la totalidad de las tensiones de tracción existentes y eventualmente, para absorber tensiones de compresión y cortante que la mampostería simple no esté en condiciones de resistir.

5.2. DESARROLLO HISTORICO.²

La mampostería se ha utilizado por el hombre desde la antigüedad. Los bloques de piedra son el material natural de construcción más importante en el desarrollo histórico de la arquitectura desde las primeras civilizaciones hasta el siglo pasado, y existen evidencias arqueológicas del uso del adobe (bloques de arcilla seca al sol) desde hace más de 10.000 años (Jericó). El ladrillo (bloque de arcilla cocida) por otra parte, tiene una historia de más de 5000 años.

¹ Edificios de mampostería; p. 1

² Edificios de mampostería; p. 1 - 2

Todas las grandes civilizaciones de la antigüedad utilizaron la mampostería de piedra o ladrillo para sus construcciones y monumentos. Civilizaciones como los egipcios, griegos, romanos, la China, la India y en América (incas, aztecas y mayas) construyeron obras de mampostería que aun se pueden admirar.

A pesar de la rica historia de mampostería como material de construcción, aun hoy en día sus propiedades estructurales son menos conocidas que las de los otros materiales estructurales importantes como el concreto, el acero y la madera. Solo recientemente, desde la década de los 40, se han introducido métodos técnicos de ingeniería para el diseño de estructuras de mampostería, simultáneamente con la producción industrial de los bloques de arcilla cocida y concreto de propiedades controladas y con el uso de la mampostería reforzada.

Los primeros intentos del uso de la mampostería reforzada de ladrillo datan de 1825 (Marc Brunel, Inglaterra). Sin embargo, el uso de la mampostería reforzada tuvo un desarrollo lento hasta la industrialización de la producción de ladrillo y bloques de concreto.

El límite del desarrollo técnico de la mampostería de ladrillo no reforzado se alcanzó hacia fines del siglo XIX con el edificio Monadnock en Chicago (1889 – 1891), una construcción de 16 pisos con muros de carga de 1.8 (m) de espesor en la base. En esta obra se mostró claramente una de las grandes limitaciones de la mampostería simple en la construcción moderna con el gran desperdicio de espacio útil por el gran espesor que había que dar a los muros para lograr la estabilidad del edificio. La otra gran limitación se mostró con el mal comportamiento de las construcciones de mampostería simple en los terremotos, todo lo cual condujo a descartar el uso de la mampostería simple como material de construcción de obras importantes.

Los bloques de concreto aparecieron en la industria de la construcción desde comienzos del siglo XX y desde hace unos 60 años se comenzó a utilizar la mampostería de bloques de concreto reforzada con varillas de acero y se mejoró la tecnología en tal forma que hoy en día la mampostería estructural constituye un sistema plenamente establecido para la construcción de edificios de pequeña y mediana altura que puede competir ventajosamente en muchos casos con otros sistemas de construcción.

El uso de bloques huecos además de facilitar su transporte y manipulación, ofrece la posibilidad de formar celdas alineadas verticalmente que pueden ser rellenas en la obra con morteros fluidos y reforzadas con varillas de acero, con lo cual se amplía el rango de resistencia del sistema para las varias solicitaciones que debe atender.

El sistema de mampostería estructural se ha venido utilizando en Colombia desde mediados de la década de los 70 cuando se inició la producción de bloques de concreto y arcilla de calidad controlada y regularizada, especialmente en la construcción de edificios de vivienda multifamiliar y oficinas de 5 pisos.

5.3. ESTRUCTURAS MODERNAS DE MAMPOSTERIA³

Entre las obras en las cuales se puedan utilizar ventajosamente las características estructurales de la mampostería se destacan los edificios, los puentes en arco, los muros de contención y los tanques y silos.

Los edificios en los cuales se aprovechan mejor las ventajas constructivas de la mampostería son la mediana altura, cierta regularidad y simetría, con esquemas arquitectónicos que se repiten en cada piso. Por ejemplo en edificios de vivienda, hoteles y hospitales. Las grandes ventajas económicas de la mampostería en edificios se originan particularmente en el uso simultáneo de los muros como elementos de cierre y como elementos portantes eliminando la necesidad de vigas y columnas como elementos estructurales principales, en la simplicidad del diseño y en la racionalización de las labores de cavado y de instalación de servicios con la consiguiente disminución del tiempo de construcción.

Otras ventajas de la mampostería en edificios son la gran flexibilidad para el tratamiento arquitectónico de las fachadas en comparación con los edificios aporticados y las características ambientales como las propiedades de absorción de sonido y buena resistencia al fuego.

Las limitaciones de la mampostería simple, especialmente en lo referente a su uso en zonas sísmicas, han sido suficientemente superadas por la mampostería estructural reforzada, la cual, combinada con las modernas técnicas de prefabricación resultan como un excelente sistema de construcción no solo para edificios de vivienda, oficinas y hoteles hasta de 20 pisos, sino también para obras como muros de contención y puentes en arco.

Los nuevos desarrollos de la mampostería semiforzada abren nuevas perspectivas para su uso más amplio, no solo en las obras mencionadas antes sino también para tanques y silos.

5.3.1. Ventajas y Desventajas:

³ Edificios de mampostería; p. 1 - 2

5.3.1.1 Ventajas

Bajo condiciones adecuadas, el sistema presenta indudables ventajas de orden económico y operacional.

- Posibilidad de utilizar entrepisos prefabricados
- Utilización de elementos de cierre como estructura
- Disminución de acabados
- Conducciones eléctricas o sanitarias internas
- Eliminación de canchas, resanes y desperdicios
- Aislamiento térmico y acústico
- Reducción de formaleas y obra falsa
- Utilización racional del cemento
- Bajos niveles de absorción de humedad
- Daños secundarios menores en sismo de diseño
- Reducción de costo

5.3.1.2 Desventajas.

Las desventajas del sistema son de tipo general y de tipo local. Sobresalen como desventajas generales:

- Requiere mano de obra calificada
- Requiere controles de calidad rigurosos y sistemáticos
- Utiliza mayores factores de seguridad
- Los espacios cerrados no permiten en su mayoría de veces, la recepción de señal de los celulares.
- Requiere modulación rigurosa vertical y horizontal.
- Requiere ejes fijos.
- Tiene problemas de almacenaje.
- Requiere entrepisos monolíticos (diafragma).
- Tiene mayor peso que los edificios convencionales.
- Son estructuras poco dúctiles.
- Requiere fundaciones rígidas.
- Entre las desventajas locales pueden enunciarse:
- Ausencia de normas nacionales suficientes de fabricación y construcción.
- Producción insuficiente y deficiente.
- Regulaciones de planeación hechas para estructuras convencionales (problemas con parqueaderos en sótanos).
- Falta de espíritu científico en la evaluación de los resultados.

5.4. MATERIALES⁴

Los materiales utilizados en la mampostería estructural son los bloques, el mortero y el refuerzo que se combinan para formar un nuevo material que es la mampostería reforzada. Para el diseño de estructuras de mampostería es necesario entonces conocer las características y propiedades de los varios componentes de la mampostería y las del material final.

5.4.1. Bloques de Concreto.

Los bloques de concreto se producen con gran variedad de tamaños, formas, texturas y calidades. Los más utilizados en obras de mampostería estructural son los de dos huecos y de espesores nominales de 10, 15, 20 y 25 [cm]. Las dimensiones reales son del orden de 1 [cm] menos que las nominales, medios bloques y formas especiales para dinteles y vigas y columnas que permiten la colocación del refuerzo de una manera conveniente. Los huecos del bloque permiten la formación de celdas verticales en donde se coloca el refuerzo dentro de un relleno de mortero fluido y se construyen con una cierta inclinación, necesaria para facilitar su extracción de los moldes y la cara con tabiques y paredes más gruesas van en la superficie para colocar el mortero.

La calidad de los materiales utilizados está bien normalizada y los procesos modernos de fabricación y curado altamente automatizados dan por resultado un producto bastante uniforme en resistencia textura, tamaño y forma, todo lo cual contribuye a la confiabilidad de los métodos de diseño de estructuras de mampostería.

Los bloques normalmente son de color gris, pero se pueden fabricar en una gran variedad de colores desde blanco hasta negro, agregando los pigmentos apropiados durante el proceso de fabricación.

Algo semejante puede decirse con respecto a la textura, todo lo cual ofrece al arquitecto y diseñador infinidad de posibilidades para obtener efectos especiales de gran valor estético en las obras de mampostería estructural.

A continuación se enuncian algunas propiedades de los bloques de concreto:

5.4.1.1 Absorción.

⁴ Edificios de mampostería; p. 9 – 11

De un modo parecido a lo que ocurre con el ladrillo, la capacidad de absorción está relacionada con la durabilidad y manejabilidad.

5.4.1.2 Encogimiento Lineal.

La retracción lineal al pasar de la condición húmeda a la seca varía entre 0.03 y 0.065% y este factor es importante para determinar la posición y la distancia entre juntas de construcción para prevenir el agrietamiento del muro terminado. La retracción depende del tipo de mezcla y del sistema de curado. Los muros de bloques de concreto tienen mayor tendencia a agrietarse que los de ladrillo, y las juntas deben construirse a espacios del orden de 6 [m] o en zonas de debilidad de los muros como huecos de ventanas y puertas.

5.4.1.3 Contenido de humedad.

Los bloques de concreto se expanden y se encogen con el aumento o disminución del contenido de humedad y solo en casos extremos de construcción a muy altas temperaturas se deben humedecer el bloque antes de su colocación en la obra. La capacidad de absorber humedad debe estar controlada entre el 6 y 12% del peso.

5.4.1.4 Resistencia a la compresión.

La resistencia mínima a la compresión de los varios tipos de bloques está definida en las especificaciones, generalmente referida al área bruta de la sección, aún cuando para el diseño se debe utilizar el valor referido al área neta. El diseño de la mampostería se basa en el coeficiente f'_m que es la resistencia del murete de mampostería en condiciones determinadas en el laboratorio.

5.4.1.5 Rigidez.

El módulo de elasticidad que se utiliza en el diseño es el de la mampostería completa y no el del bloque individual. Sin embargo, el valor de dicho módulo no se conoce con suficiente precisión. Las diferentes normativas dan generalmente un valor de 1000 f'_m para dicho módulo independientemente del tipo de mampostería, aunque según algunas investigaciones el valor real debe ser del orden de 550 f'_m . El coeficiente de Poisson es del orden de 0.28.

El módulo de cizalladura se especifica como 400 f'_m , aunque también sin mayor respaldo experimental.

5.4.1.6 Resistencia a la tracción.

La resistencia a la tracción es importante para determinar la resistencia a la tensión diagonal en el muro de mampostería. No se ha definido un ensayo estándar para medir dicho parámetro; pero los resultados de algunos experimentos indican que para bloques normales el valor está entre 0.35 y 1.4 [N/mm²].

El control geométrico del bloque debe ser cuidadoso para la obtención de una buena presentación y una buena calidad de los acabados.

El bloque de concreto también tiene características apropiadas de aislamiento acústico, térmico y resistencia al fuego.

5.4.2. Ladrillos

El ladrillo es un tipo de cerámica. Las cerámicas son materiales inorgánicos no metálicos, bastantes estables químicamente, usualmente procesados a altas temperaturas, formados básicamente por silicatos y por óxidos metálicos.

Físicamente las cerámicas son materiales duros, frágiles de poca ductibilidad y resistencia a altas temperaturas.

La arcilla, que es la materia prima con que se fabrica el ladrillo, es básicamente un silicato hidratado de aluminio con varias impurezas tales como óxido de hierro, calcio, magnesio, sodio, titanio y potasio.

Las propiedades de la arcilla que la hacen apta para la fabricación de ladrillo son la plasticidad, la resistencia a la tracción, la fusibilidad y la retractibilidad. La arcilla debe ser suficientemente plástica para que pueda moldear cuando se mezcla con agua y tener la resistencia a la tracción necesaria para que conserve su forma en el proceso de secado. También debe tener capacidad de fusión dentro de límites definidos de temperatura. La arcilla a diferencia de los metales, se ablanda lentamente y su funde gradualmente al someterla a temperaturas crecientes, transformándose en el material duro, sólido y resistente que es el ladrillo.

El proceso de fusión de la arcilla tiene tres etapas:

- La fusión incipiente en la cual las partículas de arcilla se ablandan, lo cual permite la cohesión de la masa.
- La vitrificación, cuando ocurre una fusión más extensa con el resultado de una masa sólida y poco absorbente.

- La fusión viscosa en la cual la masa de arcilla se desintegra y se convierte en clínquer.

La temperatura de fusión se debe controlar en tal forma que las dos primeras etapas ocurran completamente, pero que no ocurra la tercera.

La capacidad de retracción es una característica de todas las arcillas en mayor o menor grado. Una primera etapa de la retracción ocurre al secarse la arcilla al aire, y otra durante el proceso de quemado. Ninguno de los dos tipos de retracción debe ser excesivo para que no se presente agrietamiento y deformación en el producto final.

La característica del ladrillo que lo han hecho un material tan ampliamente usado en construcciones de mampostería durante tantos siglos tiene que ver con las propiedades físicas relacionadas con la estética del material como su color y textura, y con las relacionadas con su utilización técnica, tales como su resistencia, durabilidad, resistencia al fuego, aislamiento acústico, etc.

El ladrillo rojo común usado en la construcción puede contener hasta un 50% de caolinita con cuarzo y mica, y entre un 5 y 10% de óxido de hierro que da el color rojo.

El proceso del quemado del ladrillo es de gran importancia para la determinación de sus propiedades.

La primera reacción ocurre a 575°C cuando el cuarzo (SiO_2) sufre un cambio cristalográfico de la forma alfa a la beta. A los 600°C la caolinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pierde el agua y se produce meta-CAOLINITA ($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$), la cual por encima de los 1100°C se transforma en mulita liberando en el proceso sílice que a los 1200°C reacciona formando otros compuestos. La mica se descompone desde los 800°C perdiendo el agua de combinación y formando a los 1100°C vidrio del sistema $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ y cristales de mulita. Eventualmente entonces la mica, el cuarzo y caolinita originales terminan formando tres compuestos cristalinos, el cuarzo, la cristobalita y la mulita, ligados mediante un cemento vítreo.

La cantidad de poros que se forman durante el proceso de manufactura tiene gran influencia en todas las propiedades que determinan las características estructurales del ladrillo.

La porosidad se define como el porcentaje del volumen de poros sobre el volumen total, y se determina mediante procedimiento normalizados de laboratorio.

La influencia de la porosidad sobre algunas de las propiedades importantes del ladrillo se puede expresar así:

La relación entre la resistencia R y la porosidad se indica mediante una formula del tipo:

$$R = R_o \cdot e - b_p$$

R_o = resistencia a cero porosidad

e = porosidad

b_p = es una constante.

La relación para el módulo de Young E es:

$$E = E_o \cdot (1 - c_p)$$

E_o = valor del módulo a cero porosidad

c_p = es una constante que normalmente vale 2.0

La conductividad térmica K, varía aproximadamente en forma lineal según la fórmula:

$$K = K_o \cdot (1 - p)$$

K_o = es la conductividad a cero porosidad.

Los ladrillos exhiben las características propias de los materiales cerámicos en la relación esfuerzo deformación, esto es, un comportamiento frágil y una relación aproximadamente lineal hasta el punto de fractura.

El valor de la deformación unitaria crítica es unas 100 veces menor que la que teóricamente corresponde a una estructura cristalina ideal. Tanta diferencia se explica por la existencia de grietas capilares y otras irregularidades en los ladrillos. Teóricamente es posible, aunque no económico, producir ladrillos de muchísima mayor resistencia que los fabricados en la actualidad.

Los ladrillos presentan apreciables cambios en sus dimensiones desde el momento que salen del horno. Un tipo de expansión y contracción producido por cambios en el contenido de humedad es de carácter reversible; cambios geométricos mayores y de carácter irreversible. Dependiendo de la temperatura de quemado.

El ladrillo se fabrica en muchas formas y dimensiones. Los llamados ladrillos macizos deben tener un área neta no menor del 75% de la sección bruta paralela a la superficie de soporte. Los ladrillos huecos, utilizados en la mampostería reforzada, pueden tener un área neta hasta del 60% de la bruta y con dimensiones de paredes y tabiques similares a las de los bloques de concreto de modo que permitan la colocación del refuerzo en las celdas.

Las propiedades deseables de un ladrillo que lo hacen apropiado como un buen material de construcción son:

5.4.2.1 La durabilidad.

Capacidad para resistir cambios condicionales climatológicos, los ataques químicos y la penetración de la humedad, en zonas donde se presentan fenómenos de congelación y deshielo, se pueden presentar daños por la expansión del agua al congelarse en los poros del ladrillo.

5.4.2.2 La capacidad de absorción de agua.

Tiene que ver con su habilidad para formar una buena unión con el mortero. Esta propiedad se mide con el coeficiente de saturación, que se calcula como la relación entre las absorciones de agua fría y agua hirviendo. Si la succión es muy alta se presentan problemas en la construcción del muro, pues el ladrillo absorbe rápidamente el agua del mortero disminuyendo su trabajabilidad y en casos extremos tomando parte del agua necesaria para el fraguado con lo cual se disminuye apreciablemente la resistencia de este. De ahí la importancia de determinar este índice de modo que se pueda decidir sobre la necesidad o no de mojar previamente el ladrillo antes de su utilización.

5.4.2.3 La resistencia a la compresión.

Es una componente fundamental de la resistencia de la mampostería, indicada por el coeficiente f'_m , que mide la resistencia del conjunto ladrillo-mortero. La resistencia a la compresión del ladrillo es mucho mayor a la del concreto, pero varía mucho más que la de este aun entre ladrillos de una misma cochada.

5.4.2.4 La rigidez.

Se mide por el módulo de Young, el cual varía entre 3.5 GPa para ladrillos de baja resistencia hasta 34.0 GPa para los de resistencias altas. El módulo de elasticidad de la mampostería E_m es menor que el del ladrillo.

El valor comúnmente usado de $E_m = 1000 \text{ f'm}$, no parece corresponder bien al valor real y se ha sugerido un valor de 600 f'm como más apropiado.

Otro índice para medir la rigidez es el coeficiente de Poisson, el cual es del orden de 0.40 para mampostería rellena y de 0.23 para mampostería hueca.

La resistencia a la flexión transversal, medida con el módulo de ruptura es otro índice importante en algunos aspectos del diseño estructural de la mampostería.

5.4.2.5 La conductividad térmica.

Aumenta con la densidad, el contenido de humedad y la temperatura media a la cual se hace la medición. El índice del ladrillo es diferente del de la mampostería por la influencia de los morteros de pega y de relleno.

5.4.2.6 Las propiedades acústicas.

Se refieren más a su capacidad de controlar la transmisión del sonido, que depende de la masa y es favorable por la alta densidad del material, que a su capacidad para absorber sonido para lo cual no es muy efectivo.

El ladrillo tiende a expandirse con el tiempo, lo cual debe tenerse en cuenta por ejemplo en el diseño de las juntas.

5.4.3. Morteros

El mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/u otro cementante), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque.

En las obras de mampostería estructural se distinguen dos tipos de morteros: el mortero de pega y el mortero de relleno.

A continuación se presentan algunos tipos de mortero:

5.4.3.1 Mortero de Pega

La función del mortero de pega es servir de base y de unión entre los bloques de la mampostería.

En tiempos primitivos se utilizaban aditivos tales como la clara de huevo, los orines y la sangre de buey, combinados con arena.

El mortero para la mampostería ha evolucionado desde el mortero de arena y cal utilizado hasta comienzos del siglo hasta morteros de mezclas más complejas de cemento portland, arena, y cal o aditivos plastificantes. Los morteros de cal y arena adquieren su resistencia lentamente por carbonatación con el CO_2 del aire, pero hoy en día han sido sustituidos casi completamente por los de cemento.

El mortero ideal debe tener buena trabajabilidad en estado húmedo para facilitar la labor de colocación de los bloques y presentar buena resistencia y adherencia al fraguar de modo que se asegure la integridad estructural y durabilidad de la mampostería.

La buena adherencia entre el mortero y el bloque depende de ambos elementos. El mortero debe tener la capacidad de fluir y llenar los intersticios de la superficie del bloque, y de humedecer éste; por su parte el bloque debe poseer suficientes irregularidades en su superficie para proveer adherencia mecánica, y suficiente capacidad de absorción para atraer el mortero húmedo a esas irregularidades de su superficie.

La adherencia entre el mortero y el bloque comienza a desarrollarse desde el primer contacto y se completa con el fraguado del mortero.

Las propiedades elásticas del mortero son muy importantes porque ellas afectan la mampostería y su resistencia. Una carga axial que actúa sobre la mampostería tiende a deformar más el mortero que el bloque, de modo que el mortero es sometido a compresión lateral y el bloque a tracción, con lo cual en algunos casos puede producir Agrietamiento.

5.4.3.2 Mortero de Relleno.

El mortero de relleno consiste en una mezcla fluida de concreto rica en cemento, destinada a utilizarse en la solidificación de algún sector del muro.

Los elementos de mezclas son cemento, cal, arena y agregado grueso en algunos tipos de mezclas: el T.A.M. es del orden de 1.0 cm y depende de las condiciones de trabajo que se tengan.

Las características de la mezcla deben ser:

- Fluidez que garantice su penetración a todas las cavidades del muro sin segregación; esta fluidez se logra con adición suficiente de agua o con aditivos químicos; el muro disminuye la relación A/C (Agua/Cemento) del mortero al absorber parte del agua de la mezcla, proceso mediante el cual se provee adherencia al bloque relleno.
- La mezcla endurecida debe ser de buena resistencia para lograr los efectos que se deseen de ella; capacidad de transmisión de tensiones del acero, buena resistencia de compresión, y eventualmente, trabajo a fuerzas de corte y de tracción.
- La utilización del relleno se hace necesaria en los siguientes casos:
 - Reparación de muros confeccionados con bloques de resistencia inferior a la específica.
 - Cuando se hace necesario utilizar muros sólidos para atender solicitaciones de compresión.
 - Cuando se hace necesario utilizar refuerzo horizontal y vertical.
 - Cuando se requiera para atender tensiones de cortante por ser insuficiente el muro hueco.
 - Cuando se utilizan elementos de flexión (vigas).
 - Cuando se tienen muros con cavidad intermedia solidificada (cavity walls).
- Bajo el punto de vista personal se recomienda:
 - Utilizar reacciones A/C (Agua/Cemento) no mayores de 0.55.
 - Eliminar toda la rebaba del mortero de pega.
 - Limpiar cuidadosamente las celdas a rellenar.
 - Utilizar celdas de inspección y limpieza.
 - No utilizar bloques de 3 huecos.
 - Revisar la posición del refuerzo.
 - Vibrar o chuzar la mezcla colada y luego compactar la mezcla.
 - Usar relleno bajo para mampostería simple y relleno alto para mampostería reforzada.

Tabla 3. Morteros de Relleno. Partes por volumen

Tipo de Relleno	Cemento Portland	cal	Agregado Fino Suelto	Agregado Grueso Suelto
Relleno fino	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	-
Relleno grueso	1	0 a 0.1	2.25 a 3.0	1 a 2

Fuente: Tecnología del concreto y del Mortero. De Guzmán, Sánchez Diego; p. 306

5.4.3.3 Especificaciones de Materiales que componen el Mortero.

A continuación, se muestran algunas especificaciones de algunos materiales que componen el mortero:

Cemento

En la construcción de mampostería reforzada se utiliza normalmente el cemento Portland (Ref. ASTM C150). Existe además otro tipo de cemento llamado cemento de mampostería (Ref. ASTM C91) que se utiliza en obras de mampostería simple.

Cal

La cal (óxido de calcio, CaO u óxido hidratado de calcio $\text{Ca}(\text{OH})^2$) es uno de los más antiguos productos químicos producidos y utilizados por el hombre. Su función primordial en los morteros modernos es darle trabajabilidad y plasticidad a la mezcla y mejorar la capacidad de retención de agua al mortero, ya que el cemento Portland suministra básicamente la resistencia.

La llamada cal viva (CaO) se obtiene por calcinación de la caliza en hornos a 1400°C . La cal viva es un producto altamente caústico, que reacciona violentamente con el agua produciendo gran cantidad de calor y que por lo tanto es muy difícil de manejar. En la construcción, y como componente del mortero se utiliza el hidróxido de calcio o cal ($\text{Ca}(\text{OH})^2$).

Arena

La gradación apropiada de la arena es muy importante en la determinación de la trabajabilidad del mortero y en su resistencia.

Aditivos

Raramente se utilizan aditivos especiales en la elaboración de los morteros de mampostería.

En cada país la clasificación de morteros, obedece a propiedades específicas de resistencia a compresión, de acuerdo con las propiedades de los materiales utilizados en su preparación. La norma más difundida es la ASTM C-270, la cual clasifica los morteros de pega, por propiedades mecánicas y por dosificación. En esta norma se aceptan 5 tipos de morteros designados con las letras M, S, N, O y K en orden descendente de calidad.

Tabla 4. Clasificación ASTM C-270 de Morteros de Pega para Mampostería Simple
(Según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación)

Tipo de mortero	Resistencia a compresión		
	(MPa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I)
M	17,2	175	2.500
S	12,4	126	1.800
N	5.2	53	750
O	2.4	25	350
K	0.5	5	75

Fuente: Tecnología del concreto y del Mortero. De Guzmán, Sánchez Diego; p. 305

El mortero para mampostería sin refuerzo debe ser dosificado y mezclado de acuerdo con esta norma para los tipo M, S, o N. Los morteros para mampostería reforzada están regulados por la norma ASTM C-476 en la cual se distinguen los tipos PM y PL.

Tabla 5. Clasificación ASTM C-476 De Morteros de Pega para Mampostería Reforzada
(Según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación)

Tipo de mortero	Resistencia a compresión		
	(MPa)	(Kg/cm ²)	(P.S.I)
PM	17.2	175	2.500
PL	17.2	175	2.500

Fuente: Tecnología del concreto y del Mortero. De Guzmán, Sánchez Diego; p. 305

Tabla 6. Tipos de Mortero de Pega (Ref. UBC)

Designación	Cemento Portland	Cal	Cemento de mampostería
M	1	0 - ¼	0
	1	0 - 0	1
S	1	¼ - ½	0
	½	0 - 0	1
N	1	½ - 1¼	0
	0	0 - 0	1
O	1	¼ - 2½	0

Fuente: Edificios de mampostería; p.13

La cantidad de arena debe estar entre 2¼ y 3 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal utilizados.

Tabla 7. Usos de los Morteros de Cemento

MORTERO	USOS
1 : 1	Mortero muy rico para impermeabilizaciones. Rellenos
1 : 2	Para impermeabilizaciones y pañetes de tanques subterráneos. Rellenos.
1 : 3	Impermeabilizaciones menores. Pisos
1 : 4	Pega para ladrillos en muro y baldosines. Pañetes finos.
1 : 5	Pañetes exteriores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1 : 6 Y 1: 7	Pañetes interiores: pega para ladrillos y baldosines, pañetes y mampostería en general. Pañetes no muy finos.
1 : 8 Y 1: 9	Pegas para construcciones que se van a demoler pronto. Estabilización de taludes en cimentaciones.

Fuente: Tecnología del concreto y del Mortero. De Guzmán, Sánchez Diego; p. 307

5.4.4. Refuerzo.

El refuerzo forma parte de la mampostería y se requiere en múltiples casos y para infinidad de condiciones. El refuerzo puede ser de dos tipos: el de funcionamiento y el de sollicitación; el primero tiene la labor exclusiva de posibilitar el funcionamiento del sistema como tal, por ejemplo en las conexiones de muros o en los elementos con bloques sin traba “stack bond”. El refuerzo de sollicitación tiene una función estructural específica: absorber las fuerzas de tracción o compresión, resistir tensiones directas de cortante, etc.

Todo refuerzo debe estar embebido en mortero de relleno, no solo para protegerlo de las condiciones atmosféricas agresivas, sino también para realizar el mecanismo de transmisión de tensiones.

5.5. PROPIEDADES DE LA MAMPOSTERIA (Muretes)⁵

La mampostería es un material compuesto y sus propiedades dependen de las de los bloques y de las del mortero, y además del procedimiento de fabricación. Se ha observado que su resistencia es proporcional a la raíz cuadrada de la resistencia del muro de mampostería a partir de la resistencia obtenida de los componentes y esta se debe hacer mediante los ensayos normalizados de muretes en el laboratorio.

El parámetro básico para medir la resistencia de la mampostería es la resistencia a la compresión f_m del murete de ensayo en el laboratorio.

En efecto existe una relación confiable entre la resistencia del muro de mampostería y la del murete de ensayo hecho con los mismos materiales

⁵ Edificios de mampostería; p.15 - 17

y en las mismas condiciones de elaboración. Un valor típico de esta relación para el caso de mampostería de ladrillo es 0.7.

La resistencia $f'm$ depende de la esbeltez del muro, de la resistencia de los bloques y de los morteros de pega y de relleno. Otros factores que influyen en la resistencia de la mampostería son el tiempo de curado, el espesor del mortero, el índice de la succión del ladrillo, el tipo de arreglo de los bloques y el control de la mano de obra.

El tiempo de curado tiene alguna influencia, pero obviamente no tanta como en el mortero solo o el concreto, dado que una gran proporción de la obra la constituye el bloque, el cual llega normalmente estabilizado a la construcción. La mampostería alcanza aproximadamente el 80% de su resistencia última a los 7 días y el 95% a los 14.

El espesor del mortero tiene un efecto importante en la resistencia de la mampostería. El espesor estándar es de 1 cm, y se han observado incrementos apreciables en la resistencia al usar ladrillos más altos con lo cual se disminuye la relación mortero/bloque.

Excesiva succión por parte del bloque también tiende a disminuir la resistencia al reducirse el agua necesaria para la correcta hidratación del mortero.

El control de la calidad de la construcción y la inspección de la mano de obra son especialmente importantes para determinar la resistencia y calidad de la mampostería, tanto que en las normas se especifican reducciones apreciables de los esfuerzos permisibles cuando no se pueda asegurar la correcta inspección del trabajo.

5.5.1. Determinación de $f'm$.

El procedimiento estándar para determinar $f'm$ es el ensayo de muretes según normas establecidas.

En algunos casos se puede estimar el valor de $f'm$ con base en la resistencia individual de los bloques y en el tipo de mortero.

Tabla 8. Correlación entre la resistencia del bloque, el tipo de mortero y la resistencia de la mampostería $f'm$ [kg/cm^2]

Esfuerzo de compresión del bloque individual	Tipos de morteros	
	M o S	N
980 o más	373	309
845	330	267
703	281	232
562	235	190
422	190	155
281	141	112
141	105	77
70	56	42

Fuente: Edificios de mampostería; p.17

Cuando el valor de $f'm$ se establece por ensayos de muretes, estos se construyen con los mismos materiales y en las mismas condiciones de humedad y tipos de unión que en la estructura real, y un periodo de curado de 28 días.

El valor se obtiene del promedio de las resistencias de los muretes ensayados, pero no debe exceder 125% del menor valor obtenido. El valor se calcula con base en el área neta y deben hacerse por lo menos tres ensayos por edificio o uno por cada 500 m^2 de muros construidos.

La relación de referencia h/d del murete es 2.0, y debe hacerse una corrección para otras relaciones, según la tabla siguiente:

Tabla 9. Factor de corrección de la resistencia $f'm$ según la esbeltez

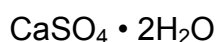
$\frac{h}{d}$	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: Edificios de mampostería; p.17

5.6. YESO DE ODONTOLOGIA⁶

El yeso es un mineral que se encuentra en la naturaleza con cierta abundancia. Es materia cerámica y, si se analiza su estructura, por ejemplo, con microscopía electrónica y otros medios de estudio como la difracción de radiaciones, puede detectarse su naturaleza multicristalina (Una porción de yeso está constituida por muchos cristales de manera similar a como lo está una porción de esmalte dentario).

El análisis de la composición de esos cristales muestra que contiene azufre, oxígeno y calcio, en forma de un sulfato de calcio, e hidrogeno y oxigeno como agua de cristalización (estabiliza la estructura al igual que sucede en los cristales de fosfato de calcio que constituyen la hidroxiapatia). Estequiométricamente, esa agua de cristalización está en una relación de dos moles de agua por cada mol de sulfato de calcio por lo que, de modo esquemático, la sustancia se puede representar con la siguiente fórmula:



De acuerdo con esta composición, es habitual describir el yeso como un sulfato de calcio dihidratado.

5.6.1. Almacenamiento del yeso

Es conveniente conservar el polvo en algún recipiente de cierre hermético que lo proteja de la humedad. Conviene también agitar el envase antes de abrirlo para distribuir de manera uniforme las partículas de diverso tamaño.

5.6.2. Derivados del yeso

El mineral yeso, con la estructura y composición descritas, es relativamente estable. A partir del yeso se pueden preparar derivados que si permiten realizar moldes de diferentes tipos.

Esos derivados se obtienen a partir de la deshidratación del mineral yeso.

Es decir que se obtienen usando energía, concretamente calor, para eliminar de la estructura parte o la totalidad del agua de cristalización.

Cuando el calentamiento del mineral se realiza, aproximadamente, entre 110 y 130° C, se logra la eliminación de tres cuartas partes de esa agua.

Si se menciona que la estructura del yeso (o dihidrato) contiene dos moles de agua por mol de sulfato de calcio, esto significa que, con ese calentamiento, se obtiene una estructura con medio mol de agua por cada mol de sulfato de calcio. Por ese motivo, el producto obtenido se conoce como sulfato de calcio hemihidratado. Su formula química esquemáticamente sería:



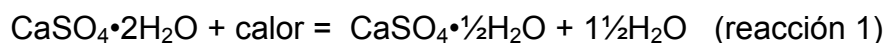
Si se continúa el calentamiento, se llega a eliminar la totalidad del agua de cristalización y se obtiene, a partir de los 200° C, la anhidrita (CaSO_4).

A partir de los 1000° C se produce la descomposición del sulfato de calcio en óxidos de azufre y de calcio.

5.6.2.1 Reacción de fraguado

De estos derivados del mineral yeso, el hemihidrato o escayola constituye la base del material que se utiliza, en odontología, para confeccionar modelos y que encuentra otras aplicaciones, por ejemplo, en la industria de la construcción.

La razón para esta preferencia se debe a la fácil reversibilidad de la reacción de deshidratación parcial por calor. En efecto, así como al aplicar calor (110 – 130 °C) al dihidrato se obtiene hemihidrato (reacción 1) y la liberación de agua, agregando agua al hemihidrato se obtiene dihidrato y la liberación de calor (reacción 2).



Puede considerarse que en el fraguado del yeso se produce:

- Disolución del hemihidrato, cuando el hemihidrato se mezcla con agua se forma una suspensión fluida y fácil de manipular.
- Formación de dihidrato, el hemihidrato se disuelve hasta que forma una solución saturada.
- Preparación y crecimiento de cristales de dihidrato

Se considera que el fraguado del yeso está determinado por la diferencia de solubilidad entre el hemihidrato y el dihidrato, que hace que la solución se sobresature y se produzca la última etapa de precipitación y cristalización.

5.6.2.2 Proporción agua/polvo

Hay que medir con precisión las cantidades de agua y hemihidrato por peso. La proporción de polvo y agua del hemihidrato se expresa generalmente como proporción A/P, o el cociente obtenido de dividir el peso del polvo por el peso (o volumen) del agua. Por ejemplo, si se mezclan 100 gramos de yeso con 60 ml de agua, la proporción A/P será 0.6. La proporción A/P es un factor muy importante en la determinación de las propiedades físicas y químicas del producto final del yeso. Aunque la proporción A/P varía con las diferentes marcas de yeso o yeso piedra, los siguientes son algunos de los márgenes recomendados

característicos: yeso tipo II, 0.45 a 0.50; yeso piedra tipo III, 0.28 a 0.30; yeso piedra tipo IV, 0.22 a 0.24.

5.6.3. Yeso para Modelos y Yeso Piedra

5.6.3.1 Producción de sulfato calcio hemihidratado

Los productos de yeso dental y yeso piedra son el resultado de la calcinación del sulfato dihidratado de calcio o yeso. En el procesamiento industrial, el yeso se muele y somete a temperaturas de 110 a 120 °C (230 a 250 °F) para eliminar parte del agua de cristalización, que es la cantidad de agua necesaria para convertir $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.

El componente principal de los productos basados en yeso, tales como los yesos dentales y los yesos piedra, es el sulfato de calcio hemihidratado, esto es, $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$.

Los productos derivados del yeso relativamente puro, endurecen al ser mezclados con agua.

5.6.3.2 Tiempo de mezclado (TM)

Se define el tiempo de mezclado como el que transcurre desde la adición del polvo al agua hasta que se complete la mezcla. La mezcla mecánica de los yesos piedra y los yesos para modelos se completa en 20 – 30 segundos. Si el espátulado es manual, se necesita al menos un minuto para obtener una mezcla sin grumos.

5.6.3.3 Tiempo de trabajo (TT)

El tiempo de trabajo es el tiempo disponible para utilizar una mezcla manipulable y que mantenga una consistencia uniforme para poder emplearla para una o dos unidades. Se mide desde el comienzo de la mezcla hasta el momento en que la consistencia ya no cumple el propósito para el que se preparo. Por lo general, un tiempo de trabajo de 3 minutos es adecuado.

5.6.3.4 Tiempo de fraguado (TF)

El tiempo de fraguado es aquel que transcurre desde el principio de la mezcla hasta que el material endurece.

Tabla 10. Efectos de la proporción agua / polvo (A/P) y el tiempo de mezclado en el tiempo de fraguado del yeso de París.

Proporción (A/P)	Tiempo de mezclado (min)	Expansión de fraguado (min)
0,45	0,5	5,25
0,45	1,0	3,25
0,60	1,0	7,25
0,60	2,0	4,5
0,80	1,0	10,50
0,80	2,0	7,75
0,80	3,0	5,75

Fuente: Productos Derivados del Yeso. Página 265. Capítulo 10.

5.6.3.5 Temperatura

Podría esperarse que un aumento en la temperatura del agua acelerara la reacción química de fraguado. Sin embargo, esto no sucede con los productos derivados del yeso. A pesar de que el efecto de la temperatura en el tiempo de fraguado tiende a ser imprevisible y varía de un yeso dental (o yeso piedra) a otro, es poco el cambio que se produce entre 0 °C (32 °F) y 50 °C (120 °F). Si la temperatura de la mezcla yeso-agua es mayor de 50 °C (120 °F), se produce un enlentecimiento gradual. Cuando la temperatura se aproxima a los 100 °C (212 °F), no se produce la reacción. En el intervalo de temperatura más alto (50 - 100 °C), la reacción 2 se invierte y los cristales de yeso formados tienden a volver a la forma de hemihidrato.

5.6.3.6 Retardadores y aceleradores

Probablemente la forma más eficaz y práctica de controlar el tiempo de fraguado sea añadir algunos modificadores químicos a la mezcla de yeso dental o yeso piedra. Si el producto químico agregado disminuye el tiempo de fraguado, recibe el nombre de acelerador, si lo prolonga, se le conoce como retardador.

Los retardadores actúan formando una capa de adsorción sobre el hemihidrato para reducir su solubilidad, y sobre los cristales de yeso presentes para inhibir su crecimiento. Los materiales orgánicos, como el pegamento, la gelatina y algunas gomas, se comportan de esta manera. Otro tipo de retardador consiste en sales que forman una capa de sal cálcica, que es menos soluble que el sulfato. Entre ellos se incluyen el bórax, el citrato de potasio y el cloruro sódico (20%). En pequeñas concentraciones muchas sales orgánicas (tales como el cloruro sódico) se comportan como aceleradores, pero si aumenta su concentración pueden convertirse en retardadores.

Los aceleradores deben incrementar la solubilidad del hemihidrato sin aumentar también la del dihidrato. Por ello, la aceleración que produce un aditivo depende de la cantidad y velocidad de solubilidad del hemihidrato, frente al mismo efecto en el dihidrato. Aunque las sales orgánicas suelen ser aceleradores, pueden convertirse en retardadores si se agrega más de una cierta cantidad. El cloruro sódico es un acelerador en concentraciones del 2% del hemihidrato, el sulfato sódico tiene su máximo efecto acelerador aproximadamente a la concentración del 3.4%. el acelerador que más se utiliza es el sulfato de potasio.

5.6.3.7 Resistencia

La resistencia de los productos derivados del yeso se expresa, por lo general en términos de resistencia a la compresión, a pesar de que se debe tener en cuenta también la resistencia a la tracción para asegurar una guía satisfactoria hacia las características globales de resistencia.

Según la teoría del fraguado, la resistencia del yeso dental o piedra aumenta con rapidez a medida que el material endurece después del tiempo de fraguado inicial. Sin embargo, el contenido de agua libre del producto fraguado afecta claramente su resistencia. Por esta razón se distinguen dos resistencias en el yeso:

- Resistencia húmeda o resistencia verde.
- Resistencia seca.

La resistencia húmeda es la obtenida cuando en la muestra de prueba se deja un exceso de agua respecto al requerido para la hidratación del hemihidrato.

La resistencia seca es cuando se elimina el exceso de agua de la muestra por desecación, el valor de la resistencia seca puede ser el doble o más que el de la resistencia húmeda.

El efecto del secado en la resistencia a la compresión del yeso fraguado, es interesante darse cuenta de que, después de 16 horas, hay muy poco aumento en la resistencia. Entre 8 y 24 horas, solo pierde el 0.6% del agua en exceso, pero la resistencia aumenta al doble. Durante el proceso de secado se produce un cambio similar, de alguna manera, en la dureza superficial.

La incorporación de un acelerador o retardador disminuye las resistencias húmeda y seca del producto derivado del yeso. Esta disminución de la resistencia puede atribuirse parcialmente a la sal añadida como adulterante y a la reducción de la cohesión intercrystalina.

5.6.4. Tipos de Productos del Yeso

Los criterios para la selección de un producto derivado del yeso determinado dependen de su uso y de las propiedades físicas necesarias para ese uso determinado. En la Tabla 11 se muestran estas propiedades.

Tabla 11. Tipos de productos del yeso

Tipo	Tiempo de fraguado (min)	Fineza		Expansión del fraguado en 2 h		Resistencia a la compresión 1 h*		Relación agua-polvo
		Pases 150 μm (%)	Cribas 75 μm (%)	Min (%)	Máx (%)			
						Kg/cm ²	psi	
I. Yeso de Impresión	4 $\pm$ 1	98	85	0,00	0,15	40 $\pm$ 20	580 $\pm$ 290	0,50 - 0,75
II. Yeso para modelos	12 $\pm$ 4	98	90	0,00	0,30	90	1300	0,45 - 0,50
III. Yeso piedra dental	12 $\pm$ 4	98	90	0,00	0,20	210	3000	0,28 - 0,30
IV. Yeso piedra dental alta resistencia	12 $\pm$ 4	98	90	0,00	0,10	350	5000	0,22 - 0,24
V. Yeso piedra dental de alta resistencia y expansión	12 $\pm$ 4	98	90	0,10	0,30	490	7000	0,18 - 0,22

*= Los valores representan el mínimo

Fuente: Productos Derivados del Yeso. Página 86. Capítulo 5.

5.6.4.1 Yeso de Paris (Tipo I)

A los yesos se conocen como yesos de Paris se les agregan modificadores para regular el tiempo y expansión de fraguado.

5.6.4.2 Yeso para modelos (Tipo II)

El yeso para modelos, o yeso tipo II de laboratorio, se utiliza en la actualidad principalmente para rellenar una mufla en la construcción de prótesis, cuando la expansión de fraguado no es crítica y la resistencia es

adecuada y está dentro de los límites marcados en la especificación. Suele fabricarse en color blanco, de manera que sea fácil de distinguir de los yesos piedra, por lo general coloreados. El yeso para modelos tipo II es relativamente débil, lo que evidencia una resistencia a la compresión de tan solo 9 Mpa y una resistencia a la tracción de 0.6 Mpa.

5.6.4.3 Yeso piedra dental (Tipo III)

El yeso piedra tipo III tiene una resistencia a la compresión mínima a la hora de 20.7 MPa (3.000 psi), pero no supera los 34.5 MPa (5.000 psi). Se idealiza para la elaboración de modelos en la fabricación de prótesis completas sobre mucosas. Los troqueles de escayola piedra son reproducciones de los dientes preparados, sobre o en cuyo interior se fabrican prótesis. Los yesos piedra tipo III son de elección para procesar prótesis, dado que la piedra tiene una resistencia adecuada para ese propósito y la prótesis es más fácil de retirar terminando el proceso.

5.6.4.4 Yeso piedra de alta resistencia (Tipo IV)

Los requisitos principales de un material de yeso piedra para moldes son: resistencia, dureza y expansión mínima de fraguado. Las partículas de este yeso tienen forma cuboidal y su menor área superficial permite obtener esas propiedades sin que se espese excesivamente la mezcla.

Es necesario que la superficie de un yeso piedra sea dura porque la preparación cavitaria se rellena con cera que es moldeada hasta igualarla con los márgenes del troquel. Para esto se utiliza un instrumento afilado; por tanto, debe ser resistente a la abrasión. Puesto en la superficie se seca más rápidamente, la dureza superficial aumenta más deprisa que la resistencia a la compresión. Esto es una verdadera ventaja para que la superficie resista la abrasión, mientras que el interior es tenaz y está menos sujeto a una fractura accidental.

5.6.4.5 Yeso piedra de alta resistencia y expansión (Tipo V)

El producto de yeso piedra dental tipo V muestra una resistencia a la compresión incluso mayor que el tipo IV. Esta mejor resistencia se consigue aumentando la proporción A/P más aún que en el tipo IV. Además, la expansión de fraguado se incrementa desde un máximo del 0.10 al 0.30%. También está indicado el uso de un yeso piedra tipo V cuando se produce una inadecuada expansión durante la fabricación de coronas coladas. No debe emplearse para elaborar troqueles para incrustaciones, porque su alta expansión puede dar lugar a ajustes excesivos.

Cuidado de los productos derivados del yeso

- Si la mezcla se hace a mano, la taza debe ser lisa y resistente a la abrasión.
- Evitar añadir repetidamente agua y polvo sin medir para conseguir la consistencia adecuada, porque disminuye la resistencia.
- No es seguro almacenar o calentar un modelo de yeso piedra al aire cuando la temperatura supera los 55 °C (130 °F) porque puede producirse contracciones.
- Cuando la mezcla está muy líquida disminuye la facilidad de moldear, pero aumenta la resistencia.
- Se debe guardar en un recipiente metálico a prueba de humedad para que no afecte sus características.

6. ENSAYOS DE LABORATORIO.

En este capítulo se muestran los diferentes procedimientos desarrollados en los ensayos de laboratorio necesarios para la obtención de los resultados de resistencia a la compresión del yeso, unidad y murete de mampostería.

6.1. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS.

Las dimensiones de la unidad de mampostería se muestran en la Figura 1, y referenciado a esta figura, se muestran los valores en la Tabla 12.

Tabla 12. Dimensiones de las Unidades de Mampostería.

Dimensión (cm)	Tipo de Unidad de Mampostería		
	E-9	E-11	E-14
Ancho	8.90	10.94	13.95
Largo	32.89	32.89	32.95
Alto	39.05	39.04	39.05
Ancho Centro	3.86	6.26	9.08
Largo Centro	4.12	3.99	3.99
Anchos 1,2	4.33	6.34	9.07
Largo 1,2	10.25	10.29	10.09

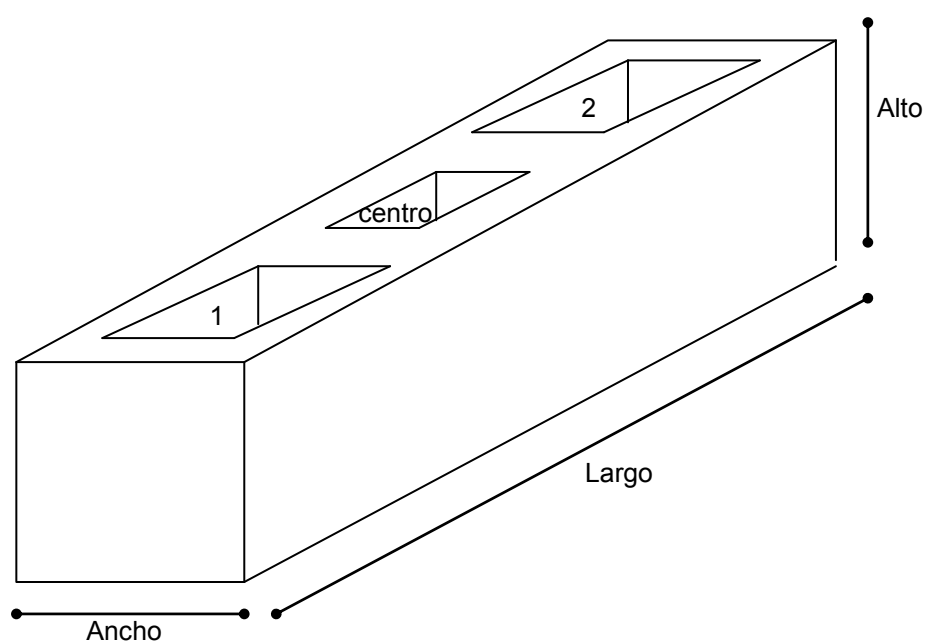


Figura 1. Dimensionamiento de la Unidad.

6.2. ENSAYO DE RESITENCIA A LA COMPRESIÓN DEL MATERIAL QUE SE UTILIZARA PARA REFRENTAR

Se trabajara con diferentes porcentajes de mezclas (ver Tabla 2) a las que fueron sometidas a ensayos para determinar la resistencia a la compresión y escoger la más adecuada para utilizar en el refrentado de piezas de mampostería estructural.

Para realizar el ensayo se necesitan los siguientes materiales:

- Moldes: Constan de 3 compartimientos, cuyas medidas son de 5 x 5 cm.
- Compactador.
- Espátula.
- Máquina para ensayar y determinar la resistencia a la compresión de los cubos.

6.2.1. Preparación y Llenado de los Moldes

- Se deben limpiar los moldes.
- Al molde se le aplica aceite mineral o grasa, para al momento de retirar los cubos no se presente problema.
- Con las mezclas se trabaja un porcentaje de agua, entre el 35% y 40% para la elaboración de los cubos correspondientes.
- Se le agrega el agua al material y se mezcla, hasta que tenga manejabilidad para trabajar en el molde. (Ver Figura 2)



Fuente: Propia

Figura 2. Preparación de la mezcla.

- Cada compartimiento del molde se realizará uno por uno, ya que el yeso con el que se trabaja endurece muy rápido.
- Se compacta la mezcla en tres etapas con sus respectivos golpes. (Ver Figura 3).



Fuente: Propia.

Figura 3. Llenado de moldes.

- Al finalizar la compactación, con ayuda de una espátula se alisa la superficie. (Ver Figura 4).



Fuente: Propia.

Figura 4. Culminación de los cubos.

- Se retiran los cubos del molde asegurandose primero si estan secos. (Ver Figura 5).



Fuente: Propia

Figura 5. Desencoframiento de las muestras.

- Una vez retirados los cubos se espera mínimo 48 horas para ser ensayados en la máquina. (Ver Figura 6).



Fuente: Propia

Figura 6. Curado de los cubos

- Se enumeran y se toman dimensiones a cada cubo. (Ver Figura 7).



Fuente: Propia

Figura 7. Toma de medidas de las muestras.

- Se verifica que al momento de colocar el cubo en la máquina, este quede centrado.
- Se anota la carga máxima indicada por la maquina en el momento de la rotura. (Ver Figura 8).



Fuente: Propia.

Figura 8. Fallado del cubo

Dependiendo de los resultados se escoge el porcentaje óptimo a utilizar en el proceso de refrentado en unidades y muretes de mampostería estructural.

Se presentan diferentes tipos de falla como se muestra en la Figura 9.



Fuente: Propia.

Figura 9. Tipos de fallas presentadas

6.3. REFRENTADO DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.

El refrentado es el proceso para garantizar que la superficie de alguna pieza este perfectamente lisa y hacer paralelas las caras de carga, para

cuando soporte la carga esta se distribuya uniformemente y se determine su resistencia a la compresión

De acuerdo con las normas NTC 490 se analizó el comportamiento del yeso tipo IV, pues cumple con los parámetro establecidos para el refrentado.

6.3.1. Refrentado con Yeso tipo IV y Yeso normal.

- El refrentado se realiza a ladrillos y piezas de mampostería que tengan irregularidades que puedan alterar el ensayo en que se va a someter la pieza.
- Se debe verificar que los espécimen estén secos, y si no se secan mediante el horno ubicado en el laboratorio del bloque A.
- Se deberán limpiar con una brocha para quitar residuos de polvo y se le aplica laca a las dos caras opuestas de cada espécimen y se dejan secar bien. Esto ayuda a una mejor adherencia al momento del refrentado. (Ver Figura 10).
- También se registran las mediciones de los ladrillos como es largo, ancho, alto y las dimensiones de sus huecos, para determinar su área.



Fuente: Propia.

Figura 10. Aplicación de Laca a las caras de las Unidades.

6.3.2. Procedimiento para llevar a cabo el refrentado:

- Nivelar la máquina refrentadora de manera horizontal y vertical. (Ver Figura 11).



Fuente: Propia.

Figura 11. Ajuste y Retiro Parte Superior Máquina.

- Ajustar y alzar la parte superior de la máquina con la pieza que se refrentara. (Ver Figura 11).



Fuente: Propia.

Figura 12. Humedecer el Filtro y Colocación Mezcla.

- Limpiar, colocar y humedecer el filtro (papel mantequilla) que ayuda para que la mezcla no quede pegada en la máquina. (Ver Figura 12).
- La mezcla utilizada es de 80% Yeso de alta resistencia (Yeso tipo IV), este es utilizado en procedimientos odontológicos y 20% de yeso normal.



Fuente: Propia.

Figura 13. Extendida de la Mezcla y Asentamiento de la Pieza.

- Se prepara la mezcla y se extiende sobre el filtro. (Ver Figura 13).
- Asentar la pieza sobre la mezcla y se suelta la parte superior de la máquina. (Ver Figura 13).
- Limpiar, humedecer un poco la parte inferior de la máquina que queda libre, para luego deslizar la pieza y levantarla ya con el refrentado. Se deja secar y repite el mismo procedimiento con la otra cara. (Ver Figura 14).
- Se hace el mismo procedimiento para las 30 unidades de cada clase de ladrillo de mampostería estructural E9, E11, E14.



Fuente: Propia.

Figura 14. Piezas Refrentadas y Ordenadas.

6.4. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA.

El ensayo de compresión se lleva a cabo en la Máquina Universal ubicada en el bloque I de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

Para realizar el ensayo la pieza debe tener mínimo 48 horas de haberle realizado el refrentado.

La platina que se utiliza en el ensayo tiene dimensiones de 40cmx20cmx1cm.

Para iniciar la prueba se coloca una de las platinas en el centro de la máquina, luego se monta la unidad y finalmente se le antepone la otra platina se verifica que estén bien centradas. (Ver Figura 15).

Luego se aplica la carga, a una velocidad adecuada, observando detenidamente en la pantalla el momento donde registra la carga máxima se detiene el proceso y se retira la pieza, se hace lo mismo con las otras piezas refrentadas.



Fuente: Propia.

Figura 15. Ubicación de la Pieza en la Máquina Universal.

En la Figura 16 se muestran las diferentes fallas presentadas en las unidades de mampostería falladas a compresión en la Máquina Universal.



Fuente: Propia.

Figura 16. Ladrillos fallados.

6.5. ENSAYO DE DISEÑO DE MORTERO.

Este ensayo se realiza para determinar la resistencia a la compresión del mortero, para conocer su clasificación con respecto a los resultados arrojados.

Para determinar el tipo de mortero se realiza el diseño de mezcla con la proporción 1: 3.

Para realizar el diseño se utilizaron los siguientes materiales:

- Arena.
- Cemento.
- Palustre.
- Compactador.
- Máquina de ensayo.

6.5.1. Preparación y Llenado de los Moldes

Los moldes deben estar limpios y engrasados para su uso, cuando se prepara el mortero, se toma una cantidad suficiente para llenar los tres compartimentos del molde.



Fuente: Propia.

Figura 17. Mezcla de Mortero

El llenado de molde se hace en dos etapas, en la primera etapa se coloca una capa solo hasta la mitad, se compacta con 32 golpes durante 10 segundos, estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 etapas de 8 golpes cada una y en la segunda etapa se hace lo mismo de la primera.

Luego de la preparación de la mezcla (Ver Figura 17) se toma una cantidad de mortero suficiente para llenar los tres cubos de cada molde.

La compactación debe ser la misma para los tres compartimientos para que su llenado sea uniforme. El proceso de compactación es muy similar al aplicado en el numeral 6.2.1 a los cubos realizados para el yeso del refrentado. La diferencia es que posteriormente de sacar los cubos del molde se sumergen en agua limpia manteniéndolos 28 días en curado, igual a como se dejan los prismas de mampostería. (Ver Figura 18).



Fuente: Propia.

Figura 18. Llenado de las Formaletas para los Cubos de Mortero.

Al transcurrir los 28 días se sacan del recipiente de almacenamiento uno a uno y se deben ensayar para determinar su resistencia. (Ver Figura 19).

Dependiendo de la resistencia dada se revisa la Tabla 3, determinando que tipo de mortero se utilizó en la preparación del mortero de pega.



Fuente: Propia.

Figura 19. Resistencia a la compresión de las muestras del mortero.

6.6. CONSTRUCCIÓN DE MURETES O PRISMAS DE MAMPOSERÍA.

Para la construcción de muretes se debe tener en cuenta el nivel, brecha o mortero de pega.

Se aplica mortero de pega en una de las caras de la pieza y se superpone la otra pieza, se verifica que el mortero de pega tenga un (1) cm de espesor, se verifica su nivel y se limpian. (Ver Figura 20).



Fuente: Propia

Figura 20. Elaboración de muretes.

Después de construido el prisma, se procede a verificar los niveles, para garantizar la línea vertical en el mismo, como se muestra en la Figura 21.



Fuente: Propia

Figura 21. Verificación del Nivel de los Muretes.



Fuente: Propia

Figura 22. Retiro de Sobrantes.

Cuando se terminan de verificar los niveles de los muretes, se procede a realizar la eliminación de los sobrantes de mortero de pega y a limpiar el murete. (Ver Figura 22 y Figura 23).



Fuente: Propia

Figura 23. Limpieza de los Muretes.

Después de eliminados los sobrantes de mortero de pega, se procede a verificar que la junta efectivamente tenga el centímetro señalado por la Norma. (Ver Figura 24).



Fuente: Propia

Figura 24. Cumplimiento del Espesor de la Junta.

Se procede a ordenar los muretes para dejar que el mortero alcance su máxima resistencia, como se muestra en la Figura 25.



Fuente: Propia.

Figura 25. Curado de los muretes 28 días.

Los muretes se deben dejar en un lugar donde no estén expuestos al agua lluvia, también hay que cubrirlos durante los 28 días que es el tiempo en el cual alcanza su máxima resistencia el mortero de pega.

6.7. REFRENTADO DE MURETES.

Para llevar a cabo el refrentado de los muretes de mampostería, se puede observar el mismo procedimiento mostrado en el numeral 6.3.

En la Figura 26, se muestra el procedimiento para los muretes en particular.

Cuando se realiza el refrentado de los muretes se trabaja con la máquina refrentadora con la misma facilidad que cuando se trabaja con la unidad. Es importante garantizar el paralelismo entre las caras del prisma o murete de mampostería.



Fuente: Propia.

Figura 26. Proceso de refrentado de muretes.

6.8. ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MURETES.

El procedimiento de compresión de muretes es el mismo que se realiza con las unidades de mampostería, como se muestra en el numeral 6.4.

En la Figura 27 y en la Figura 28, se muestra el procedimiento específico utilizado para el murete de mampostería.



Fuente: Propia

Figura 27. Proceso de fallado de Muretes.



Fuente: Propia

Figura 28. Tipo de fallas presentadas en los muretes.

7. RESULTADOS.

A continuación se mostrarán los diferentes resultados obtenidos en los laboratorios del bloque A y en el laboratorio del bloque I realizados en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga.

7.1. COMPRESIÓN DE CUBOS DE YESO.

En el ANEXO 1, se muestran los resultados de ensayos de compresión de las diferentes mezclas ensayadas para determinar cual era el material con el cual se desarrollaría el refrentado, teniendo en cuenta que cuando se realiza el refrentado para los cilindros de compresión del concreto, se requiere una resistencia de 35 MPa, como se establece en la Norma Técnica Colombiana NTC 490.

En el caso particular que compete a este trabajo de grado, se realizó un paralelo entre la resistencia requerida para el yeso del cilindro de concreto, comparada con la resistencia requerida en la unidad de mampostería estructural, como se establece en la Norma Técnica Colombiana (NTC 4205), con la cual se obtuvo que:

Resistencia Yeso para Cilindros de Concreto

$$f'_c = 21 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{\text{refrentado}} = 35 \text{ MPa}$$

Resistencia Yeso para Mampostería

$$f_m = 15 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{\text{refrentado}} = 25 \text{ MPa}$$

Por lo anterior, se obtuvo que la mezcla de 80% de Yeso Tipo IV (Yeso de Alta Resistencia) con un 20% de Yeso Normal, resiste en promedio un esfuerzo de 25.41 MPa, el cual es mayor que el requerido según los datos de la Norma.

A continuación se muestra un resumen de los resultados de esfuerzos promedios de las diferentes mezclas realizadas para desarrollar el refrentado en unidades de mampostería y prismas.

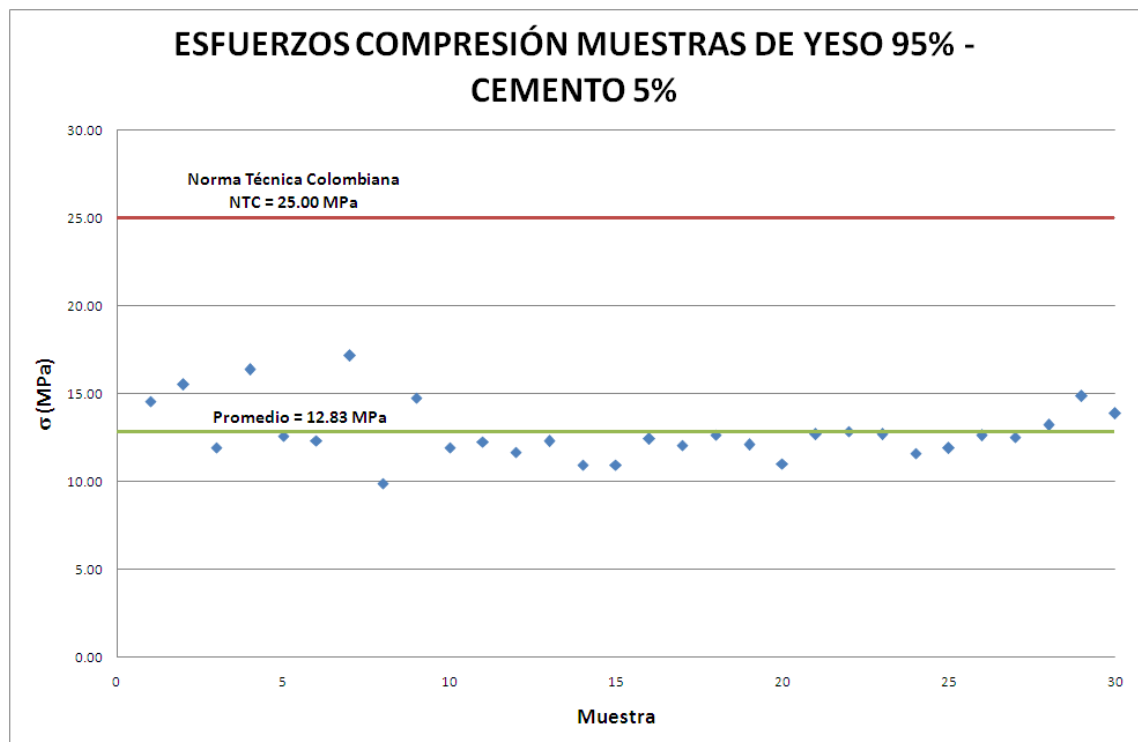
En la Tabla 13, se observa muy claramente que la mezcla de 80% Yeso tipo IV y 20% de Yeso Normal, sobrepasa en un 1.64% el valor de la resistencia requerida. Si se utiliza un 100% de yeso tipo IV, se observa que la mezcla se sobrepasa en un 67.4%, lo cual no es óptimo.

Tabla 13. Promedios de Esfuerzo en Yeso de Refrentado

Mezclas	Promedio Esfuerzo (MPa)
Yeso 95 %-Cemento 5 %	12.83
Yeso 85 %-Cemento 15 %	14.09
Yeso 50 %-Cemento 50 %	14.91
Yeso 10 %-Cemento 90 %	24.13
Yeso 0 %-Yeso Tipo IV 100 %	41.85
Yeso 50 %-Yeso Tipo IV 50 %	18.68
Yeso 40 %-Yeso Tipo IV 60 %	21.86
Yeso 30 %-Yeso Tipo IV 70 %	24.52
Yeso 20 %-Yeso Tipo IV 80 %	25.41

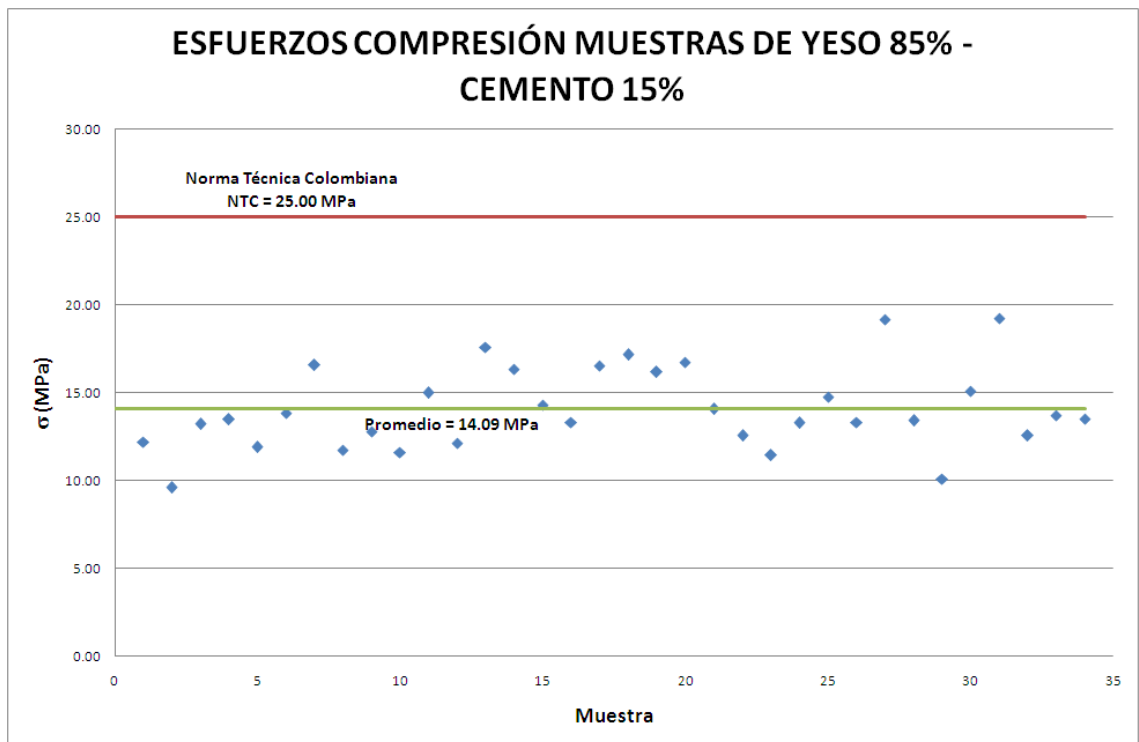
Fuente: Propia.

A continuación se muestran los resultados de esfuerzos de compresión de todas las muestras ensayadas, desde la Figura 29 a la Figura 37.



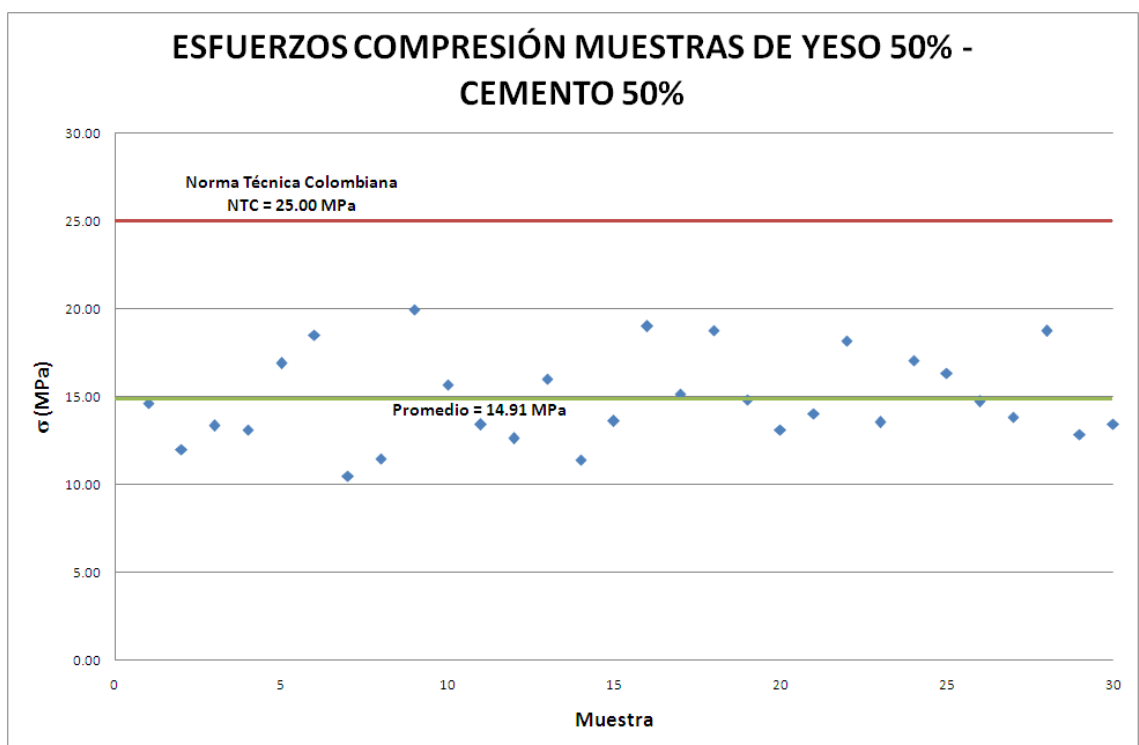
Fuente: Propia.

Figura 29. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 95% y cemento 5%



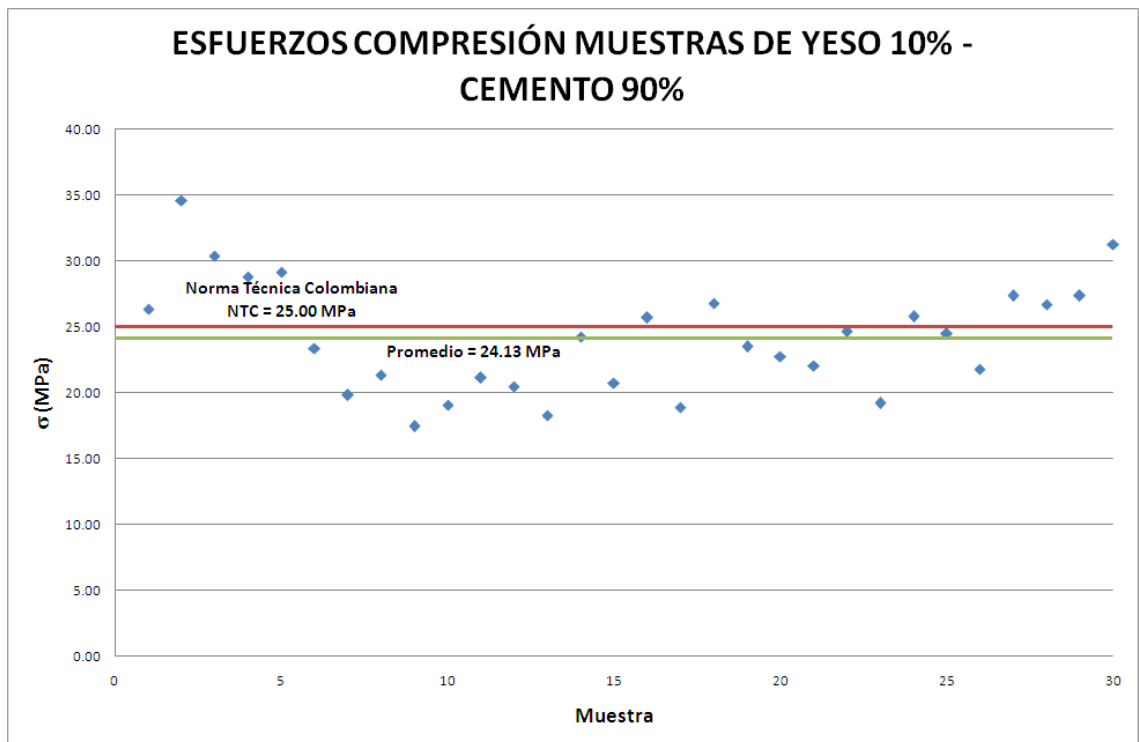
Fuente: Propia.

Figura 30. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 85% y cemento 15%



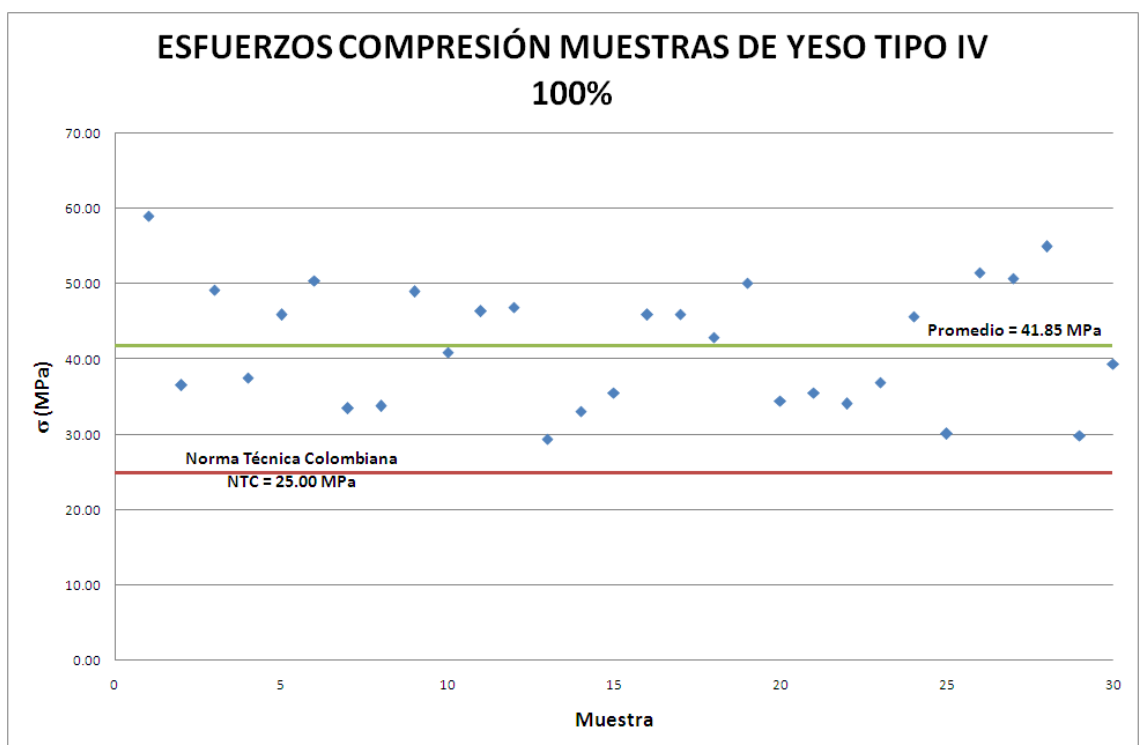
Fuente: Propia.

Figura 31. Esfuerzos a la compresión de yeso normal 50% y cemento 50%



Fuente: Propia.

Figura 32. Esfuerzos a la compresión de yeso normal 10% y cemento 90%.



Fuente: Propia.

Figura 33. Esfuerzos a la compresión de yeso tipo IV 100%.

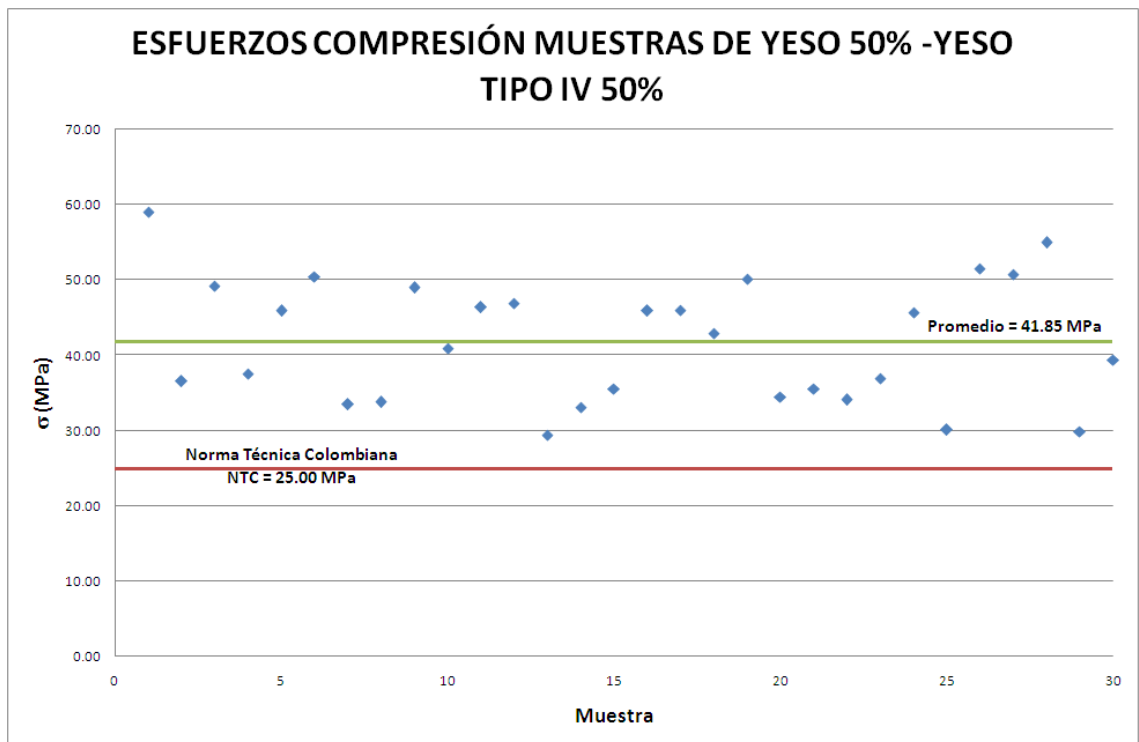


Figura 34. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 50% y yeso tipo IV 50%.

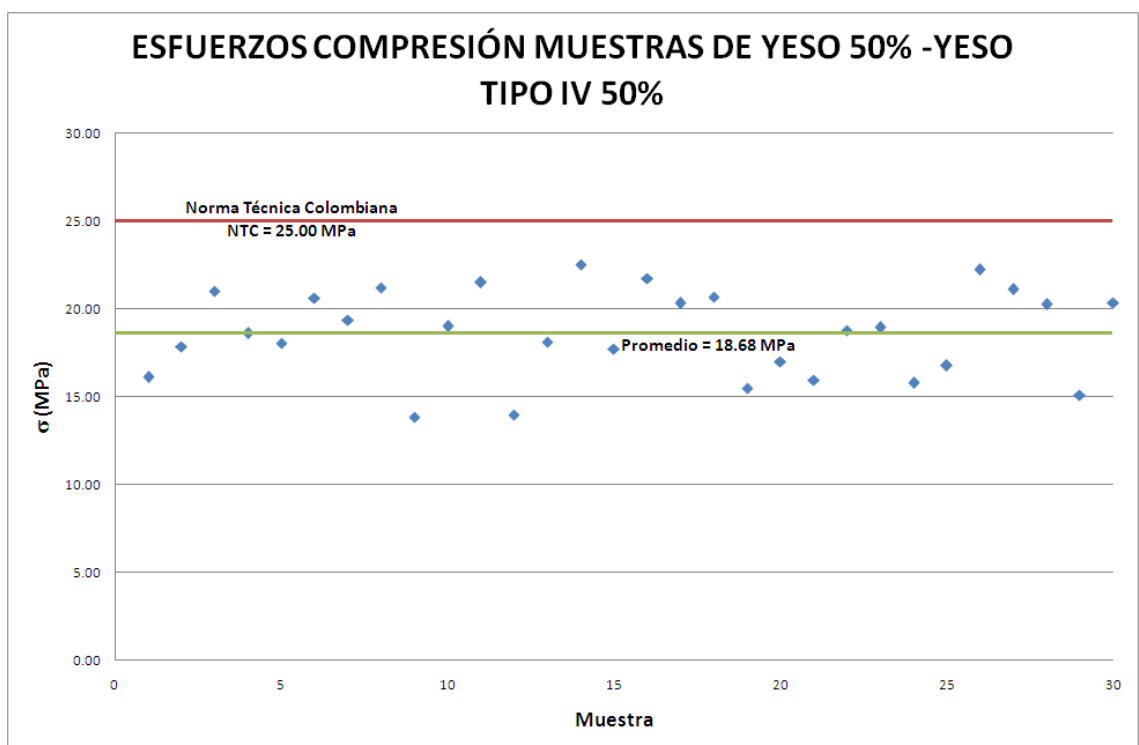


Figura 35. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 40% y yeso tipo IV 60%.

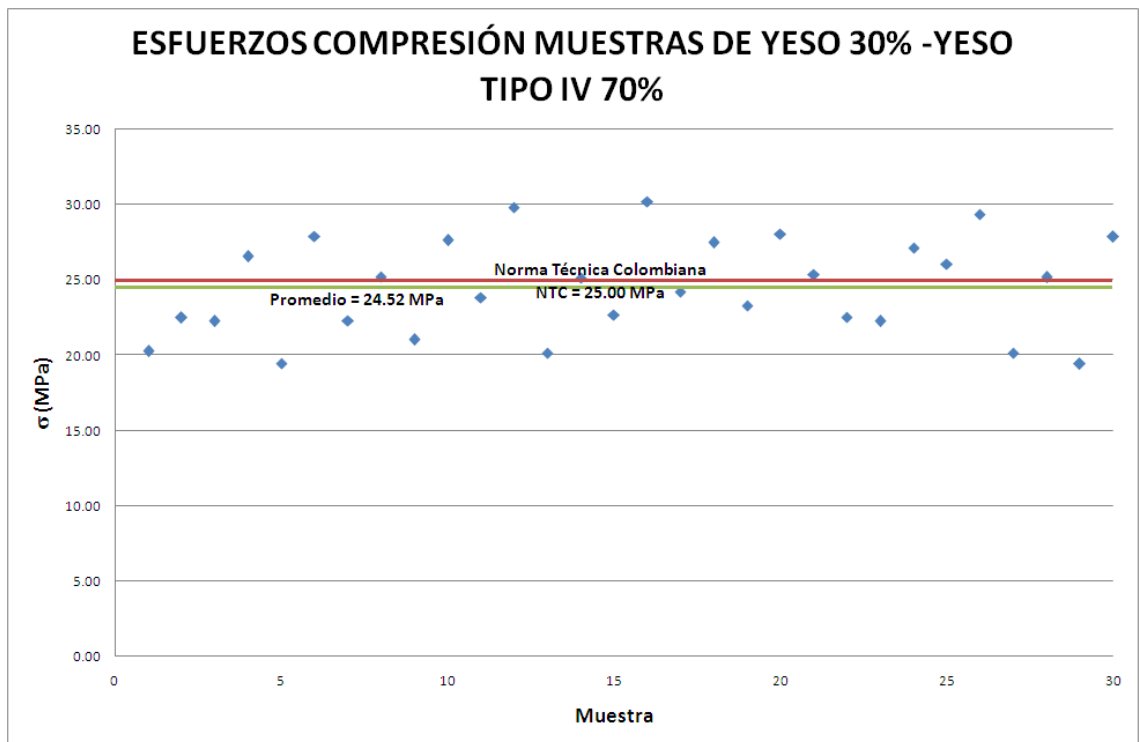


Figura 36. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 30% y yeso tipo IV 70%.

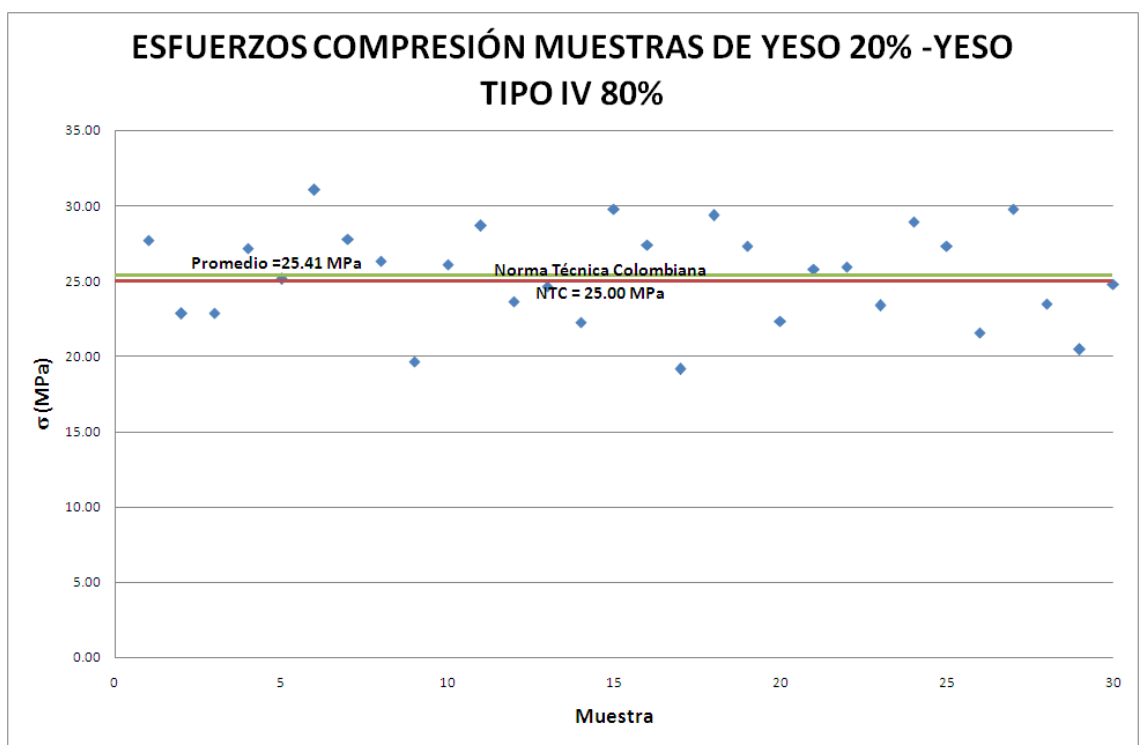


Figura 37. Esfuerzos a la compresión de muestras de yeso normal 20% y yeso tipo IV 80%.

Se puede analizar que el yeso tipo IV es un material de alta resistencia, pero sus resultados sobrepasan al esfuerzo estipulado por las normas NTC.

De acuerdo con la Tabla 13 se determino que la muestra adecuada para realizar refrentado en la mampostería estructural y muretes es la muestra conformada por (yeso 20% y yeso tipo IV 80%), la cual cumplió con la resistencia deseada, este valor se determino al inicio de este numeral.

En el **ANEXO 1**, se muestran los datos de las medidas y los esfuerzos obtenidos para el material a utilizar en el refrentado de las unidades de mampostería y los muretes.

7.2. COMPRESIÓN DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA.

Primero se determinan las áreas de cada una de las unidades, teniendo en cuenta la nomenclatura mostrada en la Figura 1 y los datos suministrados en la Tabla 12, donde se muestra el promedio obtenido de todas las dimensiones de las muestras de las unidades.

En el **ANEXO 2**, se muestran las tablas de las medidas tomadas de las noventa (90) unidades de mampostería tipo E9, E11, y E14.

En el **ANEXO 3**, se encuentran las tablas de los resultados de los esfuerzos de de compresión de cada una de las muestras a utilizar.

En la Tabla 15, se muestran los resultados de esfuerzos promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las unidades de mampostería ensayadas a compresión.

En la Norma Técnica Colombiana NTC – 4205, se establecen los parámetros para determinar la Resistencia a la Compresión de Unidades de Mampostería como se muestra en la Tabla 14. Allí se muestran los esfuerzos requeridos para Mampostería Estructural de Perforación Vertical, en la cual aplica el valor para unidad que es 15 MPa.

Tabla 14. Propiedades Físicas de la Resistencia a la Compresión de Unidades de Mampostería Estructural.

Tipo	Resistencia Mínima a la Compresión MPa (kg/cm ²)		Absorción de agua máxima en %			
			Interior		Exterior	
	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad	Prom 5U	Unidad
PH	5 (50)	3.5 (35)	13	16	7 a 13.5	14
PV	18 (180)	15 (150)	13	16	7 a 13.5	14
M	20 (200)	15 (150)	13	16	7 a 13.5	14

Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC - 4205

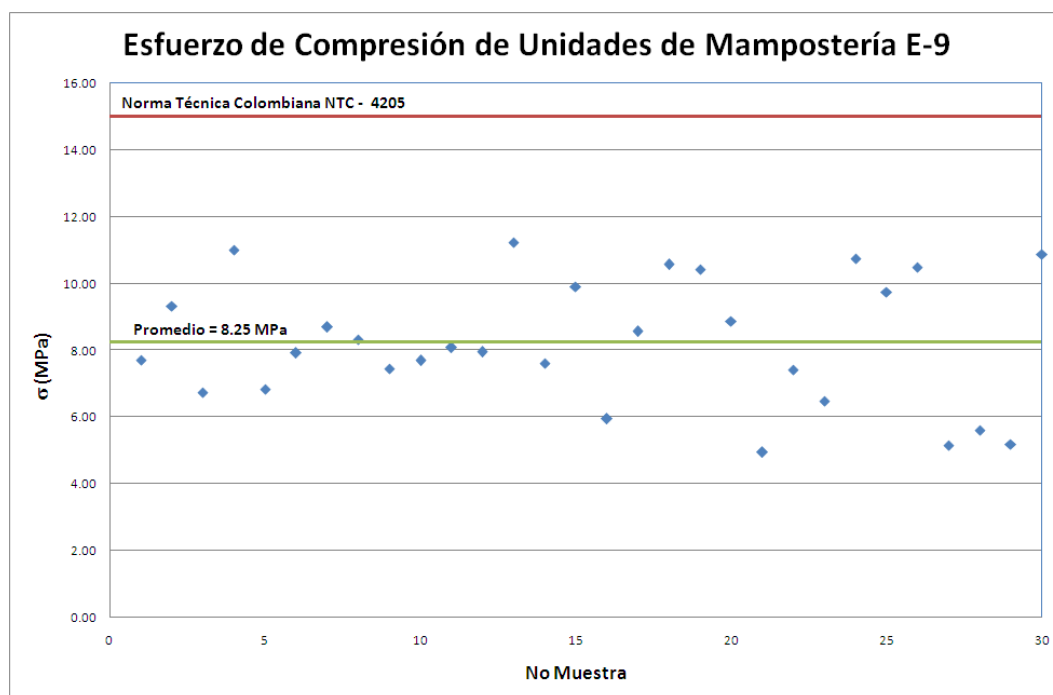
Tabla 15. Datos Generales de Esfuerzos de Compresión en Unidades de Mampostería.

Unidad de Mampostería	Promedio (MPa)	Desviación (MPa)	Coefficiente de Variación (%)
E - 9	8.25	1.89	22.87
E - 11	8.25	2.15	26.02
E - 14	8.37	1.75	20.94

Fuente: Propia.

7.2.1. Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-9.

En la figura 35, se muestran los resultados de los esfuerzos a compresión de los ladrillos estructurales E - 9 con refrentado en yeso de alta resistencia (tipo IV) en un 80% y yeso normal en un 20%.



Fuente: Propia.

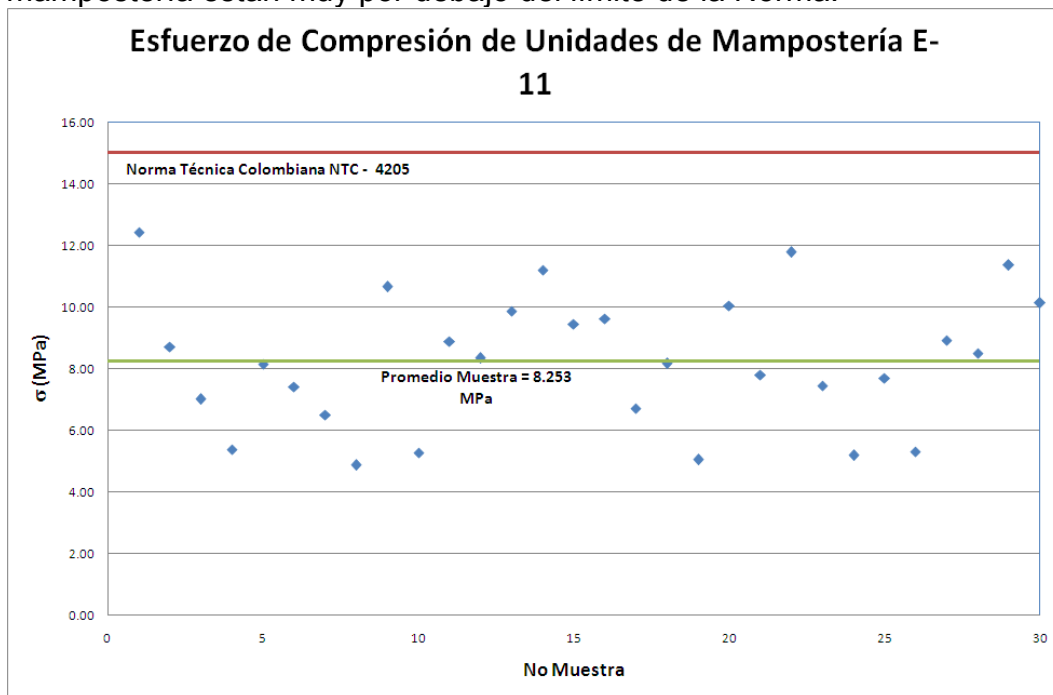
Figura 38. Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E9.

7.2.2. Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-11.

En la Figura 39, se encuentran los resultados obtenidos de las treinta (30) unidades de mampostería estructural tipo E-11.

En el **ANEXO 3** se muestran las tablas de resultados de los esfuerzos.

Adicionalmente se muestra en la Figura 39 el límite que establece la Norma Técnica Colombiana para el esfuerzo de compresión en unidades de mampostería, y se puede observar que el promedio de las unidades de mampostería están muy por debajo del límite de la Norma.



Fuente: Propia.

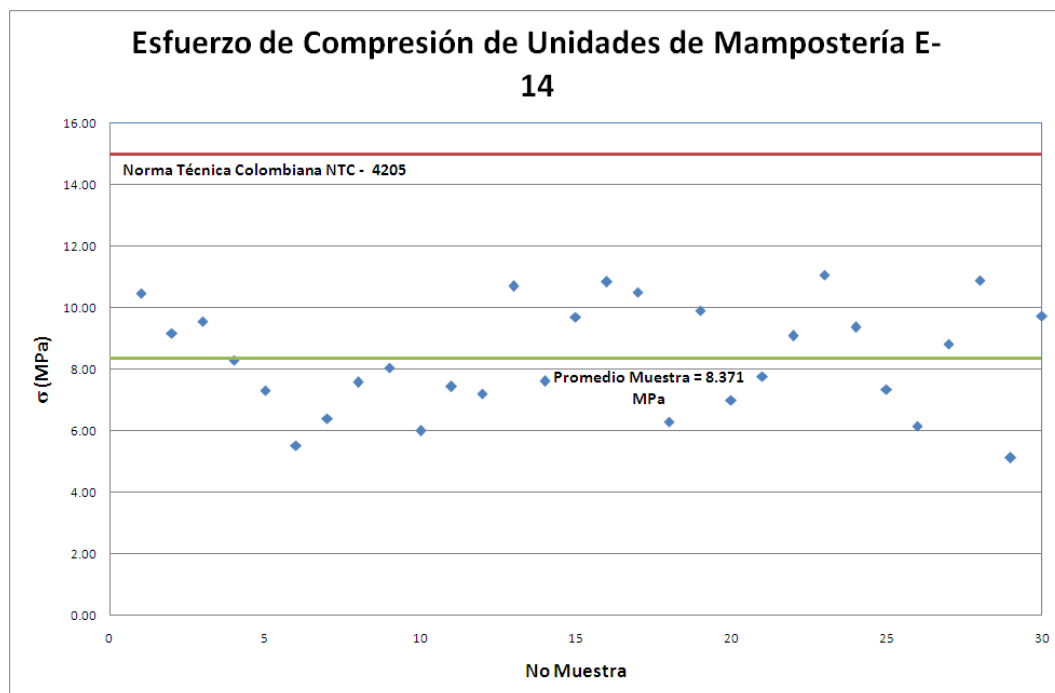
Figura 39. Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E11.

7.2.3. Esfuerzos de Compresión Unidades de Mampostería tipo E-14.

En este numeral del trabajo de grado se mostraran los resultados obtenidos de los esfuerzos de los ladrillos estructurales E14, refrentados con Yeso de alta resistencia (Tipo IV) y Yeso Normal los cuales se encuentran en la figura 37.

En el **ANEXO 3**, se muestran las tablas de resultados de los esfuerzos.

Es importante observar que el promedio de la resistencia de todas las unidades de mampostería está muy por debajo del valor que establece la Norma Técnica Colombiana como estándar.



Fuente: Propia.

Figura 40. Resultados Resistencia a la Compresión Unidad de Mampostería E14.

En las figuras 35, 36 y 37 se observó el comportamiento de unidades de mampostería estructural tipo E9, E11 y E14 sometidos a esfuerzo de compresión, en el cual el tipo E11 presentó mejor comportamiento acercándose a lo dispuesto por la NTC.

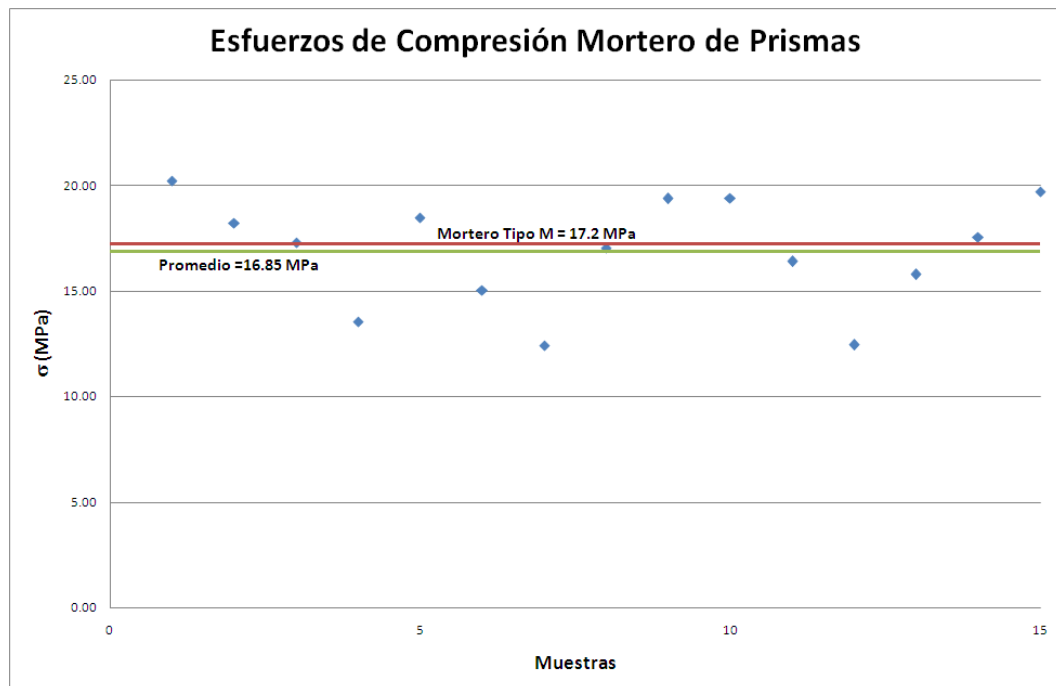
7.3. ESFUERZOS A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO DE PEGA.

En la Figura 41, se observan los resultados de esfuerzos de compresión de los diferentes cubos realizados para determinar esta resistencia.

Según lo que se obtuvo, se puede observar que el mortero de pega es tipo M, como se observa en la clasificación de la Tabla 3.

El promedio obtenido del mortero realizado es 16.85 MPa y el Mortero tipo M tiene un esfuerzo promedio de 17.2 MPa, por lo cual se puede asimilar que es el mismo.

En el **ANEXO 4**, se muestran los resultados específicos de cada uno de los cubos realizados.



Fuente: Propia.

Figura 41. Esfuerzos de Compresión Mortero de Pega.

7.4. ESFUERZOS A COMPRESION DE MURETES DE MAMPOSTERIA.

En esta sección, se muestran los resultados de esfuerzos de compresión de los prismas o muretes construidos con unidades de mampostería tipo E – 9, E – 11 y E – 14.

En la Norma Técnica Colombiana no existen valores específicos para determinar el valor de resistencia a la compresión de muretes o prismas de mampostería, por esta razón, se encuentra una tabla que relaciona los valores de esfuerzo de compresión en unidades de mampostería con el valor de esfuerzo de compresión de muretes (f'_m). En la Tabla 16, se observan estos valores, y así se obtiene el valor requerido para los muretes de mampostería ensayados en este trabajo de grado.

Cuando se realizan las gráficas de los valores de resistencia a la compresión de todos los muretes ensayados, se observa que el valor de la Norma Técnica Colombiana, es el valor obtenido de realizar la interpolación de los valores obtenidos en la Tabla 16.

Tabla 16. Esfuerzo de Compresión en Muretes de Mampostería

ESFUERZO DE COMPRESIÓN BLOQUE INDIVIDUAL (kg/cm ²)	TIPO DE MORTERO	
	M O S	N
980 o más	373	309
845	330	267
703	281	232
562	235	190
422	190	155
281	141	112
141	105	77
70	56	42

Fuente: Reinforced Masonry Engineering Handbook.

Por lo anterior, como no figura el valor específico de 15 MPa, se debe proceder a interpolar entre los valores de 14.1 MPa y 28.1 MPa, en el caso particular el mortero utilizado fue tipo M, por eso se utiliza la columna correspondiente a este tipo de mortero para los valores de resistencia a la compresión del murete de estos valores. A continuación se muestra este valor como se obtiene.

$$f'_m(15MPa) = 10.5MPa + \frac{28.1MPa - 14.1MPa}{14.1MPa - 10.5MPa} \cdot (15MPa - 10.5MPa) = 11.8MPa$$

En la Tabla 17, se muestra el esfuerzo promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación de los resultados de esfuerzos de compresión para los prismas o muretes de mampostería.

En el **ANEXO 5**, se muestran los resultados de las dimensiones para determinar el área de la sección transversal de los muretes y la altura de los mismos para determinar la esbeltez.

Tabla 17. Datos Generales de Esfuerzos de Compresión en Muretes de Mampostería.

Unidad de Mampostería	Promedio (MPa)	Desviación (MPa)	Coeficiente de Variación (%)
E - 9	8.25	1.89	22.87
E - 11	8.25	2.15	26.02
E - 14	8.37	1.75	20.94

Fuente: Propia.

En el **ANEXO 6**, se muestran los resultados de los esfuerzos de compresión de todos los muretes de mampostería desarrollados con unidades tipo E – 9, E – 11 y E – 14.

7.4.1. Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-9.

En la Figura 42, se muestran los resultados de los esfuerzos a compresión de los prismas estructurales realizados con unidades de mampostería tipo E-9 con refrentado en yeso de alta resistencia (tipo IV) en un 80% y yeso normal en un 20%.

Como en las unidades, se observa que el comportamiento está muy por debajo de la exigencia de la Norma Técnica Colombiana.

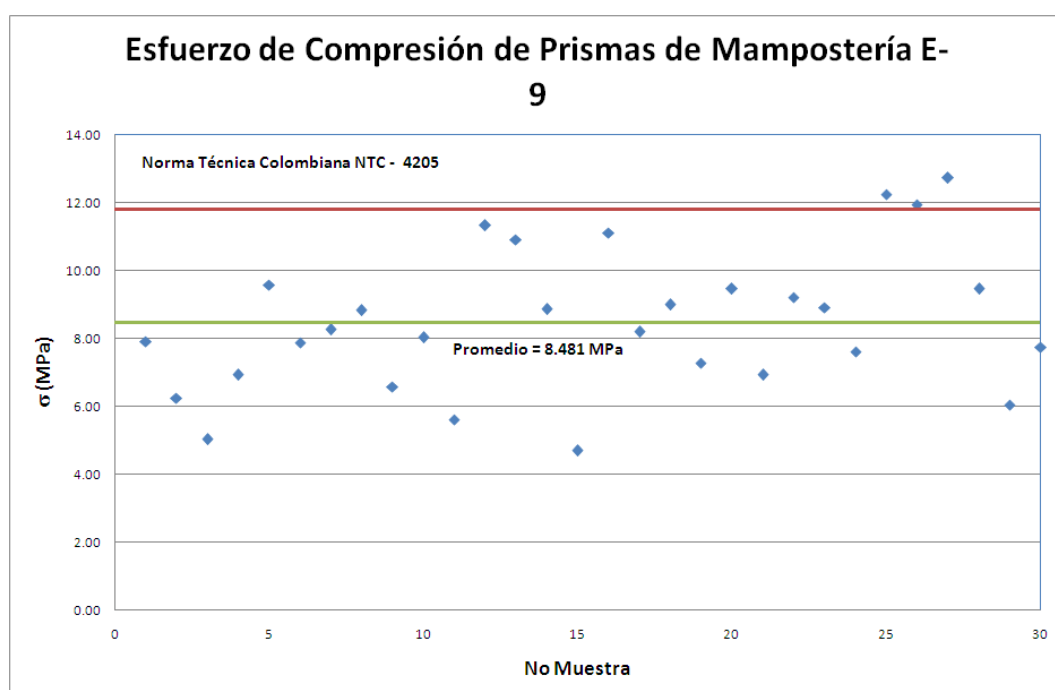


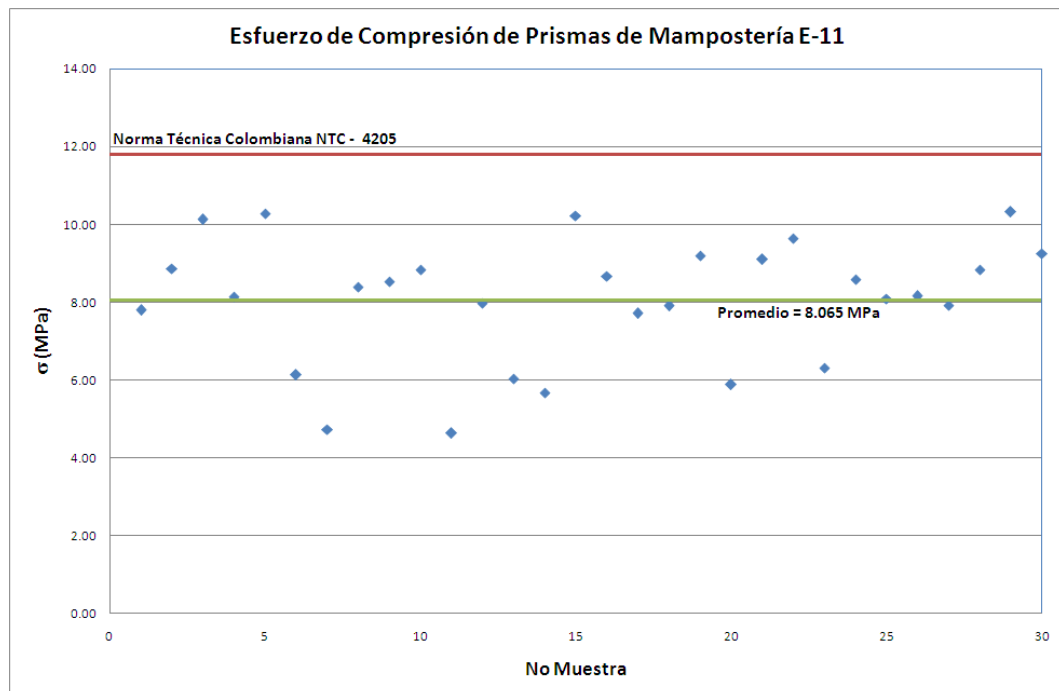
Figura 42. Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E9.

7.4.2. Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-11.

En la Figura 43, se encuentran los resultados obtenidos de los 30 muretes estructurales E11.

En el **ANEXO 6** se muestran las tablas de resultados de los esfuerzos.

Como en todos los resultados siempre están por debajo de lo exigido en la Norma Técnica Colombiana.



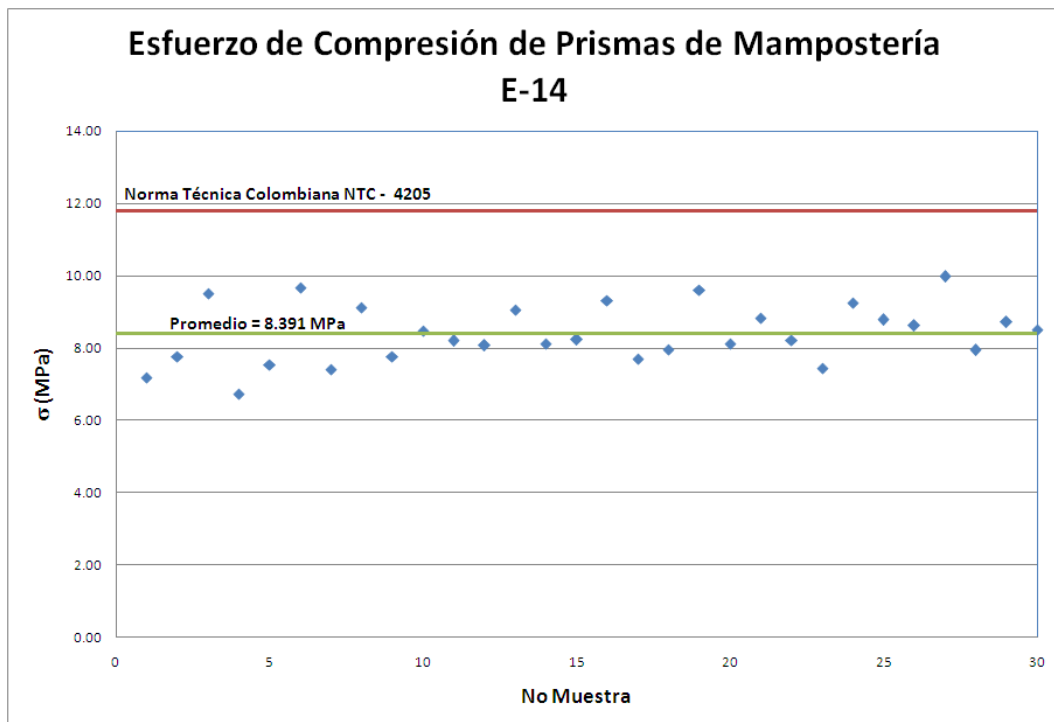
Fuente: Propia.

Figura 43. Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E11.

7.4.3. Esfuerzos de Compresión Muretes de Mampostería Tipo E-14.

En este numeral del trabajo de grado se mostraran los resultados obtenidos de los esfuerzos de los prismas construidos con mampostería estructural tipo E-14, refrentados con Yeso de alta resistencia (Tipo IV) en un 80% y Yeso Normal en un 20% los cuales se encuentran en la Figura 44.

En el **ANEXO 6**, se muestran las tablas de resultados de los esfuerzos de mampostería de todos los muretes o prismas ensayados en la Máquina Universal de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.



Fuente: Propia.

Figura 44. Resultados Resistencia a la Compresión Prismas de Mampostería E14.

En la Figura 42, Figura 43 y Figura 44 se observó el comportamiento de prismas sometidos a esfuerzo de compresión, donde el prisma E-9 obtuvo mejores resultados comparando con las otras piezas de mampostería.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En este capítulo se realizará una definición de algunos datos básicos de estadística, obtenidos a partir de los resultados del laboratorio que se observan en los **ANEXOS**.

8.1. Definiciones Estadísticas Básicas.

En esta parte se definirán algunas características estadísticas básicas con las cuales se van a desarrollar los análisis de resultados.

8.1.1. Promedio o media aritmética.

Representada por medio de la letra griega μ , es el promedio aritmético de un conjunto de mediciones. Se Obtiene la media al dividir la suma de las mediciones entre el número de ellas en el conjunto. La fórmula para calcular la media es:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Se lee: la media de las mediciones es igual a la suma de todas ellas, desde x_1 hasta x_N , dividida entre N , número de mediciones en el conjunto.

x_1 = es un elemento individual del conjunto.

μ = es la media del conjunto de mediciones.

N = es el número total de mediciones en el conjunto

8.1.2. VARIANZA

Representada por el símbolo σ^2 (sigma cuadrado), es la relación existente entre la suma de los cuadrados de las desviaciones de los valores de la variable, respecto a su promedio, y el tamaño N de la población de datos.

Es decir, la varianza es el promedio de los cuadrados de las desviaciones de una variable con relación a un valor central, el promedio.

La varianza se expresa de la siguiente forma:

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + (x_3 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{N - 1}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1}$$

En donde:

σ^2 = varianza

x_i = una medida individual en el conjunto.

μ = media de la población.

N = número de medidas de la población

8.1.3. Desviación Estándar (σ).

Representada por el símbolo σ (sigma), es la raíz cuadrada de la varianza. Esta medida es muy útil para describir la extensión o dispersión de un conjunto de datos, alrededor de la media.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1}}$$

8.1.4. Coeficiente de Desviación. (ρ)

Representada por el símbolo ρ , es el cociente de una medida de dispersión dividida por el promedio con respecto al cual las desviaciones fueron medidas. Este coeficiente no está expresado en unidades básicas, la cual facilita la comparación entre dos o más conjuntos de valores con unidades básicas aún diferentes.

Se considera como la muestra más homogénea, aquella cuyo coeficiente de variación sea menor.

La relación que calcula esta medida de dispersión está dada por:

$$\rho = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100$$

En la Tabla 18, se observa cual es el tipo de comportamiento dependiendo de los rangos obtenidos en el valor de este coeficiente de variación, tiene un buen comportamiento si está entre cero (0) y treinta

(30), tiene un comportamiento regular si está entre treinta (30) y cincuenta (50) y si esta entre cincuenta (50) y cien (100), el comportamiento de la muestra es mala.

Tabla 18. Definición Comportamiento de Muestras Según el Coeficiente de Variación.

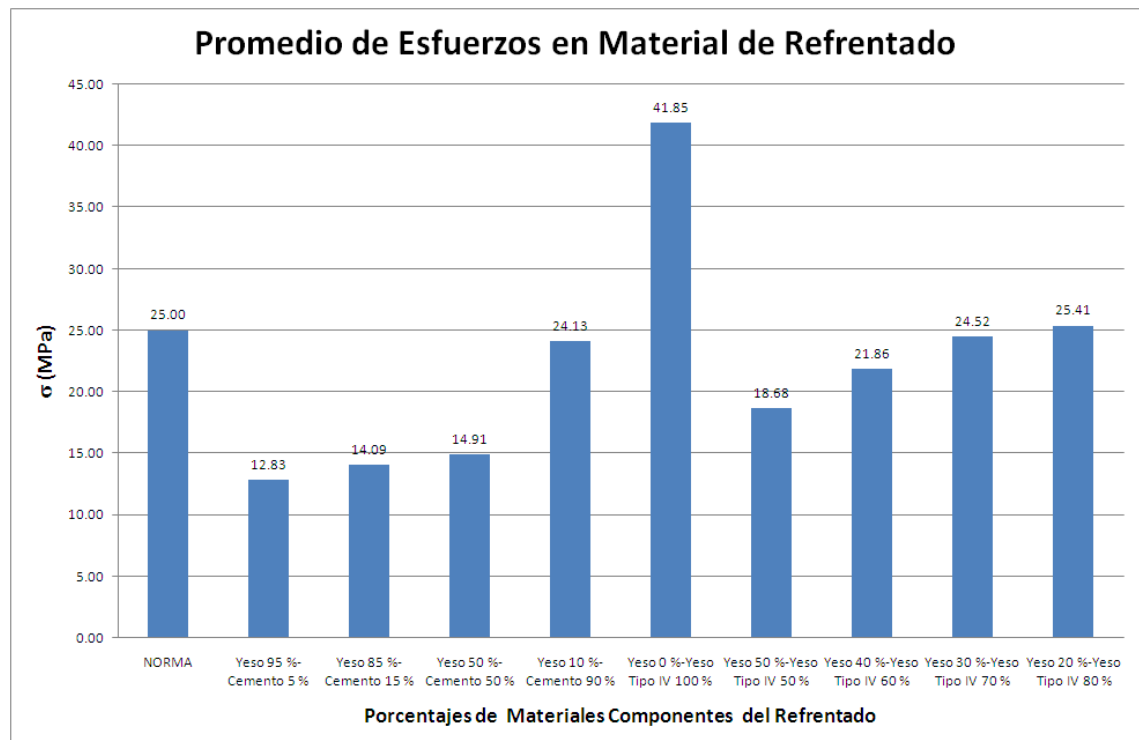
Porcentaje	Comportamiento
$0\% \geq \rho \geq 30\%$	Bueno
$30\% \geq \rho \geq 50\%$	Regular
$50\% \geq \rho \geq 100\%$	Malo

Fuente: Caracterización de los Materiales y Estudio del Refrentado de Unidades de Mampostería.

8.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA Y MURETES.

Como se observa en la Figura 45, el esfuerzo que se asemeja más al necesitado en las unidades de mampostería estructural (25 MPa), es el esfuerzo promedio obtenido con la mezcla de 80% de Yeso Tipo IV y 20% de Yeso Normal.

Por esta razón con esta mezcla se trabajo para realizar el material de refrentado de todas las unidades de mampostería y de los muretes.



Fuente: Propia.

Figura 45. Promedio de esfuerzos en material de refrentado.

8.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

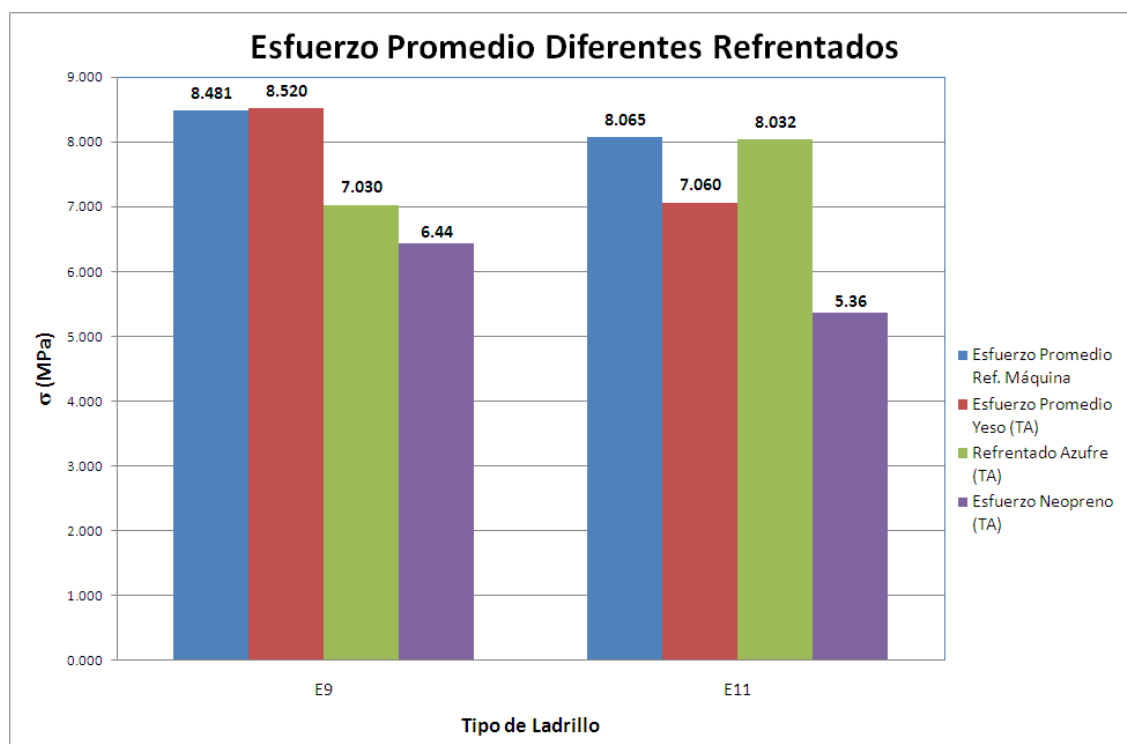
En el trabajo de grado titulado “CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES Y ESTUDIO DEL REFRENTADO DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA”, realizado por los Ingenieros Civiles Cristian Ricardo Medina Manosalva y Ronald Andrey Moreno Rincón, egresados de la Facultad, se trabajo con unidades de mampostería tipo E – 9 y E – 11 y adicionalmente se refrento con azufre, yeso normal (manual) y neopreno, encontrando, con lo cual se comparará con los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, en el cual ya se refrentan las unidades con el yeso que cumple los requerimientos de resistencia a la compresión de la Norma Técnica Colombiana y con la máquina refrentadora para distribuir la carga normal a la superficie.

Tabla 19. Esfuerzos Promedios Obtenidos en el Trabajo de Grado Actual y el Trabajo de Grado Anterior (TA) para Unidades.

Unidad	Tipo de Refrentado			
	Ref. Yeso Máquina	Ref. Yeso (TA)	Ref. Azufre (TA)	Neopreno (TA)
E - 9	8.253	8.520	7.030	6.44
E – 11	8.253	7.060	8.032	5.36

Fuente: propia y Caracterización de los Materiales y Estudio del Refrentado de Unidades de Mampostería.

En la Figura 46, se observan los promedios de los esfuerzos de compresión en las unidades de mampostería obtenidos con el trabajo de grado actual y el trabajo de grado anterior, se puede observar que definitivamente, no se debe trabajar con refrentado en neopreno, ya que la resistencia promedio obtenida es muy baja respecto a las otras resistencias, la resistencia promedio obtenida con el refrentado en yeso para la unidad tipo E – 9, es aproximadamente igual y la resistencia promedio para la unidad tipo E – 11, con el material yeso, difieren en una cantidad apreciable, y se obtiene un resultado semejante al obtenido con el azufre como refrentado.



Fuente: Propia

Figura 46. Esfuerzos promedio diferentes refrentados.

Por lo anterior, se puede establecer que el refrentado en la máquina construida para tal fin, muestra óptimos resultados, además que no se debe trabajar con azufre en el laboratorio, por cuanto produce daños colaterales en la salud de los trabajadores expuestos a estos gases producidos por el calentamiento del material.

En la Tabla 20, se muestran los resultados de las estadísticas básicas obtenidas para la resistencia a la compresión de unidades de mampostería estructural tipo E – 9.

Se observa que los coeficientes de desviación (ρ) se encuentran dentro del rango el cual está estipulado en la Tabla 16, es decir que los ensayos se encuentran en un comportamiento bueno.

Tabla 20. Resultados Unidades de Mampostería tipo E-9

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8.25
Desviación (MPa)	1.89
Dispersión ρ (%)	22.87

Fuente: Propia.

En la Tabla 21, se realiza un resumen de los datos estadísticos obtenidos con los resultados del laboratorio realizado a las muestras de las unidades de mampostería tipo E – 11.

Según lo establecido en la Tabla 18, se puede observar que los datos del coeficiente de desviación (ρ) para los ladrillos estructurales E11 se encuentran dentro de un comportamiento bueno.

Tabla 21. Resultados Unidades de Mampostería tipo E-11.

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8.3
Mediana (MPa)	8.2
Dispersión ρ (%)	26,02

Fuente: Propia.

Los resultados estadísticos obtenidos con las unidades de mampostería estructural E - 14, se muestran en la Tabla 22.

Se obtiene que los coeficientes de dispersión (ρ) de todos los ensayos de las unidades de mampostería estructural se encuentra dentro del rango establecido de un buen comportamiento el cual está indicado en la Tabla 18.

Tabla 22. Resultados Unidades de Mampostería tipo E-14.

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8.4
Mediana (MPa)	8.2
Dispersión ρ (%)	20,94

Fuente: Propia.

En la Figura 47 se observa el resumen de las tablas mostradas anteriormente, en las cuales se ve el valor del esfuerzo promedio de todas las unidades de mampostería falladas en el laboratorio y la desviación estándar de cada una de las muestras.

Con la desviación estándar se puede observar que la dispersión de los datos no es muy alta, lo cual establece que el refrentado en yeso que se realizó a las muestras es confiable.

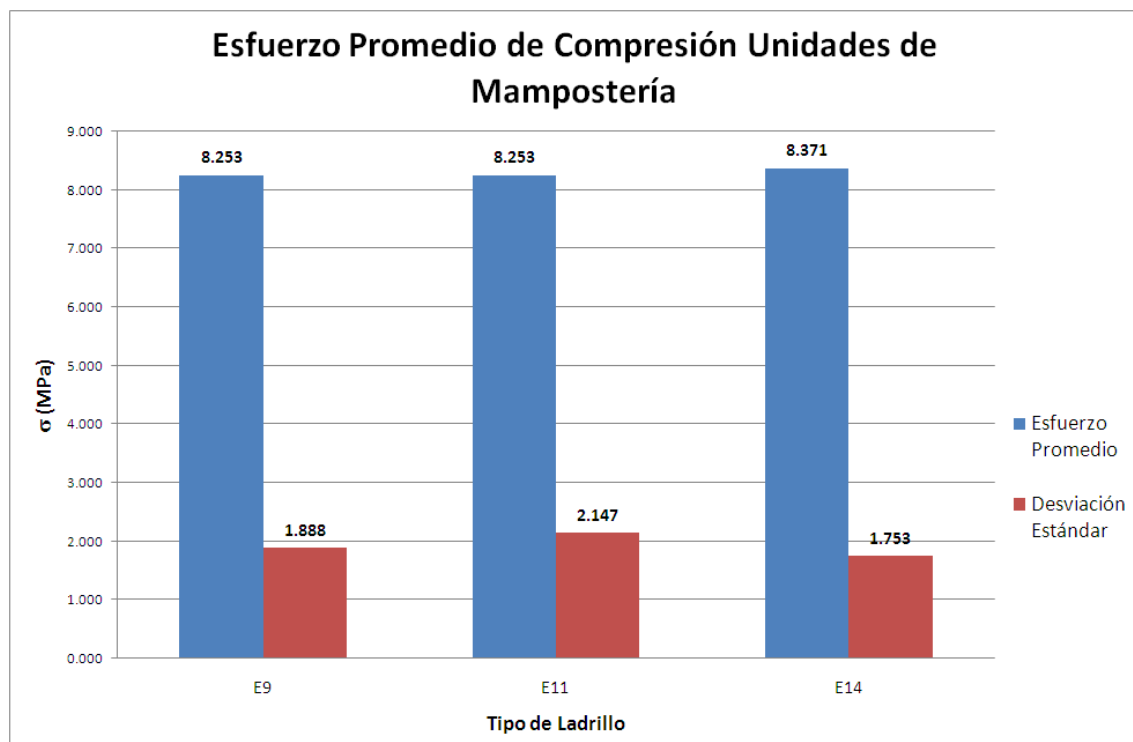


Figura 47. Esfuerzos promedios de compresión en unidades de Mampostería.

8.4. ANALISIS DE RESULTADOS PARA MURETES DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.

En el trabajo de grado anterior titulado “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MURETES EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL TIPO E9, E11 Y TERMINAL”, se trabajaron muretes de mampostería estructural refrentados con yeso de manera manual, estos resultados se compararan con los obtenidos de los muretes construidos con mampostería estructural realizada con unidades tipo E – 9 y E – 11.

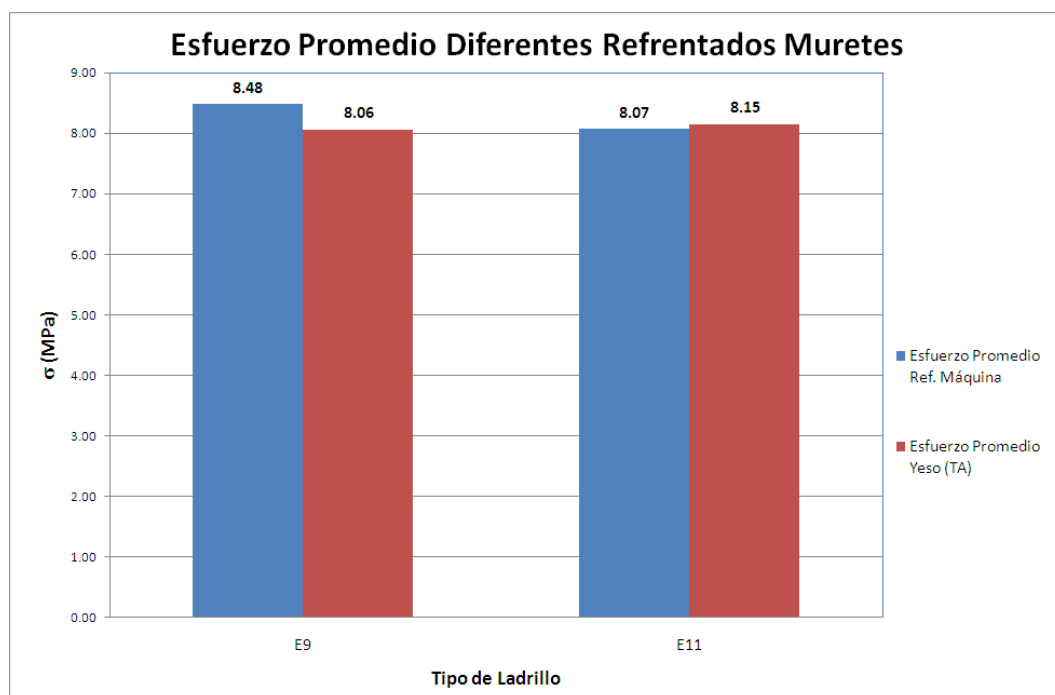
A continuación, en la Tabla 23, se muestran los esfuerzos de compresión promedios obtenidos con los muretes en el trabajo de grado actual y los esfuerzos de compresión en el trabajo de grado anterior (TA).

Tabla 23. Esfuerzos Promedios Obtenidos en el Trabajo de Grado Actual y el Trabajo de Grado Anterior (TA) para Muretes.

Unidad	TIPO DE REFRENTADO	
	Ref. Yeso Máquina	Ref. Yeso (TA)
E9	8.48	8.06
E11	8.07	8.15

Fuente: Propia y Análisis de la Resistencia a Compresión de Muretes en Mampostería Estructural Tipo E-9, E-11 Y Terminal.

En la Figura 48 se muestran los esfuerzos promedios de los muretes de mampostería desarrollados en este trabajo de grado y el trabajo de grado anterior, en esta gráfica se observa que los promedios encontrados son similares y realmente el porcentaje de error es mínimo, con lo cual se valida el refrentado realizado en la máquina.



Fuente: Propia.

Figura 48. Esfuerzos promedio diferentes refrentados en muretes.

De los resultados obtenidos para los muretes desarrollados con la mampostería estructural tipo E – 9, se puede observar, según la Tabla 24, que el esfuerzo promedio obtenido en los muretes de mampostería son similares a los obtenidos en las unidades de mampostería individualmente con el mismo tipo de ladrillo (8.25 MPa), por lo cual se puede asegurar que el mortero de pega diseñado cumplió con el objetivo trazado de no alterar el resultado de esfuerzo de compresión requerido en el conjunto del prisma.

Tabla 24. Resultados Muretes de Mampostería tipo E-9.

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8,48
Desviación (MPa)	2,09
Dispersión ρ (%)	24,66

Fuente: Propia.

Respecto a la desviación y a la dispersión de los datos, se observa según la Tabla 16, que el porcentaje está en los límites de que un ensayo se considere que tiene un buen comportamiento.

Así mismo, en la Tabla 25, se muestran los resultados de promedio, desviación estándar y dispersión de los muretes desarrollados con unidades de mampostería tipo E – 11, comparando el resultado del murete con la unidad individual, se observa que el esfuerzo promedio del murete es 8.07 MPa, mientras que el esfuerzo promedio de la pieza de mampostería es 8.3 MPa, lo cual tampoco es muy diferente.

Tabla 25. Resultados Muretes de Mampostería tipo E-11.

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8.07
Desviación (MPa)	1,58
Dispersión ρ (%)	19,59

Fuente: Propia.

La desviación estándar encontrada para los muretes construidos con unidades de mampostería tipo E – 11, es bastante bueno, ya que se observa que la dispersión tiene un porcentaje de 19.59, lo cual es bastante bajo.

El esfuerzo promedio obtenido en la unidad de mampostería individual fue de 8.3 MPa y en el murete es 8.07 MPa, lo cual también es muy cercano, por lo cual se observa que el mortero no incrementó la resistencia del conjunto.

El esfuerzo promedio encontrado para los muretes desarrollados con unidades de mampostería tipo E – 14, son los mostrados en la Tabla 26, con lo cual se observa que la desviación estándar obtenida con este tipo de muretes es la más pequeña de todos los resultados.

El esfuerzo de la unidad individual es 8.4 MPa, y el esfuerzo obtenido en el conjunto (Murete), es 8.39 MPa, lo cual es igual, por esto se concluye que el mortero de pega no afecta los resultados de esfuerzos de compresión en los muretes.

Tabla 26. Resultados Muretes de Mampostería tipo E-14.

Definición Estadística	Valor
Promedio (MPa)	8.39
Desviación (MPa)	0,80
Dispersión ρ (%)	9,57

Fuente: Propia.

,

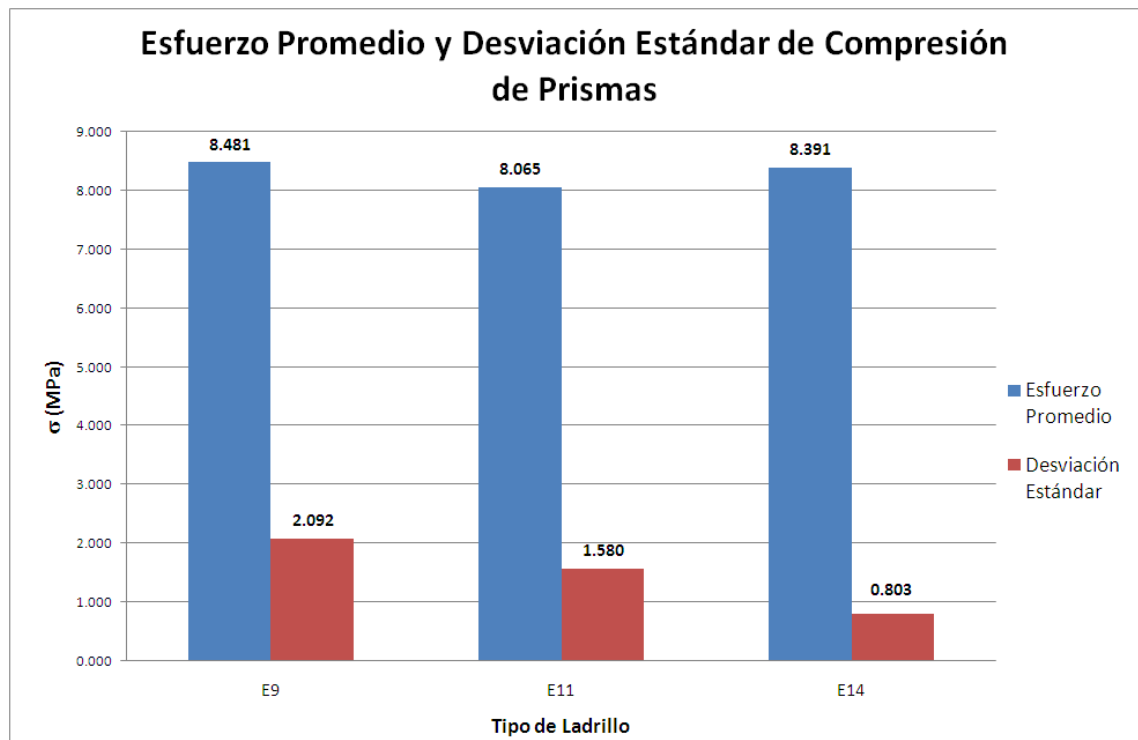


Figura 49. Esfuerzos promedio y desviación estándar de compresión de prismas.

En Figura 49, se observa el esfuerzo promedio y la desviación estándar de los prismas construidos con unidades de mampostería tipo E-9, E-11 y E-14, sometidos a un cargas de compresión.

9. CONCLUSIONES

- Los resultados de esfuerzos promedio de compresión tanto en unidades de mampostería tipo E-9 (8.253 MPa), E-11 (8.253 MPa) y E-14 (8.371 MPa), como en muretes construidos con unidades tipo E-9 (8.481 MPa), E-11 (8.065 MPa) y E-14 (8.391 MPa), no alcanzan el esfuerzo de compresión establecido por la NTC 4205 (15 MPa).
- Se desarrollo un paralelo entre la resistencia a la compresión requerida en el refrentado de cilindros de concreto (35 MPa) con el refrentado utilizado para las unidades de mampostería estructural, ya que este valor no se tiene estipulado en las Normas Técnicas Colombianas que guían los trabajos de unidades y prismas de mampostería. Con el cálculo realizado en este trabajo de grado, se obtuvo que esta resistencia a la compresión del refrentado en yeso para las unidades y prismas de mampostería estructural es 25 MPa.
- Para obtener esas máximas resistencias de compresión en el refrentado en yeso de las unidades de mampostería, se debió trabajar con yeso tipo IV, utilizado para trabajos de odontología, por lo cual, se realizó una investigación de este material implementado en este trabajo de grado. Por si solo, el material alcanza una resistencia a la compresión de 41.85 MPa. Trabajando en conjunto en un 80% y con un 20% de Yeso Normal, se obtuvo una resistencia a la compresión de 25.41 MPa, lo cual es ligeramente superior al requerido de 25 MPa, por lo cual se decidió trabajar con esta mezcla para la realización del refrentado.
- Se obtuvo un óptimo refrentado de las piezas y prismas de mampostería, ya que se utilizó la máquina refrentadora del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil, el cual se encuentra disponible por el diseño desarrollado en el trabajo de grado titulado: “VALIDACIÓN DEL REFRENTADO EN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA UTILIZANDO PORCENTAJES DE MEZCLA DE YESO – CAOLÍN (FASE I).”
- Se pudo observar que los esfuerzos de compresión promedios en las unidades de mampostería estructural y los esfuerzos de compresión promedio de los muretes son similares, lo cual muestra que el mortero de pega utilizado en los prismas no afecta mucho el esfuerzo de compresión del trabajo del conjunto.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda cambiar la platina utilizada para ensayos a compresión en la máquina universal por una de mayor espesor, para que no sufra pandeo, por la repetitividad de los ensayos de compresión en las unidades y muretes de mampostería.
- Para próximas investigaciones se sugiere trabajar con otras empresas para sacar unas mejores conclusiones sobre la calidad de las piezas de mampostería estructural E-9, E-11 y E-14.
- Se recomienda el yeso tipo IV para próximas investigaciones, ya que es un material con un alto nivel de resistencia.
- Se recomienda al productor de las unidades de mampostería que realicen un proceso de calidad a las piezas, al momento de la entrega, ya que algunas venían defectuosas cuando se entregaron en la Universidad.
- Es importante establecer que los esfuerzos promedios de compresión de las piezas de mampostería no se están cumpliendo por cuanto el material utilizado para realizar las piezas de mampostería no es el más adecuado, se recomienda observar esta situación, para que se mejore esta situación.

11. BIBLIOGRAFÍA

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Quinta edición 2001, Bhandar editores Ltda.; p. 303 – 307.

RAMIREZ, Alfonso. Edificios de Mampostería; p. 1 - 13

Mampostería Estructural. Análisis y diseño de acuerdo al código de construcciones Sismo-Resistente (Norma 1400). Universidad Nacional de Colombia. Departamento de ingeniería civil, seccional Manizales, segunda edición (mar. 1993); p. 2 – 14.

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Tomo 1.

GARCIA PINZON. Álvaro. Estadística. Universidad industrial de Santander, facultad de estudios a distancia (FEDI), primera edición, Bucaramanga (mar. 1985); p.51, 56, 59, 62, 75.

HOWWARD B, Christensen. Estadística paso a paso. Editorial trillas; p.102 – 103, 112,113

Phillips. Ciencia de los materiales dentales. 11ª edición. Editorial El Servier 2003; p 255 – 280.

COVA, N. José luis. Biomateriales dentales. Primera edición, 2004. P. 76-84.

PHILLIPS, Ralph W. Consideraciones técnicas: Productos del yeso: química del fraguado. Consideraciones técnicas. Panamericana McGraw-Hill, novena edición. P. 69 – 92

MACCHI, Ricardo Luis. Materiales dentales. Cuarta edición. P. 241 – 250

SANCHEZ CASTILLO, Mauricio. Guía para la formulación de proyectos de investigación. Bogotá, ALMA MATER MAGISTERIO 2004.

Caracterización de los materiales y Estudio del Refrentado de Unidades de Mampostería, Medina Manosalva Cristian Ricardo, Moreno Rincón Ronald Andrey, Tesis de Grado Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana. 2006.

Análisis de la Resistencia a la Compresión de Muretes en Mampostería Estructural tipo E-9, E-11 y Terminal, Arenas García Manuel Guillermo, Luna Badillo Omar Andrés, Tesis de Grado Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana. 2006.

Validación del Refrentado en Unidades de Mampostería Utilizando Porcentajes de Mezcla de Yeso – Caolín (Fase I), Ramírez Pita Edwin Enrique, Ortiz Ariza Luis Fernando. Tesis de Grado. Bucaramanga, Universidad Pontificia Bolivariana. 2008.

Reinforced Masonry Engineering Handbook. New York. Mia. 1998.

ANEXO 1.
MUESTRAS PARA ESCOGER EL MEJOR PORCENTAJE DE
MATERIAL PARA REFRENTADO.

ENSAYOS A COMPRESIÓN DEL YESO PARA
REFRENTAR MEZCLA 95/5 - YESO/CEMENTO.

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5	5	25	36400,00	2500	14,56
2	5	5,1	25,5	39600,00	2550	15,53
3	5	5	25	29900,00	2500	11,96
4	5	5	25	41000,00	2500	16,40
5	5	5,1	25,5	32100,00	2550	12,59
6	5	5,05	25,25	31200,00	2525	12,36
7	5	5,1	25,5	43800,00	2550	17,18
8	5	5	25	24800,00	2500	9,92
9	5	5	25	36900,00	2500	14,76
10	5	5,05	25,25	30200,00	2525	11,96
11	5	5	25	30700,00	2500	12,28
12	5	5	25	29200,00	2500	11,68
13	5	5	25	30800,00	2500	12,32
14	5	5	25	27400,00	2500	10,96
15	5	5,1	25,5	28000,00	2550	10,98
16	5	5,05	25,25	31400,00	2525	12,44
17	5	5,1	25,5	30800,00	2550	12,08
18	5	5	25	31700,00	2500	12,68
19	5	5	25	30300,00	2500	12,12
20	5	5	25	27600,00	2500	11,04
21	5	5,1	25,5	32400,00	2550	12,71
22	5	5,05	25,25	32500,00	2525	12,87
23	5	5,1	25,5	32400,00	2550	12,71
24	5	5	25	29100,00	2500	11,64
25	5	5	25	29800,00	2500	11,92
26	5	5,05	25,25	31900,00	2525	12,63
27	5	5	25	31400,00	2500	12,56
28	5	5	25	33100,00	2500	13,24
29	5	5	25	37200,00	2500	14,88
30	5	5	25	34700,00	2500	13,88

12,83

**ENSAYOS A COMPRESIÓN DEL YESO PARA REFRENTAR MEZCLA
85/15 - YESO/CEMENTO**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm²)	Fza (N)	A (mm²)	σ (MPa)
1	5,1	5,1	26,01	31800,00	2601	12,23
2	5,1	5,1	26,01	25000,00	2601	9,61
3	5,1	5,05	25,755	34100,00	2575,5	13,24
4	5,1	5,1	26,01	35100,00	2601	13,49
5	5	5,05	25,25	30100,00	2525	11,92
6	5,1	5,05	25,755	35700,00	2575,5	13,86
7	5,1	5	25,5	42300,00	2550	16,59
8	5,05	5	25,25	29700,00	2525	11,76
9	5,1	5	25,5	32600,00	2550	12,78
10	5,1	5,05	25,755	29900,00	2575,5	11,61
11	5,05	5	25,25	37900,00	2525	15,01
12	5,1	5,1	26,01	31600,00	2601	12,15
13	5,1	5,05	25,755	45300,00	2575,5	17,59
14	5,1	5,1	26,01	42600,00	2601	16,38
15	5,1	5,05	25,755	36900,00	2575,5	14,33
16	5	5	25	33300,00	2500	13,32
17	5,1	5,1	26,01	43100,00	2601	16,57
18	5,05	5	25,25	43400,00	2525	17,19
19	5,05	5,05	25,5025	41300,00	2550,25	16,19
20	5,05	5	25,25	42300,00	2525	16,75
21	5,05	5,05	25,5025	35900,00	2550,25	14,08
22	5,05	5,1	25,755	32400,00	2575,5	12,58
23	5,1	5,05	25,755	29500,00	2575,5	11,45
24	5,1	5,1	26,01	34600,00	2601	13,30
25	5,1	5,05	25,755	38100,00	2575,5	14,79
26	5	5	25	33300,00	2500	13,32
27	5,1	5,1	26,01	49900,00	2601	19,18
28	5,05	5,1	25,755	34600,00	2575,5	13,43
29	5	5	25	25300,00	2500	10,12
30	5,1	5,1	26,01	39300,00	2601	15,11
31	5,05	5	25,25	48600,00	2525	19,25
32	5,1	5,05	25,755	32400,00	2575,5	12,58
33	5,05	5,1	25,755	35300,00	2575,5	13,71
34	5	5,1	25,5	34500,00	2550	13,53

14,09

**ENSAYOS A COMPRESIÓN DEL YESO PARA REFRENTAR MEZCLA
50/50 - YESO/CEMENTO.**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm²)	Fza (N)	A (mm²)	σ (MPa)
1	5	5,05	25,25	37000,00	2525	14,65
2	5	5,1	25,5	30600,00	2550	12,00
3	5	5,1	25,5	34100,00	2550	13,37
4	5,1	5,1	26,01	34200,00	2601	13,15
5	5,1	5,1	26,01	44000,00	2601	16,92
6	5,1	5,05	25,755	47700,00	2575,5	18,52
7	5	5,05	25,25	26500,00	2525	10,50
8	5	5	25	28700,00	2500	11,48
9	5	5	25	49900,00	2500	19,96
10	5	5,05	25,25	39600,00	2525	15,68
11	5,05	5	25,25	33900,00	2525	13,43
12	5,1	5,1	26,01	32900,00	2601	12,65
13	5,1	5	25,5	40900,00	2550	16,04
14	5,1	5,1	26,01	29700,00	2601	11,42
15	5,1	5,05	25,755	35100,00	2575,5	13,63
16	5,1	5,05	25,755	49000,00	2575,5	19,03
17	5,1	5,1	26,01	39500,00	2601	15,19
18	5,05	5	25,25	47400,00	2525	18,77
19	5	5,05	25,25	37500,00	2525	14,85
20	5,05	5	25,25	33200,00	2525	13,15
21	5	5,1	25,5	35800,00	2550	14,04
22	5	5	25	45500,00	2500	18,20
23	5,05	5,05	25,5025	34600,00	2550,25	13,57
24	5,05	5	25,25	43100,00	2525	17,07
25	5	5	25	40900,00	2500	16,36
26	5,05	5,05	25,5025	37600,00	2550,25	14,74
27	5,05	5,05	25,5025	35300,00	2550,25	13,84
28	5,1	5,1	26,01	48800,00	2601	18,76
29	5,05	5,05	25,5025	32800,00	2550,25	12,86
30	5,1	5	25,5	34300,00	2550	13,45

14,91

**ENSAYOS A COMPRESIÓN DEL YESO PARA REFRENTAR MEZCLA
10/90 - YESO/CEMENTO**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5,1	5	25,5	67200,00	2550	26,35
2	5	5,05	25,25	87400,00	2525	34,61
3	5	5	25	76000,00	2500	30,40
4	5,1	5,05	25,755	74200,00	2575,5	28,81
5	5	5,05	25,25	73600,00	2525	29,15
6	5,05	5,05	25,5025	59600,00	2550,25	23,37
7	5	5,05	25,25	50100,00	2525	19,84
8	5,05	5,1	25,755	55000,00	2575,5	21,36
9	5,1	5,1	26,01	45400,00	2601	17,45
10	5	5,05	25,25	48200,00	2525	19,09
11	5	5	25	52900,00	2500	21,16
12	5,05	5,05	25,5025	52300,00	2550,25	20,51
13	5,1	5,1	26,01	47600,00	2601	18,30
14	5	5,05	25,25	61200,00	2525	24,24
15	5	5,1	25,5	52900,00	2550	20,75
16	5,05	5,1	25,755	66200,00	2575,5	25,70
17	5,05	5,05	25,5025	48200,00	2550,25	18,90
18	5	5,1	25,5	68400,00	2550	26,82
19	5,05	5,05	25,5025	60000,00	2550,25	23,53
20	5	5,05	25,25	57500,00	2525	22,77
21	5,05	5	25,25	55800,00	2525	22,10
22	5,05	5,05	25,5025	62900,00	2550,25	24,66
23	5,05	5,1	25,755	49500,00	2575,5	19,22
24	5	5	25	64500,00	2500	25,80
25	5,05	5	25,25	61800,00	2525	24,48
26	5,1	5,05	25,755	56100,00	2575,5	21,78
27	5,05	5	25,25	69100,00	2525	27,37
28	5,05	5,05	25,5025	68100,00	2550,25	26,70
29	5,1	5	25,5	69800,00	2550	27,37
30	5,05	5,1	25,755	80500,00	2575,5	31,26

24,13

**ENSAYOS A COMPRESIÓN DEL YESO PARA REFRENTAR MEZCLA
100 – YESO TIPO IV**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5	5	25	147700,00	2500	59,08
2	5	5	25	91400,00	2500	36,56
3	5,1	5	25,5	125600,00	2550	49,25
4	5,05	5	25,25	94700,00	2525	37,50
5	5	5	25	114800,00	2500	45,92
6	5,1	5	25,5	128700,00	2550	50,47
7	5	5,05	25,25	84600,00	2525	33,50
8	5	5,1	25,5	86200,00	2550	33,80
9	5,1	5	25,5	124900,00	2550	48,98
10	5,1	5,1	26,01	106400,00	2601	40,91
11	5,1	5,1	26,01	120600,00	2601	46,37
12	5,1	5,1	26,01	121900,00	2601	46,87
13	5,1	5,2	26,52	77900,00	2652	29,37
14	5,2	5,1	26,52	87800,00	2652	33,11
15	5,1	5,1	26,01	92500,00	2601	35,56
16	5,1	5,2	26,52	121800,00	2652	45,93
17	5,1	5,1	26,01	119500,00	2601	45,94
18	5,1	5,2	26,52	113900,00	2652	42,95
19	5	5	25	125300,00	2500	50,12
20	5	5,1	25,5	87900,00	2550	34,47
21	5	5,05	25,25	89900,00	2525	35,60
22	5,1	5,1	26,01	88700,00	2601	34,10
23	5,1	5,1	26,01	96000,00	2601	36,91
24	5	5,1	25,5	116400,00	2550	45,65
25	5	5,05	25,25	76000,00	2525	30,10
26	5	5	25	128900,00	2500	51,56
27	5	5	25	127000,00	2500	50,80
28	5	5	25	137400,00	2500	54,96
29	5,1	5	25,5	76200,00	2550	29,88
30	5,05	5	25,25	99500,00	2525	39,41

41,85

**ENSAYOS A COMPRESIÓN PARA REFRENTAR MEZCLA 50% YESO
TIPO IV Y 50% YESO NORMAL.**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
9	5	5	25	34600,00	2500	13,84
12	5,05	5,05	25,5025	35700,00	2550,25	14,00
29	5,05	5	25,25	38100,00	2525	15,09
19	5	5,05	25,25	39100,00	2525	15,49
24	5,05	5	25,25	39900,00	2525	15,80
21	5,05	5,05	25,5025	40700,00	2550,25	15,96
1	5	5,1	25,5	41100,00	2550	16,12
25	5,1	5	25,5	42800,00	2550	16,78
20	5,1	5	25,5	43400,00	2550	17,02
15	5,1	5	25,5	45200,00	2550	17,73
2	5	5,1	25,5	45600,00	2550	17,88
5	5,1	5,1	26,01	47000,00	2601	18,07
13	5,07	5,1	25,857	46900,00	2585,7	18,14
4	5,1	5	25,5	47500,00	2550	18,63
22	5	5	25	47000,00	2500	18,80
23	5	5	25	47400,00	2500	18,96
10	5,1	5	25,5	48500,00	2550	19,02
7	5,1	5,1	26,01	50400,00	2601	19,38
28	5,1	5,1	26,01	52700,00	2601	20,26
17	5,1	5,1	26,01	52900,00	2601	20,34
30	5	5	25	50900,00	2500	20,36
6	5,1	5	25,5	52600,00	2550	20,63
18	5	5	25	51700,00	2500	20,68
3	5,05	5,1	25,755	54100,00	2575,5	21,01
27	5	5	25	52800,00	2500	21,12
8	5,1	5,1	26,01	55200,00	2601	21,22
11	5,1	5,05	25,755	55400,00	2575,5	21,51
16	5	5	25	54400,00	2500	21,76
26	5,05	5,1	25,755	57300,00	2575,5	22,25
14	5,05	5,1	25,755	58000,00	2575,5	22,52

18,68

**ENSAYOS A COMPRESIÓN PARA REFRENTAR MEZCLA 60% YESO
TIPO IV Y 40% YESO NORMAL.**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5	5	25	73300,00	2500	29,32
2	5	5,05	25,25	57300,00	2525	22,69
3	5,05	5	25,25	59500,00	2525	23,56
4	5,1	5	25,5	66400,00	2550	26,04
5	5,1	5,1	26,01	41300,00	2601	15,88
6	5,05	5	25,25	62400,00	2525	24,71
7	5,1	5	25,5	56900,00	2550	22,31
8	5,1	5,05	25,755	41400,00	2575,5	16,07
9	5,05	5,05	25,5025	59600,00	2550,25	23,37
10	5	5	25	50000,00	2500	20,00
11	5	5,05	25,25	56200,00	2525	22,26
12	5,05	5,05	25,5025	48900,00	2550,25	19,17
13	5,1	5	25,5	49200,00	2550	19,29
14	5	5	25	73100,00	2500	29,24
15	5,1	5,05	25,755	51100,00	2575,5	19,84
16	5	5	25	54800,00	2500	21,92
17	5,1	5,1	26,01	53400,00	2601	20,53
18	5,1	5	25,5	50100,00	2550	19,65
19	5	5	25	51000,00	2500	20,40
20	5	5	25	48600,00	2500	19,44
21	5,05	5	25,25	61700,00	2525	24,44
22	5,05	5	25,25	48600,00	2525	19,25
23	5	5	25	53900,00	2500	21,56
24	5	5,1	25,5	40100,00	2550	15,73
25	5	5,05	25,25	60200,00	2525	23,84
26	5	5	25	65300,00	2500	26,12
27	5,05	5,1	25,755	53800,00	2575,5	20,89
28	5,05	5	25,25	65900,00	2525	26,10
29	5,1	5	25,5	49800,00	2550	19,53
30	5	5,05	25,25	57300,00	2525	22,69

21,86

**ENSAYOS A COMPRESIÓN PARA REFRENTAR MEZCLA 70% YESO
TIPO IV Y 30% YESO NORMAL.**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5	5,1	25,5	51700,00	2550	20,27
2	5	5,05	25,25	56800,00	2525	22,50
3	5,05	5,05	25,5025	56800,00	2550,25	22,27
4	5,05	5,1	25,755	68400,00	2575,5	26,56
5	5	5	25	48700,00	2500	19,48
6	5,05	5,05	25,5025	71200,00	2550,25	27,92
7	5	5	25	55800,00	2500	22,32
8	5,1	5,05	25,755	64900,00	2575,5	25,20
9	5,1	5,1	26,01	54700,00	2601	21,03
10	5,05	5,05	25,5025	70500,00	2550,25	27,64
11	5,1	5,1	26,01	62000,00	2601	23,84
12	5,1	5,05	25,755	76800,00	2575,5	29,82
13	5,1	5	25,5	51400,00	2550	20,16
14	5,05	5	25,25	63500,00	2525	25,15
15	5,05	5,05	25,5025	57900,00	2550,25	22,70
16	5,1	5	25,5	77100,00	2550	30,24
17	5	5	25	60500,00	2500	24,20
18	5	5,05	25,25	69400,00	2525	27,49
19	5,05	5	25,25	58900,00	2525	23,33
20	5,1	5,05	25,755	72300,00	2575,5	28,07
21	5,1	5,1	26,01	66000,00	2601	25,37
22	5,1	5,05	25,755	58100,00	2575,5	22,56
23	5	5,05	25,25	56200,00	2525	22,26
24	5	5,05	25,25	68500,00	2525	27,13
25	5,05	5	25,25	65800,00	2525	26,06
26	5	5	25	73400,00	2500	29,36
27	5,1	5,05	25,755	51900,00	2575,5	20,15
28	5,05	5	25,25	63600,00	2525	25,19
29	5,1	5,1	26,01	50500,00	2601	19,42
30	5,1	5	25,5	71100,00	2550	27,88

24,52

**ENSAYOS A COMPRESIÓN PARA REFRENTAR MEZCLA 80% YESO
TIPO IV Y 20% YESO NORMAL.**

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm ²)	Fza (N)	A (mm ²)	σ (MPa)
1	5,1	5,05	25,755	71300,00	2575,5	27,68
2	5,1	5,1	26,01	59400,00	2601	22,84
3	5,05	5	25,25	57700,00	2525	22,85
4	5,1	5	25,5	69300,00	2550	27,18
5	5,1	5,1	26,01	65400,00	2601	25,14
6	5	5,05	25,25	78400,00	2525	31,05
7	5	5,05	25,25	70100,00	2525	27,76
8	5,1	5,1	26,01	68400,00	2601	26,30
9	5,05	5	25,25	49600,00	2525	19,64
10	5,05	5,05	25,5025	66500,00	2550,25	26,08
11	5,05	5	25,25	72400,00	2525	28,67
12	5	5	25	59100,00	2500	23,64
13	5,05	5,1	25,755	63400,00	2575,5	24,62
14	5,05	5,1	25,755	57300,00	2575,5	22,25
15	5	5,1	25,5	75900,00	2550	29,76
16	5	5,05	25,25	69200,00	2525	27,41
17	5,1	5,1	26,01	49800,00	2601	19,15
18	5,05	5	25,25	74100,00	2525	29,35
19	5,05	5,1	25,755	70300,00	2575,5	27,30
20	5,1	5,05	25,755	57500,00	2575,5	22,33
21	5	5	25	64400,00	2500	25,76
22	5,05	5,05	25,5025	66100,00	2550,25	25,92
23	5,1	5	25,5	59600,00	2550	23,37
24	5,1	5	25,5	73800,00	2550	28,94
25	5,05	5,1	25,755	70300,00	2575,5	27,30
26	5	5,05	25,25	54400,00	2525	21,54
27	5,1	5	25,5	75900,00	2550	29,76
28	5	5	25	58700,00	2500	23,48
29	5,1	5,1	26,01	53200,00	2601	20,45
30	5,1	5,1	26,01	64500,00	2601	24,80

25,41

ANEXO 2. DIMENSIONES DE LAS PIEZAS DE MAMPOSTERÍA

MEDIDAS DE LAS UNIDADES TIPO E-9

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	8,9	32,7	3,8	4	4,4	10,3	185,19
2	9	32,8	3,85	4	4,5	10,4	186,2
3	8,9	33	3,9	4,1	4,3	10,3	189,13
4	8,9	32,8	3,85	4,3	4,3	10,3	186,785
5	9	32,7	3,9	4,2	4,3	10,3	189,34
6	9	33	3,9	4,1	4,4	10,4	189,49
7	9	33	3,85	4	4,5	10,2	189,8
8	8,9	32,9	3,8	4,3	4,4	10,3	185,83
9	8,8	33	3,8	4,2	4,4	10,2	184,68
10	8,9	32,9	3,85	4	4,3	10,1	190,55
11	8,9	32,85	3,9	4	4,3	10,3	188,185
12	8,9	32,8	3,8	4,1	4,5	10,2	184,54
13	9	32,9	3,85	4	4,3	10,3	192,12
14	8,8	32,8	3,9	4,1	4,4	10,1	183,77
15	8,8	32,7	3,9	4,1	4,5	10,2	179,97
16	8,8	33,8	3,8	4	4,3	10,2	194,52
17	8,9	33	3,85	4,2	4,3	10,3	188,95
18	8,9	33	3,9	4,3	4,3	10,1	190,07
19	9	32,9	3,9	4,1	4,3	10,4	190,67
20	8,9	32,8	3,8	4,1	4,2	10,3	189,82
21	8,8	32,8	3,8	4	4,3	10,2	185,72
22	8,9	32,7	3,85	4,3	4,2	10,2	188,795
23	8,8	32,7	3,9	4,2	4,3	10,3	182,8
24	8,9	33	3,9	4,2	4,3	10,1	190,46
25	8,8	32,85	3,8	4	4,4	10,1	185
26	8,9	32,7	3,85	4,3	4,2	10,2	188,795
27	8,8	32,9	3,9	4	4,3	10,3	185,34
28	8,9	32,85	3,9	4	4,3	10,3	188,185
29	9	32,7	3,85	4,2	4,4	10,4	186,61
30	9	33	3,9	4,1	4,2	10,4	193,65

MEDIDAS DE LAS UNIDADES TIPO E-11

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	10,9	32,7	6,2	4	6,3	10,3	201,85
2	11	32,5	6,3	4	6,4	10,3	200,46
3	10,9	32,8	6,2	4,1	6,3	10,35	201,69
4	11	32,8	6,2	3,9	6,3	10,3	206,84
5	10,85	33	6,2	4	6,3	10,3	203,47
6	11	32,7	6,3	3,9	6,4	10,35	202,65
7	10,8	32,8	6,25	3,85	6,25	10,35	200,8025
8	11	32,8	6,2	3,95	6,25	10,3	207,56
9	11	33	6,2	4	6,3	10,3	208,42
10	10,9	32,9	6,3	4,1	6,4	10,25	201,58
11	11	32,9	6,25	4	6,3	10,3	207,12
12	10,95	32,85	6,3	4,05	6,3	10,25	205,0425
13	11	32,9	6,2	3,95	6,3	10,3	207,63
14	10,95	33	6,2	4	6,3	10,35	206,14
15	10,9	32,85	6,25	3,9	6,4	10,3	201,85
16	11	32,9	6,25	4	6,35	10,3	206,09
17	11	32,9	6,3	4,05	6,4	10,3	204,545
18	10,8	32,95	6,3	3,9	6,35	10,25	201,115
19	10,8	33	6,2	3,95	6,4	10,25	200,71
20	11	32,9	6,3	4	6,4	10,3	204,86
21	10,85	32,8	6,25	4	6,3	10,3	201,1
22	10,85	33	6,1	4,05	6,2	10,3	205,625
23	11	32,85	6,3	4,1	6,35	10,25	205,345
24	10,9	33	6,35	4,1	6,35	10,3	202,855
25	11	32,9	6,35	4,05	6,4	10,3	204,3425
26	11	32,95	6,3	4	6,3	10,3	207,47
27	10,95	33	6,3	3,9	6,35	10,25	206,605
28	11	33	6,25	3,95	6,3	10,3	208,5325
29	10,95	32,9	6,35	4	6,4	10,3	203,015
30	11	32,95	6,35	4	6,4	10,3	205,21

MEDIDAS DE LAS UNIDADES TIPO E-14

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	14	32,9	9,05	3,9	9,1	10,2	239,665
2	13,8	32,85	9,1	4	9,05	10,1	234,12
3	13,9	33	9	4,05	9,2	10	238,25
4	14	33	9	4,1	9	10,15	242,4
5	13,85	32,85	9,2	4	9	10,2	234,5725
6	13,97	32,95	9,05	4,05	9,05	10,1	240,849
7	13,95	32,9	9	4,1	9,05	10,3	235,625
8	14	33	9,3	4	9,25	10,1	237,95
9	14	33	9,05	4	9	10,2	242,2
10	13,85	32,95	9	4	9	10	240,3575
11	14	33	9	3,95	9,1	10,1	242,63
12	13,9	32,85	9,2	3,9	9,15	10	237,735
13	14	33	9,1	4	9,1	10	243,6
14	13,85	32,88	9	4,1	9,05	10,05	236,583
15	13,9	32,96	9	4	9	10	242,144
16	13,98	32,9	9	4,05	9,05	10,2	238,872
17	13,95	32,9	9,05	4	9,1	10,25	236,205
18	13,9	33	9	3,9	9,05	10,05	241,695
19	14	33	9,2	3,85	9,1	10	244,58
20	14	33	9,1	3,88	9,05	10,1	243,882
21	13,88	33	9	4	9,05	10,1	239,23
22	13,9	32,95	9	4	9	10	242,005
23	13,95	33	9,25	3,9	9,2	10	240,275
24	14	33	9	3,95	9,05	10,2	241,83
25	14	32,9	9,15	4	9,1	10,1	240,18
26	14	32,9	9,1	4	9,05	10,1	241,39
27	13,9	32,85	9,3	3,9	9,25	10	235,345
28	13,95	32,9	9,1	3,95	9	10	243,01
29	14	33	9	4	9,05	10,15	242,285
30	14	33	9,05	4	9	10	245,8

ANEXO 3.
RESULTADOS DE LOS LADRILLOS ESTRUCTURALES A
COMPRESION

COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA TIPO E - 9

MUESTRAS	CARGO KN	AREA CM2	AREA M2	σ (MPA)
1	143	185,19	0,018519	7,72
2	173,5	186,2	0,01862	9,32
3	127,7	189,13	0,018913	6,75
4	205,6	186,785	0,0186785	11,01
5	129,7	189,34	0,018934	6,85
6	150,2	189,49	0,018949	7,93
7	165	189,8	0,01898	8,69
8	154,7	185,83	0,018583	8,32
9	137,7	184,68	0,018468	7,46
10	146,7	190,55	0,019055	7,70
11	152,1	188,185	0,0188185	8,08
12	146,7	184,54	0,018454	7,95
13	215,7	192,12	0,019212	11,23
14	140	183,77	0,018377	7,62
15	178,4	179,97	0,017997	9,91
16	115,7	194,52	0,019452	5,95
17	162	188,95	0,018895	8,57
18	200,9	190,07	0,019007	10,57
19	198,7	190,67	0,019067	10,42
20	168,5	189,82	0,018982	8,88
21	92	185,72	0,018572	4,95
22	140	188,795	0,0188795	7,42
23	118,7	182,8	0,01828	6,49
24	204,7	190,46	0,019046	10,75
25	180,2	185	0,0185	9,74
26	198	188,795	0,0188795	10,49
27	95,5	185,34	0,018534	5,15
28	105,7	188,185	0,0188185	5,62
29	97	186,61	0,018661	5,20
30	210,5	193,65	0,019365	10,87

COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA TIPO E – 11.

MUESTRAS	CARGO KN	AREA CM2	ARA M2	σ (MPA)
1	250,7	201,85	0,020185	12,42
2	174,7	200,46	0,020046	8,71
3	141,2	201,69	0,020169	7,00
4	111,1	206,84	0,020684	5,37
5	165,7	203,47	0,020347	8,14
6	150	202,65	0,020265	7,40
7	130,2	200,8025	0,02008025	6,48
8	101	207,56	0,020756	4,87
9	222	208,42	0,020842	10,65
10	106	201,58	0,020158	5,26
11	184	207,12	0,020712	8,88
12	170,9	205,0425	0,02050425	8,33
13	204,7	207,63	0,020763	9,86
14	230,9	206,14	0,020614	11,20
15	190,7	201,85	0,020185	9,45
16	198	206,09	0,020609	9,61
17	137	204,545	0,0204545	6,70
18	164	201,115	0,0201115	8,15
19	101	200,71	0,020071	5,03
20	205,6	204,86	0,020486	10,04
21	156,5	201,1	0,02011	7,78
22	242	205,625	0,0205625	11,77
23	153	205,345	0,0205345	7,45
24	105	202,855	0,0202855	5,18
25	157	204,3425	0,02043425	7,68
26	110,1	207,47	0,020747	5,31
27	184	206,605	0,0206605	8,91
28	177	208,5325	0,02085325	8,49
29	230,4	203,015	0,0203015	11,35
30	207,8	205,21	0,020521	10,13

COMPRESIÓN UNIDADES DE MAMPOSTERÍA TIPO E - 14

MUESTRAS	CARGO KN	AREA CM2	AREA M2	σ (MPa)
1	251	239,665	0,0239665	10,47
2	215	234,12	0,023412	9,18
3	228	238,25	0,023825	9,57
4	201	242,4	0,02424	8,29
5	171,5	234,5725	0,02345725	7,31
6	133	240,849	0,0240849	5,52
7	151	235,625	0,0235625	6,41
8	180,5	237,95	0,023795	7,59
9	195,4	242,2	0,02422	8,07
10	144,3	240,3575	0,02403575	6,00
11	180,5	242,63	0,024263	7,44
12	171,5	237,735	0,0237735	7,21
13	260,7	243,6	0,02436	10,70
14	180,1	236,583	0,0236583	7,61
15	235,2	242,144	0,0242144	9,71
16	259	238,872	0,0238872	10,84
17	248,5	236,205	0,0236205	10,52
18	152,5	241,695	0,0241695	6,31
19	242,6	244,58	0,024458	9,92
20	171,1	243,882	0,0243882	7,02
21	185,9	239,23	0,023923	7,77
22	220	242,005	0,0242005	9,09
23	266	240,275	0,0240275	11,07
24	226,7	241,83	0,024183	9,37
25	176,7	240,18	0,024018	7,36
26	149	241,39	0,024139	6,17
27	207,7	235,345	0,0235345	8,83
28	264,7	243,01	0,024301	10,89
29	124,2	242,285	0,0242285	5,13
30	239,2	245,8	0,02458	9,73

ANEXO 4
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO DE PEGA

MUESTRAS	a (cm)	b (cm)	AREA (cm²)	Fza (N)	A (mm²)	σ (MPa)
1	5,1	5	25,5	51500,00	2550	20,20
2	5	5	25	45500,00	2500	18,20
3	5,1	5,1	26,01	45000,00	2601	17,30
4	5,05	5	25,25	34200,00	2525	13,54
5	5,1	5	25,5	47100,00	2550	18,47
6	5,05	5,1	25,755	38700,00	2575,5	15,03
7	5,05	5,1	25,755	32000,00	2575,5	12,42
8	5,05	5	25,25	43000,00	2525	17,03
9	5	5	25	48400,00	2500	19,36
10	5	5,05	25,25	49000,00	2525	19,41
11	5,1	5	25,5	41800,00	2550	16,39
12	5,1	5	25,5	31700,00	2550	12,43
13	5	5,1	25,5	40200,00	2550	15,76
14	5,1	5,05	25,755	45200,00	2575,5	17,55
15	5	5,1	25,5	50200,00	2550	19,69

ANEXO 5
DIMENSIONES DE LOS MURETES PARA LOS LADRILLOS
ESTRUCTURALES

MEDIDAS DE LOS MURETES E-9

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ALTO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	8,95	32,75	39	3,825	4	4,45	10,35	185,70
2	8,95	32,9	39,1	3,875	4,05	4,4	10,35	187,68
3	8,9	32,9	39,1	3,875	4,2	4,3	10,3	187,96
4	8,95	32,75	39	3,875	4,25	4,3	10,3	188,06
5	9	32,85	39	3,9	4,15	4,35	10,35	189,42
6	9	33	39	3,875	4,05	4,45	10,3	189,64
7	8,95	32,95	39	3,825	4,15	4,45	10,25	187,80
8	8,85	32,95	39	3,8	4,25	4,4	10,25	185,26
9	8,85	32,95	39,1	3,825	4,1	4,35	10,15	187,62
10	8,9	32,875	39	3,875	4	4,3	10,2	189,37
11	8,9	32,825	39	3,85	4,05	4,4	10,25	186,35
12	8,95	32,85	39,2	3,825	4,05	4,4	10,25	188,32
13	8,9	32,85	39	3,875	4,05	4,35	10,2	187,93
14	8,8	32,75	39	3,9	4,1	4,45	10,15	181,88
15	8,8	33,25	39,1	3,85	4,05	4,4	10,2	187,25
16	8,85	33,4	39,2	3,825	4,1	4,3	10,25	191,76
17	8,9	33	39	3,875	4,25	4,3	10,2	189,51
18	8,95	32,95	39,1	3,9	4,2	4,3	10,25	190,37
19	8,95	32,85	39	3,85	4,1	4,25	10,35	190,25
20	8,85	32,8	39	3,8	4,05	4,25	10,25	187,77
21	8,85	32,75	39	3,825	4,15	4,25	10,2	187,26
22	8,85	32,7	39,1	3,875	4,25	4,25	10,25	185,80
23	8,85	32,85	39,2	3,9	4,2	4,3	10,2	186,62
24	8,85	32,925	39,2	3,85	4,1	4,35	10,1	187,73
25	8,85	32,775	39	3,825	4,15	4,3	10,15	186,90
26	8,85	32,8	39	3,875	4,15	4,25	10,25	187,07
27	8,85	32,875	39	3,9	4	4,3	10,3	186,76
28	8,95	32,775	39	3,875	4,1	4,35	10,35	187,40
29	9	32,85	39	3,875	4,15	4,3	10,4	190,13
30	9,05	33	39,1	3,95	4,05	4,15	10,2	197,99

MEDIDAS DE LOS MURETES E-11

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ALTO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	10,95	32,6	39,1	6,25	4	6,35	10,3	201,16
2	10,95	32,65	39	6,25	4,05	6,35	10,325	201,08
3	10,95	32,8	39	6,2	4	6,3	10,325	204,27
4	10,925	32,9	39,1	6,2	3,95	6,3	10,3	205,16
5	10,925	32,85	39,2	6,25	3,95	6,35	10,325	203,07
6	10,9	32,75	39	6,275	3,875	6,325	10,35	201,73
7	10,9	32,8	39	6,225	3,9	6,25	10,325	204,18
8	11	32,9	39	6,2	3,975	6,275	10,3	207,99
9	10,95	32,95	39	6,25	4,05	6,35	10,275	205,00
10	10,95	32,9	39,1	6,275	4,05	6,35	10,275	204,35
11	10,975	32,875	39	6,275	4,025	6,3	10,275	206,08
12	10,975	32,875	39,1	6,25	4	6,3	10,275	206,34
13	10,975	32,95	39,1	6,2	3,975	6,3	10,325	206,89
14	10,925	32,925	39	6,225	3,95	6,35	10,325	203,99
15	10,95	32,875	39	6,25	3,95	6,375	10,3	203,97
16	11	32,9	39	6,275	4,025	6,375	10,3	205,32
17	10,9	32,925	39,1	6,3	3,975	6,375	10,275	202,83
18	10,8	32,975	39	6,25	3,925	6,375	10,25	200,91
19	10,9	32,95	39	6,25	3,975	6,4	10,275	202,79
20	10,925	32,85	39	6,275	4	6,35	10,3	202,98
21	10,85	32,9	39,1	6,175	4,025	6,25	10,3	203,36
22	10,925	32,925	39,1	6,2	4,075	6,275	10,275	205,49
23	10,95	32,925	39	6,325	4,1	6,35	10,275	204,10
24	10,95	32,95	39	6,35	4,075	6,375	10,3	203,60
25	11	32,925	39	6,325	4,025	6,35	10,3	205,91
26	10,975	32,975	39	6,3	3,95	6,325	10,275	207,04
27	10,975	33	39	6,275	3,925	6,325	10,275	207,57
28	10,975	32,95	39	6,3	3,975	6,35	10,3	205,77
29	10,975	32,925	39	6,35	4	6,4	10,3	204,11
30	11	32,975	39,1	6,275	4	6,35	10,15	208,72

MEDIDAS DE LOS MURETES E-14

MUESTRAS	ANCHO	LARGO	ALTO	ANCHO CENTRO	LARGO CENTRO	ANCHOS 1,2	LARGO 1,2	AREA
1	13,9	32,875	39,2	9,075	3,95	9,075	10,15	236,89
2	13,85	32,925	39	9,05	4,025	9,125	10,05	236,17
3	13,95	33	39,1	9	4,075	9,1	10,075	240,31
4	13,925	32,925	39	9,1	4,05	9	10,175	238,48
5	13,91	32,9	39	9,125	4,025	9,025	10,15	237,70
6	13,96	32,925	39	9,025	4,075	9,05	10,2	238,24
7	13,975	32,95	39	9,15	4,05	9,15	10,2	236,76
8	14	33	39,1	9,175	4	9,125	10,15	240,06
9	13,925	32,975	39	9,025	4	9	10,1	241,28
10	13,925	32,975	39,1	9	3,975	9,05	10,05	241,50
11	13,95	32,925	39,2	9,1	3,925	9,125	10,05	240,17
12	13,95	32,925	39	9,15	3,95	9,125	10	240,66
13	13,925	32,94	39	9,05	4,05	9,075	10,025	240,08
14	13,875	32,92	39	9	4,05	9,025	10,025	239,36
15	13,94	32,93	39	9	4,025	9,025	10,1	240,51
16	13,965	32,9	39,1	9,025	4,025	9,075	10,225	237,54
17	13,925	32,95	39,1	9,025	3,95	9,075	10,15	238,96
18	13,95	33	39	9,1	3,875	9,075	10,025	243,13
19	14	33	39	9,15	3,865	9,075	10,05	244,23
20	13,94	33	39	9,05	3,94	9,05	10,1	241,55
21	13,89	32,975	39	9	4	9,025	10,05	240,62
22	13,925	32,975	39,1	9,125	3,95	9,1	10	241,13
23	13,975	33	39,2	9,125	3,925	9,125	10,1	241,03
24	14	32,95	39,1	9,075	3,975	9,075	10,15	241,00
25	14	32,9	39	9,125	4	9,075	10,1	240,79
26	13,95	32,875	39	9,2	3,95	9,15	10,05	238,35
27	13,925	32,875	39	9,2	3,925	9,125	10	239,17
28	13,975	32,95	39	9,05	3,975	9,025	10,075	242,65
29	14	33	39,1	9,025	4	9,025	10,075	244,05
30	14	33	39	9,075	4,05	9,05	10,05	243,34

ANEXO 6.
RESULTADOS DE LOS MURETES ESTRUCTURALES A
COMPRESION

REFRENTADO CON 80% YESO TIPO IV Y 20% YESO NORMAL
LADRILLOS E-9

MUESTRAS	ALTO / ANCHO	FACTOR	CARGO KN	AREA CM2	AREA M2	σ (MPA)
1	4,36	1,17502793	125	185,6975	0,01856975	7,91
2	4,37	1,17581006	99,7	187,68125	0,01876813	6,25
3	4,39	1,17752809	80,3	187,955	0,0187955	5,03
4	4,36	1,17502793	110,8	188,06375	0,01880638	6,92
5	4,33	1,17333333	154,5	189,42	0,018942	9,57
6	4,33	1,17333333	127,2	189,63625	0,01896363	7,87
7	4,36	1,17502793	132	187,80375	0,01878038	8,26
8	4,41	1,17847458	138,7	185,2575	0,01852575	8,82
9	4,42	1,17926554	104,7	187,62	0,018762	6,58
10	4,38	1,17674157	129,2	189,3675	0,01893675	8,03
11	4,38	1,17674157	88,7	186,35	0,018635	5,60
12	4,38	1,17659218	181,2	188,31625	0,01883163	11,32
13	4,38	1,17674157	174,3	187,93125	0,01879313	10,91
14	4,43	1,18022727	136,5	181,875	0,0181875	8,86
15	4,44	1,18102273	74,5	187,2475	0,01872475	4,70
16	4,43	1,1800565	180,4	191,7575	0,01917575	11,10
17	4,38	1,17674157	132	189,51125	0,01895113	8,20
18	4,37	1,17581006	145,6	190,3725	0,01903725	8,99
19	4,36	1,17502793	117,7	190,2475	0,01902475	7,27
20	4,41	1,17847458	150,7	187,765	0,0187765	9,46
21	4,41	1,17847458	110	187,26375	0,01872638	6,92
22	4,42	1,17926554	145,1	185,80125	0,01858013	9,21
23	4,43	1,1800565	141	186,6225	0,01866225	8,92
24	4,43	1,1800565	121	187,73125	0,01877313	7,61
25	4,41	1,17847458	194,2	186,895	0,0186895	12,25
26	4,41	1,17847458	189,4	187,07375	0,01870738	11,93
27	4,41	1,17847458	201,5	186,76375	0,01867638	12,71
28	4,36	1,17502793	150,8	187,40375	0,01874038	9,46
29	4,33	1,17333333	98	190,12875	0,01901288	6,05
30	4,32	1,17243094	130,6	197,9925	0,01979925	7,73

LADRILLOS E-11

MUESTRAS	ALTO /ANCHO	FACTOR	CARGO KN	AREA CM2	AREA M2	σ (MPA)
1	3,57	1,1156621	140,5	201,16	0,020116	7,79
2	3,56	1,11493151	159,7	201,0775	0,02010775	8,86
3	3,56	1,11493151	185,5	204,265	0,0204265	10,13
4	3,58	1,11631579	149,7	205,1625	0,02051625	8,15
5	3,59	1,11704805	186,7	203,07125	0,02030713	10,27
6	3,58	1,11623853	110,9	201,731875	0,02017319	6,14
7	3,58	1,11623853	86,5	204,18	0,020418	4,73
8	3,55	1,11363636	156,7	207,99	0,020799	8,39
9	3,56	1,11493151	156,9	204,9975	0,02049975	8,53
10	3,57	1,1156621	162	204,34875	0,02043488	8,84
11	3,55	1,11428246	85,7	206,08125	0,02060813	4,63
12	3,56	1,11501139	147,7	206,338125	0,02063381	7,98
13	3,56	1,11501139	112	206,88625	0,02068863	6,04
14	3,57	1,11558352	103,7	203,989375	0,02039894	5,67
15	3,56	1,11493151	187	203,96875	0,02039688	10,22
16	3,55	1,11363636	159,7	205,318125	0,02053181	8,66
17	3,59	1,11697248	140	202,83375	0,02028338	7,71
18	3,61	1,11888889	142	200,91125	0,02009113	7,91
19	3,58	1,11623853	167	202,79125	0,02027913	9,19
20	3,57	1,11558352	107	202,97625	0,02029763	5,88
21	3,60	1,11829493	165,5	203,360625	0,02033606	9,10
22	3,58	1,11631579	177,5	205,489375	0,02054894	9,64
23	3,56	1,11493151	115,7	204,10375	0,02041038	6,32
24	3,56	1,11493151	156,8	203,60125	0,02036013	8,59
25	3,55	1,11363636	149,7	205,906875	0,02059069	8,10
26	3,55	1,11428246	151,5	207,036875	0,02070369	8,15
27	3,55	1,11428246	147,7	207,566875	0,02075669	7,93
28	3,55	1,11428246	163,2	205,77375	0,02057738	8,84
29	3,55	1,11428246	189	204,111875	0,02041119	10,32
30	3,55	1,11436364	173,2	208,72	0,020872	9,25

LADRILLOS E-14

MUESTRAS	ALTO/ ANCHO	FACTOR	CARGO KN	AREA CM2	AREA M2	σ (MPa)
1	2,82	1,05920863	160,7	236,89375	0,02368938	7,19
2	2,82	1,05895307	173	236,1725	0,02361725	7,76
3	2,80	1,05817204	215,8	240,31	0,024031	9,50
4	2,80	1,05804309	151,6	238,475625	0,02384756	6,73
5	2,80	1,0582243	169,3	237,703375	0,02377034	7,54
6	2,79	1,05762178	217,6	238,236125	0,02382361	9,66
7	2,79	1,05744186	165,8	236,75875	0,02367588	7,41
8	2,79	1,05757143	207,2	240,0625	0,02400625	9,13
9	2,80	1,05804309	177	241,276875	0,02412769	7,76
10	2,81	1,05847397	193,2	241,496875	0,02414969	8,47
11	2,81	1,05860215	186	240,17375	0,02401738	8,20
12	2,80	1,05774194	183,7	240,66125	0,02406613	8,07
13	2,80	1,05804309	205,2	240,08325	0,02400833	9,04
14	2,81	1,05864865	183,6	239,36375	0,02393638	8,12
15	2,80	1,05786227	187	240,5142	0,02405142	8,22
16	2,80	1,05799141	209	237,539125	0,02375391	9,31
17	2,81	1,05847397	173,7	238,9575	0,02389575	7,69
18	2,80	1,05774194	183	243,13375	0,02431338	7,96
19	2,79	1,05714286	221,7	244,22775	0,02442278	9,60
20	2,80	1,05786227	185,5	241,553	0,0241553	8,12
21	2,81	1,05846652	200,7	240,62025	0,02406203	8,83
22	2,81	1,05847397	187	241,133125	0,02411331	8,21
23	2,81	1,05830054	169,4	241,034375	0,02410344	7,44
24	2,79	1,05757143	210,6	241,004375	0,02410044	9,24
25	2,79	1,05714286	200	240,785	0,0240785	8,78
26	2,80	1,05774194	194,3	238,35125	0,02383513	8,62
27	2,80	1,05804309	225,4	239,174375	0,02391744	9,97
28	2,79	1,05744186	182,1	242,64875	0,02426488	7,94
29	2,79	1,05757143	201	244,04625	0,02440463	8,71
30	2,79	1,05714286	196	243,34125	0,02433413	8,51