



UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS:

**EVALUACIÓN DE LAS VARIACIONES DE
RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA,
COMPRESIÓN AXIAL Y DIAGONAL EN MUROS
DE ALBAÑILERIA ELABORADOS CON LADRILLO
TIPO BLOCKER ASENTADOS CON MORTEROS
NORMALIZADOS TIPO P2 Y NP SEGÚN LA
NORMA E.070**

Presentado por los Bachilleres:

Eduardo Jose Medina Pilares

Jose Angel Huarca Murillo

**Para Optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil**

Asesor:

Ing. Edson Julio Salas Fortón

CUSCO – PERÚ

2017



DEDICATORIA

Mi tesis de investigación dedico principalmente a mi madre Hilda Pilares que con tanto esfuerzo y sacrificio hizo de todo por darme esta carrera profesional que tanto quiero, a mis abuelos, tíos, primos y hermanos que también formaron parte de este proceso a lo largo de todo mi formación profesional siendo ellos el empuje constante a diario para salir adelante, a mis amigos compañeros de universidad y amigos compañeros de trabajo por la confianza que ha depositado en mí y por el apoyo que dieron para poder lograr mis objetivos.



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Clara Murillo y Angel Huarca, a mis hermanos, a los seres que amo y a mis amigos por su apoyo incondicional y su constante motivación.



AGRADECIMIENTO

Primeramente damos gracias a Dios por permitir lograr nuestros sueños y tener esta bonita experiencia en nuestra universidad, gracias a mi universidad por darnos conocimiento y permitirnos convertirnos en profesionales de bien de esta carrera profesional que tanto nos apasiona, gracias a nuestro asesor de Tesis Ingeniero Edson Salas Fortón por siempre estar orientándonos durante el proceso de nuestra investigación

Y para finalizar también agradecemos a todas aquellas personas que fueron nuestros compañeros durante nuestra etapa universitaria, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en gran porcentaje nuestras ganas de seguir adelante.



RESUMEN

La presente investigación fue orientada al estudio de las variaciones, numéricas, de las propiedades de resistencia a la flexión por adherencia, resistencia a la compresión axial en pilas y resistencia a compresión diagonal en muros; de los morteros normalizados P2 y NP, según la norma E.070, evaluados a través de especímenes prismáticos de albañilería.

La fabricación de especímenes se realizó con unidades huecas de albañilería tipo Blocker 10 de fabricación semi industrial y de comportamiento frágil y asentados con mortero normalizado tipo P2 y NP, estas a su vez fueron elaboradas con arena manufacturada de la cantera de Huillque, cemento Portland tipo IP y agua potable. Adicionalmente se realizó ensayos de propiedades físico mecánicas al agregado procedente de la cantera de Huillque y a las unidades de albañilería de arcilla cocida fabricadas en la ciudad de Cusco, tipo Blocker 10, que es una nueva unidad de albañilería con alta demanda en el mercado Cusqueño, según las encuestas realizadas a los fabricantes.

La elaboración de muestras para el ensayo de flexión por adherencia fue de 30 especímenes, de estos 15 especímenes se asientan con mortero P2 y 15 especímenes se asientan con mortero NP; para compresión axial se elaboró 30 especímenes de estos 15 especímenes fueron asentados con el mortero P2 y 15 especímenes fueron asentados con mortero NP; para la compresión diagonal se realizaran muretes cuadrados de 60cmx60cm aproximadamente, en un número de 30 especímenes, de estos se asentaron 15 especímenes con mortero P2 y 15 especímenes con mortero NP; y adicionalmente para el ensayo de compresión en los morteros se realizaron muestras cúbicas de 5cm de lado; y todos ensayados a los 28 días; fundamentado con la norma E.070 de albañilería y normas Técnicas Peruanas e internacionales: ASTM E518, NTP399.605, NTP399.621 y NTP334.051 respectivamente.

De acuerdo con los resultados, se obtuvieron conclusiones muy importantes, las cuales destacan que la variación de la resistencia a la flexión por adherencia de un mortero P2 con respecto a un mortero NP es de un 32.64% el cual supera lo planteado en la sub hipótesis H1; la variación de resistencia a



compresión axial en pilas con un mortero P2 con respecto a un mortero NP es de un 16.48% el cual supera lo indicado en la sub hipótesis H3; variación de resistencia a la compresión diagonal en muretes de un mortero P2 con respecto a un mortero NP es en un 9.67% el cual no supera lo indicado en el sub hipótesis H2 y adicionalmente la variación de resistencia a la compresión axial en muestras cubicas de mortero de 5cm de lado P2 con respecto a un mortero NP es en un 34.26%.

De esta manera, el mortero normalizado tipo P2 tiene mejores características resistentes que el mortero normalizado tipo NP, pero no es recomendable realizar tabiques con esta nueva unidad de albañilería de arcilla cocida, llamada Blocker 10; porque es peligroso frente a esfuerzos de carga y su falla es explosiva en corte.

Palabras Claves:

- P2: Tipo de Mortero Normalizado Según Norma E070
- NP: Tipo de Mortero Normalizado Según Norma E070
- ASTM: American Society of Testing Materials
- NTP: Norma Técnica Peruana
- H1, H2, H3 : Sub hipótesis planteadas



ABSTRAC

The present investigation was oriented to the study of the numerical variations of the properties of resistance to the flexion by adhesion, resistance to the axial compression in stacks and resistance to diagonal compression in walls; Of the normalized mortars P2 and NP, according to the peruvian norm E.070, evaluated through prismatic masonry specimens.

The manufacture of specimens was carried out with Hollow Blocker 10 masonry units of semi industrial manufacture and of fragile behavior and settled with standard mortar type P2 and NP, these in turn were made with sand manufactured from the quarry of Huillque, Portland cement type IP and drinking water. In addition, mechanical properties tests were carried out on the aggregate from the Huillque quarry and on clay masonry units manufactured in the city of Cusco, type Blocker 10, which is a new masonry unit with high demand in the Cusqueño market, According to surveys of manufacturers.

The sample preparation for the adhesion flexure test was 30 specimens, of these 15 specimens were seated with P2 mortar and 15 specimens were seated with mortar NP; For axial compression 30 specimens of these 15 specimens were seated with the P2 mortar and 15 specimens were seated with mortar NP; for diagonal compression, square walls of 60cmx60cm were made in a number of 30 specimens of 15 specimens with mortar P2 and 15 specimens with mortar NP; and additionally for the compression test in the mortars were made cubic samples of 5cm of side; and all tested at 28 days; based on the E.070 Standard of Masonry and Peruvian and International Technical standards: ASTM E518, NTP399.605, NTP399.621 and NTP334.051 respectively.

According to the results, very important conclusions were obtained, which emphasizes that the variation of the adhesion flexural strength of a mortar P2 with respect to a mortar NP is of 32.64%, which surpasses that posed in the sub hypothesis H1; The variation of resistance to axial compression in piles of a mortar P2 with respect to a mortar NP is of 16.48% which exceeds that indicated in sub hypothesis H3; Variation of resistance to diagonal compression in walls of a mortar P2 with respect to a mortar NP is in a 9.67% which does not exceed that



indicated in sub hypothesis H2 and additionally the variation of resistance to the axial compression in samples mortar cubic Of 5cm of side P2 with respect to a mortar NP is in a 34.26%.

In this way, the standard P2 type mortar has better resistant characteristics than the normalized mortar type NP, but it is not advisable to realize partitions with this new unit of clay masonry, called Blocker 10; Because it is dangerous in front of load forces and its fault is explosive in court.

KEYWORDS:

- P2: Type of Standardized Mortar According to Standard E070
- NP: Type of Standardized Mortar According to Standard E070
- ASTM: American Society of Testing Materials
- NTP: Peruvian Technical Standard
- H1, H2, H3: Sub hypotheses raised



INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación tiene como área de estudio la Ciudad del Cusco, donde, la gran mayoría de sus construcciones de viviendas, son de sistemas aporticados y duales, los cuales están unidos a los muros de Albañilería o tabiques, y estas a su vez están compuestas por “unidades de albañilería” tipo Blocker, asentadas con mortero.

Estas viviendas son económicas y están al alcance de las clases sociales populares (clase media a baja), cuya demanda está entre dos a cinco pisos, entonces es donde buscamos ampliar los conocimientos mediante experimentos en la Universidad Andina del Cusco, con materiales de la ciudad de Cusco.

La ejecución de las viviendas con características antes mencionadas, no siempre se realiza bajo la supervisión de un profesional o técnico, por lo que en cuanto a la tabiquería, es construida con técnicas según experiencia, ignorando los criterios señalados por norma, lo cual hace insegura a la estructura.

Se verifica que los tabiques usados, como muros de separación y muros de cerradura, son construidos con unidades de albañilería de arcilla cocida de fabricación semi industrial, en la ciudad del Cusco, tipo Blocker, que es una nueva unidad de albañilería; la norma E.070 de albañilería, según la “tabla1”, nos indica que estas unidades clasifican como Bloque NP, en donde nos limita usar en la construcción de muros no portantes y según la “tabla 2”, nos indica que esta unidad clasifica como unidad hueca, y para la zona sísmica tipo 2 en la construcción de muros portantes de 1 a 3 pisos y de 4 pisos a más, nos limita a no utilizar estas unidades.

En esta investigación de tesis, se analizó las propiedades de los morteros, tipo P2 y NP, en estas condiciones (utilizando unidades huecas tipo blocker 10) a través de especímenes prismáticos, según la norma E.070 de albañilería, ASTM E518 y normas Técnicas Peruanas NTP399.605, NTP399.621, para luego comparar las resistencias entre estos dos tipos de morteros (P2 y NP), ya que la



adherencia es su principal función del mortero, además verificamos la respuesta frente a esfuerzos de carga y modo de falla.

Se espera que el presente trabajo sea de importante contribución para futuras investigaciones, así mismo contribuir al mejor desarrollo de la Ciudad.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRAC	VII
INTRODUCCIÓN	IX
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Identificación del problema	1
1.1.1. Descripción del problema	1
1.1.2. Formulación interrogativa del problema	4
1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general	4
1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos	4
1.2. Justificación e importancia de la investigación	4
1.2.1. Justificación técnica	4
1.2.2. Justificación social	5
1.2.3. Justificación por viabilidad	5
1.2.4. Justificación por relevancia	6
1.3. Limitaciones de la investigación	6
1.3.1. Limitaciones de los materiales	6
1.3.2. Limitaciones de las pruebas	7
1.3.3. Limitación espacial	7
1.3.4. Limitación temporal	8
1.4. Objetivos de la investigación	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5. Hipótesis	9
1.5.1. Hipótesis general	9
1.5.2. Sub hipótesis	9
1.6. Definición de variables	10
1.6.1. Variables independientes	10



1.6.1.1. Indicadores de variables independientes _____ 10

1.6.2. Variables dependientes _____ 10

1.6.2.1. Indicadores de variables dependientes _____ 10

1.6.3. Variables de proceso _____ 10

1.6.3.1. Indicadores de variables de proceso _____ 10

1.6.4. Cuadro de operacionalización de variables _____ 11

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO _____ 12

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual _____ 12

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional _____ 12

2.1.2. Antecedentes a nivel local _____ 12

2.2. Bases teóricas científicas _____ 14

2.2.1. Albañilería o mampostería _____ 14

2.2.1.1. Tipos de albañilería _____ 14

2.2.1.1.1. Por la función estructural o sollicitaciones actuantes _____ 15

2.2.1.1.2. Por la distribución del refuerzo _____ 17

2.2.2. Unidades de albañilería _____ 20

2.2.2.1. Materia prima para elaboración de unidades de albañilería. _____ 20

2.2.2.2. Fabricación de unidades de albañilería. _____ 20

2.2.2.3. Clasificación de unidades de albañilería _____ 21

2.2.2.3.1. Por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) _____ 21

2.2.2.3.2. Por el material elaborado _____ 22

2.2.2.4. Limitaciones en su aplicación _____ 28

2.2.2.5. Propiedades y ensayos de clasificación _____ 28

2.2.2.5.1. Variación dimensional. _____ 30

2.2.2.5.2. Alabeo. _____ 32

2.2.2.5.3. Resistencia a la compresión _____ 34

2.2.2.5.4. Succión _____ 36

2.2.2.5.5. Absorción _____ 37

2.2.2.6. Aceptación de la unidad de albañilería. _____ 38

2.2.3. Morteros _____ 39

2.2.3.1. Componentes del mortero _____ 40



2.2.3.1.1. Cemento _____	40
2.2.3.1.3. Agregados _____	42
2.2.3.1.4. Agua _____	47
2.2.3.2. Propiedades del mortero _____	48
2.2.3.2.1. Propiedades en estado plástico _____	48
2.2.3.2.2. Propiedades en estado endurecido _____	50
2.2.3.3. Tipo de mortero _____	55
2.2.3.3.1. Morteros de cemento hidráulico _____	55
2.2.3.4. Usos _____	55
2.2.3.5. Clasificación por la preparación del mortero _____	55
2.2.3.5.1. Morteros artesanales _____	55
2.2.3.6. Dosificación del mortero _____	56
2.2.3.7. Mortero en tabiquería _____	57
2.2.3.7.1. Elaboración del mortero _____	57
2.2.3.7.2. Espesor de las juntas de mortero _____	57
2.2.3.7.3. Asentado de unidades _____	57
2.2.3.7.4. Ritmo de construcción _____	58
2.2.3.7.5. Curado de mortero _____	58
2.2.4. Ensayos para determinar las propiedades del mortero para la investigación _____	59
2.2.4.1. Ensayo de resistencia a flexión por adherencia _____	59
2.2.4.1.1. Resumen del método _____	59
2.2.4.1.2. Aparatos _____	59
2.2.4.1.3. Equipos _____	60
2.2.4.1.4. Procedimiento del ensayo _____	61
2.2.4.1.5. Procedimientos de ensayo de los prismas _____	63
2.2.4.1.6. Cálculos _____	63
2.2.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas. _____	65
2.2.4.2.1. Especificaciones generales _____	65
2.2.4.2.2. Construcción de prismas de albañilería _____	67
2.2.4.2.3. Esbeltez en prismas. _____	68
2.2.4.2.4. Proceso de ensayo. _____	69



2.2.4.2.5. Cálculos _____ 70

2.2.4.2.6. Mecanismo de falla. _____ 71

2.2.4.3. Ensayo de compresión diagonal en muretes. _____ 74

2.2.4.3.1. Resumen del método _____ 74

2.2.4.3.2. Equipos _____ 74

2.2.4.3.3. Elaboración de especímenes de ensayo _____ 75

2.2.4.3.4. Procedimiento de ensayo _____ 75

2.2.4.3.5. Cálculo _____ 76

2.2.4.3.6. Modo de falla. _____ 77

2.2.4.4. Ensayo de resistencia a la compresión de cubos de morteros _____ 78

2.2.4.4.1. Resumen del método _____ 78

2.2.4.4.2. Aparatos y equipos _____ 78

2.2.4.4.3. Preparación de los moldes _____ 79

2.2.4.4.4. Moldeo de especímenes de ensayo _____ 80

2.2.4.4.5. Almacenamiento de los especímenes de ensayo _____ 80

2.2.4.4.6. Ensayo de los especímenes _____ 81

2.2.4.4.7. Cálculos _____ 82

2.2.4.4.8. RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL MORTERO. _____ 82

CAPÍTULO III – METODOLOGÍA _____ 84

3.1. Metodología de la investigación _____ 84

3.1.1. Tipo de investigación _____ 84

3.1.2. Nivel de investigación _____ 85

3.1.3. Método de investigación _____ 85

3.2. Diseño de la investigación _____ 85

3.2.1. Diseño metodológico _____ 85

3.2.2. Diseño de ingeniería _____ 85

3.3. Población y muestra _____ 87

3.3.1. Población _____ 87

3.3.1.1. Descripción de la población _____ 87

3.3.1.2. Cuantificación de la población _____ 87

3.3.2. Muestra _____ 87



3.3.2.1. Descripción de la muestra	87
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra	87
3.3.2.3. Método de muestreo	88
3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra	88
3.3.3. Criterios de inclusión	89
3.4. Instrumentos	90
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	90
3.4.1.1. Fichas técnicas de laboratorio	90
3.4.1.1.1. Granulometría y módulo de fineza del agregado	91
3.4.1.1.2. Peso unitario del agregado fino	92
3.4.1.1.3. Peso específico del agregado fino	93
3.4.1.1.4. Variación dimensional de la unidad de albañilería	94
3.4.1.1.5. Alabeo de la unidad de albañilería	95
3.4.1.1.6. Succión de la unidad de albañilería	96
3.4.1.1.7. Absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación de la unidad de albañilería	97
3.4.1.1.8. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería	98
3.4.1.1.9. Resistencia a compresión en cubos de mortero	99
3.4.1.1.10. Resistencia a flexión por adherencia	100
3.4.1.1.11. Resistencia a compresión axial en pilas	101
3.4.1.1.12. Resistencia a compresión diagonal en muretes	102
3.4.2. Instrumentos de ingeniería	103
3.5. Procedimientos de recolección de datos	103
3.5.1. Muestreo de los agregados	103
3.5.2. Análisis granulométrico	105
3.5.3. Peso unitario del agregado fino	108
3.5.4. Peso específico del agregado fino	110
3.5.5. Variación dimensional	115
3.5.6. Alabeo	118
3.5.7. Succión	121
3.5.8. Absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación y densidad	124



3.5.9. Resistencia a compresión axial de la unidad de albañileria _____	126
3.5.10. Resistencia a compresión axial en cubos de mortero _____	129
3.5.11. Resistencia a flexión por adherencia _____	138
3.5.12. Resistencia a compresión axial en pilas de albañileria _____	146
3.5.13. Resistencia a compresión diagonal en muretes de albañileria _____	154
3.6. Procedimiento de análisis de datos _____	163
3.6.1. Granulometría agregado fino _____	163
3.6.2. Peso unitario del agregado fino _____	165
3.6.3. Peso específico del agregado fino _____	166
3.6.4. Variación dimensional _____	168
3.6.5. Alabeo _____	170
3.6.6. Succión _____	172
3.6.7. Absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación _____	174
3.6.8. Resistencia a compresión axial de la unidad de albañileria _____	176
3.6.9. Resistencia a compresión axial en cubos de mortero _____	178
3.6.10. Resistencia a flexión por adherencia _____	184
3.6.11. Resistencia a compresión axial en pilas de albañileria _____	188
3.6.12. Resistencia a compresión diagonal en muretes _____	192
CAPÍTULO IV: RESULTADOS _____	196
4.1. Agregado _____	196
4.2. Variación dimensional y alabeo _____	197
4.3. Succión _____	197
4.4. Absorción, absorción máxima y coeficiente de saturación _____	198
4.5. Resistencia a compresión axial de la unidad _____	199
4.6. Resistencia a compresión axial en cubos de mortero (L=50mm) _____	199
4.7. Resistencia a flexión por adherencia _____	204
4.8. Resistencia a compresión axial en pilas de albañileria _____	206
4.9. Resistencia a compresión diagonal en muretes de albañileria _____	208
CAPÍTULO V: "DISCUSIÓN" _____	211
CONCLUSIONES _____	216
RECOMENDACIONES _____	218



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA. N° 01 DESCRIPCIÓN: Cuadro de operacionalización de variables.....	11
TABLA N° 02 DESCRIPCIÓN: Dimensiones de ladrillo de arcilla.	25
TABLA N° 03 DESCRIPCIÓN: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	28
TABLA N° 04 DESCRIPCIÓN: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	30
TABLA N° 05 DESCRIPCIÓN: Tamices estándar según la norma ASTM C 144-76	43
TABLA N°06 DESCRIPCIÓN: Curva granulométrica ASTM	44
TABLA N° 07 DESCRIPCIÓN: Granulometría del agregado, para morteros.....	44
TABLA N° 08 DESCRIPCIÓN: Sustancias nocivas.....	45
TABLA N° 09 DESCRIPCIÓN: Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria	50
TABLA N° 10 DESCRIPCIÓN: Mecánica de Adhesión.	52
TABLA N° 11 DESCRIPCIÓN: Tipos de Mortero.....	57
TABLA N° 12 DESCRIPCIÓN: Métodos para determinar compresión axial y a corte.....	65
TABLA N° 13 DESCRIPCIÓN: Incremento de compresión y cortante por edad.....	67
TABLA N° 14 DESCRIPCIÓN: Resistencias características de la albañilería (kg/cm ²)	67
TABLA N° 15 DESCRIPCIÓN: Factor de corrección de f'_{m} por esbeltez.....	69
TABLA N° 16 DESCRIPCIÓN: Determinación de la resistencia a la compresión.	81
TABLA. N°18 DESCRIPCIÓN: Tipo de investigación.....	84
TABLA. N°19 DESCRIPCIÓN: Volumen de mortero por m ² de muro.	88
TABLA N°20: DATOS DE ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO.....	105
TABLA N°21: DATOS DE ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO.....	107
TABLA N°22: DATOS PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO FINO.....	110
TABLA N°23: DATOS PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO.	115
TABLA N°24: VALOR DE MEDIDA DE LARGO DE LA UNIDAD	117
TABLA N°25: VALOR DE MEDIDA DE ALTURA DE LA UNIDAD	118
TABLA N°26: VALOR DE MEDIDA DE LA BASE DE LA UNIDAD	118
TABLA N°27: DATOS DE ALABEO PARA LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA TIPO BLOCKER ..	121
TABLA N°28: DATOS DE SUCCIÓN PARA LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA TIPO BLOCKER.	123



TABLA N°29: ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA, COEFICIENTE DE SATURACIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 125

TABLA N°30: DATOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ALBAÑILERIA 128

TABLA N°31: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO NP, PARA PERIODO 1 DÍA 134

TABLA N°32: DATOS OBTENIDO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO P2, PARA PERIODO 1 DÍA..... 135

TABLA N°33: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO NP, PARA PERIODO 3 DÍAS 135

TABLA N°34: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO P2, PARA PERIODO 3 DÍAS..... 136

TABLA N°35: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO NP, PARA PERIODO 7 DÍAS 136

TABLA N°36: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO P2, PARA PERIODO 7 DÍAS..... 137

TABLA N°37: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO NP, PARA PERIODO 28 DÍAS 137

TABLA N°38: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL – CUBOS DE MORTERO TIPO P2, PARA PERIODO 28 DÍAS..... 138

TABLA N°39: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN POR ADHERENCIA PARA MORTERO TIPO NP..... 144

TABLA N°40: DATOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN POR ADHERENCIA PARA MORTERO TIPO P2 145

TABLA N°41: DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERIA PARA MORTERO TIPO NP..... 152

TABLA N°42: DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERIA PARA MORTERO TIPO P2 153

TABLA N°43: DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERIA PARA MORTERO TIPO NP 161

TABLA N°44: DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERIA PARA MORTERO TIPO P2..... 162

TABLA N°45: PROCESO DE ANÁLISIS DE GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO – CANTERA DE HUILLQUE..... 163



TABLA N°46: PROCESO DE ANÁLISIS DEL CÁLCULO DEL PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO 165

TABLA N°47: PROCESO DE ANÁLISIS DEL CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO 167

TABLA N°48: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LARGO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 168

TABLA N°49: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE ALTURA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 169

TABLA N°50: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE BASE DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 169

TABLA N°51: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE ALABEO 171

TABLA N°52: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE SUCCIÓN 173

TABLA N°53: PROCESO DE ANÁLISIS OBTENIDOS DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 175

TABLA N°54: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 177

TABLA N°55: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 1 DÍA (TIPO NP) 179

TABLA N°56: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 1 DÍA (TIPO P2) 180

TABLA N°57: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 3 DÍAS (TIPO NP) 180

TABLA N°58: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 3 DÍAS (TIPO P2) 181

TABLA N°59: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 7 DÍAS (TIPO NP) 181

TABLA N°60: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 7 DÍAS (TIPO P2) 182

TABLA N°61: PROCESO DE ANÁLISIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 28 DÍAS (TIPO NP) 182

TABLA N°62: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPÉCIMEN (CUBO DE MORTERO) – PERIODO 28 DÍAS (TIPO P2) 183

TABLA N°63: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA DEL ESPÉCIMEN – (TIPO NP) 186



TABLA N°64: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA DEL ESPÉCIMEN – (TIPO P2) 186

TABLA N°65: PROCESO DE ANÁLISIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL ESPÉCIMEN (PILA DE ALBAÑILERIA) – TIPO NP..... 189

TABLA N°66: PROCESO DE ANÁLISIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL ESPÉCIMEN (PILA DE ALBAÑILERIA) – TIPO P2 190

TABLA N°67: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL ESPÉCIMEN (MURETES DE ALBAÑILERIA) – TIPO NP 193

TABLA N°68: PROCESO DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL DEL ESPÉCIMEN (MURETES DE ALBAÑILERIA) – TIPO P2..... 193

TABLA N°69: RESULTADOS OBTENIDOS DEL AGREGADO FINO – CANTERA DE HUILLQUE 196

TABLA N°70: CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE VARIACIÓN DIMENSIONAL Y ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA 197

TABLA N°71: CUADRO RESUMEN DE SUCCIÓN..... 197

TABLA N°72: CUADRO RESUMEN DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN..... 198

TABLA N°73: CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN..... 199

TABLA N°74: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO NP (24 horas) 200

TABLA N°75: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO P2 (24 horas)..... 200

TABLA N°76: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO NP (3 DÍAS)..... 201

TABLA N°77: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO P2 (3 DÍAS) 201

TABLA N°78: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO NP (7 DÍAS)..... 202

TABLA N°79: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO P2 (7 DÍAS) 202

TABLA N°80: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO NP (28 DÍAS)..... 203

TABLA N°81: RESULTADOS OBTENIDOS RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO – TIPO P2 (28 DÍAS) 203



*TABLA N°82: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA
CON MORTERO TIPO NP 205*

*TABLA N°83: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA
CON MORTERO TIPO P2..... 205*

*TABLA N°84: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN
PILAS, CON MORTERO TIPO NP..... 207*

*TABLA N°85: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN
PILAS, CON MORTERO TIPO P2 207*

*TABLA N°86: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN
MURETES, CON MORTERO TIPO NP 209*

*TABLA N°87: RESULTADOS OBTENIDOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN
MURETES, CON MORTERO TIPO P2..... 209*



ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. N° 01 DESCRIPCIÓN: Muros de piedra asentado con mortero 1

FIG. N° 02 DESCRIPCIÓN: Viviendas con tabiques elaborados con unidades tipo Blocker 2

FIG. N° 03 DESCRIPCIÓN: Viviendas con sistemas mixtos (aporticado y tabique) 3

FIG. N° 04 DESCRIPCIÓN: En su totalidad los muros utilizan unidades tipo blocker 3

FIG. N° 05 DESCRIPCIÓN: Muros No Portantes. 15

FIG. N° 06 DESCRIPCIÓN: tabiques y parapetos 16

FIG. N° 07 DESCRIPCIÓN: Muros Portantes y no portantes. 17

FIG. N° 08 DESCRIPCIÓN: Muros Armados con Grout. 18

FIG. N° 09 DESCRIPCIÓN: Muros Armados. 18

FIG. N° 10 DESCRIPCIÓN: Muro Confinada Dentada 19

FIG. N° 11 DESCRIPCIÓN: Muro Confinada A Ras (con chicotes). 19

FIG. N° 12 DESCRIPCIÓN: Sección transversal de un muro laminar. 20

FIG. N° 13 DESCRIPCIÓN: Unidades sólidas. 21

FIG. N° 14 DESCRIPCIÓN: Unidades huecas. 22

FIG. N° 15 DESCRIPCIÓN: Unidades tubulares. 22

FIG. N° 16 DESCRIPCIÓN: proceso de fabricación de unidades de arcilla 23

FIG. N° 17 DESCRIPCIÓN: Extracción de materia prima (Arcilla). 24

FIG. N° 18 DESCRIPCIÓN: Fabricación de unidades de arcilla 25

FIG. N° 19 DESCRIPCIÓN: Determinación de la altura de la hilada 31

FIG. N° 20 DESCRIPCIÓN: Forma de medición de unidades de albañilería 32

FIG. N° 21 DESCRIPCIÓN: Procedimiento de medición de cada lado de la unds 32

FIG. N° 22 DESCRIPCIÓN: Medición de alabeo (concauidad y convexidad) 34

FIG. N° 23 DESCRIPCIÓN: Ensayo de compresión de unidades. 35

FIG. N° 24 DESCRIPCIÓN: Formas de falla en el ensayo de compresión 36

FIG. N° 25 DESCRIPCIÓN: Disposición para el ensayo de succión 37

FIG. N° 26 DESCRIPCIÓN: Procedimiento para medir la succión 37

FIG. N° 27 DESCRIPCIÓN: Procedimiento de medición de absorción de las unds 38

FIG. N° 28 DESCRIPCIÓN: Mortero Artesanal 56

FIG. N° 29 DESCRIPCIÓN: Ensayo de flexión por adherencia 61



FIG. N° 30 DESCRIPCIÓN: Esbeltez en prismas de ladrillos y bloques. 68

FIG. N° 31 DESCRIPCIÓN: Esbeltez de un prisma..... 69

FIG. N° 32 DESCRIPCIÓN: Equipos en el ensayo de compresión. 70

FIG. N° 33 DESCRIPCIÓN: Falla ideal de una pila 72

FIG. N° 34 DESCRIPCIÓN: Trituración de ladrillos huecos..... 73

FIG. N° 35 DESCRIPCIÓN: Esfuerzo en el ladrillo y en el mortero por efecto de la carga unitaria axial (s_y)..... 73

FIG. N° 36 DESCRIPCIÓN: Equipos de ensayo corte puro..... 75

FIG. N° 37 DESCRIPCIÓN: Similitud de falla en el ensayo de corte y en un sismo..... 76

FIG. N° 38 DESCRIPCIÓN: Cálculo de la resistencia unitaria a corte puro. 77

FIG. N° 39 DESCRIPCIÓN: Formas de falla 78

FIG. N° 40 DESCRIPCIÓN: Dosificación UNE 83-800-94..... 83

FIG. N° 41 DESCRIPCIÓN: Diagrama de ensayo con variables reales..... 185



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN N° 01 DESCRIPCIÓN: Diagrama de flujo de la investigación.....86

ILUSTRACIÓN N° 02: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO 164

ILUSTRACIÓN N°03: DIAGRAMA DE RESULTADO OBTENIDO DE PESO UNITARIO..... 166

ILUSTRACIÓN N°04: DIAGRAMA DE RESULTADO OBTENIDO DE PESO ESPECÍFICO 167

ILUSTRACIÓN N°05: DIAGRAMA DE VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD..... 170

ILUSTRACIÓN N°06: DIAGRAMA DE VARIACIONES DE ALABEO..... 171

ILUSTRACIÓN N°07: DIAGRAMA DE SUCCIÓN 173

ILUSTRACIÓN N°08: DIAGRAMA DE ABSORCIÓN, ABSORCIÓN MÁXIMA Y COEFICIENTE DE SATURACIÓN..... 176

ILUSTRACIÓN N°09: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA 178

ILUSTRACIÓN N°10: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO TIPO NP 183

ILUSTRACIÓN N°11: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO TIPO P2 184

ILUSTRACIÓN N°12: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA PARA MORTERO TIPO NP 187

ILUSTRACIÓN N°13: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA PARA MORTERO TIPO P2 187

ILUSTRACIÓN N°14: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS - MORTERO TIPO NP 191

ILUSTRACIÓN N°15: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS - MORTERO TIPO P2 191

ILUSTRACIÓN N°16: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL - MORTERO TIPO NP 194

ILUSTRACIÓN N° 17: DIAGRAMA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL - MORTERO TIPO P2 195

ILUSTRACIÓN N°18: VARIACIONES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN CUBOS DE MORTERO TIPO NP Y P2, PARA DIFERENTES PERIODOS 204

ILUSTRACIÓN N°19: VARIACIONES DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN POR ADHERENCIA... 206

ILUSTRACIÓN N°20: VARIACIONES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERIA TIPO NP Y P2 207



*ILUSTRACIÓN N°21: VARIACIONES DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL EN
MURETES DE ALBAÑILERIA TIPO NP Y P2.....210*



ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFÍA N° 01: CUARTEANDO EL AGREGADO FINO (CANTERA HUILLQUE) 104

FOTOGRAFÍA N° 02: ESCOGIENDO LAS SERIE DE TAMICES ADECUADO PARA HACER LA GRANULOMETRIA..... 106

FOTOGRAFÍA N° 03: EFECTUANDO LA OPERACIÓN DE TAMIZADO MECÁNICO..... 106

FOTOGRAFÍA N° 04: OBTENCIÓN FINAL DE LA GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO 107

FOTOGRAFÍA N° 05: LLENANDO LA TERCERA PARTE DEL RECIPIENTE DE MEDIDA CON EL AGREGADO FINO..... 109

FOTOGRAFÍA N° 06: COMPACTANDO CON LA BARRA COMPACTADORA, CON 25 GOLPES POR CADA CAPA. 109

FOTOGRAFÍA N° 07: SECANDO LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECO..... 113

FOTOGRAFÍA N° 08: PESANDO DEL AGUA LUEGO DE HABER SIDO SACADO EL AIRE ATRAPADO 113

FOTOGRAFÍA N° 09: DESPUÉS DE HABER APISONADO LA MUESTRA CON 25 GOLES, RETIRAMOS EL CONO Y VERIFICAMOS QUE TAN HUMEDO ESTA LA MUESTRA 114

FOTOGRAFÍA N° 10: EXTRAYENDO EL AIRE ATRAPADO EN LA FIOLA QUE ESTA CON MATERIAL Y AGUA..... 114

FOTOGRAFÍA N° 11: MEDICIÓN DE LA ALTURA DE LA UNIDAD..... 116

FOTOGRAFÍA N° 12: MEDICIÓN DE LA BASE O ESPESOR DE LA UNIDAD 116

FOTOGRAFÍA N° 13: MEDICIÓN DEL LARGO DE LA UNIDAD..... 117

FOTOGRAFÍA N° 14: MEDICIÓN DE ALABEO DE LA UNIDAD (CONCAVIDAD)..... 120

FOTOGRAFÍA N° 15: MEDICIÓN DE ALABEO DE LA UNIDAD (CONVEXIDAD) 120

FOTOGRAFÍA N° 16: LADRILLO TIPO BLOCKER SUMERGIDO A UNA PROFUNDIDAD DE 3MM ± 0.25MM 123

FOTOGRAFÍA N° 17: LADRILLO TIPO BLOCKER LUEGO DE HABER SIDO SUMERGIDO DURANTE 24 HRS 125

FOTOGRAFÍA N° 18: PREPARANDO LA MÁQUINA DE COMPRESIÓN AXIAL 127

FOTOGRAFÍA N° 19: APLICACIÓN DE CARGA SOBRE EL PRISMA(Unidad de Albañilería) 127

FOTOGRAFÍA N° 20: RETIRANDO EL PRISMA DESPUES DE REALIZADO EL ENSAYO Y REGISTRANDO LA FALLA EN LA UNIDAD 128



FOTOGRAFÍA N° 21: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE MORTERO SEGÚN DOSIFICACIÓN 130

FOTOGRAFÍA N° 22: PREPARACIÓN DE LOS MOLDES DE CUBOS DE MORTERO 131

FOTOGRAFÍA N° 23: PROCESO DE CURADO DE CUBOS DE MORTERO..... 131

FOTOGRAFÍA N° 24: PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES CUBICOS ANTES DE REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN 132

FOTOGRAFÍA N° 25: CENTRO EL ESPECIMEN DE MORTERO ENTRE LAS CARAS DE CONTACTO DEL EQUIPO DE COMPRESIÓN..... 133

FOTOGRAFÍA N° 26: VERIFICANDO QUE EL ESPECIMEN DE MORTERO ESTE BIEN UBICADO 133

FOTOGRAFÍA N° 27: ESPÉCIMEN DE MORTERO DESPUES DE REALIZADO LA PRUEBA. 134

FOTOGRAFÍA N° 28: PREPARACIÓN DE LA MEZCLA Y UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA EL ASENTADO 140

FOTOGRAFÍA N° 29: ASENTADO Y CONTROL DE NIVEL MEDIANTE LA PLOMADA 140

FOTOGRAFÍA N° 30: CONTROL DE NIVEL CON PLOMADA EN LA CUARTA HILADA 141

FOTOGRAFÍA N° 31: PREPARACIÓN DE ESPECIMENES DE ENSAYO (PRISMAS), PARA EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR ADHERENCIA 142

FOTOGRAFÍA N° 32: PREPARACIÓN DEL EQUIPO DE ENSAYO Y COLOCACIÓN DE SOPORTES DE APOYO 142

FOTOGRAFÍA N° 33: COLOCACIÓN DEL ESPÉCIMEN (PRISMA) SOBRE LOS RODOS DE APOYO, PREVIO A SER SOMETIDO A CARGA..... 143

FOTOGRAFÍA N° 34: OBTENCIÓN DEL ESPECIMEN (PRISMA) DESPUES DE HABER SIDO SOMETIDO A CARGA..... 143

FOTOGRAFÍA N° 35: PREPARACIÓN DE MEZCLA DE MORTERO 148

FOTOGRAFÍA N° 36: PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA (HUMEDECIENDO LA UNIDAD) 148

FOTOGRAFÍA N° 37: ASENTANDO LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA EN LA TERCERA HILADA DE LAS PILAS..... 149

FOTOGRAFÍA N° 38: PLOMANDO LA PILA DE ALBAÑILERIA, CONTROLANDO VERTICALIDAD DEL ESPÉCIMEN 149

FOTOGRAFÍA N° 39: VISTA DE LOS ESPECÍMENES (PILAS DE ALBAÑILERIA) 150

FOTOGRAFÍA N° 40: PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN (PILA DE ALBAÑILERIA) DE FORMA VERTICAL, PREVIO A SER ENSAYADO..... 151

FOTOGRAFÍA N° 41: ESPÉCIMEN DESPUES DE HABER SIDO ENSAYADO..... 151



FOTOGRAFÍA N° 42: FALLA EN EL ESPÉCIMEN (PILA DE ALBAÑILERIA)..... 152

FOTOGRAFÍA N° 43: PREPARACIÓN DE MEZCLA DE MORTERO, PARA EL ASENTADO EN MURTES DE ALBAÑILERIA 156

FOTOGRAFÍA N° 44: CORTANDO LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA A LA MITAD PARA EL ASENTADO EN MURETES 156

FOTOGRAFÍA N° 45: PREPARANDO LA BASE DE INICIO DEL MURETE..... 157

FOTOGRAFÍA N° 46: VISTA DE UNA PARTE DE LOS ESPECÍMENES (MURETES DE ALBAÑILERIA) 157

FOTOGRAFÍA N° 46: COLOCACIÓN DE CAPPING DE YESO EN EL MURETE 158

FOTOGRAFÍA N° 47: PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN (MURETE DE ALBAÑILERIA), COLOCADO AMBAS ESCUADRAS Y CENTRANDO HACIA EL EJE QUE EJERCERA FUERZA 159

FOTOGRAFÍA N° 48: ESPÉCIMEN DESPUES DE HABER SIDO ENSAYADO, FALLA EN LA JUNTA 159

FOTOGRAFÍA N° 49: FALLA EN EL ESPÉCIMEN (MURETE DE ALBAÑILERIA), CON MORTERO TIPO NP, FALLA DE FORMA EXPLOSIVA..... 160

FOTOGRAFÍA N° 50: FALLA EN EL ESPÉCIMEN (MURETE DE ALBAÑILERIA), CON MORTERO TIPO P2, FALLA DE MANERA EXPLOSIVA 160

FOTOGRAFÍA N° 51: SOPORTE BASE Y SOPORTE DE CARGA PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN POR ADHERENCIA..... 225

FOTOGRAFÍA N° 52: ESCUADRAS DE CARGA PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DIAGONAL..... 225

FOTOGRAFÍA N° 53: ELABORACIÓN DE MURETES CON LADRILO TIPO BLOCKER, SE LE COLOCÓ MORTERO PROPORCIÓN 1:3 EN VERTICES QUE ESTARA EN CONTACTO CON LAS ESCUDRAS..... 226

FOTOGRAFÍA N° 54: COLOCACIÓN DE CAPPING EN LA SUPERFICIES EN CONTACTO CON LAS ESCUADRAS DE CARGA..... 226

FOTOGRAFÍA N° 55: CURADO DE CUBOS DE MORTERO TIPO NP Y P2 227

FOTOGRAFÍA N° 56: CUBOS DE MORTERO NP Y P2 DESPUES DE HABER SIDO ENSAYADOS A COMPRESIÓN 227

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El presente trabajo pretende responder y aportar información en el área de albañilería en relación a la siguiente pregunta ¿En qué medida difieren las resistencias a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con ladrillo tipo Blocker, asentadas con mortero normalizado tipo P2 y NP según la norma E.070? la pregunta de la investigación planteada busca la relación entre: 1) la variación de resistencias entre los morteros normalizados de tipo P2 con respecto al del tipo NP y 2) modo de falla frente a esfuerzos de cargas, la albañilería es un ente que en su forma tradicional está integrado por unidades asentadas con mortero, es un material de unidades débilmente pegadas, este hecho es confirmado por ensayos y por la experiencia, que por naturaleza ofrece una resistencia a la compresión elevada y que depende de la propiedad de la unidad, mientras que la resistencia a la tracción es reducida que depende de la adherencia entre la unidad y el mortero, estas características nos dan sustento al planteamiento del problema de la presente investigación.

FIG. N° 01

DESCRIPCIÓN: Muros de piedra asentado con mortero



FUENTE: (UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, Tecn. Materiales, Ing. Janet Veronica Saavedra Vera, 2011).

En la ciudad del Cusco, la mayoría de las familias de la clase popular (clases media a baja) optan por estas construcciones de viviendas económicas cuya demanda está entre dos a cinco pisos, estas construcciones de viviendas están realizadas con sistemas aporticados.

FIG. N° 02

DESCRIPCIÓN: Viviendas con tabiques elaborados con unidades tipo Blocker



FUENTE: (Elaboración propia).

Se verifica que los tabiques usados, como muros de separación y muros de cerradura, son construidos con unidades de albañilería de arcilla cocida de fabricación semi industrial, en la ciudad del Cusco, tipo Blocker, que es una nueva unidad de albañilería; la norma E.070 de albañilería, según la “Tabla1”, nos indica que estas unidades clasifican como Bloque NP, en donde nos limita usar en la construcción de muros no portantes y según la “Tabla 2”, nos indica que esta unidad clasifica como unidad hueca, y para la zona sísmica tipo 2 en la construcción de muros portantes de 1 a 3 pisos y de 4 pisos a más, nos limita a no utilizar estas unidades.

FIG. N° 03

DESCRIPCIÓN: Viviendas con sistemas mixtos (aporticado y tabique)



FUENTE: (Elaboración propia).

Esta es la razón de nuestra investigación, evaluar las propiedades de los morteros, tipo P2 y NP, en estas condiciones (utilizando unidades tipo blocker 10), a través de especímenes prismáticos, según la norma E.070 de albañilería y normas internacionales y peruanas, ASTM E518, NTP399.605, NTP399.621, para luego comparar las resistencias entre estos dos tipos de morteros, ya que la adherencia es su principal función del mortero y además verificar el impacto de rendimiento frente a esfuerzos de carga de los especímenes de albañilería.

FIG. N° 04

DESCRIPCIÓN: En su totalidad los muros utilizan unidades tipo blocker



FUENTE: (Elaboración propia).



1.1.2. Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿Cuáles son las variaciones que existen de resistencia a flexión por adherencia entre morteros normalizados P2 y NP; variación de resistencia a compresión diagonal en muretes con ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado NP; y la variación de resistencia a compresión axial en pilas, con ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2, con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado NP?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

P1.- ¿Cuál es la variación de la resistencia a flexión por adherencia para morteros normalizados P2 y NP?

P2.- ¿Cuál es la variación de resistencia a compresión diagonal en muretes, utilizando ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP?

P3.- ¿Cuál es la variación de resistencia a compresión axial en pilas, utilizando ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica

La presente investigación propone analizar las propiedades físicas y mecánicas de los morteros, tipo P2 y NP, a través de especímenes prismáticos, elaborados con unidades de albañilería de arcilla cocida, tipo Blocker 10 y conocer estos valores como la resistencia de la adherencia por flexión, resistencia a compresión axial, resistencia a compresión diagonal, en tabiques de albañilería será importante ya que la mayoría de las construcciones de



viviendas utilizan pórticos y tabiques, en cuanto a los tabiques se usan , como muros de separación y de cerradura, contruidos con unidades de albañilería de arcilla cocida, tipo Blocker, que es una nueva unidad de albañilería, conocer valores reales y variaciones de resistencia entre los tipos de morteros P2 con respecto al mortero NP y su capacidad de rendimiento frente a esfuerzos de cargas es importante.

1.2.2. Justificación social

La región del Cusco se encuentra en una zona de actividad sísmica intermedia (zona 2, según la norma E.030), existiendo gran cantidad de viviendas contruidos con sistemas mixtos (aporticado y tabique) de hasta 5 pisos, estas viviendas son económicas y están al alcance de las clases sociales populares (clase media a baja), cuya demanda está entre dos a cinco pisos.

La ejecución de estas viviendas, no siempre se realiza bajo la supervisión de un profesional, por lo que en cuanto a la tabiquería, es contruida con técnicas según experiencia, ignorando los criterios señalados por norma, lo cual hace insegura a la estructura.

Por tanto es importante tener conocimiento de estas propiedades físicas y mecánicas de los muros de albañilería con insumos de nuestro entorno, que es utilizado cada vez con mayor proporción, con la finalidad de conocer su comportamiento estructural y plantear soluciones más acertadas por parte de los a alumnos de la escuela profesional de ingeniería civil de la Universidad Andina del Cusco.

1.2.3. Justificación por viabilidad

La presente investigación es factible debido a que los materiales necesarios para la producción y equipos para la evaluación están a nuestro alcance, los materiales podemos encontrar en el mercado y los equipos en el laboratorio de la universidad.



1.2.4. Justificación por relevancia

Actualmente las construcciones de viviendas económicas, en cuanto se refiere a los muros de albañilería en su mayoría están elaborados con unidades de arcilla cocida fabricada en la ciudad de Cusco, en el Distrito de San Jerónimo, que es una nueva unidad de albañilería llamada Blocker 10 de dimensiones 30 cm x 20 cm x 10 cm, existe la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de este material en tabiques, y su comportamiento frente a esfuerzos de carga.

1.3. Limitaciones de la investigación

1.3.1. Limitaciones de los materiales

- Se limita al estudio del mortero tipo P2 y NP.
- El mortero tipo P2 se limita solo al uso de dosificación 1:5. Cemento: arena.
- Se limita a usar espesor de junta de 1.5 cm, como indica normativa E070.
- Se limita al uso de agregado de la cantera de Huillque, arena manufacturada con módulo de fineza entre 2.2 a 2.8.
- Se limita al uso de unidades huecas de arcilla cocida de albañilería tipo Blocker 10, con dimensiones de 30 cm x 20 cm x 10 cm.
- Se limita a la elaboración de prismas o pilas con 4 unidades de Blocker 10, asentadas una sobre otra.
- Se limita a la elaboración de prismas o pilas con 3 unidades de Blocker 10, asentadas una sobre otra.
- Se limita a la elaboración de muretes cuadradas de 60cmx60cm aproximadamente, asentadas con Blocker 10.
- Se limita a la elaboración de muestras de mortero (P2 y NP) cubicas de 5cm de lado.



- Se limita al uso de cemento portland tipo IP.
- El agua para las mezcla de mortero, es potable o procedente de la red pública.

1.3.2. Limitaciones de las pruebas

- Se limita al ensayo de compresión diagonal en muretes, ensayo de la determinación de la resistencia en compresión de prismas, ensayo para la determinación de adherencia por flexión y además ensayo de compresión de muestras de mortero de 5cm de lado.
- Se limita a la aplicación de la Norma Técnica Peruana NTP 399.621 Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.
- Se limita a la aplicación de la Norma Técnica Peruana NTP 399.605 Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- Se limita a la aplicación de la Norma Técnica ASTM E518 Método de ensayo. Determinación de la resistencia de adherencia por flexión de la mampostería no reforzada.
- Se limita el tiempo luego de 28 días, para la evaluación de compresión diagonal, compresión axial y resistencia a flexión por adherencia.
- Se limita a la evaluación de los ensayos mecánicos según la capacidad de los equipos del laboratorio de concreto y suelos de la Universidad Andina del Cusco, otros laboratorios y equipos que se acondicionaron de acuerdo a las necesidades en el transcurso de las investigación, en la ciudad del Cusco.

1.3.3. Limitación espacial

La presente investigación se limita al departamento del Cusco, Provincia de Cusco, específicamente en el Distrito de San Jerónimo, se localiza



aproximadamente sobre los 3,350 m.s.n.m., se encuentra a 13°33 04" latitud sur y a 71°53 48" longitud oeste, coordenada UTM: Zona 19L E:186464 N:8500046, los materiales que se utilizan es de la localidad como el agregado manufacturado de la cantera de Huillque y unidades de arcilla cocida tipo Blocker 10 fabricados en las ladrilleras del distrito de San Jerónimo, las pruebas se realizaran en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y arquitectura de la Universidad Andina del Cusco, por ende consideramos como la ubicación geográfica puesto que se elaboraran los especímenes y analizaran las propiedades en el laboratorio.

1.3.4. Limitación temporal

La tesis se limitó a un periodo de investigación de 7 meses en los cuales se realizó la producción de especímenes prismáticos de albañilería con unidades de arcilla cocida tipo Blocker 10 y asentados con mortero normalizado tipo P2 y NP, sus respectivos ensayos y procesamiento de datos para finalmente elaborar el informe final.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las variaciones que existen de resistencia a flexión por adherencia entre morteros normalizados P2 y NP; variación de resistencia a compresión diagonal en muretes con ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado NP; y la variación de resistencia a compresión axial en pilas, con ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2, con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado NP.

1.4.2. Objetivos específicos

O1.-Evaluar la variación de la resistencia a flexión por adherencia para morteros normalizados P2 y NP.



O2.-Evaluar la variación de resistencia a compresión diagonal en muretes, utilizando ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.

O3.-Evaluar la variación de resistencia a compresión axial en pilas, utilizando ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2 con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La resistencia a flexión por adherencia con mortero normalizado tipo P2 es mayor de 15% que la que aporta un mortero normalizado tipo NP, la resistencia a compresión diagonal en muretes con ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2 es mayor de un 10% respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP y la resistencia a compresión axial en pilas con ladrillo tipo Blocker asentado con mortero normalizado tipo P2, es mayor de un 10% respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.

1.5.2. Sub hipótesis

H1.- La resistencia a flexión por adherencia con mortero normalizado tipo P2 es mayor de un 15% con respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.

H2.- La resistencia a compresión diagonal en muretes, utilizando ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2 es mayor de un 10% respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.

H3.- La resistencia a compresión axial en pilas, utilizando ladrillo tipo Blocker, asentado con mortero normalizado tipo P2 es mayor de un 10% respecto a la resistencia que aporta un mortero normalizado tipo NP.



1.6. Definición de variables

1.6.1. Variables independientes

VI1.- Tipo de Mortero Normalizado (P2 y NP, según E070)

1.6.1.1. Indicadores de variables independientes

II1.- Dosificación del mortero Tipo (P2 y NP) – (m³)

1.6.2. Variables dependientes

VD1.- Resistencia a flexión por adherencia, R:(kg/cm²)

VD2.- Resistencia a la compresión diagonal de Muretes.V'm: (kg/cm²)

VD3.- Resistencia a la compresión axial de pilas.f'm: (kg/cm²)

1.6.2.1. Indicadores de variables dependientes

ID1. - Fuerza (kg), Área (cm²)

ID2. - Fuerza (kg), Área (cm²)

ID3. - Fuerza (kg), Área (cm²)

1.6.3. Variables de proceso

VP1.- Insumos de albañilería (ladrillo tipo Blocker y agregados de la Cantera de Huillque)

1.6.3.1. Indicadores de variables de proceso

IP1.- Propiedades físico - mecánicas de los insumos.

1.6.4. Cuadro de operacionalización de variables

TABLA. N° 01
DESCRIPCIÓN: Cuadro de operacionalización de variables.

TIPO DE VARIABLE	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO Y EQUIPOS
INDEPENDIENTE	Tipo de Mortero Normalizado (P2 y NP)	Cantidad de materiales a emplearse para la elaboración de especímenes de mortero.	Dosificación del mortero Tipo (P2 y NP)	Reglamento nacional de edificaciones (E070) y NTP 399.610
DEPENDIENTE	Resistencia a flexión por adherencia. R (kg/cm ²)	Mide la variación de adherencia de dos tipos de mortero (P2 y NP), a través de especímenes prismáticos de albañilería en base a ensayos de resistencia a flexión por adherencia.	Fuerza (kg), Área (cm ²)	ASTM E518 y máquina de compresión modificada a flexión.
	Resistencia a la compresión diagonal de Muretes. V'm (kg/cm ²)	Mide la variación de corte de dos tipos de mortero (P2 y NP), a través de muretes de albañilería, basándose en ensayos de resistencia a la compresión diagonal de muretes representativos de muro de albañilería a escala natural.	Fuerza (kg), Área (cm ²)	NTP 399.621 y máquina de compresión diagonal modificada.
	Resistencia a la compresión axial de pilas. f'm (kg/cm ²)	Mide la variación de compresión de dos tipos de mortero (P2 y NP), a través de prismas de albañilería, basándose en ensayos de resistencia a la compresión axial de pilas.	Fuerza (kg), Área (cm ²)	NTP 399.605 y máquina de compresión.
PROCESO	Insumos de albañilería (ladrillo tipo blocker y agregados de la Cantera de Huillque)	Se realizaron los ensayos requeridos al agregado y unidad de albañilería a utilizar.	Propiedades físico - mecánicas de los insumos.	Normas técnicas peruanas y equipos de laboratorio.

FUENTE: (Elaboración propia)



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la tesis o investigación actual

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

TEMA: “Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto”.

AUTOR: Alvaro Artidoro Morante Portocarrero

UNIVERSIDAD: Pontificia Universidad Católica del Perú.

RESUMEN: El propósito de esta tesis fue la adherencia mortero-ladrillo de concreto, mediante tres técnicas de construcción: Técnica A (asentando las unidades secas con mortero 1:4), Técnica B (igual a la técnica A pero curando las juntas), Técnica C (igual a la técnica A pero agregando cal al mortero). El mortero con cal de la técnica C (1:1/2:4), tuvo una ligera mayor resistencia a compresión (5%) que el mortero sin cal usado en las técnicas A y B; sin embargo, la cal proporciono mayor Trabajabilidad y retentividad a la mezcla. La mayor parte de los muretes a compresión diagonal tuvieron una forma de falla mixta, con grietas que pasaban por las juntas y cortaban el ladrillo.

La resistencia a compresión axial de la albañilería, no se vio afectada por la técnica de construcción empleada. En su mayor parte las pilas sujetas a compresión tuvieron una forma de falla frágil.

2.1.2. Antecedentes a nivel local

TEMA: “Análisis comparativo de la adherencia y resistencia de mortero tradicional respecto a morteros de cemento Portland tipo IP adicionados con cal elaborados con agregado de la cantera de Mina Roja-Cusco”.

AUTORES: Pamela Jurado Choque & Solange Enma Vera Cornejo.

UNIVERSIDAD: Universidad Andina Del Cusco.



RESUMEN: La siguiente investigación fue orientada al estudio de las propiedades de resistencia a la flexión por adherencia, resistencia a compresión y fluidez de los morteros tradicionales y la comparación de estos mismos adicionados con cal usados para tabiquería.

La cal es un material de construcción que fue estudiada en la presente investigación debido a que es un material económico y accesible, que antiguamente fue ampliamente utilizada y con el paso del tiempo fue desapareciendo su uso en la construcción.

La elaboración de las muestras para los ensayos fueron realizados según lo indicado en la norma técnica peruana (NTP) sobre los morteros usados para albañilería; los cuales fueron muestras cubicas de mortero de 5cm de lado y muestras prismáticas que consisten en 6 unidades estándar de albañilería de 9.20 cm de ancho x 5.70cm de altura y 19.40 de longitud 100% solidos realizadas con cemento y agregado, estas unidades fueron unidad con juntas de morteros de 1.2cm. Estas muestras fueron ensayadas en diversas proporciones para cada propiedad del mortero, adicionado cal de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ respecto al volumen del cemento.

Según los resultados, se obtuvieron conclusiones, las cuales destacan la resistencia a flexión por adherencia se vio incrementada con la adición de cal: $\frac{1}{4}$ de cal en relación al volumen del cemento incrementa un 27.76% y con $\frac{1}{2}$ de cal incrementa un 42.21%; sin embargo disminuye la resistencia a la compresión, al añadir $\frac{1}{4}$ de cal un 8.33% y con $\frac{1}{2}$ de cal un 18.68%. La fluidez también se vio reducida con respecto a una misma relación a/c: al añadir un $\frac{1}{4}$ de cal disminuye 6.84 y con $\frac{1}{2}$ de cal un 13.67%, todo con respecto al mortero patrón.

De esta manera se demostró que la cal es un material que mejora la funcionabilidad del mortero debido a su principal y más elemental propiedad es la adherencia.

2.2. Bases teóricas científicas

La presente investigación se define básicamente en la comparación de propiedades físico - mecánicas del mortero normalizado tipo P2 y NP, colocado en muros de albañilería, mencionando los tipos, usos, así también sus componentes de su fabricación.

2.2.1. Albañilería o mampostería

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por “unidades de albañilería” apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido. **(Norma E.070 Albañilería, 2006).**

La albañilería o mampostería se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias, ladrillo, bloques). **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 02, 2001).**

2.2.1.1. Tipos de albañilería

A.- Por la función estructural o solicitaciones actuantes.

- Muros no portantes.
- Muros portantes.

B.- Por la distribución del refuerzo

B.1.- Muros no reforzados o de albañilería simple

B.2.- Muros reforzados

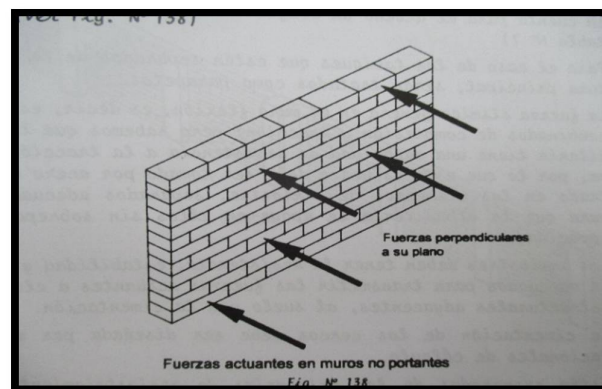
- Muro de albañilería armada (muro armado)
- Muro laminar (sándwich)
- Muro de albañilería confinada (muro confinado)

2.2.1.1.1. Por la función estructural o solicitaciones actuantes

A.- Muros No Portantes:

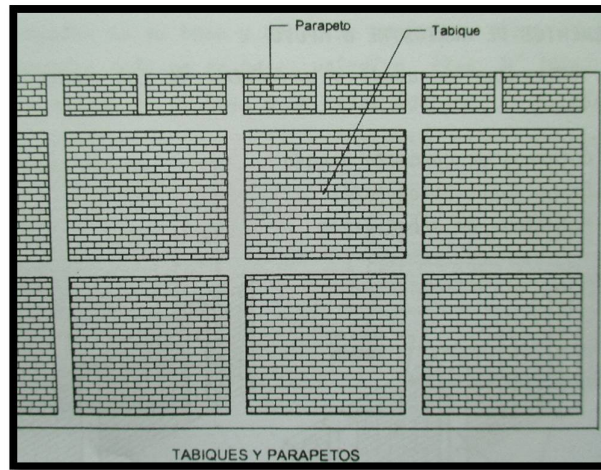
Los muros no portantes son aquellas que están solicitados por cargas verticales (peso propio) y horizontales (sismo) normales a su plano, dentro de esta clasificación se consideran los cercos, parapetos y tabiques; que pueden ser construidos con unidades de albañilería sólida, hueca o tubular. (Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería, Flavio Abanto Castillo, (1ra edición), pag.269, 2007

FIG. N° 05
DESCRIPCIÓN: Muros No Portantes.



FUENTE: (TOMAS FLABIO ABANTO CASTILLO, 2007).

FIG. N° 06
DESCRIPCIÓN: tabiques y parapetos.



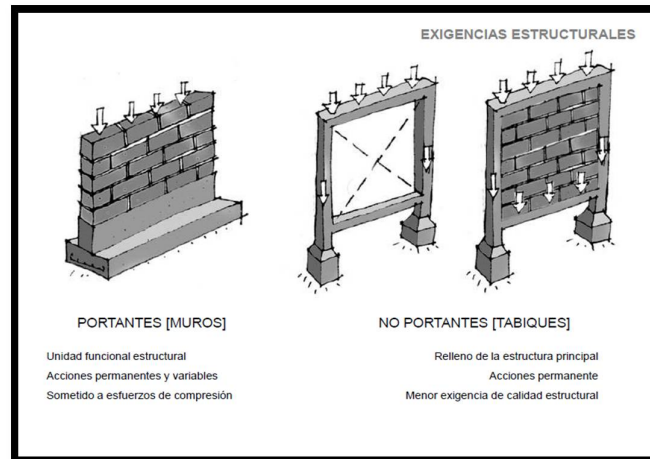
FUENTE: (TOMAS FLABIO ABANTO CASTILLO, 2007).

B.- Muros Portantes:

Son los que se emplean como elementos estructurales de un edificio. Estos muros están sujetos a todo tipo de sollicitación, tanto contenida en un plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como permanente o eventual. (**Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructural- 3ra edición, Angel San Bartolomé, pag. 06, 2001**).

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical. (**Norma E.070 Albañilería, 2006**).

FIG. N° 07
DESCRIPCIÓN: Muros Portantes y no portantes.



FUENTE: (TOMAS FLABIO ABANTO CASTILLO, 2007).

2.2.1.1.2. Por la distribución del refuerzo

A.- Muros no reforzados o de albañilería simple

B.- Muros reforzados (armados, albañilería de junta seca, laminares y confinados).

A.- Muros No Reforzados O De Albañilería Simple.

Son aquellos muros que carecen de refuerzo; o que teniéndolo, no cumplen con las especificaciones mínimas reglamentarias que debe tener todo muro reforzado. (**Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 06, 2001**).

De acuerdo a la norma E.070, su uso está limitado a construcciones de un piso, sin embargo, existen muchos edificios de albañilería no reforzada, incluso de 5 pisos, este tipo de edificación no debe emplearse, por el carácter frágil de su falla ante los terremotos.

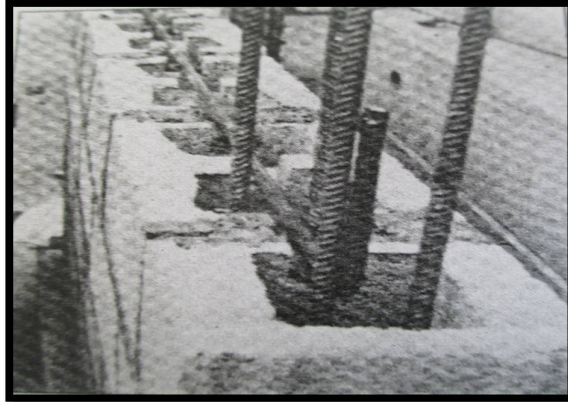
B.- Muros Reforzados.

- **Muros de albañilería armada:** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los

diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

FIG. N° 08

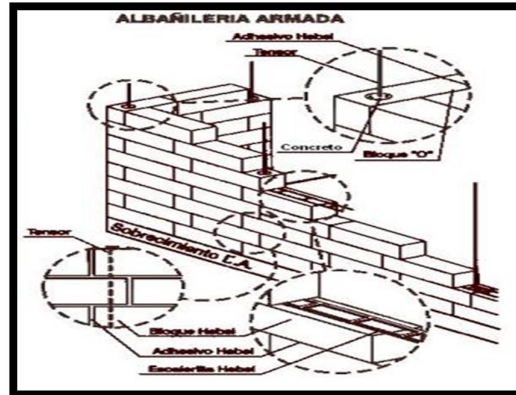
DESCRIPCIÓN: Muros Armados con Grout.



FUENTE: (TOMAS FLABIO ABANTO CASTILLO, 2007).

FIG. N° 09

DESCRIPCIÓN: Muros Armados.



FUENTE: (TOMAS FLABIO ABANTO CASTILLO, 2007).

- **Muros de albañilería confinada:** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

FIG. N° 10
DESCRIPCIÓN: Muro Confinada Dentada.



FUENTE: (ANGEL SAN BARTOLOME, 2001).

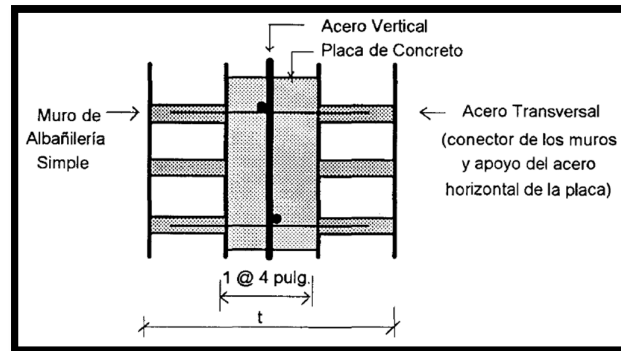
FIG. N° 11
DESCRIPCIÓN: Muro Confinada A Ras (con chicotes).



FUENTE: (ANGEL SAN BARTOLOME, 2001).

- **Muros laminar (“sándwich”):** Este tipo de muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo del espesor, 1 a 4 pulgadas, se usa grout o concreto normal) reforzado con una malla de acero central, y por dos muros de albañilería simple que sirven como encofrados de las placas, debido a la adherencia que se genera entre el concreto y los muros de albañilería, así como el refuerzo transversal que se emplea para la conexión de los dos muros, se logra una integración de todo el sistema, nuestro reglamento no contempla este tipo de estructuras. (**Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 11, 2001).**

FIG. N° 12
DESCRIPCIÓN: Sección transversal de un muro laminar.



FUENTE: (ANGEL SAN BARTOLOME, 2001).

2.2.2. Unidades de albañilería

Se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo. **(Norma E070, Albañilería 2016)**

2.2.2.1. Materia prima para elaboración de unidades de albañilería.

La unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería. Se elabora de materias primas diversas: la arcilla, el concreto de cemento portland y la mezcla de sílice y cal son las principales. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.75, 2005)**

2.2.2.2. Fabricación de unidades de albañilería.

Se forma mediante el moldeo, empleado en combinación con diferentes métodos de compactación, o por extrusión. Finalmente, se produce en condiciones extremadamente disimiles: en sofisticadas fábricas, bajo estricto control industrial, o en precarias canchas, muchas veces provisionales, incluso al pie de la obra en la que será utilizada, mediante procedimientos rudimentarios y sin ningún control de calidad. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.88, 2005)**

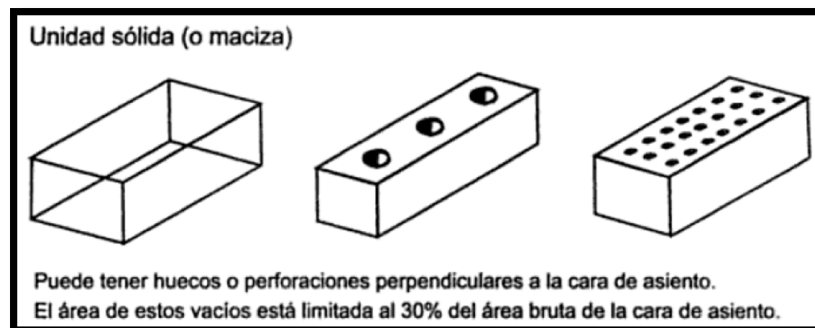
2.2.2.3. Clasificación de unidades de albañilería

2.2.2.3.1. Por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones)

- **Unidades sólidas:** Llamadas también como maciza, unidad de albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

En estas unidades las perforaciones o alveolos, necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no deben de alcanzar más del 30% del área de la sección bruta. En otras palabras, las unidades solidas no solo son aquellas que no tienen alveolos, sino que son también aquellas que los tienen hasta un límite determinado. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.83, 2005)

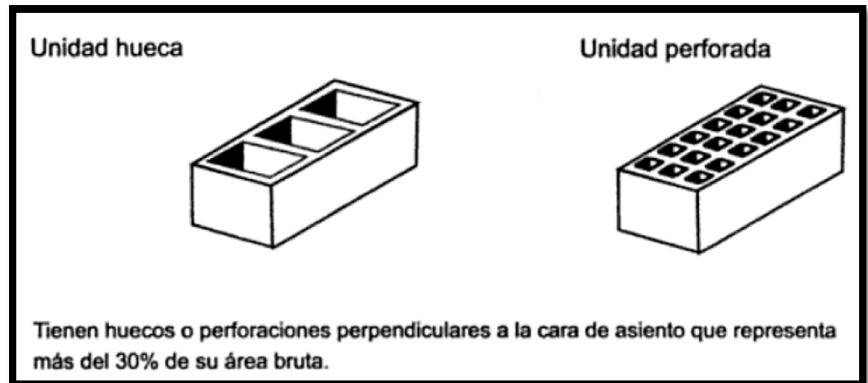
FIG. N° 13
DESCRIPCIÓN: Unidades sólidas.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

- **Unidades huecas:** Son aquellas donde el área neta (en la cara de asiento) es menor al 75% del área bruta. En esta categoría se clasifican los bloques de concreto vibrado (empleados en la albañilería armada) y también, las unidades con muchas perforaciones. (Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 105, 2001).

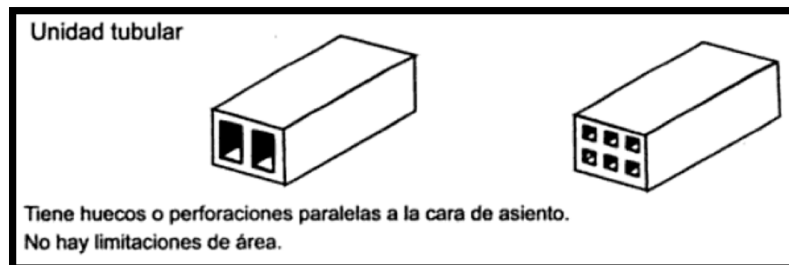
FIG. N° 14
DESCRIPCIÓN: Unidades huecas.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

- **Unidades tubulares:** Las unidades tubulares son las que tienen perforaciones dispuestas en paralelo a la superficie de asiento; en este tipo se clasifican los ladrillos pandereta, que se utilizan en los tabiques. (Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, (pag. 105), 2001).

FIG. N° 15
DESCRIPCIÓN: Unidades tubulares.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

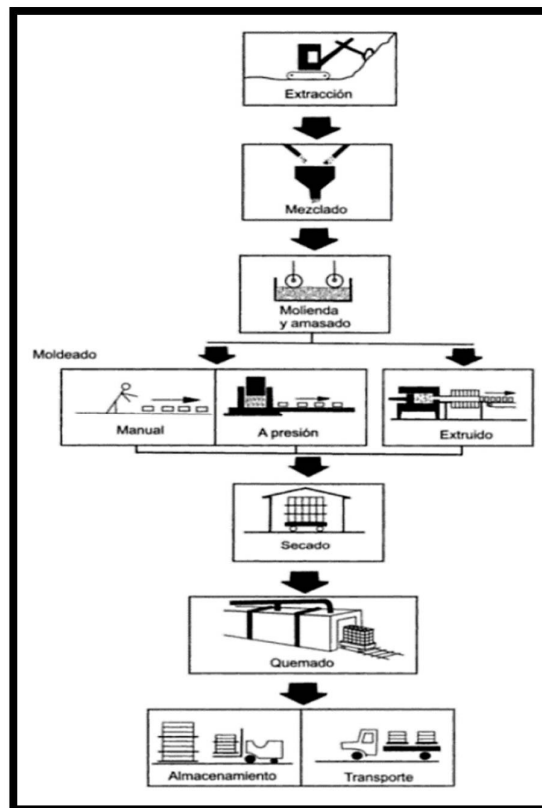
2.2.2.3.2. Por el material elaborado

- **Unidades de arcilla:** Las unidades de arcilla son usualmente ladrillos. Se les llama ladrillos de arcilla o ladrillos cerámicos. El formado de las unidades de arcilla se realiza por métodos de moldeo, con la asistencia de presión y por extrusión. El color de las unidades de arcilla va normalmente del amarillo al rojo. La textura de las unidades de arcilla es lisa cuando ha sido moldeado en contacto con moldes mecánicos, y rugosa cuando el molde se realiza en moldes de madera arenados. La

materia prima básica con arcillas compuestas de sílice y alúmina con cantidades variables de óxido metálico y otros ingredientes. En general, las arcillas pueden ser clasificadas, dependiendo de su composición básica, como calcáreas y no calcáreas. Las primeras contienen alrededor de 15% de carbonato de calcio y producen ladrillos de color amarillento. La segunda está compuesta de silicato de alúmina, tiene de 2 a 10% de óxidos de hierro y feldespato y queman a un color rojo salmón, dependiendo del contenido de óxido de hierro. Las arcillas se presentan en la naturaleza en forma pura, derivadas directamente de la degradación natural de las rocas ígneas o de los feldespatos o en depósitos aluviales o eólicos y están mezcladas con cantidades apreciables de arena y limo. En general las mejores arcillas para fabricar ladrillos son las impuras, con alrededor de 33% de arena y limo, pues estos reducen las contracciones y agrietamientos en el momento del secado y la quema. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.93, 2005)

FIG. N° 16

DESCRIPCIÓN: proceso de fabricación de unidades de arcilla.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

FIG. N° 17

DESCRIPCIÓN: Extracción de materia prima (Arcilla).

FUENTE: (PROPIA, LADRILLERAS DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO).

La extracción del material en la cantera se hace con picos, lampas y carretillas (proceso artesanal); o usando palas mecánicas (proceso industrial). Posteriormente se tamiza el material empleando mallas metálicas, para de ese modo eliminar las piedras y otras materias extrañas. La molienda de la materia prima puede ser apisonándola o con molino. El mezclado de la materia prima con agua y arena, se realiza dejando dormir la tierra durante un día (artesanal, como el adobe), o empleando maquinas dosificadoras al peso (industrial). El proceso de secado se realiza colocando las unidades sobre un tendal, o introduciéndolas en un horno con temperatura regulable (desde la del medio ambiente hasta los 200 °C). El quemado se efectúa en hornos abiertos con quemadores de leña o petróleo (colocados en la base), esto da lugar a diferencias de más del 100% entre la resistencia de las unidades ubicadas en la parte baja y alta del horno; o con hornos tipo túnel con quemadores de petróleo o de carbón molido, con cámaras de temperatura regulables (hasta 1200 °C) y de enfriamiento. Este proceso dura entre 2 y 5 días. (Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 107, 2001).

FIG. N° 18
DESCRIPCIÓN: Fabricación de unidades de arcilla.



FUENTE: (<https://kokacub.wordpress.com>, LADRILLERAS DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO)

TABLA N° 02
DESCRIPCIÓN: Dimensiones de ladrillo de arcilla.



FIGURA	NOMBRE	MEDIDA	PESO UNITARIO
	<u>Super King Kong</u>	9cmx14cmx24cm	3.5 kg
	<u>King Kong 13</u>	9cmx13cmx24cm	3.3 kg
	<u>King Kong estándar</u>	9cmx13cmx24cm 9cmx11cmx24cm 9cmx12cmx24cm	3.0 kg
	<u>King Kong 10 Cara vista</u>	9cmx10cmx23cm	2.6 kg

FIGURA	NOMBRE	MEDIDA	PESO UNITARIO
	<u>Blocker 12</u>	12cmx20cmx30cm	5.6 kg
	<u>Blocker 10</u>	10cmx20cmx30cm	4.5 kg
	<u>Blocker 15</u>	15cmx20cmx30cm	6.5 kg

FUENTE: (LADRILLERA LATESA, LADRILLERA DEL DISTRITO DE SAN JERONIMO).

- Unidades sílice – calcáreas:** Se produce de varias modalidades, como bloques, ladrillos y unidades apilables. La materia prima consiste de cal hidratada (10%) y arena (con un 75% de sílice), lo que da lugar a unidades de color blanco grisáceo, aunque puede añadirse pigmentos que le proporcionan otras tonalidades. La dosificación de los materiales (incluyendo agua) se hace en peso, y para el moldeo de las unidades se utilizan prensas mecánicas o hidráulicas. Luego las unidades se endurecen curándolas a vapor en cámaras “autoclave” con elevada presión (entre 8 a 17 atm). Durante este proceso la cal reacciona químicamente con el silicio, formando un agente cementante (silicato calcio hidratado) que une las partículas de arena. Las ventajas de estas unidades sobre las de arcilla es que sus dimensiones entre el estado crudo y el producto terminado prácticamente no varían. La principal desventaja de estas unidades es que su textura es suave con poros muy cerrados, esto hace que la adherencia mortero – unidad sea reducida, por esta razón últimamente se han producido unidades sílice – calcáreas con estrías y perforaciones en su superficie de asiento. **(Construcciones de**



albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, pag. 110, 2001).

- **Unidades de concreto:** Las unidades de concreto pueden ser ladrillos y bloques. Se producen en los tipos sólidos y huecos. El formato de las unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión o vibración, o por una combinación de ambos. El color de las unidades es gris o gris verdoso. Las unidades se hacen casi exclusivamente de cemento portland, agregados graduados y agua. El arte de producir unidades de concreto consiste en obtener una resistencia adecuada con la mínima densidad y con el mínimo contenido de cemento, de modo que sea posible reducir al mínimo el costo de los materiales y el riesgo de producir unidades con excesiva contracción de fragua.

Proceso de fabricación: debido al relativamente bajo contenido de cemento utilizado en la mezcla, y por la necesidad de que esta esté lo suficientemente cohesionada, es importante que el concreto sea mezclado de forma totalmente homogénea. En el caso de máquinas sofisticadas, ponedoras o estacionarias, la maquina distribuye automáticamente el concreto en el molde, lo compacta y lo desmolda repitiendo el ciclo. El largo y el ancho de las unidades están controlados por las dimensiones del molde, y solo se varía con el desgaste de este. Una vez que las unidades (particularmente los bloques) dejan el molde deben ser trasladados cuidadosamente, para evitar daños hasta adquiera la resistencia adecuada para su manipuleo. Después de desmoldar las unidades, estas deben ser maduras. Esto implica, por lo menos, su curado húmedo bajo condiciones ambientales hasta el desarrollo de la resistencia requerida. Es común el curado de los bloques en cámara de vapor a baja presión, a temperaturas que van de 50 a 70 °C en procesos que incluyen el aumento gradual, la mantención y la reducción paulatina de la temperatura, y que duran entre 12 y 18 horas. **(Análisis, Diseño y Construcción en Albañilería, Julio Arango Ortiz, 1ra edición, pag.15, 2002)**

2.2.2.4. Limitaciones en su aplicación

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

TABLA N° 03
DESCRIPCIÓN: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

2.2.2.5. Propiedades y ensayos de clasificación

Las propiedades principales de las unidades de albañilería deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. En ese contexto, las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural son:

- ✓ Resistencia a la compresión.
- ✓ Resistencia a la tracción, medida como resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión.
- ✓ Variabilidad dimensional con relación a la unidad nominal, o mejor con respecto a la unidad promedio, y principalmente a la variabilidad de altura de la unidad.
- ✓ Alabeo, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento.



- ✓ Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento.
- ✓ Textura de la cara de asiento.

Las principales propiedades relacionadas con la durabilidad son:

- ✓ Resistencia a la compresión.
- ✓ Absorción.
- ✓ Absorción máxima.
- ✓ Coeficiente de saturación.

Existen adicionalmente, propiedades vinculadas a su apariencia tales como el color y la textura de las caras expuestas. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.109, 2005)**

La norma E. 070 indica que por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccione al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuaran las pruebas de variación de dimensiones y alabeo.

Luego cinco de estas unidades se ensayaran a compresión y las otras cinco a absorción. La norma E.070 define en su tabla las características para el diseño estructural, las que dependen de: 1) la variación de dimensiones; 2) el alabeo y 3) la resistencia a compresión de la unidad. **(Norma E.070 Albañilería, 2006)**

TABLA N° 04
DESCRIPCIÓN: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

TABLA 1 CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

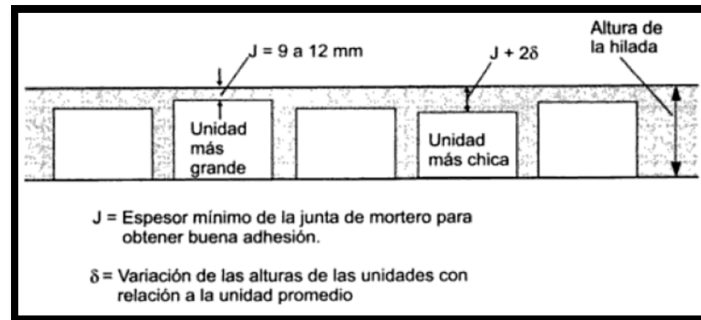
FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

2.2.2.5.1. Variación dimensional.

La prueba de variación dimensional es necesario efectuarla para determinar el espesor de las juntas de la albañilería. Debe hacerse notar que por cada incremento de 3mm en el espesor de las juntas horizontales (adicionales al mínimo requerido de 10 mm), la resistencia a compresión de la albañilería disminuye en un 15 %; asimismo, disminuye la resistencia al corte.

En la unidad se miden las tres dimensiones: largo x ancho x altura (L x B x H), en milímetros. El largo y el ancho se refieren a la superficie de asiento. Es importante mencionar que las dimensiones nominales (comerciales) usualmente incluyen 10 mm de junta. (**Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, (pag. 113), 2001).**

FIG. N° 19
DESCRIPCIÓN: Determinación de la altura de la hilada.



FUENTE: (GALLEGOS Y CASABONNE, 2005)

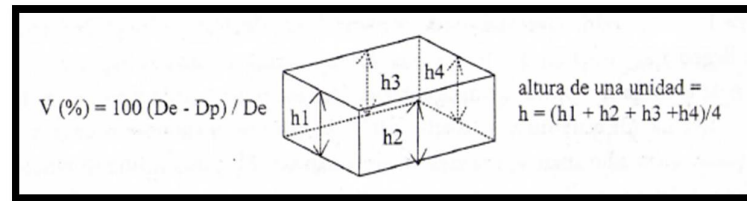
La manera como se calcula la variación dimensional (V) es:

- ✓ La dimensión de cada arista espécimen ($D=L, b, h$) se toma como el promedio de cuatro medidas en mm en la parte media de cada cara.
- ✓ Luego, por cada arista, se calcula el valor promedio (D_p) de toda la muestra; este valor se resta de la dimensión especificada por el fabricante (D_e) y luego se divide entre " D_e ".
- ✓ Sin embargo, probabilísticamente, es mejor relacionar la variación dimensional con la dispersión de resultados respecto al valor promedio, de la siguiente manera:

$$V(\%) = 100 \left(\frac{\delta}{D_p} \right); \text{ Donde } \delta = \frac{\sqrt{\sum (D_i - D_p)^2}}{(N - 1)} \text{ desviación estándar}$$

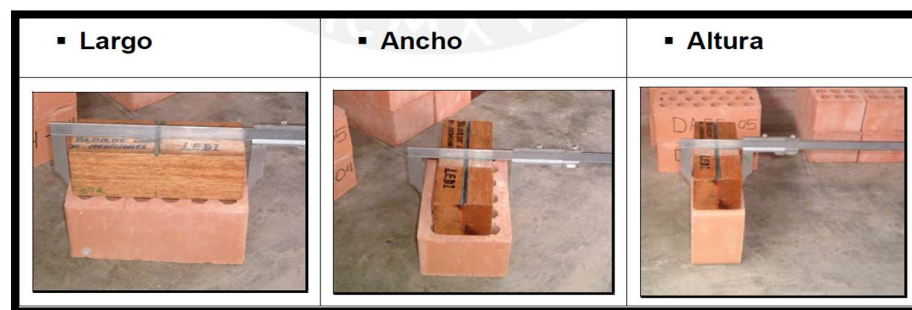
(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, (pag. 114), 2001).

FIG. N° 20
DESCRIPCIÓN: Forma de medición de unidades de albañilería.



FUENTE: (ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, Febrero de 2011)

FIG. N° 21
DESCRIPCIÓN: Procedimiento de medición de cada lado de la unds.



FUENTE: (Dante Eddo Bonilla Mancilla, Tesis PUCP, pag.27, 2006)

2.2.2.5.2. Alabeo.

El mayor alabeo (concavidad o convexional) del ladrillo conduce a un mayor espesor de la junta. Asimismo, puede disminuir el área de contacto con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad por el peso existente en las hiladas superiores de la albañilería. Esta prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonales opuestos de la unidad, para después introducir las cuña en el punto de mayor deflexión. El resultado promedio se expresa en milímetros. (Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, (pag. 114), 2001).



➤ **Aparatos**

- Varilla de acero con borde recto.
- Regla o cuña de medición: una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1mm, o alternativamente una cuña de medición de 60mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.
- Superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y plana en el rango de 0,025 mm.

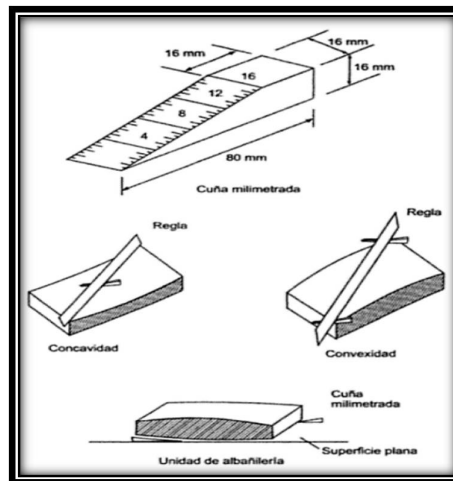
➤ **Especímenes**

Usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño, los especímenes se ensayaran tal cual se los recibe, únicamente se eliminara con una brocha el polvo adherido a las superficies.

➤ **Procedimiento**

Superficies cóncavas: en los casos en los que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocara la varilla de bore recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie. **(Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, NTP 399.63)**

FIG. N° 22
DESCRIPCIÓN: Medición de alabeo (concavidad y convexidad).



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

2.2.2.5.3. Resistencia a la compresión

Los especímenes para medir la resistencia a compresión son unidades secas, sobre cuyas superficies de asiento se coloca capping de yeso o neopreno (si la unidad tiene mucho alabeo, debe colocarse un capping de cemento). Luego, se aplica la carga axial a una velocidad de desplazamiento entre los cabezales de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min; o, en todo caso, se controla la velocidad de carga de manera que se llegue a la rotura en 3 o 5 minutos. La resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta para todo tipo de unidad (sólida o hueca) o entre el área neta (unidades huecas). Siendo el Área Bruta (superficie de la cara de apoyo del ladrillo incluyendo el área de las perforaciones huecas) y área neta (superficie de la cara de apoyo del ladrillo, que no incluye las perforaciones ni los huecos; solamente se contabilizan las paredes). Debe hacerse notar que la resistencia a compresión (f'_{b}) expresa solo la calidad de la unidad empleada, ensayada bajo las mismas condiciones. Por ejemplo, a mayor resistencia se obtendrá mayor densidad y una mejor durabilidad de la unidad. Esto se debe a que el valor f'_{b} depende de la altura de la probeta (a menor altura, mayor resistencia), del capping empleado y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los cabezales de la máquina de ensayos. **(Construcciones de**

albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Angel San Bartolome, (pag. 115), 2001).

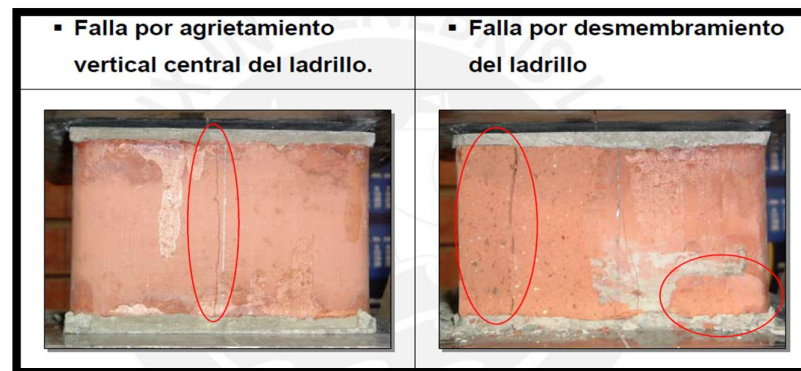
FIG. N° 23
DESCRIPCIÓN: Ensayo de compresión de unidades.



FUENTE: (Daniel Quiun Wong, Proy. Investigación SENCICO, pag.39, 2006)

Se ensayaran unidades secas, de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud de la unidad ± 25 mm. Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de 90 cm^2 . se deberá ensayar como mínimo cinco especímenes. Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras, en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio. (**Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, NTP 399.63**)

FIG. N° 24
DESCRIPCIÓN: Formas de falla en el ensayo de compresión.



FUENTE: (Dante Eddo Bonilla Mancilla, Tesis PUCP, pag.27, 2006)

2.2.2.5.4. Succión

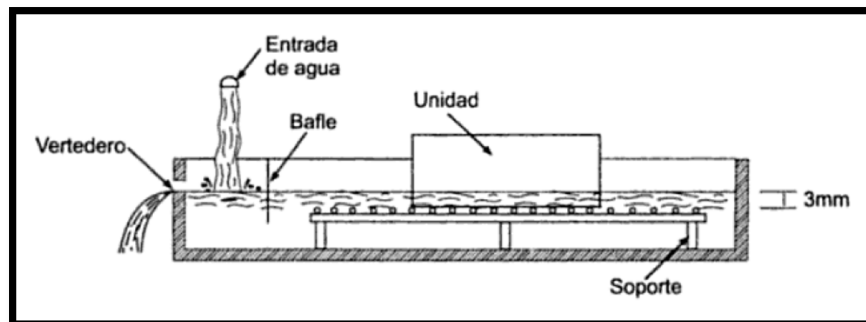
La succión es la medida de la avidéz de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es una de las características fundamentales para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. Está demostrado que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra, usando métodos ordinarios de la construcción, uniones adecuadas en el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida de agua que es absorbida por la unidad-se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. Se considera que para succiones mayores de 40 gramos por minuto en un área de 200 cm² es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de asiento. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.117, 2005)

El ensayo de succión emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo. El espécimen después de secado (P_s), se coloca sobre los soportes durante un minuto; luego se retira, se seca la superficie con un paño y se pesa (P_m).

$$Succión = \frac{(P_m - P_s) \times 200}{A}$$

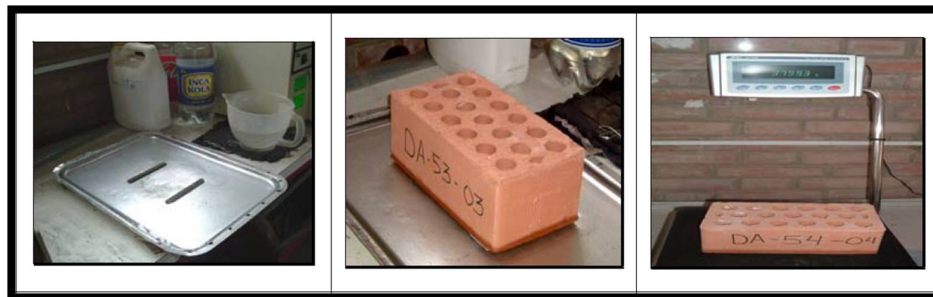
Donde P_m y P_s son los pesos antes indicados en gramos y A es el área de contacto de la unidad con el agua en centímetros cuadrados. La succión se expresa en gramos/200 cm²/minuto o, simplemente, en gamos. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.122, 2005)

FIG. N° 25
DESCRIPCIÓN: Disposición para el ensayo de succión.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

FIG. N° 26
DESCRIPCIÓN: Procedimiento para medir la succión.



FUENTE: (Dante Eddo Bonilla Mancilla, Tesis PUCP, pag.39, 2006)

2.2.2.5.5. Absorción

En el ensayo de absorción se mide la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas, y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento

antes dicho, luego de eso se vuelve a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.124, 2005)

FIG. N° 27
DESCRIPCIÓN: Procedimiento de medición de absorción de las unds.



FUENTE: (Dante Eddo Bonilla Mancilla, Tesis PUCP, pag.31, 2006)

2.2.2.6. Aceptación de la unidad de albañilería.

- Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40 % para unidades producidas artesanalmente, se ensayará otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.
- La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.



- La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. **(Norma E.070 Albañilería, 2006)**

2.2.3. Morteros

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerante y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. **(Norma E.070 Albañilería, 2006)**

La función principal del mortero es pegar o unir entre si las unidades de albañilería; actuando como un adhesivo siendo su propiedad más importante. A mayor adhesividad mayor será la resistencia a la tracción del muro de albañilería. La cantidad de agua de amasado de las mezclas para asentado de ladrillos es aquella que asegura la efectiva adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería, y a la vez, confiera al mortero la necesaria trabajabilidad. **(Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería, Flavio Abanto Castillo, (1ra edición), pag.49, 2007)**

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, en tanto que la cal le proporciona trabajabilidad y retentividad (evita que el agua se evapore rápidamente). La función de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, permitiendo el asentado de varias hileras en una jornada de trabajo; adicionalmente, la arena atenúa la contracción por secado, por lo que se recomienda; no usar arena fina y lavar la arena gruesa, si ella tuviese mucho polvo. La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar al cemento. **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 118, 2001).**

2.2.3.1. Componentes del mortero

- Material aglomerante.
 - ✓ Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
 - ✓ Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
 - ✓ Una mezcla de cemento portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002
- El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales.
- El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica. **(Norma E.070 Albañilería, 2006)**

2.2.3.1.1. Cemento

Según Adam N. Neville, “el cemento puede definirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar todo un compacto”, aunque a esta definición puede agregársele que tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas durante la hidratación y que al endurecer, conservará su resistencia y estabilidad.

Se utiliza básicamente cemento normalizado portland tipo I y cemento adicionado puzolánico; excepcionalmente se emplea cemento portland tipo II (resistente a los sulfatos). El peso volumétrico del cemento es de 1500 kg/m³, y se comercializa en bolsas de 1 pie cúbico (0.0283 m³) con 42.5 kg de peso. En el Perú hubo dos intentos para introducir cemento de albañilería (mezcla de cemento portland, puzolana y escorias, cal hidráulica con piedra caliza, tiza, talco, arcillas, conchas marinas, etc.), sin éxito. Con estos cementos, las mezclas usuales 1:4 tuvieron resistencias a compresión 10 veces menores que las obtenidas con cemento portland tipo I. **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 122, 2001).**



A continuación se da una descripción de los tipos de cementos, antes mencionados, utilizados para el mortero en albañilería.

A.- Cemento portland

Los cementos portland son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos pulverizando el Clinker, que consiste esencialmente en silicatos cálcicos hidráulicos a los que se ha incorporado, como adición en la molienda, una o más formas de sulfatos cálcicos. Los cementos cuya utilización es aceptable en los morteros son, normalmente, los cementos portland de los tipos I y tipo II excepcionalmente. La resistencia estándar de los cementos portland está entre 22 y 28 MPa a los 28 días. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.149, 2005)**

B.- Cementos adicionados

Los cementos adicionados incluyen los cementos puzolanicos y los cementos de escorias. Ellos son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos de la mezcla, íntima y uniforme, de cemento portland y de puzolanas o escorias finamente molidas. Esta mezcla se logra generalmente por la molienda conjunta del Clinker y la sustancia adicionada. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.150, 2005)**

C.-Cementos de albañilería

Los cementos de albañilería son aglomerantes hidráulicos destinados específicamente a ser ingredientes del mortero en la construcción de la albañilería. Ellos contienen normalmente, uno o más de los siguientes aglomerantes hidráulicos: cemento portland, cemento portland adicionado con puzolanas, cemento natural, cemento de escoria y cal hidráulica y , en adición, uno o más materiales como cal hidratada, piedra caliza, tiza, talco, conchas marinas, escoria y arcilla, usualmente de acuerdo con fórmulas registradas industrialmente. Para ser aceptables, los cementos de albañilería deben satisfacer requisitos físicos de finesa, expansión en autoclave, tiempo de fragua inicial y final, resistencia a la compresión, contenido de aire y retención de agua. Los límites de estos requisitos



están señalados en la normativa específica. En cualquier caso, debe anotarse que el cemento de albañilería es un material sustancialmente distinto al cemento portland, y está destinado exclusivamente, tal como se ha señalado anteriormente, a ser aplicado en mortero para albañilería. Las resistencias estándar de los cementos de albañilería están entre 6 MPa (tipo N) a 28 MPa (tipoM). **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.150, 2005)**

2.2.3.1.3. Agregados

El agregado para utilización en morteros de albañilería deberá consistir en arena natural o arena manufacturada. La arena manufacturada es el producto obtenido por molienda de piedra, grava, o escoria de alto horno enfriada al aire, especialmente procesado para asegurar partículas de forma y gradación apropiadas. **(Especificación Normalizada De Agregados Para Morteros De Albañilería, NTP 399.607).**

La arena natural es siempre producida por la acción erosiva de los ríos sobre las rocas y puede encontrarse en depósitos ribereños, lacustres, marinos o eólicos. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.152, 2005)**

Puede ser arena natural o manufacturada o una combinación de ambas. La arena deberá cumplir con lo establecido en la norma ASTM C-144, la que entre sus principales parámetros tiene los siguientes: **(Guía Práctica De Cemento, Cementos Lima, pág.20, 2008)**

- Módulo de fineza: 2.3 a 2.80
- Partículas friables: 1%
- Gravedad específica: 2
- Partículas livianas: 0.5%
- Libre de materia orgánica

A.- Propiedades de los Agregados

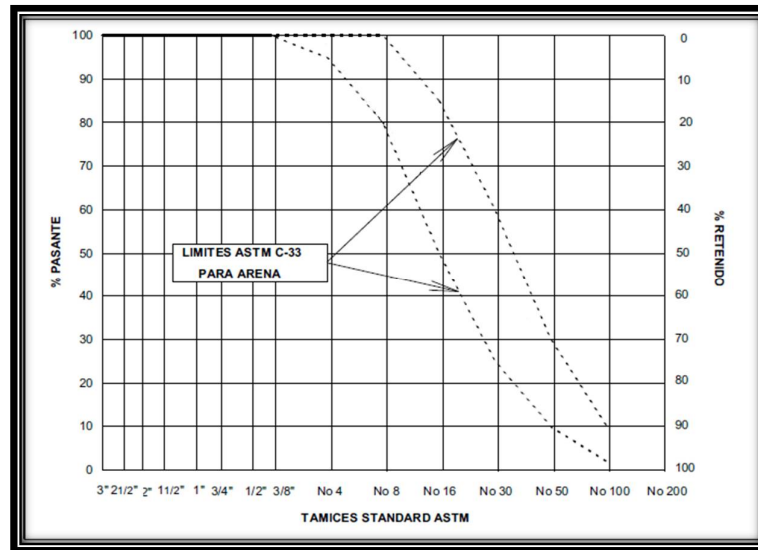
- **Granulometría:** Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semi-logaritmico que permite apreciar la distribución acumulada. Otro concepto importante es el del Tamaño máximo, en términos generales significa el menor tamiz por el que pasa todo el agregado tamizado. Se define operativamente como tamaño máximo nominal el correspondiente al menor tamiz que produce el primer retenido. (Tópicos De Tecnología Del Concreto En El Perú, Enrique Pasquel Carbajal, 2da edición, pag 90, 1998)

TABLA N° 05
DESCRIPCIÓN: Tamices estándar según la norma ASTM C 144-76

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3.0000	75.0000
1 1/2"	1.5000	37.5000
3/4"	0.7500	19.0000
3/8"	0.3750	9.5000
No 4	0.1870	4.7500
No 8	0.0937	2.3600
No 16	0.0469	1.1800
No 30	0.0234	0.5900
No 50	0.0117	0.2950
No 100	0.0059	0.1475
No 200	0.0029	0.0737

FUENTE: (TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO, 1998)

TABLA N°06
DESCRIPCIÓN: Curva granulométrica ASTM



FUENTE: (TOPICOS DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO, 1998)

El agregado para la utilización en morteros de albañilería deberá ser graduado dentro de los siguientes límites, dependiendo de si está siendo utilizada arena natural o manufacturada. (**Especificación Normalizada De Agregados Para Morteros De Albañilería, NTP 399.607**).

TABLA N° 07
DESCRIPCIÓN: Granulometría del agregado, para morteros

Tamaño de tamiz	Porcentaje que pasa	
	Arena natural	Arena manufacturada
4,75 mm (N° 4)	100	100
2,36 mm (N° 8)	95 a 100	95 a 100
1,18 mm (N° 16)	70 a 100	70 a 100
600 µm (N° 30)	40 a 75	40 a 75
300 µm (N° 50)	10 a 35	20 a 40
150 µm (N° 100)	2 a 15	10 a 25
75 µm (N° 200)	0 a 5	0 a 100

FUENTE: (NTP399.607)

- **Módulo de fineza:** Según Duff Abrams, se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulativos de la serie Standard hasta el tamiz N°100 y esta cantidad se divide entre 100. (**Tópicos De Tecnología Del Concreto En El Perú, Enrique Pasquel Carbajal, 2da edición, pag 92, 1998**)

El módulo de fineza (suma de los porcentajes retenidos por las mallas 100, 50, 30, 16, 8 y 4, dividido entre 100) debe estar comprendido entre 2.3 y 2.8. (**Norma ASTM C144-11**)

- **Sustancias nocivas:** La cantidad de sustancias nocivas en el agregado para morteros de albañilería, se determinara sobre muestras independientes que cumplan con los requisitos de gradación, no deben exceder lo siguiente: (**Especificación Normalizada De Agregados Para Morteros De Albañilería, NTP 399.607**).

TABLA N° 08
DESCRIPCIÓN: Sustancias nocivas.

Ensayo	Porcentaje máximo permisible en peso
Partículas friables	1,0
Partículas livianas, flotante en líquido con p.e. de 2,0	0,5*

* Este requisito no es aplicable a escorias de alto horno

FUENTE: (NTP399.607)

- **Impurezas orgánicas:** El agregado deberá estar libre de cantidades nocivas de impurezas orgánicas. No serán aceptados los agregados sujetos a ensayos de impurezas orgánicas y que produzcan un color más oscuro que le normalizado. El agregado que no cumpla con el ensayo podrá ser utilizado, siempre que la coloración sea debida principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de carbón, lignito o partículas similares. El agregado que no cumpla con el ensayo podrá ser utilizado, siempre que ensayado para efectos de impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, la resistencia relativa a los 7 días, calculadas, no sea menor del 95%. (**Especificación Normalizada De Agregados Para Morteros De Albañilería, NTP 399.607**).



B.- Requisitos de uso de los agregados

La norma que especifica las propiedades de los agregados es la ASTM C144-03 "Standard Specification for Aggregate for Masonry Mortar" (Especificación estándar para agregados de morteros de mampostería).

Las propiedades a cumplir con dicha norma son:

- a. El agregado fino utilizado en morteros de albañilería, revestimientos relleno debe de ser limpio y bien gradado. Su selección depende de la disponibilidad de él en la zona (depósitos aluviales, de cantera, etc.), costo de explotación y transporte y de su eventual comportamiento en el mortero en cuanto a consistencia, resistencia y tamaños existentes representados en el módulo de finura.
- b. De la graduación del agregado depende en un alto porcentaje la trabajabilidad y la penetración de humedad. Los módulos de finura bajos requieren más agua que los gruesos para una misma consistencia, por lo cual se generan morteros frágiles y porosos. Por otra parte, si se aumenta el módulo de finura, para una consistencia dada, el contenido de cemento disminuye.
- c. Por lo general las arenas naturales (depósitos, sedimentarios, ríos, etc.) producen morteros de resistencias más altas que las de cantera, obtenidas por medio de voladura, o por trituración, siendo este efecto más notorio en morteros pobres de cemento.

La norma E070 indica que no debe quedar retenido más del 50% de la arena entre 2 mallas ASTM E-11 consecutivas; Finalmente, no debe usarse arena de playas marinas, en vista de que las sales que ellas contienen producirían la eflorescencia del mortero y la corrosión del refuerzo.



2.2.3.1.4. Agua

El agua deberá estar limpia y libre de aceites, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos, u otras sustancias dañinas al mortero. (**Especificación Normalizada Para Morteros, NTP 399.610**).

El agua es el único componente que determina la consistencia o fluidez del mortero. Está probado que para lograr la máxima adhesión debe buscarse la máxima consistencia compatible con el manipuleo del mortero con el badilejo; y que debe añadirse agua para recuperar la consistencia perdida por secado del mortero, siempre y cuando esto se haga antes del inicio de la fragua inicial del cemento. Este inicio puede establecerse una hora y media en climas calientes y dos horas en climas fríos. Se recomienda el uso del agua doméstico. (**Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.158, 2005**)

A.- Requisitos de calidad de agua para el concreto

Puede ser agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano. El agua empleada para amasar y curar el concreto debe tener colorantes nulas, ser clara, libre de glúcidos (azúcares), ácidos, álcalis, materias orgánicas, aceite. El agua debe estar dentro de los límites siguientes:

- El contenido máximo de materia orgánica, expresada en experiencia consumido, será de 3ppm.
- El contenido de residuos sólidos no será mayor de 5000ppm
- El pH estará comprendido entre 5.5 y 8.
- El contenido de sulfatos, expresado en ion SO_4 será menor de 600ppm.
- El contenido de cloruros, expresado en ion Cl , será menor de 1000ppm.
- El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) será mayor de 1000ppm.



El pH del agua debe estar en promedio en 7 (estado neutro), cuando el $\text{pH} < 6$ (agua acida) daña severamente el concreto (especialmente el acero) de preferencia debe emplearse agua potable. **(NTP 339.088, HORMIGON (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento portland.)**

2.2.3.2. Propiedades del mortero

Se debe distinguir dos fases o estados del mortero, estado fresco y estado endurecido, para definir sus propiedades.

2.2.3.2.1. Propiedades en estado plástico

Cuando los morteros se encuentran en estado manipulable, estos presentan ciertas características que definen su comportamiento e influyen en cómo reaccionará en estado endurecido.

A.- Trabajabilidad

Es necesario que el mortero se extienda sobre toda la superficie (vertical y horizontal) de la unidad por asentar, para lo cual debe ser trabajable. Una forma práctica de comprobar la extensión del mortero consiste en pegar dos unidades y separarlas después de un minuto, deberá observarse que el mortero cubra toda la superficie de la unidad superior. Por lo expuesto, es necesario que la unidad tenga una succión adecuada al instante de asentarla, de manera que su superficie se encuentre relativamente seca (para que absorba el cementante del mortero) y su núcleo este saturado, de modo que la misma unidad sirva para curar al mortero (evita que se agriete al secarse). En las unidades que deban asentarse en seco (bloques de concreto y ladrillo silicos-calcareos), se recomienda adicionar $\frac{1}{2}$ volumen de cal hidratada y normalizada, para así mejorar la retentividad del mortero. **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 120, 2001).**

B.- Consistencia (temple o fluidez)

Se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo. Para determinar la fluidez en obra, se puede utilizar la prueba de revenimiento (slump o asentamiento) en el cono de abrams,



recomendándose que este sea de 6 pulgadas. En el laboratorio se realiza un ensayo en la mesa de sacudidas. **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 120, 2001).**

C.- Retentividad

Se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo. **(Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 120, 2001).**

La retentividad se evidencia por la capacidad del mortero de permanecer trabajable después del contacto con la primera unidad, lo que permite el asentado cómodo de la unidad superior y, así, la homogeneización de la adhesión. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.141, 2005)**

D.- Velocidad de endurecimiento

Este inicio puede establecerse una hora y media en climas calientes y dos horas en climas fríos. Los tiempos de fraguado del mortero dependen de diversos factores como las condiciones del clima, la composición de la mezcla o la mano de obra, hoy son más fáciles de controlar, con el uso de aditivos. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.158, 2005)**

E.- Masa Unitaria

Por lo general la densidad o masa unitaria de un material es un indicador de la resistencia del mismo, si se tiene un mortero muy denso es probable que su resistencia sea alta; siendo lo contrario para morteros menos densos. El término densidad significa la relación existente entre la masa de una cantidad dada de mortero y el volumen absoluto que ocupa dicha masa, este es un parámetro fundamental para obtener el contenido de aire atrapado en el mortero. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 14).**

TABLA N° 09
DESCRIPCIÓN: Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria

Tabla II. Clasificación de los morteros de acuerdo a su masa unitaria

TIPO DE MORTERO	MASA UNITARIA (kg/m ³)
Liviano	1,400 - 1,600
Mediano	1,600 - 1,850
Pesado	1,850 - 2,200

Fuente: Carlos Saba. Evaluación de la incidencia de la cal en las propiedades físico-mecánicas de tres tipos de mortero de albañilería. Pág. 32

FUENTE: (Carlos saba)

2.2.3.2.2. Propiedades en estado endurecido

A.- Retracción

Se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en pastas con una alta relación agua-cemento. El agregado soluciona el problema en parte, especialmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita los cambios de volumen y el peligro de agrietamiento. En zonas calurosas y de muchos vientos, el agua de mezclado tiende a evaporarse produciendo tensiones internas en el mortero, que se expresan en la formación de visibles grietas. Lo mismo ocurre si la base es muy absorbente. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la composición química del cemento. Para evitar la retracción es conveniente usar cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y agregados de buena granulometría con pocos finos. (**Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 15**).

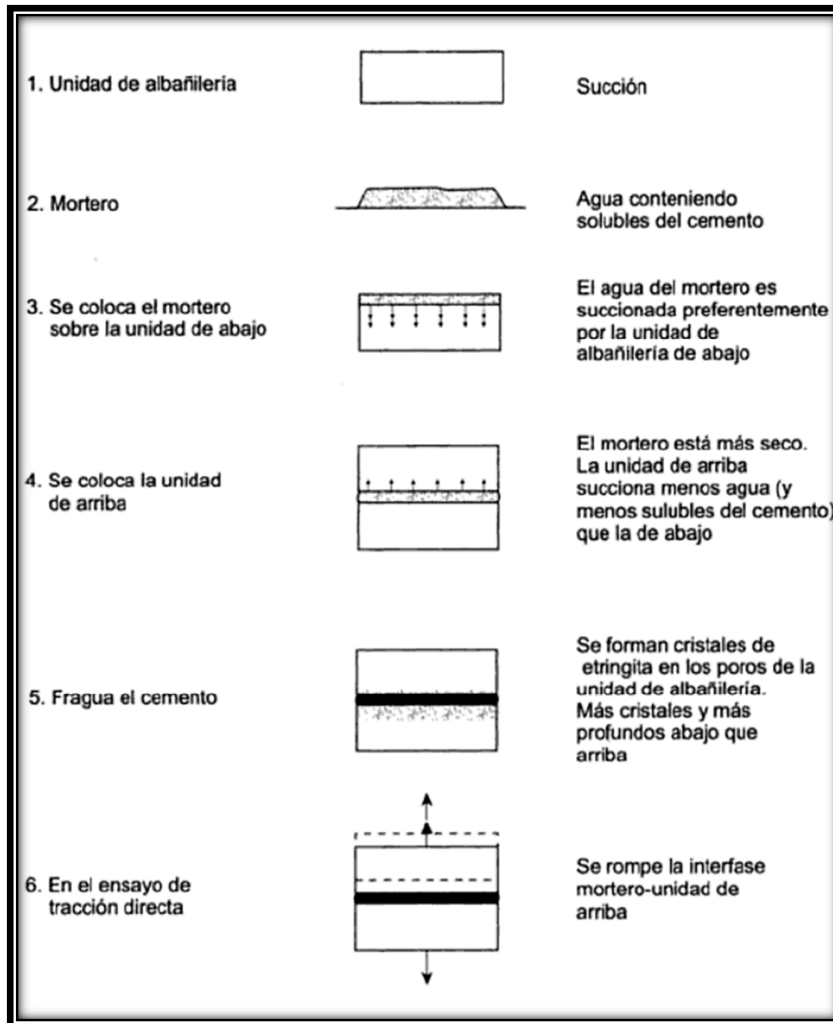
B.- Adherencia

Si los materiales inertes son capilarmente porosos y tienen superficies rugosas, además de atraerse físicamente, se unen mecánicamente. Esta unión provee adhesión considerable – la adhesión entre la pasta de cemento y



superficies porosas y ásperas supera 10Kg/cm^2 – y suministra casi toda la adhesión que existe entre ellos. Este es el caso del mortero y la unidad, cuya adhesión es de naturaleza exclusivamente mecánica. El proceso por el cual se logra la unión mecánica entre el mortero y la unidad es, de manera simplificada como sigue; 1) tan pronto el mortero entra en contacto con la unidad, esta absorbe agua de aquel. Este proceso puede durar entre unos minutos y algunas horas de producido el contacto, dependiendo de la estructura de poros de la unidad; 2) el agua transporta materiales cementicios; 3) estos son introducidos en el proceso de absorción del agua en los poros capilares de la unidad; 4) al hidratar y cristalizar los materiales cementicios en los poros de la unidad se crea el engrape mecánico entre la unidad y el mortero. Los análisis de la interface de contacto entre el mortero y la unidad han identificado a la etringita – sulfoaluminato tricalcico hidratado, uno de los productos de la hidratación del cemento – como la sustancia que forma, en los poros de la unidad, cristales hexagonales en forma de agujas, con un diámetro de $0,05\mu\text{m}$. (**Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.131, 2005)**)

TABLA N° 10
DESCRIPCIÓN: Mecánica de Adhesión.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005)

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades que la misma tiene, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y la humedad. (Construcciones de albañilería-comportamiento sísmico y diseño estructura- 3ra edición, Ángel San Bartolomé, pag. 118, 2001).



C.- Resistencia a la Compresión

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

Hay dos leyes fundamentales que se aplican a la resistencia de un mortero compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregado, la primera dice: “con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero”; y la segunda: “con el mismo porcentaje de cemento en volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquél que tenga la mayor densidad, o sea aquél que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos”. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 16).**

La resistencia a la compresión del mortero, al igual que la adhesión, deviene una característica que no le es propia, sino que está relacionada con la unidad de albañilería con la que sea utilizado; además, esta resistencia será bastante mayor que la que indican los testigos elaborados en moldes impermeables. En cualquier caso, la determinación de la resistencia del mortero a la compresión tiene escasa importancia práctica; su fin es solo la investigación. En este contexto, al iniciar un proceso de ensayo conviene definir, desde el inicio, las características de los testigos, la edad de prueba y los procedimientos que se emplearan para medir esta propiedad de manera sistemática. **(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.149, 2005)**

D.- Durabilidad

La durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. En general, se cree que morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena



durabilidad, sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambiente agresivo. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 17).**

E.- Permeabilidad

La permeabilidad es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes, pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto, es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 17).**

F.- Eflorescencia

La eflorescencia es causada por el movimiento de agua de adentro hacia fuera de la pared y la cristalización de las sales solubles. Ya que todos los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua, que al contacto de con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 17).**

G.- Apariencia

Un aspecto que tiene importancia en el mortero es su apariencia, especialmente en mampostería de bloques a la vista. Es este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de superficies. El color y la textura pueden mejorarse con colorantes inorgánicos o con aditivos especiales. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 18).**



2.2.3.3. Tipo de mortero

2.2.3.3.1. Morteros de cemento hidráulico

Cuando se requieren altas resistencias iniciales o resistencias elevadas del mortero, se pueden utilizar como aglomerantes los cementos naturales o los cementos portland. La confección de este mortero, ha de efectuarse de un modo continuo, de manera tal que entre el mezclado y la colocación en obra haya el menor tiempo posible debido a lo rápido del fraguado del cemento. Por ello se acostumbra a mezclar en obra, primero el cemento y la arena y luego se añade el agua. Desde luego, la cantidad de cemento no puede disminuir mucho, ya que si la mezcla es muy pobre en aglomerante, ésta se hace áspera e intrabajable porque las partículas de arena rozarán entre sí, al no existir la pasta lubricante de cemento. **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 18).**

2.2.3.4. Usos

En muchos países existe una amplia tecnología del mortero, desarrollada debido a su utilidad en las obras de mampostería estructural, en las cuales se distinguen dos tipos de mortero, el de levantado y el de relleno. El primero es el elemento que une a las unidades de mampostería y el segundo consiste en una mezcla fluida de concreto que se vierte en el interior de los muros con el objeto de aumentar la sección neta resistente del muro y proveer la unión entre la mampostería y el refuerzo (conocido en nuestro medio como grout). **(Tesis de Morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería, Jose Mauricio Arriola Donis, pag 20).**

2.2.3.5. Clasificación por la preparación del mortero

2.2.3.5.1. Morteros artesanales

Son aquellos que se preparan a mano de obra sobre una superficie limpia, resolviendo la mezcla seca cemento – arena (opcionalmente se adiciona cal) hasta lograr color uniforme, para después echarle agua a criterio del albañil, hasta obtener una mezcla trabajable. **(Ángel San Bartolomé, Daniel Quiun y Wilson silva, Diseño y Construcción de Estructuras Sismoresistentes de Albañilería, pag 68)**

FIG. N° 28
DESCRIPCIÓN: Mortero Artesanal



FUENTE: (ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, Febrero de 2011)

2.2.3.6. Dosificación del mortero

El objetivo que condiciona la determinación de las proporciones de los morteros es la obtención de un material pastoso, pegajoso y retentivo, que sea trabajable con el badilejo y que provea adhesión fuerte, completa y durable con las unidades de albañilería.

- La proporción de cal debe ser la necesaria para alcanzar por lo menos la retentividad mayor que 0.75.
- La proporción de arena debe ser la máxima posible siempre y cuando el cemento y la cal llenen íntegramente los vacíos, y
- La cantidad de agua debe ser la necesaria para lograr la consistencia entre 100 y 150%.(Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.159, 2005)

Se especifica las proporciones volumétricas de la mezcla, clasificándola con las siglas “P” para su empleo en muros portantes y “NP” para muros no portantes, y se deja como alternativa emplear cal en el mortero. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

TABLA N° 11
DESCRIPCIÓN: Tipos de Mortero.

TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

2.2.3.7. Mortero en tabiquería

2.2.3.7.1. Elaboración del mortero

El mezclado del mortero debe hacerse a máquina. El hacerlo a mano conlleva heterogeneidad y, consecuentemente, variabilidad importante en todas sus propiedades. Las mezcladoras tipo trompo de un pie cubico de capacidad son, en general, adecuadas. El tiempo de mezclado debe prolongarse hasta obtener una mezcla homogénea; no es conveniente que sea menor de 3 minutos. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.162, 2005)

2.2.3.7.2. Espesor de las juntas de mortero

El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será de 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de las unidades de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

2.2.3.7.3. Asentado de unidades

Las unidades de albañilería se asentaran con las superficies limpias de polvo y sin agua libre. El asentado se realizara presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas. El tratamiento de las unidades de albañilería al asentado será el siguiente:

- Para concreto y silico-calcario: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.



- Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentre ubicada la obra, regarlas durante media hora previo al asentado. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas este comprendido entre 10 a 20 gr/200 cm²-min.

Para el asentado de la primera hilera, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobre cimienta según sea el caso), se procederá con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiara de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada. No se asentara más de 1.30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente solidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminara sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizara al iniciarse la segunda jornada. El tipo de aparejo a utilizar será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

2.2.3.7.4. Ritmo de construcción

No se asentara más de 1.30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de la albañilería con unidades apilables, se podrá levantar el muro en su altura total y en la misma jornada deberá colocarse el concreto líquido. (Norma E.070 Albañilería, 2006)

2.2.3.7.5. Curado de mortero

Cuando se realiza humedeciendo también la unidad de albañilería, tiene efectos dañinos ya que producirá expansión y luego contracción de las unidades de concreto y será origen de figuración. San Bartolome demostró que la adhesividad mortero/unidad de albañilería, reflejara en su resistencia a tracción por flexión, mejora sustancialmente cuando el mortero es curado con agua, con relación a especímenes no curados. En este caso la aplicación fue con brocha para no humedecer la unidad. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.163, 2005)



2.2.4. Ensayos para determinar las propiedades del mortero para la investigación

2.2.4.1. Ensayo de resistencia a flexión por adherencia

Este ensayo para la siguiente investigación se realiza según la ASTM E518: Standard Test Methods for Flexural Bond Strength of Masonry (Métodos de prueba estándar para la resistencia a la flexión de la unión de la mampostería).

2.2.4.1.1. Resumen del método

Este método de ensayo cubre la determinación de la resistencia de adherencia por flexión de ensamblajes de mampostería no reforzada. Se presentan dos procedimientos.

- Método de ensayo A: viga simplemente soportada con cargas a tercios de luz.
- Método de ensayo B: viga simplemente soportada con carga uniformemente distribuida.

Este método de ensayo pretende proveer un medio simplificado y económico para la recolección de datos comparativos de las investigaciones de la resistencia de adherencia por flexión desarrollados con diferentes tipos de unidades de mampostería y de mortero de pega, o con el propósito de comprobar el control de calidad de la obras (materiales y mano de obra).

NOTA: este método de ensayo no debe ser usado para establecer esfuerzos de diseño. Para este propósito deben usarse los métodos de ASTM E72 o ASTM C1717.

2.2.4.1.2. Aparatos

- Regla metálica, espátula, martillo de compactación, nivel de burbuja, cuchara, badilejo, balanza, contenedor para la mezcla, guantes de goma, recipiente de agua graduada, picota, batidor.
- Mezcladora mecánica.

- Máquina de ensayo para flexión.

2.2.4.1.3. Equipos

Debe ser una máquina que cumpla con los requisitos de la práctica ASTM E4.

Método de ensayo A – El método de ensayo A se ilustra en la Fig N° 29 (Figura 1 – Método de Ensayo A carga a tercios de luz). La luz mínima entre los soportes no debe ser menor que 2.5 multiplicado por el espesor promedio del espécimen. La distancia entre cada soporte y el punto adyacente de carga debe ser de un tercio de la luz $\pm 3\text{mm}$ (0.1 pulg). Los soportes deben ser rodos de acero con un diámetro máximo de 25mm (1 pulg) y deben usarse para soportar el espécimen y para aplicarle la carga. Los rodos de acero se deben extender sobre el ancho total del espécimen y deben tener el mismo diámetro nominal.

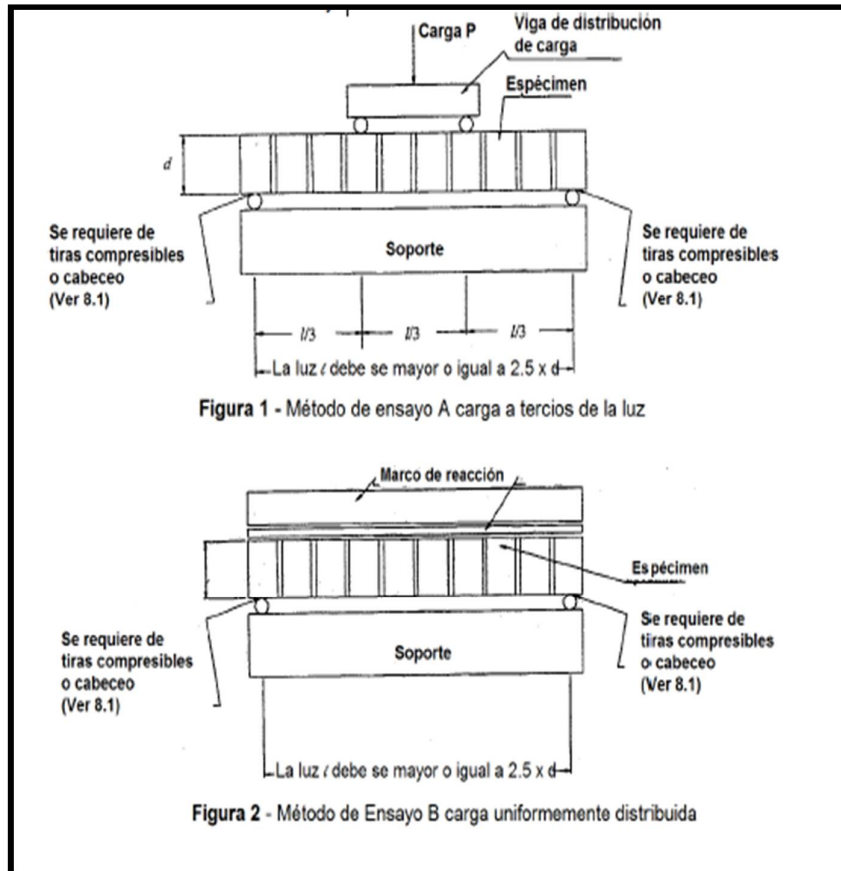
NOTA: El aparato para la aplicación de la carga debe ser similar al usado en el método de ensayo ASTM C78 para reducir la necesidad de usar equipo de ensayo redundante.

Método de ensayo B – El método de ensayo B de carga uniformemente distribuida se ilustra en la Fig. 29 – (Figura 2- Método de ensayo B carga uniformemente distribuida). La luz mínima entre los soportes no debe ser menor que 2.5 multiplicado por el espesor promedio del espécimen. La carga uniformemente distribuida puede ser aplicada por presión de aire usando una bolsa llena de aire sobre la superficie total del espécimen. El marco de reacción de la bolsa de aire debe quedar en contacto completo con una superficie de la bolsa de aire y debe ser suficientemente rígido para no deflectarse más que la luz mínima entre los soportes divididos entre 600.

NOTA: Las bolsas de aire manufacturadas usando tela de cloruro de polivinilo de un espesor de 0.5mm (0.02 pulg) se han usado satisfactoriamente con este ensayo. Cuando los especímenes de ensayo se construyen con un mortero de pega de alta resistencia de adherencia, o cuyo espesor es mayor que 100mm (4 pulg) nominales, la carga aplicada requerida para provocar la falla del

espécimen puede ser tal que provoque la rotura de las costuras de la bolsa de aire. En tal caso se recomienda usar el método A de ensayo.

FIG. N° 29
DESCRIPCIÓN: Ensayo de flexión por adherencia



FUENTE: (Norma ASTM E518)

2.2.4.1.4. Procedimiento del ensayo

a.- Unidades de albañilería

Las unidades de mampostería representativas deben ser muestreadas y ensayadas según los siguientes métodos aplicables: los métodos de ASTM C67 para ladrillos o bloques de barro cocido y los ASTM C140 para unidades de concreto para mampostería.

b.- Mortero de pega

Se debe usar alguno de los tipos de mortero de la especificación NTP 399.610 (ASTM C270) o el tipo de mortero que sea conforme al especificado

para la construcción. El mortero para la fabricación de los prismas de ensayo debe ser mezclado a una consistencia trabajable. Se deben determinar y registrar las siguientes propiedades del mortero de pega.

- La resistencia a la compresión (promedio de tres cubos).
- Flujo inicial (solamente para el mortero mezclado en el laboratorio).
- Flujo después de la succión (retención de agua), solamente para el mortero mezclado en laboratorio.

c.- Especímenes de ensayo (prismas)

Se deben construir un mínimo de 5 especímenes en la forma de prismas por apilamiento de las unidades de mampostería. Los prismas deben ser como mínimo de 460 mm (18 pulg.) de altura, con juntas de mortero de 10 ± 1.5 mm ($3/8 \pm 1/16$ de pulgada) de espesor. El número de capas en cada espécimen deben ser tal que permita localizar los soportes y puntos de aplicación de carga al centro de la luz entre las juntas, para los ensayos del método A (puede ser 4, 7, 10, 13 o 16 capas), dependiendo de la altura de las caras de las unidades y requeridas para proveer una relación de luz a espesor del prisma, que exceda de 2.5. Para la fabricación de las primas se debe tener en cuenta los siguientes procesos:

- Colocar las unidades sobre una superficie plana y firme, sin aplicarles mortero de pega, dejando espacios de no menos de 50 mm (2 pulg) entre los bastidores.
- Colocar una cama de mortero completa o sola sobre las juntas horizontales de las paredes frontales de las unidades huecas de mampostería, según se haya especificado.
- Inmediatamente colocar las unidades de la siguiente capa sobre la cama de mortero golpeándolas levemente para ponerlas a nivel. Se deben alinear por lo menos una cara vertical de cada prisma con relación a un plano de referencia usando un nivel u otro medio adecuado.

Los prismas deben ser curados por 28 días. Los prismas junto con sus correspondientes cubos de mortero de pega, deben ser curados en el aire ambiente del laboratorio manteniendo a una temperatura de $24 \pm 8^{\circ}\text{C}$, con una humedad relativa entre 30 y 70% libre de corrientes de aire.

2.2.4.1.5. Procedimientos de ensayo de los prismas

Colocar los especímenes de ensayo (prismas) sobre sus soportes, como una viga simplemente apoyada. Si no se obtiene un contacto completo entre el espécimen (prisma) y los rodos de aplicación de la carga o de los soportes, se pueden aplicar tiras compresibles o se puede aplicar una cama de material de cabeceo a base de yeso, para nivelar y asentar el espécimen (prisma) adecuadamente a fin de asegurar la aplicación uniforme de la carga. Cuando se usan tiras compresibles, las mismas deben ser de cuero o de un material compresible similar de espesor uniforme, de no menos de 6 mm ($\frac{1}{4}$ pulg) de espesor, 25 a 50 mm (1 a 2 pulg) de ancho y que se extiendan a través del ancho total del espécimen (prisma).

Se aplica la carga de ensayo a una velocidad uniforme del cabezal móvil de carga de tal forma que la carga total se aplique en no menos de 1 minuto ni en más de 3 minutos.

Se registra la máxima carga aplicada (P) en Newtons (N) (o en libras), y se marca la localización de la fractura observada.

2.2.4.1.6. Cálculos

Para especímenes (prismas) fabricados con unidades de mampostería sólidas (de 75% o más de área neta), se calcula el módulo de ruptura sobre área bruta, como sigue:

Para el método A, con cargas a tercios de la luz:

$$R = \frac{(P + 0.75 P_s)l}{bd^2}$$

Donde:



- R = Módulo de ruptura sobre área bruta, MPa (lb/pulg²)
- P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, N, (lbf)
- P_s = Peso (masa) del espécimen (prisma), N, (lbf)
- ℓ = Luz, mm (pulg)
- b = Ancho promedio del espécimen (prisma), mm (pulg)
- d = Espesor promedio del espécimen (prisma), mm (pulg)

Para el Método B, con carga uniformemente distribuida:

$$R = \frac{0.75(P + P_s)\ell}{bd^2}$$

Donde los términos son mismos descritos en el método A.

Para especímenes (prismas) fabricados con unidades de mampostería hueca (de menos de 75% de área neta) se calcula el módulo de ruptura sobre área neta como sigue:

Para el Método A: con cargas a tercios de la luz:

$$R = \frac{(0.167 P + 0.125 P_s)\ell}{S}$$

Donde:

S= Módulo de sección del área neta actual encamada, mm³ (pulg³).

Para el método B: carga uniformemente distribuida:

$$R = \frac{0.125 (P + P_s)\ell}{S}$$

Donde S es la misma que indica para el método A.

Nota: Si la falla ocurre en una junta fuera del tercio medio de la luz para el Método A, se deben descartar los resultados del ensayo.

2.2.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas.

Este ensayo se realiza según la NTP 399.605, cementos, Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería y Norma E.070 Albañilería, 2006.

2.2.4.2.1. Especificaciones generales

La resistencia de la albañilería a compresión axial (f'_m) y a corte (v'_m) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, como se indica en la siguiente tabla.

TABLA N° 12
DESCRIPCIÓN: Métodos para determinar compresión axial y a corte.

MÉTODOS PARA DETERMINAR f'_m y v'_m									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
(f'_m)	A	A	A	B	B	A	B	B	B
(v'_m)	A	A	A	B	A	A	B	B	A

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y del mortero.

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería f'_m y v'_m deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre

cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 1000 m² de área techada.

b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f'_m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m² de área techada y v'_m con tres muretes por cada 500 m² de área techada.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes se llenarán con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.

Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados siguiente tabla.

TABLA N° 13
DESCRIPCIÓN: Incremento de compresión y cortante por edad.

INCREMENTO DE f'_m y v'_m POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
Muretes	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

El ensayo de compresión en las pilas de albañilería sirve para determinar la resistencia a compresión axial (f'_m) referida al área bruta de la sección transversal. Eventualmente si se instrumenta y registra la deformación axial en la pila, se puede determinar el módulo de elasticidad de la albañilería (E_m).

TABLA N° 14
DESCRIPCIÓN: Resistencias características de la albañilería (kg/cm²)

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

2.2.4.2.2. Construcción de prismas de albañilería

Se construirá los prismas con unidades representativas de aquellas usadas en la construcción. Si las unidades tienen pestañas, estrías o nervaduras que se proyecten 12 mm o más de la superficie de la unidad, se removerán estas salientes mediante corte con sierra. Se construirá una muestra de prismas para cada combinación de materiales y cada edad de ensayo a la cual se requiere determinar la resistencia en compresión de la albañilería. Se construirán los

prismas, con las unidades asentadas en forma de pilas (una sobre la otra). Se colocaran las unidades en el prisma en la misma posición usada en la correspondiente construcción. Los prismas deberán construirse reflejando, tanto como sea posible, las condiciones, materiales y mano de obra que se tendrá efectivamente en la construcción. En este aspecto, se tendrá en consideración especialmente la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de las unidades, el espesor de las juntas y el relleno de las unidades huecas con concreto líquido. La longitud mínima de los prismas será de 100 mm (4 pulg).

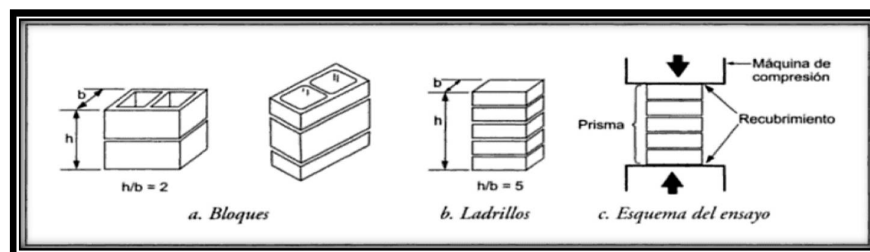
Se fabricaran los prismas de albañilería con capas completas de mortero colocando mortero en todo el perímetro y en las almas interiores de las unidades huecas. Se fabricaran los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto – espesor, h_p/t_p , entre 1.3 y 5.0.

2.2.4.2.3. Esbeltez en prismas.

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen de si la albañilería es de ladrillo o de bloques. En el caso de prismas de ladrillo, la relación alto–ancho del prisma estará entre 2 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. En los casos de prismas de bloques, la esbeltez estará entre 1.3 y 5, y el alto no será menor de 30 cm. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.203, 2005)

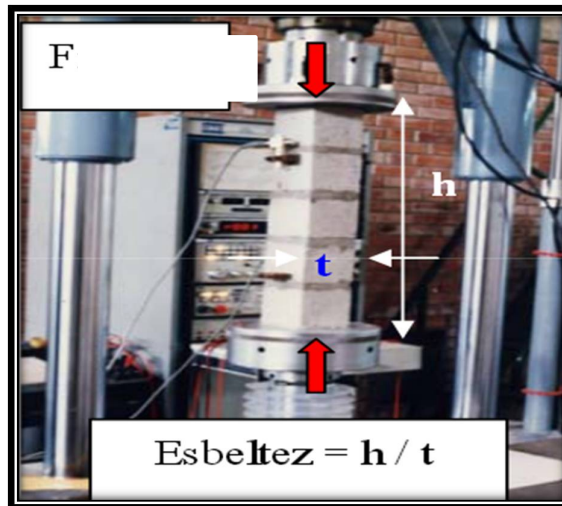
La esbeltez se define como la relación entre la altura del prisma y su espesor (la menor dimensión de la sección transversal). Los valores más representativos del comportamiento de la albañilería oscilan entre 4 y 5. La Norma E.070 adopta como esbeltez estándar el valor 5.

FIG. N° 30
DESCRIPCIÓN: Esbeltez en prismas de ladrillos y bloques.



FUENTE: (GALLEGOS & CASABONNE, 2005).

FIG. N° 31
DESCRIPCIÓN: Esbeltez de un prisma.



FUENTE: (ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, Febrero de 2011).

TABLA N° 15
DESCRIPCIÓN: Factor de corrección de f'_m por esbeltez.

FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

FUENTE: (RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA, 2006)

2.2.4.2.4. Proceso de ensayo.

El ensayo se realiza en una maquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado, hasta que el espécimen no admite más cargas. El ensayo debe realizarse a velocidad uniforme, sin producir impactos, de modo que su duración ente comprendida entre 3 y 4 minutos. Si el ensayo se ejecuta controlando la velocidad de aplicación de carga, esta puede ser de 5 ton/min. Cuando exista la posibilidad de medir el desplazamiento entre cabezales del equipo de ensayo, se puede adoptar una velocidad de 1mm/min.

FIG. N° 32
DESCRIPCIÓN: Equipos en el ensayo de compresión.



FUENTE: (Daniel Quiun Wong, Proy. Investigación SENCICO, pag.10, 2006)

2.2.4.2.5. Cálculos

La resistencia individual a compresión axial de una prisma (f'_m) se obtiene dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal, sin importar que la unidad de albañilería utilizada califique como hueca o sólida, sea ladrillo o bloque. Este valor se corrige por el factor de esbeltez especificado en la tabla 12, de la Norma E.070, y si la edad de los prismas es distinta a la estándar de 28 días, se corrige por el factor indicado en la tabla 10 de la Norma E.070.

Una vez ensayadas todas las pilas, se obtiene el valor promedio (f_m) y la desviación estándar de la muestra ensayada, para después evaluar, de acuerdo a la norma E.070, la resistencia característica (f'_m), restando el valor promedio de una desviación estándar.

$$f'_m = f_m - \sigma$$

La prueba consistirá de, por lo menos, dos ensayos y preferentemente de tres. La resistencia característica de la albañilería se determina por la siguiente

ecuación. (Albañilería Estructural, Hector Gallegos Y Carlos Casabonne, (3ra edición), pag.204, 2005)

$$f'm = aC(X - m\sigma)$$

Donde:

- **a**: coeficiente que tiene en cuenta la edad del testigo en el momento del ensayo (a es 1 para testigos ensayados a los 28 días, y 1.1 cuando el ensayo se realiza a los 7 días)
- **C**: es un factor de corrección de la esbeltez (2.0-5.0).
- **f_m = X**: es el promedio de los resultados de las pruebas, que, a su vez, consiste de varios ensayos.
- **m**: es un número dependiente del porcentaje de resultados defectuosos aceptables (generalmente 10%); en ese caso, m es igual a 1.3.
- **σ**: desviación estándar de las pruebas.

Paralelamente, puede obtenerse la dispersión porcentual de resultados como: $100(\sigma/fm)$. Una dispersión superior al 30% es inaceptable, y quiere decir que existen fallas en la mano de obra o que los materiales utilizados no tienen la calidad adecuada.

2.2.4.2.6. Mecanismo de falla.

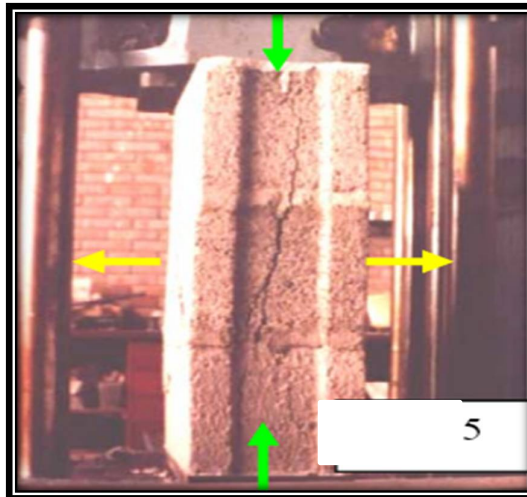
Varias características han sido observadas en los ensayos de prismas de ladrillos en compresión:

- A partir de aproximadamente 70% de la carga ultima comienzan a aparecer grietas verticales en los ladrillos y van acompañados de ruidos crujientes.

- La carga máxima – ultima – ocurre cuando el avance y multiplicación de estas grietas verticales son sucesivos.
- El esfuerzo y la deformación unitaria en rotura del prisma corresponden a valores intermedios de los que corresponden al ladrillo y al mortero que conforma el prisma.

Estos hechos llevan a deducir que el agrietamiento vertical de los ladrillos están relacionaos con la deformación lateral de mortero. En la albañilería que analizamos, es usual que los ladrillos sean más resistentes y rígidos que el mortero.

FIG. N° 33
DESCRIPCIÓN: Falla ideal de una pila



FUENTE: (ÁNGEL SAN BARTOLOMÉ, Febrero de 2011)