



**UNIVERSIDAD ANDINA DE CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

---

**“MODELAMIENTO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE UNIDADES TIPO BLOCKER DE LA CIUDAD DE CUSCO, MODIFICADO CON ACERO Y POLIPROPILENO FRENTE A ALBAÑILERÍA TRADICIONAL, 2019”**

---

Presentado por:

Bach. CORDOVA QUISPE, EDGARD DAVID

-Bach. VALVERDE FARFÁN, RODRIGO TINO

Para optar al Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Asesor:

Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra

Cusco – Perú

2019



## DEDICATORIA

*A mis padres Edgar Cordova Olivera y Elena Quispe Luza; quienes me acompañaron y apoyaron en todo momento de mi vida y me enseñaron todos los valores para ser la persona que ahora soy.*

*A mis hermanas Ana Paola Cordova y Maissa Cecilia Cordova; que son un apoyo moral en cada momento de mi vida.*

*A Totto por acompañarme durante las amanecidas de estudio en mi vida universitaria.*

*Edgard David Cordova Quispe*

*Dedico este trabajo de tesis a mis padres, Justino Valverde y Renee Farfán como agradecimiento a su esfuerzo, amor y apoyo brindado durante mi formación tanto personal como profesional, por sus consejos, los cuales me orientaron a tomar las mejores decisiones para salir adelante, gracias por darme el mejor obsequio, mi profesión. También quiero dedicarles este trabajo a mis hermanas Mayra Valverde y Jemsy Valverde, quienes fueron un apoyo moral en cada inconveniente que transcurrió en nuestra vida.*

*Rodrigo Tino Valverde Farfán*



## AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, hermanas y tíos por su apoyo en el proceso de la elaboración de la presente investigación.

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a nuestro asesor: Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra quien nos brindó sus conocimientos y ayuda desinteresada en el desarrollo de toda la investigación.

A nuestros docentes que nos acompañaron en nuestra formación universitaria transmitiéndonos sus conocimientos para afianzar nuestra formación académica.

Así mismo nuestro agradecimiento a nuestra casa de estudios, Universidad Andina del Cusco y a nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

*Edgard David Cordova Quispe*

*Rodrigo Tino Valverde Farfán*



## RESUMEN

La investigación tiene por nombre: “MODELAMIENTO Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE LA ALBAÑILERÍA Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DE UNIDADES TIPO BLOCKER DE LA CIUDAD DE CUSCO, MODIFICADO CON ACERO Y POLIPROPILENO FRENTE A ALBAÑILERÍA TRADICIONAL, 2019”. La investigación está enfocada en la determinación del módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson y la resistencia característica de la albañilería blocker 12 modificado con acero y polipropileno, para mejorar el comportamiento de muros no estructurales durante un evento sísmico. La metodología tiene un: enfoque cuantitativo, un nivel correlacional, método hipotético deductivo y diseño metodológico experimental. Para esto se elaboraron prismas y muretes (tradicionales y reforzados), teniendo en cuenta que el método de muestreo de la investigación es no probabilístico por conveniencia. Donde el número de la población es igual al número de la muestra, siendo un total de treinta prismas, 3 de ellos tradicionales y 27 reforzados; y un total de cincuenta muretes, 5 de ellos tradicionales y 45 reforzados. La fabricación de los especímenes a ensayar se realizó utilizando unidades huecas de albañilería tipo blocker 12 de fabricación artesanal, asentados con un mortero convencional (C: A) 1:4, para la elaboración de la mezcla de mortero se utilizó la combinación de agregado fino (75 % Cantera de Vicho + 25% Cantera de Cunyac), cemento Portland IP y agua potable. El refuerzo se realizó con 1, 2 y 3 varillas de acero de ¼” en las juntas, además se adiciono fibras de polipropileno al mortero en 0.5 %. Al realizar los ensayos de laboratorio se apreció que la resistencia a compresión Axial de prismas reforzados no fue mayor a la resistencia presentada en los prismas sin refuerzo. El mayor Módulo de Elasticidad se presentó en los prismas reforzados con dos varillas de acero en la junta superior e inferior con una variación de 12.72 %. La mayor resistencia a compresión Diagonal se presentó en los muretes reforzados con dos varillas de acero en la junta superior e inferior con una variación de 10.84%. Para concluir con el estudio se modeló muros confinados y no confinados a escala real. El mayor desplazamiento se presentó en el muro no confinado sin refuerzo con un valor de 10.40 mm y el menor desplazamiento en el muro confinado reforzado con una varilla de acero en la junta superior con un valor de 3.01 mm. El esfuerzo máximo por acción de la fuerza lateral se dio en el muro no confinado reforzado con una varilla de acero en la junta superior con un valor de 10.06 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras Clave:** Resistencia característica de albañilería, Módulo de elasticidad, Coeficiente de Poisson, muro de albañilería, varillas de acero, polipropileno.



## ABSTRACT

The research is named: “COMPARATIVE MODELING AND EVALUATION OF THE CHARACTERISTIC RESISTANCE OF THE MASONRY AND ELASTICITY MODULE OF BLOCKER TYPE UNITS OF THE CITY OF CUSCO, MODIFIED WITH STEEL AND POLYPROPYLENE AGAINST TRADITIONAL, 2019”. The research is focused on the determination of the modulus of elasticity, Poisson coefficient and the characteristic strength of blocker 12 masonry modified with steel and polypropylene, to improve the behavior of non-structural walls during a seismic event. The methodology has a quantitative approach, a correlational level, hypothetical deductive method and experimental methodological design. For this, prisms and walls (traditional and reinforced) were developed, taking into account that the sampling method of the investigation is not probabilistic for convenience. Where the number of the population is equal to the number of the sample, being a total of thirty prisms, 3 of them traditional and 27 reinforced; and a total of fifty walls, 5 of them traditional and 45 reinforced. The specimens to be tested were manufactured using hollow blocker 12 masonry units, handcrafted, seated with a conventional mortar (C: A) 1: 4, the fine aggregate combination was used to make the mortar mixture (75% Vicho quarry + 25% Cunyac quarry), Portland IP cement and drinking water. The reinforcement was made with 1, 2 and 3 ¼” steel rods in the joints, in addition polypropylene fibers were added to the mortar in 0.5%. When performing the laboratory tests, it was observed that the axial compressive strength of reinforced prisms was not greater than the resistance presented in the prisms without reinforcement. The largest Elasticity Module was presented in the reinforced prisms with two steel rods in the upper and lower joints with a variation of 12.72%. The greatest Diagonal compressive strength was presented in reinforced walls with two steel rods in the upper and lower joints with a variation of 10.84%. To conclude with the study, confined and unconfined walls were modeled on a real scale. The greatest displacement was in the unconfined wall without reinforcement with a value of 10.40 mm and the least displacement in the confined wall reinforced with a steel rod in the upper joint with a value of 3.01 mm. The maximum effort per action of the lateral force was in the unconfined wall reinforced with a steel rod in the upper joint with a value of 10.06 kg / cm<sup>2</sup>.

**Key words:** Masonry characteristic strength, Modulus of elasticity, Poisson coefficient, masonry wall, steel rods, polypropylene.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en el estudio del comportamiento de los muros construidos con ladrillo Blocker en la ciudad de Cusco, la principal razón es que, al construir una vivienda, el factor económico predomina ante el factor de calidad de las unidades de albañilería, es por ello que muchas de las edificaciones están construidas con un material más económico, obviando la calidad de estos.

De igual forma podemos mencionar que en el Perú existen numerosas viviendas informales construidas con ladrillos blocker, los cuales no son confinados adecuadamente y no cumplen con los requisitos de uso de este tipo de ladrillo según la Norma E. 070.

El silencio sísmico de la ciudad del Cusco fue interrumpido el 11 de noviembre del 2018 por un movimiento telúrico con una magnitud de 4.10 grados en la escala de Richter. De los antecedentes de sismos ocurridos en el Perú y otros países, se aprecia que los muros no estructurales produjeron daños y pérdidas humanas debido a que no cuentan con un refuerzo para mitigar principalmente el mecanismo de falla de volteo.

En la investigación se plantea reforzar los muros de las viviendas de la ciudad del Cusco con varillas de acero de  $\frac{1}{4}$ " integradas en las juntas, y adicionar fibras de polipropileno al mortero en 0.5 %, la efectividad de este refuerzo, ha sido probada experimentalmente con éxito por (Gamarra Cotohuanca & Meza Galiano, 2015) en muros de albañilería elaborado con un mortero convencional (C: A) 1:4, respecto a muros de albañilería elaborados con un mortero adicionado con fibras de polipropileno, utilizando ladrillo king kong 18 huecos.

Se realizó ensayos de clasificación de las unidades de albañilería, se elaboraron prismas de albañilería con la finalidad de obtener la resistencia característica a compresión axial ( $f'm$ ) y el módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y la elaboración de muretes de albañilería para determinar la resistencia característica a fuerza cortante pura ( $v'm$ ).

Finalmente se utilizó el software estructural Abaqus, en el que se introdujo el Módulo de Elasticidad, coeficiente de Poisson y densidad específica obtenido en los ensayos realizados a las unidades, prismas y muretes de albañilería; para realizar la simulación de muros a escala real en el que se aplicó una carga lateral y así obtener los desplazamientos y esfuerzos generados.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Identificación del Problema.....	1
1.1.1. Descripción del Problema.....	1
1.1.2. Formulación del Problema.....	2
1.1.2.1. Formulación del Problema General.....	2
1.1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos.....	2
1.2. Justificación e Importancia de la investigación.....	3
1.2.1. Justificación Técnica.....	3
1.2.2. Justificación Social.....	4
1.2.3. Justificación de Viabilidad.....	5
1.2.4. Justificación por Relevancia.....	5
1.3. Limitación de la Investigación.....	5
1.3.1. Limitación espacial.....	5
1.3.2. Limitación temporal.....	6
1.3.3. Limitación de materiales.....	6
1.3.4. Limitación de pruebas.....	6
1.4. Objetivo de la Investigación.....	8
1.4.1. Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos Específicos.....	8
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes de la Tesis.....	10
2.1.1. Antecedentes a Nivel Local.....	10
2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional.....	12
2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional.....	14
2.2. Aspectos Técnicos Pertinentes.....	15
2.2.1. Albañilería o mampostería.....	15
2.2.1.1. Tipos de Albañilería.....	15
2.2.2. Unidad de albañilería.....	17



2.2.2.1.	Clasificación por su materia prima .....	17
2.2.2.2.	Clasificación por sus huecos.....	18
2.2.2.3.	Clasificación para fines estructurales .....	19
2.2.2.4.	Propiedades de las unidades de albañilería.....	19
2.2.2.4.1.	Propiedades Físicas.....	20
2.2.2.5.	Aceptación de la unidad de Albañilería.....	21
2.2.3.	El cemento.....	22
2.2.4.	El agregado.....	22
2.2.4.1.	Clasificación de los agregados.....	22
2.2.4.2.	Propiedades físicas de los agregados .....	23
2.2.4.2.1.	Granulometría .....	23
2.2.4.2.2.	Módulo de finura .....	23
2.2.4.2.3.	Densidad o peso específico.....	24
2.2.4.2.4.	Porosidad y absorción.....	24
2.2.4.2.5.	Contenido de humedad .....	25
2.2.4.2.6.	Peso volumétrico .....	25
2.2.5.	El mortero.....	26
2.2.5.1.	Tipos y usos de los morteros .....	26
2.2.5.2.	Clasificación para fines estructurales .....	28
2.2.5.3.	Propiedades del mortero de cemento Portland .....	28
2.2.5.3.1.	Propiedades en estado plástico .....	28
2.2.5.3.2.	Propiedades en estado endurecido.....	29
2.2.6.	El agua.....	30
2.2.7.	El acero.....	31
2.2.7.1.	Fierro Corrugado ASTM A 615 Grado 60 .....	31
2.2.8.	El polipropileno.....	32
2.2.8.1.	Materiales compuestos reforzados con fibras.....	32
2.2.8.2.	Clasificación de las fibras.....	32
2.2.8.3.	Comportamiento mecánico de materiales reforzados con fibras.....	34
2.2.8.3.1.	Influencia de la longitud de la fibra.....	34
2.2.8.3.2.	Influencia de la orientación y de la concentración de la fibra.....	34
2.2.8.4.	Fibras de polipropileno .....	34





2.2.8.4.1. Características fundamentales .....	34
2.2.8.4.2. Ventajas y desventajas.....	35
2.2.8.4.3. Fibras de polipropileno SikaFiber ® M-12 .....	36
2.2.9. Ensayos para la investigación .....	36
2.2.9.1. Ensayos de las unidades de albañilería .....	36
2.2.9.1.1. Ensayo de variación dimensional .....	36
2.2.9.1.2. Ensayo de alabeo .....	37
2.2.9.1.3. Ensayo de succión .....	39
2.2.9.1.4. Ensayo de absorción .....	40
2.2.9.1.5. Ensayo de porcentaje de vacíos .....	40
2.2.9.1.6. Ensayo de resistencia a la compresión (fb) .....	42
2.2.9.2. Ensayos del agregado fino .....	43
2.2.9.2.1. Ensayo de granulometría .....	43
2.2.9.2.2. Ensayo de contenido de humedad .....	44
2.2.9.2.3. Ensayo de peso específico y absorción .....	45
2.2.9.2.4. Ensayo de peso unitario.....	47
2.2.9.3. Ensayos del mortero .....	48
2.2.9.3.1. Ensayo de fluidez del mortero .....	48
2.2.9.3.2. Ensayo de resistencia a compresión del mortero.....	49
2.2.9.4. Ensayos de prismas y muretes de albañilería .....	52
2.2.9.4.1. Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería (f <sup>m</sup> ).....	52
2.2.9.4.2. Ensayo de compresión diagonal de muretes de albañilería (vm) .....	55
2.2.10. Tipología de falla en Prismas .....	58
2.2.10.1. Falla ideal.....	59
2.2.10.2. Trituración .....	59
2.2.10.3. Aplastamiento local .....	60
2.2.10.4. Aplastamiento por pandeo .....	60
2.2.11. Tipología de falla en muretes .....	61
2.2.11.1. Falla local.....	61
2.2.11.2. Falla por adherencia.....	61
2.2.11.3. Falla combinada.....	62
2.2.11.4. Falla semi diagonal .....	62
2.2.12. Módulo de Elasticidad.....	63



2.2.13. Ley generalizada de Hook.....	65
2.2.14. Programa Abaqus CAE .....	66
2.2.15. Esfuerzo en vigas .....	67
2.3. Hipótesis.....	68
2.3.1. Hipótesis General .....	68
2.3.2. Sub Hipótesis.....	68
2.4. Definición de Variables.....	69
2.4.1. Variables Independientes .....	69
2.4.1.1. Indicadores de Variables Independientes .....	70
2.4.2. Variables Dependientes.....	70
2.4.2.1. Indicadores de variables Dependientes.....	71
2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables .....	72
3. CAPITULO III: METODOLOGÍA .....	73
3.1. Metodología de la Investigación .....	73
3.1.1. Enfoque de la investigación .....	73
3.1.2. Nivel o alcance de la investigación .....	73
3.1.3. Método de investigación .....	73
3.2. Diseño de la Investigación .....	74
3.2.1. Diseño metodológico.....	74
3.2.2. Diseño de ingeniería.....	75
3.3. Población y Muestra.....	76
3.3.1. Población.....	76
3.3.1.1. Descripción de la población.....	76
3.3.1.2. Cuantificación de la población .....	76
3.3.2. Muestra.....	76
3.3.2.1. Descripción de la muestra.....	76
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra .....	76
3.3.2.3. Método de muestreo .....	77
3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra.....	77
3.3.3. Criterios de inclusión .....	78
3.4. Instrumentos .....	79
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos .....	79
3.4.2. Instrumentos de ingeniería .....	86



3.5.	Procedimientos de recolección de datos.....	93
3.5.1.	Ensayos en las unidades de albañilería .....	93
3.5.1.1.	Ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería.....	93
3.5.1.2.	Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería.....	95
3.5.1.3.	Ensayo de Absorción de unidades de albañilería .....	96
3.5.1.4.	Ensayo de Succión de unidades de albañilería .....	97
3.5.1.5.	Ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería .....	99
3.5.1.6.	Ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería.....	101
3.5.2.	Ensayos en el agregado fino.....	102
3.5.2.1.	Ensayo de Granulometría y Modulo de Fineza de agregado fino .....	102
3.5.2.2.	Ensayo de Contenido de Humedad de agregado fino.....	105
3.5.2.3.	Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino.....	106
3.5.2.4.	Ensayo de Peso Unitario de agregado fino .....	108
3.5.3.	Ensayos al mortero .....	110
3.5.3.1.	Ensayo de Fluidez de Mortero .....	110
3.5.3.2.	Ensayo de Resistencia a Compresión de cubos de mortero.....	112
3.5.4.	Ensayos en prismas de albañilería.....	115
3.5.4.1.	Ensayo de Resistencia a Compresión de prismas de albañilería .....	115
3.5.4.2.	Ensayo de Modulo de Elasticidad de prismas de albañilería.....	122
3.5.5.	Ensayo en muretes de albañilería .....	128
3.5.5.1.	Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería .....	128
3.5.6.	Ensayo de Coeficiente de Poisson en Unidades de Albañilería .....	135
3.6.	Procedimientos de Análisis de datos .....	136
3.6.1.	Ensayos en las unidades de albañilería .....	136
3.6.1.1.	Ensayo de Variación dimensional de unidades de albañilería.....	136
3.6.1.2.	Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería.....	138
3.6.1.3.	Ensayo de Absorción de unidades de albañilería .....	139
3.6.1.4.	Ensayo de Succión de unidades de albañilería .....	140
3.6.1.5.	Ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería .....	141
3.6.1.6.	Ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería.....	141
3.6.2.	Ensayos en el agregado fino.....	143
3.6.2.1.	Ensayo de Granulometría y Modulo de Fineza .....	143
3.6.2.2.	Ensayo de Contenido de Humedad.....	148



3.6.2.3. Ensayo de Peso Específico y Absorción.....	148
3.6.2.4. Ensayo de Peso Unitario.....	149
3.6.3. Ensayos al mortero.....	150
3.6.3.1. Ensayo de Fluidéz.....	150
3.6.3.2. Ensayo de Resistencia a Compresión de cubos de mortero.....	150
3.6.4. Ensayo en prismas de albañilería.....	153
3.6.4.1. Ensayo de Resistencia a Compresión de prismas de albañilería.....	153
3.6.4.2. Ensayo de Modulo de Elasticidad de prismas de albañilería.....	165
3.6.5. Ensayo en muretes de albañilería.....	176
3.6.5.1. Ensayo de Resistencia a Compresión Diagonal de muretes de albañilería.....	176
3.6.6. Determinación del coeficiente de Poisson en unidades de albañilería.....	181
3.7. Modelamiento de muros en el programa Abaqus.....	183
3.7.1. Modelamiento de muro confinado y no confinado (MC).....	185
3.7.2. Modelamiento de muro confinado y no confinado (1 AR).....	187
3.7.3. Modelamiento de muro confinado y no confinado (2 AB).....	189
3.7.4. Modelamiento de muro confinado y no confinado (2 y 2).....	191
3.7.5. Modelamiento de muro sometido a esfuerzos en el eje X.....	193
4. CAPITULO IV: RESULTADOS.....	196
4.1. Resultados de propiedades físicas y mecánicas de unidades de albañilería.....	196
4.2. Resultados de propiedades físicas del agregado fino.....	196
4.3. Resultado de propiedades del mortero.....	197
4.4. Resultados de resistencia a compresión de prismas de albañilería.....	197
4.5. Resultados de módulo de elasticidad de prismas de albañilería.....	197
4.6. Resultados de resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería.....	198
4.7. Resultados del modelamiento de muros con el programa ABAQUS.....	199
4.7.1. Resultados del modelamiento de muros en la dirección X.....	199
4.8. Cuadro comparativo de resistencias de la tesis estudiada con tesis de referencia y la Norma E 0.70.....	199
5. CAPITULO V: DISCUSIÓN.....	200
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	205
CONCLUSIONES.....	206
RECOMENDACIONES.....	210
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	211
ANEXOS.....	215



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería .....	19
Tabla 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	19
Tabla 3 Granulometría de la arena gruesa.....	23
Tabla 4 Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura .....	24
Tabla 5 Usos de los morteros de cemento en el medio colombiano .....	27
Tabla 6 Tipos de mortero .....	28
Tabla 7 Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación.....	28
Tabla 8 Tamaño de la muestra del agregado.....	44
Tabla 9 Tolerancias en la edad de ensayo del mortero .....	51
Tabla 10 Factores de corrección altura / espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería .....	55
Tabla 11 Operacionalización de variables .....	72
Tabla 12 Cuantificación de la población.....	76
Tabla 13 Cuantificación de la muestra.....	76
Tabla 14 Número de unidades de albañilería ensayadas.....	77
Tabla 15 Cubos de mortero ensayados.....	77
Tabla 16 Formato 01 ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería .....	80
Tabla 17 Formato 02 ensayo de Alabeo de unidades de albañilería .....	80
Tabla 18 Formato 03 ensayo de Absorción de unidades de albañilería.....	80
Tabla 19 Formato 04 ensayo de Succión de unidades de albañilería.....	81
Tabla 20 Formato 05 ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería .....	81
Tabla 21 Formato 06 ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería .....	81
Tabla 22 Formato 07 ensayo de Granulometría y Módulo de Fineza de agregado fino .....	82
Tabla 23 Formato 08 ensayo de Contenido de Humedad de agregado fino .....	82
Tabla 24 Formato 09 ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino .....	83
Tabla 25 Formato 10 ensayo de Peso Unitario de agregado fino.....	83
Tabla 26 Formato 11 ensayo de Fluidez de mortero.....	83
Tabla 27 Formato 12 ensayo de Resistencia a Compresión de cubos de mortero .....	84
Tabla 28 Formato 13 ensayo de Resistencia a Compresión de prismas de albañilería .....	85
Tabla 29 Formato 14 ensayo de Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería .....	85



Tabla 30 Formato 15 ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería .....	86
Tabla 31 Formato 16 ensayo de Coeficiente de Poisson de unidades de albañilería .....	86
Tabla 32 Datos – Variación dimensional de unidades de albañilería .....	94
Tabla 33 Datos – Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería.....	96
Tabla 34 Datos – Ensayo de Absorción de unidades de albañilería.....	97
Tabla 35 Datos – Ensayo de Succión de unidades de albañilería .....	99
Tabla 36 Datos – Ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería .....	100
Tabla 37 Datos – Ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería.....	102
Tabla 38 Datos – Ensayo de Granulometría de agregado fino de la cantera de Vicho .....	104
Tabla 39 Datos – Ensayo de Granulometría de agregado fino de la cantera de Cunyac .....	104
Tabla 40 Datos – Ensayo de Granulometría de agregado fino (75% cantera de Vicho + 25% cantera de Cunyac).....	105
Tabla 41 Datos – Ensayo de Contenido de Humedad de agregado fino .....	106
Tabla 42 Datos – Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino .....	108
Tabla 43 Datos – Peso Unitario Suelto de agregado fino .....	110
Tabla 44 Datos – Peso Unitario Compactado de agregado fino .....	110
Tabla 45 Datos – Fluidez del mortero .....	112
Tabla 46 Datos de Resistencia a Compresión de cubos de mortero – Muro Tradicional .....	114
Tabla 47 Datos de Resistencia a Compresión de cubos de mortero – Muro Reforzado .....	114
Tabla 48 Datos - Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 1 AB.....	118
Tabla 49 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 1 AR.....	118
Tabla 50 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 1 y 1 .....	119
Tabla 51 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 2 AB.....	119
Tabla 52 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 2 AR.....	119
Tabla 53 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 2 y 2 .....	120
Tabla 54 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 3 AB.....	120
Tabla 55 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 3 AR.....	120
Tabla 56 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería – 3 y 3 .....	121
Tabla 57 Datos – Ensayo a Compresión de prismas de albañilería - MC.....	121
Tabla 58 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 1 AB .....	123
Tabla 59 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 1 AR .....	123
Tabla 60 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de primas de albañilería 1 y 1 .....	124
Tabla 61 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 AB .....	124



Tabla 62 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 AR .....	125
Tabla 63 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 y 2.....	125
Tabla 64 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 AB .....	126
Tabla 65 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 AR .....	126
Tabla 66 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 y 3.....	127
Tabla 67 Datos – Ensayo Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería MC .....	127
Tabla 68 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 1 AB .....	131
Tabla 69 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 1 AR .....	132
Tabla 70 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 1 y 1.....	132
Tabla 71 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 2 AB .....	132
Tabla 72 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 2 AR .....	133
Tabla 73 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 2 y 2.....	133
Tabla 74 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 3 AB .....	133
Tabla 75 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 3 AR .....	134
Tabla 76 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería 3 y 3.....	134
Tabla 77 Datos – Ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería sin refuerzo..	134
Tabla 78 Datos – Ensayo de Coeficiente de Poisson en unidades de albañilería.....	136
Tabla 79 Procesamiento – Variación dimensional de unidades de albañilería .....	137
Tabla 80 Procesamiento – Alabeo de unidades de albañilería .....	138
Tabla 81 Procesamiento – Absorción de unidades de albañilería .....	139
Tabla 82 Procesamiento – Succión de unidades de albañilería.....	140
Tabla 83 Procesamiento – Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería.....	141
Tabla 84 Procesamiento – Resistencia a Compresión de unidades de albañilería.....	142
Tabla 85 Procesamiento – Granulometría y Módulo de Fineza de agregado fino de Vicho .	144
Tabla 86 Procesamiento – Granulometría y Módulo de Fineza de agregado fino de Cunyac	145
Tabla 87 Procesamiento – Granulometría y Módulo de Fineza de agregado fino (75% cantera de Vicho + 25% cantera de Cunyac).....	146
Tabla 88 Procesamiento – Contenido de Humedad de agregado fino .....	148
Tabla 89 Procesamiento – Peso Especifico y Absorción de agregado fino .....	148
Tabla 90 Procesamiento – Peso Unitario Suelto de agregado fino .....	149
Tabla 91 Procesamiento – Peso Unitario Compactado de agregado fino .....	149
Tabla 92 Procesamiento – Fluidez del mortero.....	150
Tabla 93 Procesamiento – Resistencia a Compresión de cubos de mortero (C: A) 1:4.....	151





Tabla 94 Procesamiento – Resistencia a Compresión de cubos de mortero (C: A) 1:4 + 0.5% fibras de polipropileno .....	152
Tabla 95 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 1 AB .....	154
Tabla 96 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 1 AR .....	155
Tabla 97 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 1 y 1 .....	156
Tabla 98 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 2 AB .....	157
Tabla 99 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 2 AR .....	158
Tabla 100 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 2 y 2.....	159
Tabla 101 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 3 AB .....	160
Tabla 102 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 3 AR .....	161
Tabla 103 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería 3 y 3.....	162
Tabla 104 Procesamiento – Resistencia a Compresión de prismas de albañilería MC.....	163
Tabla 105 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 1 AB.....	166
Tabla 106 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 1 AR.....	167
Tabla 107 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 1 y 1 .....	168
Tabla 108 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 AB.....	169
Tabla 109 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 AR.....	170
Tabla 110 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 2 y 2 .....	171
Tabla 111 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 AB.....	172
Tabla 112 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 AR.....	173
Tabla 113 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería 3 y 3 .....	174
Tabla 114 Procesamiento – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería MC.....	175
Tabla 115 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 1 AB .....	177
Tabla 116 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 1 AR .....	177
Tabla 117 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 1 y 1.....	177
Tabla 118 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 2 AB .....	178
Tabla 119 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 2 AR .....	178
Tabla 120 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 2 y 2.....	178
Tabla 121 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 3 AB .....	179
Tabla 122 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 3 AR .....	179
Tabla 123 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes 3 y 3.....	179
Tabla 124 Procesamiento – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes MC .....	180
Tabla 125 Procesamiento – Coeficiente de Poisson en unidades de albañilería Y-X.....	182





Tabla 126 Desplazamiento en un muro confinado y no confinado (MC).....	185
Tabla 127 Esfuerzos de muro confinado y no confinado (MC).....	186
Tabla 128 Desplazamiento de muro confinado y no confinado (1 AR).....	187
Tabla 129 Esfuerzos de muro confinado y no confinado (1 AR).....	188
Tabla 130 Desplazamiento de muro confinado y no confinado (2 AB).....	189
Tabla 131 Esfuerzos de muro confinado y no confinado (2 AB).....	190
Tabla 132 Desplazamientos de muro confinado y no confinado (2 y 2).....	191
Tabla 133 Esfuerzos de muro confinado y no confinado (2 y 2).....	192
Tabla 134 Resultados – Características de las unidades de albañilería.....	196
Tabla 135 Resultados – Características físicas del agregado fino .....	196
Tabla 136 Resultados – Propiedades del mortero .....	197
Tabla 137 Resumen de Desplazamiento y Esfuerzos en muros modelados .....	199
Tabla 138 Resumen de Esfuerzos de muro en dirección X.....	199
Tabla 139 Resumen comparativo de Resistencias .....	199

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 (a) Edificación de 6 niveles – (b) Muro perimetral con ladrillo blocker .....	1
Figura 2 (a) Desplazamiento del muro vista exterior – (b) Desplazamiento del muro vista interior .....	2
Figura 3 Ámbito territorial de la investigación .....	5
Figura 4 Proceso de elaboración de unidades de arcilla.....	17
Figura 5 Granulometría de la arena.....	23
Figura 6 Diferentes estados de saturación del agregado .....	25
Figura 7 Esquematización del peso volumétrico.....	26
Figura 8 Identificación del diámetro de varillas de acero .....	31
Figura 9 Microfibras.....	33
Figura 10 Macrofibras .....	33
Figura 11 Cálculo de variación dimensional.....	37
Figura 12 Cuña para medir el alabeo .....	38
Figura 13 Medidas del alabeo .....	38
Figura 14 Disposición para el ensayo de succión .....	39
Figura 15 Orden del apisonado en el moldeo de los especímenes de ensayo .....	50
Figura 16 Construcción de prismas de albañilería .....	52
Figura 17 Ubicación de las medidas en el prisma.....	53
Figura 18 Escuadra de carga de acero .....	56
Figura 19 Falla ideal – 1 AR a .....	59
Figura 20 Falla por trituración – Prisma 2 AR b.....	59
Figura 21 Falla por aplastamiento local – Prisma 2 y 2 C .....	60
Figura 22 Falla por aplastamiento por pandeo – Prisma 3 AB a.....	60
Figura 23 Falla por adherencia.....	61
Figura 24 Falla combinada .....	62
Figura 25 falla semi diagonal .....	62
Figura 26 Comportamiento mecánico de un material frente a cargas axiales.....	63
Figura 27 Esfuerzo - Deformación.....	64
Figura 28 Ley generalizada de Hook .....	65
Figura 29 Diseño de ingeniería .....	75
Figura 30 Cuña metálica graduada.....	87



Figura 31 Maquina de compresión axial .....	88
Figura 32 Fiola .....	89
Figura 33 Molde cónico metálico o cono de absorción .....	89
Figura 34 Pisón compactador .....	89
Figura 35 Bomba de vacíos .....	90
Figura 36 Mesa de flujo .....	90
Figura 37 Molde de flujo.....	91
Figura 38 Prensa hidráulica.....	92
Figura 39 Escuadras de carga.....	92
Figura 40 Dial o deformímetro.....	93
Figura 41 Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería .....	93
Figura 42 Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería.....	95
Figura 43 Pesaje de unidades de albañilería.....	97
Figura 44 Ensayo de Succión de unidades de albañilería y posterior pesaje .....	98
Figura 45 Unidades de albañilería ensayadas en la máquina de compresión.....	101
Figura 46 Ensayo de Granulometría – Tamizado de la muestra .....	103
Figura 47 Registro de peso de las muestras de 500 gr de agregado fino .....	106
Figura 48 Llenado del cono de absorción para compactar con el pisón .....	107
Figura 49 Se retiro el aire atrapado con ayuda de la bomba de vacíos .....	108
Figura 50 Llenado de agregado fino en el molde cilíndrico .....	109
Figura 51 Compactado de la muestra sobre la mesa de flujo.....	111
Figura 52 Preparación del mortero para el asentado de los prismas de albañilería .....	115
Figura 53 Tarrajeo de prismas de albañilería .....	116
Figura 54 Espécimen colocado en la máquina de compresión para ser ensayado .....	117
Figura 55 Falla producida en un prisma ensayado .....	117
Figura 56 Supervisión del ingeniero asesor para ensayo de Compresión de prismas de albañilería .....	117
Figura 57 Elaboración de mortero para el asentado de muretes de albañilería.....	129
Figura 58 Corte de unidades de albañilería .....	129
Figura 59 Asentado de muretes de albañilería .....	130
Figura 60 Tarrajeo de muretes de albañilería.....	130
Figura 61 Colocado de especímenes en la máquina de Compresión Diagonal y falla de muretes ensayado .....	131



Figura 62 Resistencia a Compresión de unidades de albañilería .....	143
Figura 63 Curva Granulométrica de agregado fino de Vicho .....	144
Figura 64 Curva Granulométrica de agregado fino de Cunyac.....	145
Figura 65 Curva Granulométrica de agregado fino (75% cantera de Vicho + 25% cantera de Cunyac) .....	146
Figura 66 Resistencia a Compresión del mortero (C: A) 1:4.....	151
Figura 67 Resistencia a Compresión del mortero (C: A) 1:4 + 0.5% fibras de polipropileno	152
Figura 68 Prisma de albañilería reforzado con una varilla 1 AB .....	154
Figura 69 Prisma de albañilería reforzado con una varilla 1 AR .....	155
Figura 70 Prisma de albañilería reforzado con una varilla 1 y 1.....	156
Figura 71 Prisma de albañilería reforzado con dos varillas 2 AB.....	157
Figura 72 Prisma de albañilería reforzado con dos varillas 2 AR.....	158
Figura 73 Prisma de albañilería reforzado con dos varillas 2 y 2 .....	159
Figura 74 Prisma de albañilería reforzado con tres varillas 3 AB .....	160
Figura 75 Prisma de albañilería reforzado con tres varillas 3 AR .....	161
Figura 76 Prisma de albañilería reforzado con tres varillas 3 y 3 .....	162
Figura 77 Prisma de albañilería sin refuerzo MC .....	163
Figura 78 Esfuerzo vs Deformación – Primas 1 AB .....	166
Figura 79 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 1 AR .....	167
Figura 80 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 1 y 1 .....	168
Figura 81 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 2 AB .....	169
Figura 82 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 2 AR .....	170
Figura 83 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 2 y 2.....	171
Figura 84 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 3 AB .....	172
Figura 85 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 3 AR .....	173
Figura 86 Esfuerzo vs Deformación – Prismas 3 y 3.....	174
Figura 87 Esfuerzo vs Deformación – Prismas MC.....	175
Figura 88 Coeficiente de Poisson en unidades de albañilería .....	182
Figura 89 Fuerza de diseño aplicado sobre la cara perpendicular del muro .....	183
Figura 90 Desplazamiento de muro confinado (MC).....	185
Figura 91 Desplazamiento de muro no confinado (MC).....	185
Figura 92 Esfuerzo a compresión de muro confinado (MC) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad .....	186



Figura 93 Esfuerzo a compresión de muro no confinado (MC) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 186

Figura 94 Desplazamiento de muro confinado (1 AR) con programa Abaqus ..... 187

Figura 95 Desplazamiento de muro no confinado (1 AR) con programa Abaqus ..... 187

Figura 96 Esfuerzo a compresión de muro confinado (1 AR) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 188

Figura 97 Esfuerzo a compresión de muro no confinado (1 AR) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 188

Figura 98 Desplazamiento de muro confinado (2 AB) con programa Abaqus ..... 189

Figura 99 Desplazamiento de muro no confinado (2 AB) con programa Abaqus ..... 189

Figura 100 Esfuerzo a compresión de muro confinado (2 AB) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 190

Figura 101 Esfuerzo a compresión de muro no confinado (2 AB) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 190

Figura 102 Desplazamiento de muro confinado (2 y 2) con programa Abaqus ..... 191

Figura 103 Desplazamiento de muro no confinado (2 y 2) con programa Abaqus ..... 191

Figura 104 Esfuerzo a compresión de muro confinado (2 y 2) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 192

Figura 105 Esfuerzo a compresión de muro no confinado (2 y 2) por acción de la fuerza de diseño y la gravedad ..... 192

Figura 106 Distribución de la fuerza de diseño en la dirección X ..... 193

Figura 107 Esfuerzo en muro confinado (MC) en dirección X ..... 193

Figura 108 Esfuerzo en muro no confinado (MC) en dirección X ..... 194

Figura 109 Esfuerzo en muro confinado (2 y 2) ..... 194

Figura 110 Esfuerzo en muro no confinado (2 y 2) ..... 195

Figura 111 Resultados – Resistencia a compresión de prismas de albañilería ..... 197

Figura 112 Resultados – Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería ..... 198

Figura 113 Resultados – Resistencia a Compresión Diagonal de muretes de albañilería ..... 198

Figura 114 Crecimiento vertical de viviendas en el departamento de Cusco ..... 203

Figura 115 Flexómetro ..... 218

Figura 116 Vernier ..... 218

Figura 117 Horno eléctrico ..... 218

Figura 118 Balanza eléctrica ..... 218



Figura 119 Serie de tamices .....	218
Figura 120 Tamizadora eléctrica.....	218
Figura 121 Moldes cúbicos .....	219
Figura 122 Nivel de mano.....	219
Figura 123 Mezcladora eléctrica.....	219
Figura 124 Asentado de murete reforzado .....	219
Figura 125 Colocado de rotulo en muretes .....	219
Figura 126 Reforzamiento de prisma de albañilería con dos varillas de ¼”.....	220
Figura 127 Tarrajeo de muretes .....	220
Figura 128 Registro de dimensiones de la unidad de albañilería blocker 12.....	220
Figura 129 Medición de concavidad con cuña metálica .....	220
Figura 130 Ensayo de succión de la unidad de albañilería .....	220
Figura 131 Registro de peso de la unidad de albañilería.....	220
Figura 132 Secado superficial de la unidad de albañilería.....	221
Figura 133 Registro del peso de la unidad .....	221
Figura 134 Enrazado de arena Otawa en huecos de la unidad .....	221
Figura 135 Levantado de unidad para posterior pesaje de arena .....	221
Figura 136 Registro de peso de arena Otawa.....	222
Figura 137 Refrentado de la unidad de albañilería .....	222
Figura 138 Nivelado de refrentado.....	222
Figura 139 ensayo de compresión de unidades de albañilería .....	222
Figura 140 Falla de unidad sometida a compresión.....	222
Figura 141 Ensayo de granulometría .....	223
Figura 142 Granulometría de la mezcla de agregados 75% agregado de Vicho + 25% agregado de Cunyac.....	223
Figura 143 Ensayo de Contenido de Humedad.....	223
Figura 144 Registro de peso de mezcla de agregado .....	223
Figura 145 Tamizado de agregado para ensayo de peso específico.....	224
Figura 146 Llenado y apisonado de agregado en cono de absorción.....	224
Figura 147 Muestra en estado saturado superficialmente seco .....	224
Figura 148 Vertido de agregado en fiola para ensayo de peso específico .....	224
Figura 149 Agitado de fiola para acomodo de partículas.....	224
Figura 150 Eliminación de aire .....	224



Figura 151 registro de peso de fiola + agregado + agua .....	225
Figura 152 Registro de dimensiones de molde cilíndrico .....	225
Figura 153 Llenado de molde cilíndrico para ensayo de peso unitario de agregado fino .....	225
Figura 154 Apisonado de agregado.....	225
Figura 155 Limpieza de material excedente .....	225
Figura 156 Registro del peso molde cilíndrico + agregado .....	225
Figura 157 Registro de peso.....	226
Figura 158 Mezcla de cemento + agregado + fibras de polipropileno + agua.....	226
Figura 159 Llenado de molde flujo .....	226
Figura 160 Cono de mezcla en mesa de flujo .....	226
Figura 161 Mezcla sometida a 25 golpes en la mesa de flujo.....	226
Figura 162 Medición de diámetro de mezcla .....	226
Figura 163 Muestreo de cubos de mortero .....	227
Figura 164 Secado de cubos de mortero .....	227
Figura 165 Registro de peso de cubos de mortero .....	227
Figura 166 Medición de lados de cubos de mortero .....	227
Figura 167 Ensayo de compresión axial de cubos de mortero.....	227
Figura 168 Refrentado de prismas de albañilería.....	228
Figura 169 Pegado y nivelado de angulares en prismas de albañilería.....	228
Figura 170 Colocación de prisma y reloj comparador para ensayo de compresión axial y módulo de elasticidad.....	228
Figura 171 Colocación de reloj comparador en la cara con tarrajeo del prisma.....	228
Figura 172 Falla de prisma a fuerza de compresión.....	229
Figura 173 Prismas de albañilería listos para ser ensayados.....	229
Figura 174 Registro de pesos del murete de albañilería.....	229
Figura 175 Prismas y muretes listos para ser ensayados.....	229
Figura 176 Transporte de muretes de albañilería .....	230
Figura 177 Colocación de muretes en la prensa hidráulica.....	230
Figura 178 Ensayo de compresión Diagonal de murete.....	230
Figura 179 Falla de muretes ensayado .....	230
Figura 180 Refrentado y colocación de angulares a unidad de albañilería .....	231
Figura 181 Equipo utilizado para el ensayo de coeficiente de Poisson .....	231



Figura 182 Colocación de la unidad de albañilería en la máquina de compresión y ensamblado de equipo utilizado ..... 231

Figura 183 Registro de datos de coeficiente de poisson ..... 231

Figura 184 Supervisión de ingeniero asesor ..... 231



## 1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

Debido a la gran demanda en la construcción de muros perimetrales con unidades de ladrillo tipo blocker en edificaciones en la Región de Cusco, estos muros presentan una debilidad frente a mecanismos de falla durante un evento sísmico generando pérdidas humanas y materiales.

En la ciudad de Cusco se observa un crecimiento vertical generando construcciones de seis niveles a más como se observa en la Figura 1 (a), la masa y energía potencial de estos muros en edificios altos se convierte en un peligro para los habitantes y transeúntes.

En la Figura 1 (b) se observa una edificación aporcionada con muros perimetrales que no presenta refuerzo frente a mecanismos de falla durante un sismo.



(a)



(b)

Figura 1 (a) Edificación de 6 niveles – (b) Muro perimetral con ladrillo blocker

En la Figura 2 (a) se observa un desplazamiento del muro perimetral hacia la parte exterior de la edificación comprometiendo la vida de las personas que habitan la casa colindante.

La presencia de grietas en el acabado de un muro perimetral como se observa en la Figura 2 (b) generan inseguridad y preocupación en las personas que habitan la vivienda, por estas razones en esta investigación se plantea evaluar las propiedades mecánicas como la resistencia característica, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson, para que las nuevas construcciones hechas con estas unidades de albañilería, sean reforzadas de manera segura y económicamente viable para así evitar pérdidas humanas ante un posible movimiento sísmico.



(a)



(b)

Figura 2 (a) Desplazamiento del muro vista exterior – (b) Desplazamiento del muro vista interior

## 1.1.2. Formulación del Problema

### 1.1.2.1. Formulación del Problema General

¿Cuál es el modelamiento y evaluación comparativa de la Resistencia Característica de la albañilería y Módulo de Elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, modificado con acero y polipropileno frente a albañilería tradicional, 2019?

### 1.1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos

- **Problema Especifico N° 01**

¿Cuál es la resistencia a compresión Axial del mortero utilizando agregado fino de la cantera de Vicho y Cunyac?



- **Problema Especifico N° 02**

¿Cuál es la Resistencia Característica de unidades de albañilería tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco?

- **Problema Especifico N° 03**

¿Cuál es la resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de prismas de albañilería utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco, sin refuerzo?

- **Problema Especifico N° 04**

¿Cuál es la resistencia a compresión Diagonal de muretes de albañilería utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco, sin refuerzo?

- **Problema Especifico N° 05**

¿Cuál es la resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de prismas de albañilería, reforzado con 1, 2 y 3 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con mortero (C: A) 1:4 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco?

- **Problema Especifico N° 06**

¿Cuál es la resistencia a compresión Diagonal de muretes de albañilería, reforzado con 1, 2 y 3 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con mortero (C: A) 1:4 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco?

- **Problema Especifico N° 07**

¿Cuál es el comportamiento de un muro de albañilería modelado con Software Estructural (Abaqus), utilizando las propiedades mecánicas obtenidas en los ensayos realizados?

## 1.2. Justificación e Importancia de la investigación

### 1.2.1. Justificación Técnica

La presente investigación está orientada a la rama de Construcciones en la Ingeniería Civil en el que desarrollamos el tema de albañilería no estructural para efectos de movimiento de base generado por sismos y la ciudad de Cusco no es ajena a estos



fenómenos naturales, dichos eventos provocan desplazamientos y esfuerzos de compresión y tracción en los muros no estructurales de albañilería con ladrillos blocker. El desconocimiento de propiedades mecánicas como el Módulo de Elasticidad, Coeficiente de Poisson y Resistencia Característica para unidades tipo blocker 12 con materiales propios de la ciudad de Cusco, hace inviable un modelamiento que tome las condiciones reales para predecir su comportamiento frente a eventos sísmicos. Además, el conocimiento de las propiedades mecánicas indicadas líneas arriba nos permitió realizar un modelado con cargamento lateral de forma que el muro de albañilería reforzada experimente fuerzas de corte y momentos flectores.

Según la (Norma E 0.30 Diseño Sismorresistente, 2016) nos indica que la ciudad de Cusco se encuentra en zona sísmica 2; además la (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) nos señala que, para los elementos no estructurales que estén unidos al sistema estructural sismorresistente y deban acompañar la deformación de la estructura, deberá asegurarse que en caso de falla no causen daños.

Dentro de los elementos no estructurales deben tener adecuada resistencia y rigidez para acciones sísmicas, lo cual no se cumple, por esta razón se busca otros métodos de reforzamiento que sean resistentes a sollicitaciones que imponen los movimientos sísmicos.

### **1.2.2. Justificación Social**

La presente investigación se justifica porque brinda a la sociedad un refuerzo que mejora las propiedades mecánicas de los muros de albañilería donde las varillas de acero están integradas en las juntas de mortero. Es así que se podrán construir viviendas más seguras en la ciudad del Cusco y consecuentemente evitar la pérdida de vidas humanas durante un evento sísmico.

Además, se aporta con el conocimiento del Módulo de Elasticidad y coeficiente Poisson de unidades tipo blocker 12 fabricados artesanalmente en la ciudad del Cusco.

Finalmente se benefician los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, debido a que será fuente de consulta para generar nuevos temas de investigación.

### 1.2.3. Justificación de Viabilidad

Los materiales que se usaron para la construcción de los muros y el refuerzo de estos, son accesibles, además para los ensayos que realizamos a los prismas y muretes de albañilería fue necesario contar con otros equipos los cuales no cuenta la Universidad Andina del Cusco, es por ello que el proyecto es viable.

### 1.2.4. Justificación por Relevancia

Es importante porque el sistema de refuerzo de la albañilería con varillas de  $\frac{1}{4}$ " y fibras de polipropileno en 0.5%, plantea una solución técnica a incrementar el módulo de elasticidad y resistencia característica de la Albañilería con unidades tipo blocker 12, frente a fallas de Aplastamiento, Tracción Diagonal, Cizalle y Volteo ocurridos durante un movimiento sísmico.

## 1.3. Limitación de la Investigación

### 1.3.1. Limitación espacial

La presente investigación está limitado al departamento de Cusco, provincia de Cusco, distrito de San Jerónimo; los materiales que se utilizaron para el mortero fueron agregado fino de la cantera de Vicho y Cunyac, para el tarrajeo se empleó el agregado fino de la cantera de Cunyac, las unidades de albañilería tipo blocker 12 son fabricados en las ladrilleras del Distrito de San Jerónimo y los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina de Cusco.

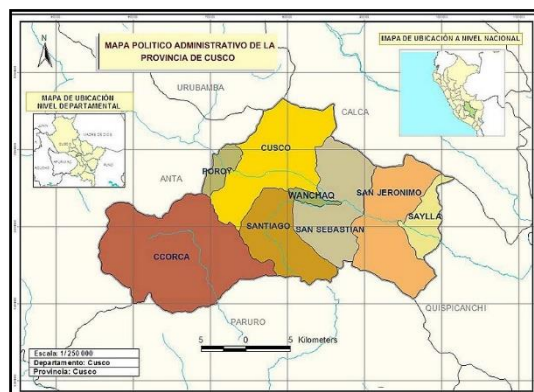


Figura 3 Ámbito territorial de la investigación

Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Provincia\\_Cusco.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Provincia_Cusco.jpg)





### 1.3.2. Limitación temporal

La presente investigación se limitó a un periodo de 12 meses, durante el cual se realizó la elaboración de especímenes como prismas y muretes con unidades de albañilería tipo blocker 12, asentados con mortero normalizado tipo NP + 0.5% fibras de polipropileno, reforzado con varillas de acero. Para así poder realizar los respectivos ensayos, recolección y procesamiento de datos y culminar con el informe final.

### 1.3.3. Limitación de materiales

- La elaboración del mortero se limitó a una dosificación (Cemento: Arena) 1:4, cemento Portland tipo IP, agua potable, agregado fino (75 % cantera de Vicho y 25 % cantera de Cunyac), adicionado con 0.5 % de fibras de polipropileno SikaFiber® M-12.
- La elaboración del tarrajeo se limitó al uso de cemento Portland tipo IP, agua potable, arena fina de la cantera de Cunyac, adicionado con fibras de polipropileno.
- Se utilizó agua potable, que debe ser limpia y libre de aceites, sales y materiales orgánicos de acuerdo a las normas (NTP 339.088 Agua para concreto y NTP 399.610 Especificación normalizada para mortero)
- La elaboración de prismas y muretes se limitó al uso de la unidad hueca de arcilla cocida de albañilería tipo blocker 12, con dimensiones de 30cm x 20cm x 12cm.
- El reforzamiento de las juntas de mortero se limitó al uso de varillas de acero corrugado de ¼" ASTM A 615 Grado 60 x 9 m.

### 1.3.4. Limitación de ensayos

- Los ensayos realizados a los agregados, están limitados a la aplicación de (INDECOPI NTP 400.012, 2001), "Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global", fueron realizados con equipos del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina de Cusco.
- Los ensayos realizados a las unidades de albañilería, están limitados a la aplicación de (NTP 399.613 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería), fueron realizados con equipos del Laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina de Cusco.



- Para la preparación del mortero se empleó agregado fino de las canteras de Vicho y Cunyac con una dosificación (Cemento: Arena) 1:4 el cual está clasificado según la Norma E 0.70 como mortero NP.
- La elaboración de las juntas de mortero en prismas y muretes de albañilería fue de un espesor de 1.5 cm, según lo establecido en el capítulo 4 de la Norma E 0.70.
- El ensayo realizado al mortero, está limitado a la aplicación de la (NTP 334.057 CEMENTOS. Método para determinar la fluidez de morteros de cemento), el cual fue realizado con equipos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina de Cusco.
- El ensayo realizado al mortero, está limitado a la aplicación de la (NTP 334.051 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado), el cual fue realizado con equipos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Andina de Cusco.
- Para el asentado de ladrillo tipo blocker 12 se empleó mano de obra calificada.
- Para que los prismas de albañilería no pierdan su contenido de humedad satisfactorio, después de las 48 horas de construidos los prismas de albañilería, se mantuvo en bolsas plásticas en una zona con una temperatura ambiente. Dos días antes de los ensayos a realizar se retiró las bolsas de humedad apretada y se continuó el almacenamiento de los prismas a temperatura ambiente.
- El curado de muretes se realizó almacenándolos a una temperatura ambiente y libre de corrientes de aire por no menos de 28 días.
- La evaluación de especímenes de mortero, prismas y muretes están limitados a los 28 días después de su elaboración.
- Para realizar el ensayo de compresión Diagonal en muretes fue necesario elaborar escuadras de carga de acero con la longitud de apoyo no menor que la altura de la unidad de albañilería, el cual tiene la función de aplicar de forma uniforme la carga aplicada.
- Para determinar el módulo de elasticidad en Prismas de albañilería fue necesario contar con diales o deformímetros que nos ayudaron a medir el desplazamiento.



- Para determinar el coeficiente de Poisson fue necesario contar con diales o deformímetros analógicos y con un LVDT (Transformador diferencial de variación lineal) que mide desplazamientos de forma digital.
- Los ensayos de compresión Axial en los prismas de albañilería, está limitado a la aplicación de la (NTP 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería)
- Los ensayos de compresión Diagonal en muretes de albañilería, está limitado a la aplicación de la (NTP 399.613 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería)
- Los ensayos de compresión Axial de Prismas y compresión Diagonal de Muretes de albañilería fueron evaluados en una prensa hidráulica de pie con bomba manual, de capacidad de 80 toneladas y un manómetro de 0 a 400 bares, de propiedad de la empresa “Rectificaciones Jesús”, ubicada en la Prolongación de la Av. De la Cultura L-8 San Jerónimo Cusco.

#### **1.4. Objetivo de la Investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Modelar y Evaluar comparativamente la Resistencia Característica de la albañilería y Módulo de Elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, modificado con acero y polipropileno frente a albañilería tradicional, 2019.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- **Objetivo específico N° 01**

Determinar la resistencia a compresión Axial del mortero utilizando agregado fino de la cantera de Vicho y Cunyac.

- **Objetivo específico N° 02**

Determinar la Resistencia Característica de unidades de albañilería tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco.





- **Objetivo específico N° 03**

Determinar la resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de Prismas de albañilería utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco, sin refuerzo.

- **Objetivo específico N° 04**

Determinar la resistencia a compresión Diagonal de Muretes de albañilería utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco, sin refuerzo.

- **Objetivo específico N° 05**

Determinar la resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de prismas de albañilería, reforzado con 1, 2 y 3 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con mortero (C: A) 1:4 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco.

- **Objetivo específico N° 06**

Determinar la resistencia a compresión Diagonal de muretes de albañilería, reforzado con 1, 2 y 3 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con mortero (C: A) 1:4 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco.

- **Objetivo específico N° 07**

Determinar el comportamiento de un muro de albañilería modelado con Software Estructural (Abaqus), utilizando las propiedades mecánicas obtenidas en los ensayos realizados.



## 2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Tesis

#### 2.1.1. Antecedentes a Nivel Local

**Tesis** : “Evaluación comparativa de la Resistencia a la compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con mortero convencional (C: A) 1:4, respecto a muros de albañilería elaborados con un mortero adicionado con fibras de polipropileno, utilizando ladrillo king kong 18 huecos”

**Autores** : Gamarra Cotohuanca Nilton y Meza Galiano, José Luis

**Institución** : Universidad Andina del Cusco

**Lugar** : Cusco - Perú

**Año** : 2015

“La presente investigación fue orientada al estudio de las variaciones numéricas de las propiedades de resistencia a compresión axial y resistencia a compresión diagonal, evaluados a través de especímenes prismáticos elaborados con un mortero adicionado con fibras de polipropileno en porcentajes de 0.1%, 0.2%, 0.5%, 1.0% y 1.5%, dosificados respecto al peso del cemento. La fabricación de especímenes se realizó además con unidades solidas de albañilería tipo King Kong 18 huecos de fabricación semi industrial, asentados con un mortero convencional (C: A) 1:4 adicionado con fibras de polipropileno, este a su vez fue elaborado con una combinación de agregados finos de las canteras de Pisac y Vicho, cemento Portland tipo IP y agua potable. Adicionalmente se realizaron ensayos de las propiedades físico mecánicas a la combinación de los agregados mencionados y a las unidades de albañilería tipo King Kong 18 huecos fabricadas en la ciudad de Cusco, unidad de albañilería con alta demanda en el mercado cusqueño. La elaboración de muestras para el ensayo de compresión axial estuvo conformada por 30 pilas de 24.0 x 61.5 cm de 6 hiladas, de estos 05 se asentaron con un mortero convencional (C: A) 1:4 sin adición y 25 se asentaron con un mortero adicionado con fibras de polipropileno; adicionalmente para el ensayo de compresión del mortero se elaboraron muestras cubicas de 5 cm de lado, las cuales también fueron ensayadas a los 28 días. Cabe indicar que para el desarrollo de los ensayos mencionados se utilizó la Norma E 0.70 de Albañilería y Normas Técnicas peruanas: NTP 399.605, NTP 399.621 y NTP 334.051 respectivamente.



Además, se debe indicar también que, para la elaboración de todas las muestras en estudio, se utilizó una mano de obra calificada conformada por un operario y un peón. De acuerdo con los resultados se obtuvieron conclusiones muy importantes, de las cuales se puede destacar que adiciones entre 0.1 a 1% incrementan la resistencia a compresión axial de los prismas de albañilería hasta en 25.55% y en 19.88% la resistencia a compresión diagonal, tal fue el caso de la adición de 0.5% donde se presentaron los mejores resultados para ambas pruebas; sin embargo la adición de 1.5% disminuyó en 9.24% la resistencia a compresión axial y en 29.16% la resistencia a compresión diagonal de los prismas de albañilería. Finalmente se determinó que el costo de elaboración por metro cuadrado de un muro de albañilería construido con ladrillos King Kong 18 huecos y un mortero (C: A) 1:4 con una adición de 0.5%, se incrementa en 3.93% y 8.24% para los aparejos tipo sogá y cabeza respectivamente.”

**Tesis** : “Análisis comparativo de la Resistencia a compresión axial de pilas y compresión diagonal de muretes de albañilería, sin tarrajeo, con tarrajeo y tarrajeo reforzado con sogá driza utilizando ladrillos king kong de 18 huecos y blocker”

**Autores** : Zuniga Quispe, Rony Fredy y Apaza Llamacponcca Willy

**Institución** : Universidad Andina del Cusco

**Lugar** : Cusco - Perú

**Año** : 2017

“La presente investigación fue orientada al estudio de las variaciones numéricas, de las propiedades de resistencia a compresión axial de pilas de ladrillo King Kong de 18 huecos y blocker, también a la resistencia a compresión diagonal de muretes con ladrillo King Kong de 18 huecos y blocker, estos serán evaluados a través de espécimen de primas de albañilería según la norma E.070. La fabricación de los especímenes se realizó con unidades solidas de ladrillo King Kong de 18 huecos con medidas de 9cm x 12cm x 24cm y unidades huecas como blocker de medidas de 10cm x 20cm x 30 cm de fabricación semi industrial, asentados con mortero tipo NP. El mortero fue elaborado con agregado arena gruesa de la cantera Tres de Mayo Huambutio y arena fina del puente Cunyac-Limatambo, cemento Portland tipo IP y agua potable. También se hizo el tarrajeo en pilas y muretes con arena fina de Cunyac Limatambo. Adicionalmente se



realizó ensayos de propiedades físico mecánicas al agregado procedente de las canteras de Tres de Mayo y las unidades de albañilería fabricadas en el distrito de San Jerónimo Cusco. La elaboración de muestras para el ensayo a compresión axial fueron 5 unidades de pilas sin tarrajeo, 5 unidades de pilas con tarrajeo y 5 unidades de pilas con tarrajeo reforzados con sogá driza. Estas pilas fueron elaboradas para cada tipo de unidad de albañilería como son los ladrillos King Kong de 18 huecos y blocker. La elaboración de muestras para el ensayo a compresión diagonal de muretes fue, 5 unidades de muretes sin tarrajeo, 5 unidades de muretes con tarrajeo y 5 unidades de muretes con tarrajeo reforzados con sogá driza. Estos muretes fueron elaborados por cada tipo de unidades de albañilería como son los ladrillos King Kong de 18 huecos y blocker. Los prismas serán evaluados a los 28 días con un total de 15 pilas de albañilería elaborado con ladrillo King Kong 18 huecos, 15 pilas de albañilería elaborados con blocker, 15 muretes de albañilería elaborados con unidades de King Kong de 18 huecos y 15 muretes de albañilería elaborados con blocker. De acuerdo con lo ensayado, se obtuvo resultados muy importantes, las cuales destacan la resistencia del murete de ladrillo King Kong 18 con tarrajeo reforzado con sogá driza que pasa la resistencia de 5.1 kg/cm<sup>2</sup> cumplimento la normativa para muros con ladrillo King Kong artesanal. Analizando los resultados evidenciamos la mejora la resistencia en las pilas y muretes utilizando la sogá driza como refuerzo en el tarrajeo.”

### 2.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional

**Tesis** : “Reforzamiento estructural de muros de ladrillo pandereta con mallas para tarrajeo y electrosoldada”

**Autores** : Cevallos Pezo, Oscar Manuel y Diaz Condori, Víctor Joel

**Institución** : Pontificia Universidad Católica del Perú

**Lugar** : Lima - Perú

**Año** : 2018

“En el Perú existen numerosas viviendas construidas con ladrillos pandereta, el más económico del mercado, éstos son utilizados para la construcción de muros portantes. El uso del ladrillo pandereta está prohibido para muros estructurales, excepto en la zona 1 según la Norma Técnica de Albañilería E. 070. Esta tendencia de uso masivo de ladrillos pandereta, se evidencia especialmente en distritos emergentes en donde, en su mayoría de casos, son viviendas típicas autoconstruidas sin asesoría técnica.



Evidentemente ante el problema señalado, se debe tomar medidas preventivas para tener un nivel de desempeño óptimo en las estructuras, en el supuesto que ocurra un sismo de magnitudes considerables. Por tanto, a través de esta investigación, se busca comparar la resistencia, comportamiento mecánico y costo asociado de muros sin reforzamiento (sólo tarrajados) con muros reforzados con malla para tarrajeo y malla electrosoldada. Para este proyecto se construyó nueve muretes a escala reducida con ladrillos pandereta, tres de ellos construidos de manera tradicional, otros tres reforzados con mallas para tarrajeo y finalmente tres muretes reforzados con mallas electrosoldadas. Estos muretes fueron construidos y sometidos a ensayos de compresión diagonal en el laboratorio de estructuras de la PUCP determinando su resistencia al corte, comportamiento y propiedades mecánicas de los muretes reforzados.”

**Tesis** : “Macro modelación numérica de ensayos de pilas y muretes de albañilería de arcilla”

**Autor** : Ruiz Salinas, María Claudia

**Institución** : Pontificia Universidad Católica del Perú

**Lugar** : Lima - Perú

**Año** : 2017

“En la presente investigación se presenta el desarrollo de macromodelos numéricos de pilas y de muretes de albañilería de arcilla con la aplicación del Método de Elementos Finitos en el programa de computadora Abaqus. El objetivo de este trabajo es calibrar las propiedades plásticas de la albañilería ensayada en laboratorio para así, caracterizar su comportamiento estructural a compresión y tracción. Con este objetivo, cuatro pilas y cuatro muretes se ensayaron a compresión uniaxial y compresión diagonal, respectivamente. De dichos ensayos se obtuvieron la resistencia máxima a compresión y tracción, módulo de elasticidad, módulo de corte, y las curvas carga-deformación del material, principalmente, en la etapa elástica de su comportamiento. La metodología comprendió revisión bibliográfica, participación en ensayos de laboratorio, evaluación de resultados de ensayos y, a partir de este análisis de resultados, la calibración de las propiedades mecánicas inelásticas. A futuro, se espera que las propiedades que se calibren del material se puedan emplear para el diseño y modelamiento de estructuras más complejas hechas de albañilería de arcilla; lo cual se considera de importancia



debido a la significativa presencia de este material en el país y la necesidad de estimar su respuesta estructural más allá del rango elástico por encontrarse el Perú en una zona sísmica.”

### 2.1.3. Antecedentes a Nivel Internacional

**Tesis** : “Modelación numérica del agrietamiento en prismas y muretes conformados por bloques de hormigón”

**Autor** : Hernandez Friz, Alexis

**Institución** : Universidad del Bio Bio

**Lugar** : Concepción - Chile

**Año** : 2008

“Este trabajo tiene como objetivo general modelar numéricamente el agrietamiento de prismas y muretes de bloques de hormigón, sometidos a compresión axial y diagonal, a través del método de los elementos finitos, utilizando para ello un software comercial llamado LUSAS Versión 14.0-3. En este programa vienen implementados dos modelos constitutivos para materiales isotrópicos “Damage Isotropic Model” y “Multi-Crack Model” que permitirán los análisis no lineales requeridos. Para tales efectos se modelaron en total 345 prismas sometidos a compresión axial y 3 muretes a compresión diagonal, utilizando los modelos constitutivos, a fin de poder determinar en una primera etapa, cual de ambos se ajusta mejor a las capacidades de compresión axial, para ser implementado posteriormente en los casos de compresión diagonal. Posterior a ello se validaron los ajustes de las curvas Tensión-Deformación, para una serie de prismas instrumentados para tal fin, obteniéndose en algunos casos una superposición de curvas teóricas y reales. Luego de lo cual se comparó la propagación de agrietamiento propuesta por el LUSAS y el agrietamiento real final. Además, se obtuvieron una serie de expresiones empíricas que permitirán estimar de buena forma la capacidad última a compresión de la albañilería, hecha con morfologías tradicionales de bloques de hormigón. Al final se implementaron numéricamente las propuestas morfológicas estudiadas actualmente en fase investigativa por la Universidad del Bio-Bio, estimando curvas de Tensión- Deformación para diversas razones de módulo de elasticidad, y fórmulas que permitan predecir la resistencia prismática a compresión axial de los prismas hechos con bloques innovadores de hormigón.”



## 2.2. Aspectos Técnicos Pertinentes

### 2.2.1. Albañilería o mampostería

Es un 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 0.70 Albañilería, 2006)

Se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre si con algún material, como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobes, tapias, ladrillos y bloques). Este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades, principalmente de vivienda. Bajo esta definición, se concluye que la albañilería existió desde tiempos remotos y que su forma inicial podría haber sido los muros hechos con piedras naturales trabadas o adheridas con barro, lo que en nuestro medio se denomina Pirca. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

#### 2.2.1.1. Tipos de Albañilería

La albañilería se clasifica de dos maneras:

##### 1. Por la función estructural

Por la función que desempeñan los muros, se clasifican en:

###### a) 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 su plano como perpendicular al mismo, tanto vertical como lateral, así como permanente o eventual”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

###### b) Muros No Portantes

“Son los que no reciben carga vertical, son por ejemplo los cercos, parapetos y tabiques. Estos muros deben diseñarse básicamente para cargas perpendiculares a su plano, originadas por el viento, sismos y otras cargas de empuje”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)



## 2. Por la distribución del refuerzo

De acuerdo a la distribución del refuerzo, los muros se clasifican en:

### 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. De acuerdo a la norma E 0.70, este tipo de edificación no debe emplearse por el carácter frágil de su falla ante los terremotos. Cabe destacar que un muro de albañilería no reforzada presenta prácticamente la misma resistencia a fuerza cortante que un muro confinado de iguales características; sin embargo, las columnas de confinamiento incrementan la rigidez lateral del muro confinado, reduciendo el periodo de vibrar de la edificación correspondiente y la fuerza sísmica actuante. Aparte, las columnas de confinamiento proporcionan ductilidad después de que la albañilería confinada se agrieta por corte y, además, las columnas proporcionan arriostres verticales al muro confinado ante acciones sísmicas perpendiculares a su plano”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

### b) Muros Reforzados

De acuerdo a la disposición del refuerzo, los muros se clasifican en:

#### ❖ Muro de albañilería armada (muro armado)

“Los muros armados se caracterizan por llevar el refuerzo en el interior de la albañilería. Este refuerzo esta generalmente distribuido a lo largo de la altura del muro (refuerzo horizontal) como de su longitud (refuerzo vertical). Para integrar el refuerzo con la albañilería, es necesario llenar los alveolos (o celdas) de los bloques con concreto líquido (grout)”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

#### ❖ Muro de albañilería de junta seca

“Una variedad de los muros armados son los muros de junta seca o apilables. Estos son muros que no requieren el uso de mortero en las juntas verticales u horizontales”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)



### ❖ Muro laminar (Sandwich)

“Este muro está constituido por una placa delgada de concreto (dependiendo si el espesor es de 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 la placa”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

### ❖ Muro de albañilería confinada (muro confinado)

“Este es el sistema que tradicionalmente se emplea en caso toda Latinoamérica para la construcción de edificios hasta de 5 pisos. La albañilería confinada se define como aquella que se encuentra íntegramente bordeada por elementos de concreto armado, vaciado después de haberse construido el muro de albañilería y con una distancia entre columnas que no supere en más de 2 veces la altura del piso”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

## 2.2.2. Unidad 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 E 0.70 Albañilería, 2006). El proceso de elaboración de unidades de arcilla se realiza como se muestra en la Figura 4.

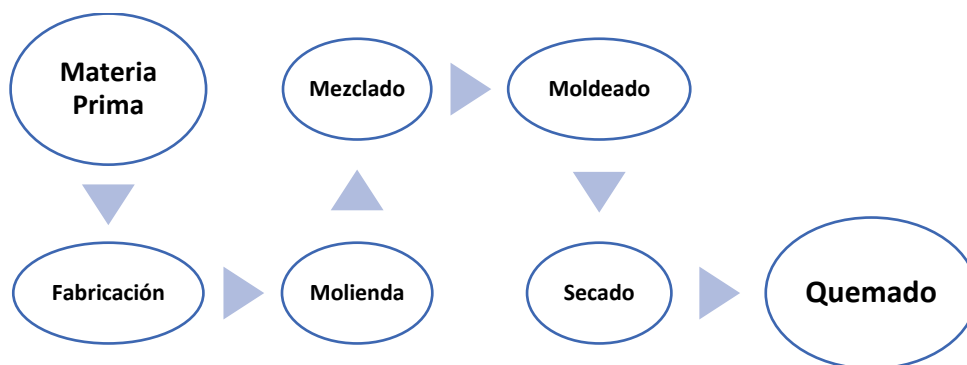


Figura 4 Proceso de elaboración de unidades de arcilla

### 2.2.2.1. Clasificación por su materia prima

Según (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011) por su materia prima las unidades de albañilería son básicamente hechas de arcilla (o unidades cerámicas), de sílice – cal (o unidades sílico - calcáreas) y de concreto.

### 2.2.2.2. Clasificación por sus huecos

Según (Gallegos & Casabonne, 2005) “la tipología de las unidades de albañilería se realiza casi universalmente basándose en el área neta, medida en proporción a la superficie bruta de la cara de asiento, y en las características de los alveolos”.

- **Unidades sólidas o macizas:**

“En estas unidades las perforaciones o alveolos, necesariamente perpendiculares a la cara de asiento, no deben alcanzar más del 30 % del área de la sección bruta”.

- **Unidades huecas:**

“En las unidades huecas el área alveolar excede el 30 % del área bruta y los alveolos tienen dimensiones tales que pueden llenarse con concreto líquido”.

- **Unidades alveolares:**

“De acuerdo a la Norma E 0.70, las unidades alveolares son aquellas que presentan grandes huecos perpendiculares a las superficies de asiento. En esta categoría se clasifican los bloques de arcilla, sílice-cal y de concretos empleados en las edificaciones de albañilería armada rellena con grout. Estos bloques no deben emplearse en las construcciones de albañilería confinada porque se trituran ante los sismos”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

- **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 muros no portantes; su uso en muros portantes es un error frecuente”.

“No se deben emplear en muros portantes porque se trituran ante los sismos además que la lechada de cemento del concreto de las columnas se introduce por las perforaciones del ladrillo debilitando al concreto”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)



Figura 5 Unidad tubular

Fuente: [https://pe.all.biz/ladrillo-pandereta-rayas-g9886#.XiZT\\_chKi00](https://pe.all.biz/ladrillo-pandereta-rayas-g9886#.XiZT_chKi00)

Tabla 1 Limitaciones de aplicación estructural de los tipos de unidades de albañilería

Tipo	Posibilidad de aplicación			
	Muro en zona sísmica		Muro en zona no sísmica	
	Portante	No portante	Portante	No portante
Sólida	Óptima	Aplicable, pero muy pesada y costosa	Óptima para cargas elevadas	Aplicable, pero muy costosa
Hueca	No aplicable tal cual. Óptima si se llenan alveolos con concreto líquido	Óptima	Aplicable	Óptima
Perforada	No aplicable, salvo que el área alveolar sea 30% o menos que el área bruta.	Óptima	Aplicable	Óptima
Tubular	No aplicable	Óptima	No aplicable	Óptima

Fuente: (Gallegos & Casabonne, 2005)

### 2.2.2.3. Clasificación para fines estructurales

Según la (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) en su tabla la clasificación para fines Estructurales, dependerán de:

- La variación dimensional
- El alabeo
- La resistencia a compresión de la unidad

Tabla 2 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales					
Clase	Variación de la Dimensión (máxima en porcentaje)			alabeo (máximo en mm)	Resistencia Característica a Compresión (f' b mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) 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 <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 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: (Norma E 0.70 Albañilería, 2006)

### 2.2.2.4. Propiedades de las unidades de albañilería

Según (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011) conocer las propiedades de las unidades es necesario, básicamente para tener una idea sobre la resistencia de la albañilería, así como de su durabilidad ante la intemperie. Sin embargo, no se puede afirmar que la mejor unidad proporcione necesariamente la mejor albañilería.



Las propiedades de las unidades asociadas con la resistencia de la albañilería son:

- Resistencia a la compresión y tracción
- Variabilidad a la compresión y tracción
- Succión

Las propiedades de las unidades relacionadas con la durabilidad de la albañilería son:

- Resistencia a la compresión y densidad
- Eflorescencia, absorción y coeficiente de saturación

#### 2.2.2.4.1. Propiedades Físicas

##### a. 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 3 mm 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”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

##### b. Alabeo:

“El mayor alabeo (concavidad o convexidad) 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”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

##### c. 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 interfase de contacto, y, por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería”. (Gallegos & Casabonne, 2005)

##### d. Absorción:

“El ensayo de absorción se mide de la unidad sumergida en agua fría durante 24 horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante 5 horas, y el coeficiente de saturación es la relación entre la absorción y la absorción máxima”. (Gallegos & Casabonne, 2005)



#### 2.2.2.4.2. Propiedades mecánicas

La resistencia a la compresión es, por sí sola, la principal propiedad de la unidad de albañilería. Los valores altos de la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Los valores bajos, en cambio, son muestra de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Lamentablemente, esta propiedad es difícil de medir adecuadamente. De un lado, la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, principalmente de sus alturas, impide relacionar el resultado del ensayo de compresión con la verdadera resistencia de la masa componente. Esto se debe a los efectos de la forma y de la esbeltez en el valor medido y a la restricción, ocasionada por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad. (Gallegos & Casabonne, 2005)

En el cálculo de la resistencia a compresión antiguamente (Norma E 0.70 de 1982) se trabajaba con el área neta de la unidad. Ello daba cabida a que las fábricas produzcan ladrillos huecos, lo cual elevaba la resistencia a compresión. Actualmente, la resistencia se calcula con el área bruta, con lo cual esas unidades huecas se clasifican en un rango inferior. Debe remarcarse que las unidades huecas son muy frágiles. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

#### 2.2.2.5. Aceptación de la unidad de Albañilería

Según la (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) las unidades deberán cumplir:

- “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 naturales calcárea”.



- “La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, 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”.

### 2.2.3. El cemento

Es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. (Norma E 0.60 Concreto Armado, 2009)

El cemento es un material que, combinado con la arena, la piedra y el agua, crea una mezcla capaz de endurecerse hasta adquirir la consistencia de una piedra. (Aceros Arequipa MMC, 2010)

### 2.2.4. El agregado

Según (Rivera L., N.E.) los morteros están constituidos en un alto porcentaje por agregados (50 – 80% en volumen), por lo tanto, estos no son menos importantes que la pasta del cemento endurecida; por lo contrario, gran parte de las características de las mezclas de mortero, tanto en estado plástico como en estado endurecido, dependen de las características y propiedades de los agregados, las cuales deben ser estudiadas para obtener morteros de buena calidad y económicos. Como agregados de las mezclas de mortero se pueden considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de la partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento Portland.

#### 2.2.4.1. Clasificación de los agregados

##### Arena Gruesa

“Es ideal que se use arena gruesa, con granos redondeados y de una granulometría completa (con variedad en el tamaño de las partículas), que permitan llenar los espacios vacíos con el material cementante, formando un mortero denso y resistente a la intemperie”. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

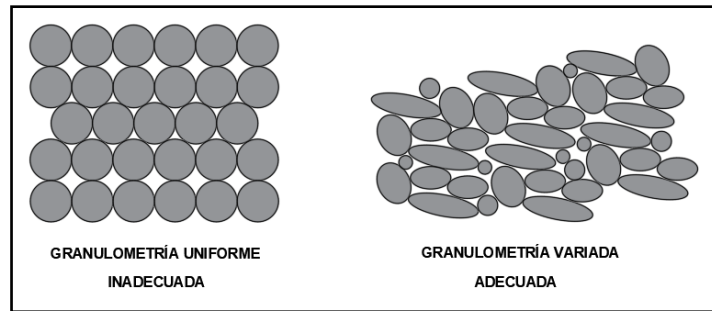


Figura 6 Granulometría de la arena

Fuente: (San Bartolome, Quiun, &amp; Silva, 2011)

“La (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) indica que el agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de prismas y muretes proporcionen resistencia según lo especificado en los planos”. (Norma E 0.70 Albañilería, 2006)

Tabla 3 Granulometría de la arena gruesa

Granulometría de la arena gruesa	
Malla ASTM	% que Pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: (Norma E 0.70 Albañilería, 2006)

## 2.2.4.2. Propiedades físicas de los agregados

### 2.2.4.2.1. Granulometría

La granulometría está definida como la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir la muestra de agregado en fracciones de igual tamaño. (Sanchez de Guzman, 2001)

### 2.2.4.2.2. Módulo de finura

“El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la suma de los porcentajes retenidos acumulados

en los tamices de la serie (estándar) que cumplen la relación 1:2, desde el tamiz de 149 (N ° 100) en adelante, hasta el máximo tamaño que se encuentre, dividido por 100”. (Sanchez de Guzman, 2001)

“El módulo de finura se puede calcular a cualquier material, sin embargo, se recomienda determinar el módulo de finura al agregado fino y según su valor, este agregado se puede clasificar tal como se presenta en la Tabla 4”. (Rivera L., N.E.)

Tabla 4 Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor del módulo de finura

Módulo de finura	Agregado fino
Menor que 2.00	Muy fino o extra fino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor que 3.50	Muy grueso o extra grueso

Fuente: (Rivera L., N.E.)

#### 2.2.4.2.3. Densidad o peso específico

Dentro de las propiedades físicas de los agregados que dependen directamente de las propiedades de la roca original de donde provienen, se encuentra la densidad, la cual está definida como la relación entre el peso y el volumen de una masa determinada. (Sanchez de Guzman, 2001)

#### 2.2.4.2.4. Porosidad y absorción

“La porosidad es el volumen de espacios dentro de las partículas de agregados. Tiene una gran influencia en todas las demás propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas”. (Pasquel Carbajal, 1998)

Según (Sanchez de Guzman, 2001) “la porosidad de las partículas del agregado, es muy importante en el comportamiento de los agregados dentro del concreto porque una partícula porosa es mucho menos dura que una partícula compactada o maciza, lo cual afecta no solo las propiedades mecánicas como la adherencia y la resistencia a compresión y flexión sino también propiedades de durabilidad como la resistencia al congelamiento y deshielo, estabilidad química y resistencia a la abrasión. La porosidad está relacionada con la capacidad de absorción de agua u otro líquido dentro de los agregados según el tamaño de los poros, su continuidad y su volumen



total. En la práctica, lo que se mide para cuantificar la influencia de la porosidad dentro del agregado es su capacidad de absorción, ya que las partículas del agregado pueden pasar por cuatro estados, el cual se esquematiza en la Figura 7 y depende del grado de absorción de las partículas que varía aproximadamente entre 0% y 5% para agregados pétreos de peso normal”.

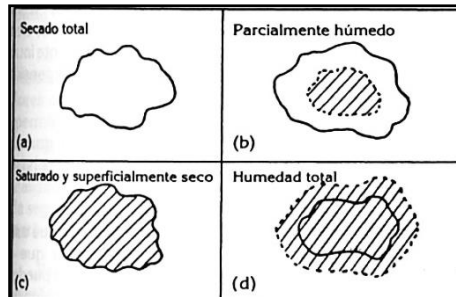


Figura 7 Diferentes estados de saturación del agregado

Fuente: (Sanchez de Guzman, 2001)

#### 2.2.4.2.5. Contenido de humedad

Según (Pasquel Carbajal, 1998) “el contenido de humedad es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado.

Es una característica importante pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas, para que se cumplan las hipótesis asumidas”.

#### 2.2.4.2.6. Peso volumétrico

Según (Sanchez de Guzman, 2001) “El peso volumétrico de un agregado, más comúnmente conocido como masa unitaria, está definido como la relación existente entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan esas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. De tal manera que al colocar el agregado dentro del recipiente se tendrá un acomodamiento de las partículas en que el menor volumen de espacios entre partícula y partícula se logra cuando se coloca la mayor cantidad posible de piedras, lo cual depende del tamaño, la granulometría, la forma y la textura del agregado. En consecuencia, la masa unitaria de un agregado indica de manera general la calidad de este y su aptitud para ser utilizado en la fabricación de concreto. Existen dos tipos de masas unitarias que se describen a continuación, cuyo valor suele oscilar entre

1100 kg/m<sup>3</sup> y 1600 kg/m<sup>3</sup> para agregados naturales, según su grado de compactación”.

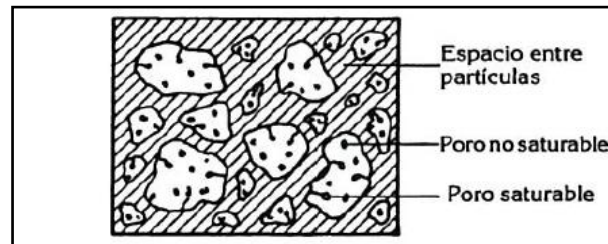


Figura 8 Esquematización del peso volumétrico

Fuente: (Sanchez de Guzman, 2001)

- **Masa unitaria compacta**

“Se entiende por masa unitaria compactada el grado de acomodamiento de las partículas del agregado cuando se ha sometido a vibración, ya que esta mejora el acomodamiento y aumenta la masa unitaria”.

- **Masa unitaria suelta**

“Se denomina masa unitaria suelta la del material que se encuentra en estado normal de reposo porque el volumen que ocupa es mayor y por tanto su masa unitaria es menor”. (Sanchez de Guzman, 2001)

## 2.2.5. El mortero

El mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento Portland y otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque. (Sanchez de Guzman, 2001)

### 2.2.5.1. Tipos y usos de los morteros

Según (Crespo Escobar, 2009) los morteros pueden clasificarse según la naturaleza del conglomerante. Pueden ser simples, cuando llevan solo un aglomerante o conglomerante, o mixtos, cuando llevan dos o más.

Pero en general, de acuerdo con los materiales que compongan el mortero, se puede encontrar los siguientes tipos:

- **Morteros calcáreos**

“Este tipo de mortero se conoce por el uso de la cal como aglomerante, el cual es un plastificante y ligador conocido. Estas características hacen del mortero de cal el más manejable. Sin embargo, no pueden esperarse de él altas resistencias, debido a su baja velocidad de endurecimiento”.

- **Morteros de cal y cemento Portland**

“Cuando se busca una gran trabajabilidad, buena retención de agua y altas resistencias iniciales, este tipo de mortero es aconsejable. Utilizando como base un mortero 1:3 se puede ir sustituyendo parte del cemento con cal”.

- **Morteros de cemento**

“Cuando se requieren altas resistencias iniciales o resistencias elevadas, una vez el mortero ha endurecido, se pueden usar como aglomerantes los cementos naturales o los cementos portland. Sus condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo con la proporción cemento: arena.

El mortero de cemento está constituido por un esqueleto de granos de arena, tangentes entre sí. Como además el mortero deberá formar una masa homogénea y compacta, las características de la arena, tales como: la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, deben ser las adecuadas para lograr un acomodamiento de partículas que permiten la mayor capacidad y el menor consumo de cemento”. (Sanchez de Guzman, 2001)

Tabla 5 Usos de los morteros de cemento en el medio colombiano

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

Los morteros 1:1 a 1:3 se deben hacer con arenas limpias (lavadas)

Los morteros 1:4 a 1:6 se requieren con arenas semi lavadas, aunque no es requisito indispensable.

Los morteros 1:7 a 1:9 se hacen por lo general con arenas sucias, ya que la poca resistencia que de ellos se espera hace inútil usar arenas buenas.

Fuente: (Sanchez de Guzman, 2001)

### 2.2.5.2. Clasificación para fines estructurales

Según (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) los morteros se clasifican en tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes como se indica en la Tabla 6:

Tabla 6 Tipos de mortero

Tipos de Mortero				
Componentes				Usos
Tipo	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a ¼	3 a 3 1/2	Muros portantes
P2	1	0 a ½	4 a 5	Muros portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no portantes

Fuente: (Norma E 0.70 Albañilería, 2006)

### 2.2.5.3. Propiedades del mortero de cemento Portland

Según (Sanchez de Guzman, 2001) lo acostumbrado en el uso para morteros de cemento es la dosificación por parte de cemento y arena (1:n), las más de las veces haciéndose caso omiso, o desconociéndose, la resistencia que dichos morteros así dosificados obtendrán una vez fraguados.

#### 2.2.5.3.1. Propiedades en estado plástico

- **Manejabilidad**

“La manejabilidad está relacionada con la consistencia, la cual se refiere al estado de fluidez del mortero, es decir, que tan dura (seca) o blanda (fluida) es la mezcla cuando se encuentra en estado plástico”.

“Sin embargo, en la siguiente tabla se sugiere una guía de la manejabilidad requerida para diferentes tipos de construcción y sistemas de colocación, en la cual se definen tres tipos de consistencia y fluidez del mortero”. (Sanchez de Guzman, 2001)

Tabla 7 Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación

Consistencia	Fluidez %	Condiciones de colocación	Ejemplo de tipos de estructura	Ejemplo de sistema de colocación
Dura (seca)	80 - 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentaciones, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 - 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosas, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 - 150	Sin vibración	Pañetes rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección.

Fuente: (Sanchez de Guzman, 2001)



- **Retención de agua**

“Esta propiedad es una medida de la habilidad del motero para mantener su plasticidad cuando quede en contacto con una superficie absorbente, como una pieza de mampostería. La retención de agua incide altamente en la velocidad de endurecimiento y en la resistencia final a la compresión, ya que, por ejemplo, una mezcla incapaz de retener el agua no permite la hidratación del cemento”. (Sanchez de Guzman, 2001)

- **Velocidad de endurecimiento**

“Los tiempos de fraguado inicial y final de la mezcla deben estar entre límites adecuados. Por lo general, se aceptan valores entre 2 y 24 horas, respectivamente. Sin embargo, esto dependen de diversos factores tales como las condiciones del clima o la composición de la mezcla y hoy en día son fácilmente controlables con el uso de aditivos”. (Sanchez de Guzman, 2001)

#### 2.2.5.3.2. Propiedades en estado endurecido

- **Retracción**

“Como es sabido, la retracción se debe principalmente a reacciones químicas de hidratación de la pasta, sobre todo en pastas puras con una alta relación agua-cemento. La arena 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. Aparentemente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero y a la riqueza del cemento”. (Sanchez de Guzman, 2001)

- **Adherencia**

“En general, la adherencia es la capacidad que tiene el mortero de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero con la estructura. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero y además debe tener un nivel de absorción adecuado y compatible con la mezcla de mortero”. (Sanchez de Guzman, 2001)



- **Resistencia**

“Se requiere una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba soportar cargas altas y sucesivas. Siendo esta un indicio de la resistencia a tensiones de corte y a tensiones de tracción. El efecto del agua sobre la resistencia depende también vascamente de la densidad del mortero resultante. Morteros secos dan mayores resistencias que morteros húmedos, porque estos pueden ser más densamente compactos. Los morteros plásticos dan resultados más uniformes”. (Sanchez de Guzman, 2001)

- **Durabilidad**

“Al igual que en el concreto, la durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como las bajas temperaturas, la penetración de agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterior de sus condiciones físico químicas con el tiempo”. (Sanchez de Guzman, 2001)

### 2.2.6. El agua

Según (Pasquel Carbajal, 1998) el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades.

El agua en el concreto tiene tres funciones principales:

- Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto
- Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento.

#### **Impurezas del agua**

Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas según (Pasquel Carbajal, 1998), son:

- Retardo en el endurecimiento
- Reducción de la resistencia
- Manchas en el concreto endurecido
- Eflorescencias

- Contribución a la corrosión del acero
- Cambios volumétricos, etc.

### 2.2.7. El acero

“El concreto es un material que resiste muy bien las fuerzas de compresión. Sin embargo, es muy débil ante las fuerzas de tracción. Por eso, a una estructura de concreto es necesario adicionarle barras de acero con el fin de que la estructura tenga resistencia a la tracción. A esta combinación de concreto y de acero se le llama “concreto armado”. Esta combinación puede resistir adecuadamente dos tipos de fuerzas, las generadas por los sismos y las causadas por el peso de la estructura. Por esta razón, el acero es uno de los materiales más importantes en la construcción. El acero o fierro de construcción se vende en varillas que miden 9 m de longitud. Estas varillas tienen (corrugas) alrededor y a lo largo de toda la barra que sirven para garantizar su (agarre) al concreto”. (Aceros Arequipa MMC, 2010)

Los diámetros más usados son de 6 mm, 3/8”, 1/2” y 5/8”.

Al momento de la compra, es muy importante identificar correctamente el diámetro de las varillas; es por eso que las varillas de acero tienen un sistema de electro grabación para marcar las varillas, esto permite identificar fácilmente dichos diámetros.

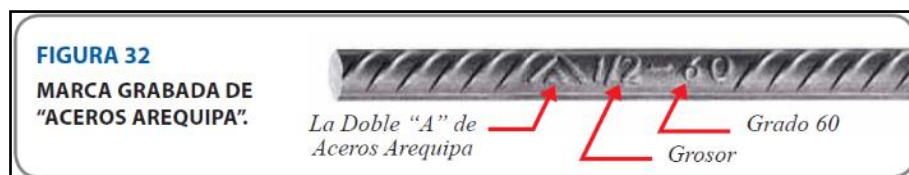


Figura 9 Identificación del diámetro de varillas de acero

Fuente: (Aceros Arequipa MMC, 2010)

#### 2.2.7.1. Fierro Corrugado ASTM A 615 Grado 60

Barras de acero rectas de sección circular, con resaltes Hi-ond de alta adherencia con el concreto, el cual es usado en la construcción de edificaciones de concreto armado de todo tipo: en viviendas, edificios, puentes, etc. (Aceros Arequipa FT, 2016)

#### Propiedades mecánicas

Límite de Fluencia ( $f_y$ )	= 4,280 kg/cm <sup>2</sup> mínimo
Resistencia a Tracción (R)	= 6,320 kg/cm <sup>2</sup> mínimo
Relación R/ $f_y$	$\geq 1.25$





### 2.2.8. El polipropileno

El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel. (Fernando Muñoz, 2011)

#### 2.2.8.1. Materiales compuestos reforzados con fibras

Según (Fernando Muñoz, 2011) tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia a la flexión a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros de resistencia y módulo específico, que corresponden respectivamente a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico; y entre el módulo de elasticidad y el peso específico.

No obstante, los avances en la tecnología para la industria de la construcción han permitido desarrollar fibras de diversos materiales, tales como: polipropileno, polietilenos, acero, carbono, entre otros. (Antillón, 2016)

El rol principal de las fibras está ligado a:

- Reducir la fisuración por asentamiento (revenimiento).
- Reducir la fisuración por contracción plástica.
- Disminuir la permeabilidad.
- Incrementar en la resistencia a la abrasión y al impacto.

#### 2.2.8.2. Clasificación de las fibras

Según (Sika Perú S.A., 2011) “las fibras como refuerzo secundario para concreto en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación”, así:

##### a. Por el material

- ✓ Fibras Metálicas: Tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100.
- ✓ Fibras Sintéticas: Pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliester etc.
- ✓ Fibras de Vidrio: Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.

- ✓ Fibras Naturales: Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm.

#### b. Por funcionalidad, geometría y dosificación

- ✓ Microfibras

“Estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Se dosifican en el concreto para volúmenes de entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno”.



Figura 10 Microfibras

Fuente: (Sika Perú S.A., 2011)

- ✓ Macrofibras

“Estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Son resistentes y por su forma tiene una gran adherencia al hormigón transmitiendo los esfuerzos, además que se elimina la preocupación relativa a la correcta colocación del refuerzo. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las Macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas”. (SikaFiber M-12, 2012)



Figura 11 Macrofibras

Fuente: (Sika Perú S.A., 2011)

### **2.2.8.3. Comportamiento mecánico de materiales reforzados con fibras**

#### **2.2.8.3.1. Influencia de la longitud de la fibra**

“Las características mecánicas de los compuestos reforzados con fibras dependen no solo de las propiedades de la fibra, sino también del grado en que una carga aplicada se trasmite a la fibra por medio de la fase matriz. En este proceso de transmisión de carga es muy importante la magnitud de la fuerza de adherencia entre la matriz y fibra.”. (Fernando Muñoz, 2011)

#### **2.2.8.3.2. Influencia de la orientación y de la concentración de la fibra**

La disposición u orientación de las fibras, su concentración y distribución influyen en la resistencia y en otras propiedades mecánicas de los materiales compuestos reforzados con fibras. Con respecto a la orientación existen dos situaciones extremas:

- Alineación paralela de los ejes longitudinales de las fibras
- Alineación al azar

### **2.2.8.4. Fibras de polipropileno**

Las fibras de polipropileno forman parte de las fibras sintéticas para refuerzo del concreto y se identifican con SNFRC (Synthetic fiber reinforced concrete). SNFRC utiliza fibras obtenidas de polímeros orgánicas que están disponibles en una variedad de formulaciones, siendo hidrofóbicas, por lo cual no absorben agua y no son corrosivas; tienen una excelente resistencia al ataque de los álcalis, químico y clorhídrico, y tienen una baja conductividad térmica. (Valero Galarza, 2014).

#### **2.2.8.4.1. Características fundamentales**

Según (Fernando Muñoz, 2011) el polipropileno se utiliza como material de refuerzo debido a las siguientes características:

- Muy buena relación coste/beneficio
- Versatilidad: compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes y usado en diferentes aplicaciones
- Es el material plástico de menor peso específico (0.9 g/cm<sup>3</sup>), lo que implica que se requiere de una menor cantidad para la obtención de un producto terminado.



- Propiedades mecánicas: el polipropileno logra alcanzar buen balance rigidez/impacto
- Propiedades químicas: presenta excelente resistencia química a solventes comunes
- Buena estabilidad dimensional a altas temperaturas (150 °C)
- Barrera al vapor de agua: evita el traspaso de humedad.

#### 2.2.8.4.2. Ventajas y desventajas

Según (Valero Galarza, 2014) son:

##### a. Ventajas

Entre las ventajas que ofrece el uso de fibras de polipropileno tenemos:

- Son más económicos con respecto a otras fibras como las de acero
- Reduce la permeabilidad
- Reduce la contracción y resistencia al impacto
- Bloquea la propagación de fisuras quedando como micro rajaduras
- Reduce la pérdida de agua en las 3 primeras horas
- No afecta al proceso de hidratación del cemento
- Controla o elimina fisuras por retracción plástica
- Reduce la segregación
- Minimiza el agua de exudación
- Aumenta la durabilidad del concreto
- Aumenta la resistencia a la flexión y a la compresión

##### b. Desventajas

- Bajo módulo de elasticidad
- No puede usarse para sustituir el refuerzo principal
- Su incorporación hace que el concreto reduzca su consistencia
- Al no absorber agua durante la mezcla ni el posterior fraguado, supone a su vez un inconveniente en cuanto a la adherencia de las fibras a la matriz cementosa



### 2.2.8.4.3. Fibras de polipropileno SikaFiber® M-12

#### a. Descripción del producto

Es una fibra monofilamento de polipropileno diseñada para ser mezclada con hormigones y morteros con el fin de aumentar su durabilidad y evitar la fisuración.

#### b. Usos

Se utilizan añadiéndose al hormigón o mortero, para mejorar las características siguientes:

- Resistencia a la fisuración
- Resistencia al impacto
- Resistencia a flexo tracción
- Resistencia a la abrasión

Su uso está especialmente indicado en:

- Losas de hormigón (soleras, forjados).
- Pavimentos de hormigón.
- Hormigón y Mortero de revestimiento en túneles, cavernas, estructuras enterradas como protección pasiva frente al fuego
- Morteros.
- Revocos de fachadas.
- Elementos prefabricados.
- Revestimiento de canales.

## 2.2.9. Ensayos para la investigación

### 2.2.9.1. Ensayos de las unidades de albañilería

#### 2.2.9.1.1. Ensayo de variación dimensional

Para el ensayo de variación dimensional se tomó como referencia el libro de (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011), que indica que la manera como se calcula la variación dimensional (V) es:

- La dimensión de cada arista del espécimen ( $D=L, b, h$ ) se toma como el promedio de 4 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 ( $D_e$ ).

$$V = \frac{(D_e - D_p)}{D_e} * 100 \quad (1)$$

Donde:

$V$  : Variación dimensional. (%)

$D_p$  : Dimensión promedio de la muestra.

$D_e$  : Dimensión especificada por el fabricante.

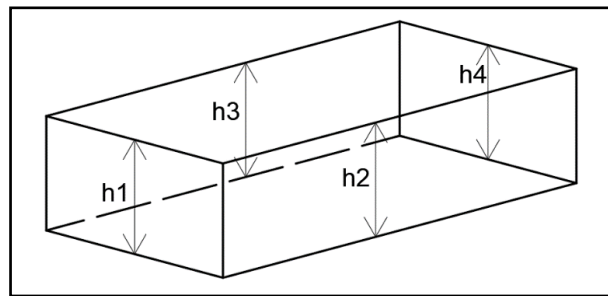


Figura 12 Cálculo de variación dimensional

Fuente: (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

Altura de una unidad:

$$h = \frac{(h1 + h2 + h3 + h4)}{4} \quad (2)$$

### 2.2.9.1.2. Ensayo de alabeo

Para el ensayo de alabeo se consideró lo indicado en la norma (INACAL NTP 399.613, 2017) :

- **Para superficies cóncavas**

“Se debe colocar una varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que se desvié en mayor medida de una línea recta. Escoger la distancia mayor desde la superficie del espécimen hasta la varilla del borde recto. Usando la regla de acero o cuña, se debe de medir esta distancia con aproximación a 1 mm”.

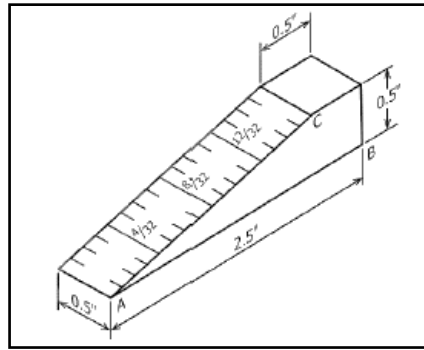


Figura 13 Cuña para medir el alabeo

Fuente: (INACAL NTP 399.613, 2017)

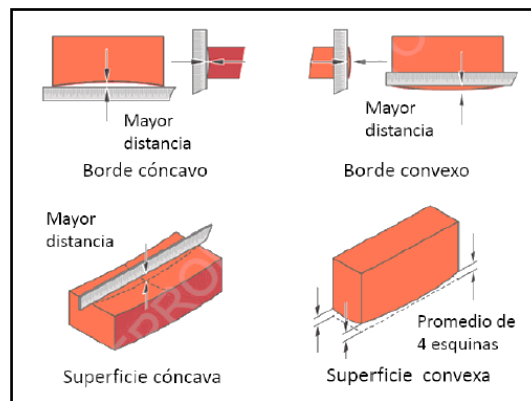


Figura 14 Medidas del alabeo

Fuente: (INACAL NTP 399.613, 2017)

- **Para superficies convexas**

“Se debe colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o la cuña, medir la distancia con aproximación a 1 mm de cada una de las cuatro esquinas desde la superficie plana”.

Para la determinación del alabeo de unidades se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$ALABEO = \frac{\text{Concavidad promedio} + \text{Convexidad promedio}}{2} \quad (3)$$



### 2.2.9.1.3. Ensayo de succión

Para el ensayo de succión se consideró lo indicado en la norma (INACAL NTP 399.613, 2017) “indica que las unidades deben ser secadas al horno o en ambiente aireado a temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una humedad relativa entre 30% y 70% durante un periodo de cuatro horas; se medirá con una aproximación a 1.3 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de ensayo en el caso de unidades rectangulares, determinar el área que estará en contacto con el agua. Pesar los especímenes con una aproximación a 0.5 gr”.

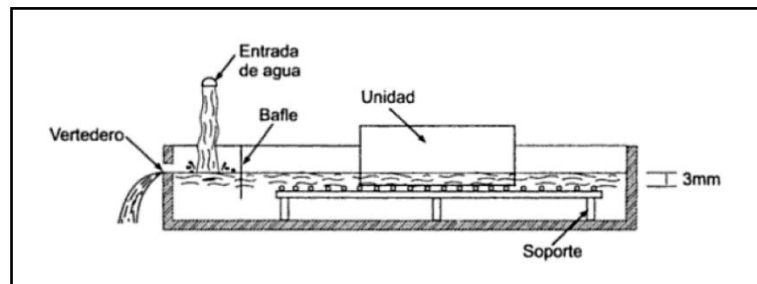


Figura 15 Disposición para el ensayo de succión

Fuente: (INACAL NTP 399.613, 2017)

Si el área del espécimen difiere en más de  $\pm 2.5\%$  de  $200\text{ cm}^2$ , calcular el peso equivalente a  $200\text{ cm}^2$ , mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0.1 gr.

$$X = \frac{200 * W}{L * B} \quad (4)$$

Donde:

$X$  : Diferencia de pesos corregida, sobre la base de  $200\text{ cm}^2$ .

$W$  : Diferencia de pesos del espécimen, gr.

$L$  : Longitud del espécimen, cm.

$B$  : Ancho del espécimen, cm.

Se calculará y reportará el promedio de la absorción inicial de todos los especímenes ensayados con aproximación a  $0.1\text{ gr}/\text{min}/200\text{ cm}^2$ .

#### 2.2.9.1.4. Ensayo de absorción

Para el ensayo de absorción se consideró lo indicado en la norma (INACAL NTP 399.613, 2017):

Se debe secar los especímenes en un horno ventilado de 105 °C a 115 °C, por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0.2 % del ultimo peso previamente determinado del espécimen, después del secado se enfriaran los especímenes en una cámara a 24 °C ± 8° C, con una humedad relativa entre 30 % y 70 %. Las unidades se almacenarán separadas (no apiladas), libres de corrientes de aire, por un periodo de 4 horas como mínimo.

Se debe de sumergir los especímenes secos y enfriados, en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura de entre 15.5 °C a 30 °C durante un tiempo especificado, retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesarlo. Pesar todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua.

$$ABSORCION(\%) = \frac{100 * (Ws - Wd)}{Wd} \quad (5)$$

*Donde:*

*Wd: Peso seco del espécimen, gr.*

*Ws : Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría, gr.*

Se calculará y reportará el promedio de absorción de agua fría de todos los especímenes ensayados, con una aproximación a 0.1%.

#### 2.2.9.1.5. Ensayo de porcentaje de vacíos

Para el ensayo de porcentaje de vacíos se consideró lo indicado en la norma (INACAL NTP 399.613, 2017); el cual se ensayará los especímenes tal cual se reciben. Únicamente se eliminarán con la escobilla cualquier partícula adherida a las superficies.

A continuación, se detallará el procedimiento a realizar:

- Medir y registrar la longitud, el ancho y la altura del espécimen.



- Sobre la superficie plana apoyar la esponja de neopreno y sobre ella extender la hoja de papel. Sobre el papel colocar el espécimen a ser ensayado (las perforaciones en dirección vertical)
- Rellenar las perforaciones con arena, permitiendo que esta caiga libremente. No forzar la arena dentro de las perforaciones. Utilizando la varilla de acero con borde recto nivelar la arena de las perforaciones con la parte superior del espécimen. Con la escobilla remover todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.
- Levantar el espécimen de manera de permitir que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel.
- Transferir la arena de la hoja de papel a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0.5 gr.
- Con una porción separada de arena, llenar un cilindro de 500 ml hasta la graduación de 500 ml, permitiendo que la arena caiga de manera natural y sin agitar ni vibrar el cilindro. Transferir esta arena a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0.5 gr.
- Para determinar el volumen de arena contenido se utilizará la siguiente formula:

$$V_s = \frac{500 \text{ ml}}{S_c} * S_u \quad (6)$$

*Donde:*

*V<sub>s</sub>: Volumen de arena contenida en el espécimen de ensayo.*

*S<sub>c</sub>: Peso de 500 ml de arena contenida en el cilindro graduado, gr.*

*S<sub>u</sub>: Peso de arena contenida en el espécimen de ensayo.*

- El porcentaje de vacíos se determina con la siguiente formula:

$$\text{Área de vacíos, (\%)} = \frac{V_s}{V_u} * 100 \quad (7)$$

*Donde:*

*V<sub>s</sub>: Volumen de arena determinado.*

*V<sub>u</sub>: Longitud x ancho x profundidad registrada, cm<sup>3</sup>.*

### 2.2.9.1.6. Ensayo de resistencia a la compresión ( $f_b$ )

Para el ensayo de resistencia a compresión ( $f_b$ ) se consideró lo indicado en la norma (INACAL NTP 399.613, 2017); la cual indica que se ensayaran unidades secas y enfriadas antes de proceder al refrentado. Se debe dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado.

Para el refrentado con yeso se debe cubrir las dos caras opuestas de contacto del espécimen, se debe apoyar una de las superficies sobre una capa delgada de yeso calcinado. Los espesores del refren no deben exceder los 3 mm, se dejará reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

Se ensayarán los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (es decir, la carga deberá ser aplicada en la dirección perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 1.6 mm

La resistencia a la compresión de cada espécimen se calculará con la siguiente ecuación:

$$f_b = \frac{W}{A} \quad (8)$$

*Donde:*

*F<sub>b</sub> : Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm<sup>2</sup>) o (Pa 10<sup>4</sup>).*

*W : Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, Kg. f o N.*

*A : Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm<sup>2</sup>.*

(San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011), la resistencia unitaria se expresa como el valor de la carga de rotura dividida entre el área bruta (para unidades solidas) y el área neta (para unidades huecas).

De acuerdo a la norma (Norma E 0.70 Albañilería, 2006) la resistencia a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

## 2.2.9.2. Ensayos del agregado fino

### 2.2.9.2.1. Ensayo de granulometría

Para el ensayo de granulometría se consideró la norma (INDECOPI NTP 400.012, 2001), la que indica que la cantidad de muestra de ensayo de agregado fino será como mínimo 300 gr.

A continuación, se detallará el procedimiento a realizar:

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener el módulo de fineza.
- Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico, por un periodo suficiente.
- La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificado con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz, si la cantidad difiere en más de 0.3% sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.
- Para calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0.1 % más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de  $75\text{ }\mu\text{m}$  (N° 200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.
- Para el cálculo de porcentaje retenido se obtuvo usando la ecuación (9):

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en cada tamiz}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (9)$$

- El porcentaje acumulado usando la ecuación (10):

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido} \quad (10)$$

- El módulo de fineza se determinara con la ecuación (11):

$$MF = \frac{(\sum \text{Retenido acumulado } \#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100} \quad (11)$$

#### 2.2.9.2.2. Ensayo de contenido de humedad

Para el ensayo de contenido de humedad se consideró la norma (INDECOPI NTP 339.185, 2013), la que indica que se deberá disponerse de una muestra representativa del contenido de humedad de la fuente de abastecimiento que está evaluándose con una masa no menor a la cantidad indicada en la Tabla 8:

Tabla 8 Tamaño de la muestra del agregado

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75 (0.187) (N° 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 1/2)	6.0

Fuente: (INDECOPI NTP 339.185, 2013)

Procedimiento:

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0.1 %
- Secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas. Un secado muy rápido puede causar que exploten algunas partículas resultando en pérdidas de partículas. Usar el horno de temperatura controlada cuando el calor excesivo puede alterar las características del agregado o cuando se requiera una medición más precisa. Si se usa una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada revolver la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar sobrecalentamiento localizado.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0.1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

El contenido de humedad se calculará con la siguiente formula:

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D} \quad (12)$$

Donde:

*P* : Contenido de humedad evaporable de la muestra en porcentaje, (%).

*W* : Masa de la muestra húmeda original, gr.

*D* : Masa de la muestra seca, gr.

### 2.2.9.2.3. Ensayo de peso específico y absorción

Para el ensayo de peso específico y absorción se consideró la norma (INDECOPI NTP 400.022, 2013), la que indica que se debe colocar la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secar en la estufa hasta una masa constante a una temperatura  $110 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . dejar que se enfríe a temperatura apropiada de manipulación (aproximadamente  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), cubrir con agua, ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6% de humedad del agregado fino y se deja reposar durante  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ .

Luego se debe decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para garantizar el secado homogéneo. Continuar esta operación hasta que la muestra de ensayo obtenga una condición de flujo libre.

Seguidamente se hace la prueba de humedad superficial: colocar el molde firmemente sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo, colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonar material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde. Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Comience cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Permita que la barra compactadora caiga libremente bajo la atracción gravitatoria de cada golpe. Ajustar la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuir los golpes sobre la superficie. Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad de la superficie esta todavía presente, el agregado fino conservara la





forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca.

Luego se hace el procedimiento gravimétrico (Picnómetro) que consiste en llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro 500 gr  $\pm$  10 gr de agregado fino de satura seca superficialmente, preparado como se describió anteriormente, llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad.

Rodar, invertir o agitar manualmente el picnómetro para eliminar las burbujas de aire visibles.

Después de la eliminación de todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a 23 °C  $\pm$  2 °C, si es necesario por inmersión parcial en agua circulante, y llevar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.

Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante, a temperatura de 110 °C  $\pm$  5 °C, enfriar con aire a temperatura ambiente durante 1 h  $\pm$  ½ h, y determinar la masa.

Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a 23 °C  $\pm$  2 °C.

El peso específico del agregado fino se calculará con la siguiente formula:

$$\text{Peso específico, gr} = \frac{A}{B + S - C} \quad (13)$$

*Donde:*

*A : Masa de la muestra seca al horno, gr.*

*B : Masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, gr.*

*C : Masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, gr.*

Para la determinación de la absorción, usar una porción separada del agregado fino de satura seca superficialmente de 500 gr  $\pm$  10 gr, secar hasta masa constante y determinar la masa seca.

La absorción del agregado fino se calculará con la siguiente formula:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(S - A)}{A} * 100 \quad (14)$$

Donde:

*S* : Masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizando en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica)).

#### 2.2.9.2.4. Ensayo de peso unitario

Para el ensayo de peso unitario se consideró la norma (INDECOPI NTP 400.017, 2011) la cual indica” que para determinar la densidad de masa suelta se usara el proceso de paleo cuando específicamente sea estipulado. De otra manera, la densidad de masa compactada será determinada por el proceso de compactación por apisonado para agregados que tienen un tamaño nominal máximo de 37.5 mm o menos”.

##### Procedimiento para peso unitario suelto

- “Llenar el recipiente hasta el reboco con una pala o cucharón, descargando el agregado de una altura que no exceda 50 mm encima del borde superior del mismo. Tener cuidado a fin de prevenir, como sea posible, la segregación del tamaño de partículas que constituyen la muestra. Nivelar la superficie del agregado con los dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente”.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.

##### Procedimiento para peso unitario apisonado

- “Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Llenar el recipiente a los 2 tercios del total y nuevamente nivelar y apisonar como anteriormente. Finalmente, llenar el recipiente a sobre - volumen y apisonar nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Nivelar la superficie del agregado con los

dedos o una espátula de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado grueso aproximadamente equilibre los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente”.

- “En el apisonado de la primera capa, procurar no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la 2 da y 3 era capa, usar un esfuerzo vigoroso, pero no mayor de la que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado”.
- Determinar la masa del recipiente más su contenido y la masa del recipiente vacío, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg.

Para el cálculo del peso unitario suelto y compactado se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Peso unitario} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(G-T)}{V} \quad (15)$$

*Donde:*

*G* : *Peso del recipiente más el agregado, kg.*

*T* : *Peso del recipiente, kg.*

*V* : *Volumen del Recipiente, m<sup>3</sup>.*

### **2.2.9.3. Ensayos del mortero**

#### **2.2.9.3.1. Ensayo de fluidez del mortero**

Este ensayo se aplica para la determinación de la fluidez de morteros de cemento Portland y de morteros que contienen otros materiales cementosos.

Mientras que la fluidez no se incluye usualmente en las especificaciones del cemento Portland, es comúnmente utilizado en ensayos normalizados que requieren un mortero que tenga un contenido de agua tal que provea un nivel especificado de fluidez. (INDECOPI NTP 334.057, 2002)

El ensayo de consistencia se realiza con el aparato de flujo, que es una mesa plana construida de tal manera que puede dejarse caer una altura de 12 mm, por medio de una leva rotatoria. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Para el ensayo de fluidez del mortero se considere la norma (INDECOPI NTP 334.057, 2002), la cual indica el siguiente procedimiento:

- Limpiar y secar la plataforma de la mesa de flujo, colocando en seguida el molde en su centro.
- Verter en el molde una capa del mortero cuya fluidez se requiere determina, de unos 25 mm y se apisona con 20 golpes del compactador uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa.
- Se retira el exceso del mortero de la capa superior del molde y se alisara la superficie.
- Después llenar el molde, limpiar y secar la plataforma de la mesa, teniendo especial cuidado de secar el agua que este alrededor de la base del molde.
- Seguidamente después de un minuto terminada la operación de mezclado, quitar el molde por medio de un movimiento vertical y dejar caer la plataforma desde una altura de  $12.7 \text{ mm} \pm 0.13 \text{ m}$ , 25 veces en 15 s.
- Medir el diámetro del mortero sobre las cuatro líneas marcadas en la plataforma de la mesa registrando cada diámetro aproximado a un décimo de la división de la medida.

Para el cálculo de la fluidez se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Fluidez, \%} = \frac{Dp - Do}{Do} * 100 \quad (16)$$

Donde:

*Dp* : Diámetro promedio de las mediciones a la muestra (cm)

*Do* : Diámetro inicial de la muestra, es el valor del diámetro inferior del molde.

### 2.2.9.3.2. Ensayo de resistencia a compresión del mortero

El siguiente ensayo de resistencia a compresión, se utilizó como muestra especímenes cúbicos de mortero de 500 mm de lado; los cuales fueron llevados a rotura a edades de 7, 14 y 28 días.

Para el ensayo de resistencia a compresión del mortero se consideró la norma (INDECOPI 334.051, 1998), la que indica el siguiente procedimiento:

- Preparación de moldes: los moldes para los especímenes cúbicos de 50 mm deberán ser apropiadamente herméticos. Los moldes no contarán con más de tres compartimientos cúbicos.
- A las caras interiores de los moldes y a la placa base se les debe aplicar una capa delgada de aceite mineral o de grasa lubricante ligera.
- Composición del mortero: la proporción en peso de los materiales para formar un mortero normalizado, deberán ser de 1 parte de cemento seco por 2.75 partes de arena gradada seca. En el caso de nuestro estudio se usó una dosificación de mortero C: A 1:4 y otra de C: A 1:4 + 0.5% polipropileno.
- Preparación del mortero: la mezcla se hace en una mezcladora, donde se colocaron los materiales en el siguiente orden: colocar el agua en el mezclador, añadir el cemento y al final añadir la arena, respectivamente añadir la cantidad de agua necesaria para que la mezcla sea manejable.
- Moldeo de especímenes de ensayo: en cada compartimiento colocar una capa de mortero de 25 mm y apisonar con 32 golpes del compactador en unos 10 s. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 capas de 8 golpes adyacentes cada una.

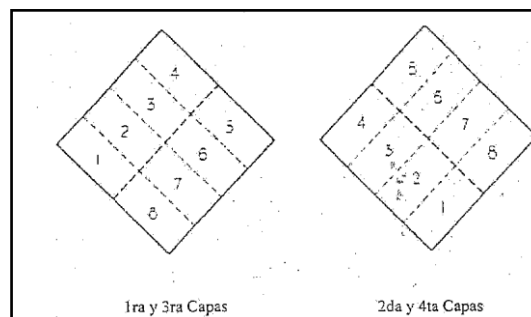


Figura 16 Orden del apisonado en el moldeo de los especímenes de ensayo

Fuente: (INDECOPI 334.051, 1998)

- Almacenamiento de los especímenes de ensayo: inmediatamente terminada la operación de llenado, colocar los especímenes de ensayo en la cámara húmeda o cuarto de curado. Después del moldeo mantener todos los especímenes en sus moldes, sobre sus placas de base, en la cámara de curado o cuarto húmedo de 20 h a 72 h con las caras superiores expuestas al aire.
- Determinación de la resistencia a la compresión: ensayar los especímenes inmediatamente después de retirarlos de la cámara húmeda, en el caso de

ensayarlos a 24 h de edad. Todos los especímenes para una edad de ensayo dada, serán probados dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 9:

Tabla 9 Tolerancias en la edad de ensayo del mortero

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± ½ hora
3 d	± 1 hora
7 d	± 3 horas
28 d	± 12 horas

Fuente: (INDECOPI 334.051, 1998)

- Secar cada espécimen a la condición de superficialmente seca retirar los granos de arena desprendidos o las incrustaciones de las caras que van a estar en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo. En caso de que tengan una curvatura apreciable deberán lijarse hasta obtener superficies planas.
- Colocar cuidadosamente el espécimen, centrándolo debajo del bloque superior de la máquina de ensayo. No se deberá utilizar materiales amortiguadores entre el cubo y los bloques. Se pondrá aplicar la velocidad de carga a una velocidad relativa dentro del rango de 900 N/s a 1800 N/s.
- Se debe anotar la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura, y se debe calcular la resistencia a la compresión.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se utilizará la siguiente formula:

$$fb = \frac{P}{A} \quad (17)$$

Donde:

*fb* : Resistencia a compresión, MPa.

*P* : Carga máxima total, N.

*A* : Área de la superficie de carga, mm<sup>2</sup>.

Si el área real de la sección transversal del cubo varia en más de 1.5 % de la nominal, se debe hacer el cálculo en función del área actual.

## 2.2.9.4. Ensayos de prismas y muretes de albañilería

### 2.2.9.4.1. Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería (f'm)

Para el ensayo de compresión axial de prismas de albañilería se consideró la norma (INACAL NTP 399.605, 2018), la que indica los procedimientos para la fabricación y ensayo de prismas de albañilería, los cálculos para determinar la resistencia en compresión (f<sub>mt</sub>), utilizada para determinar el cumplimiento con las resistencias a la compresión especificada para la albañilería f'm.

Cuando este método de ensayo es usado con propósitos de investigación, los procedimientos de fabricación y ensayo contenidos en la presente norma, servirán como referencia para proporcionar parámetros de control.

Para la construcción de prismas se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se construirán los prismas con unidades representativas de las utilizadas en la construcción.
- 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.
- Construir los prismas en una base plana y nivelada y en un lugar donde permanecerán sin perturbaciones hasta que se transporten para su ensayo.
- Se construirán los prismas como se muestra en la Figura 17, con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre otra). Se colocarán las unidades en el prisma en la misma posición usada en la correspondiente construcción.

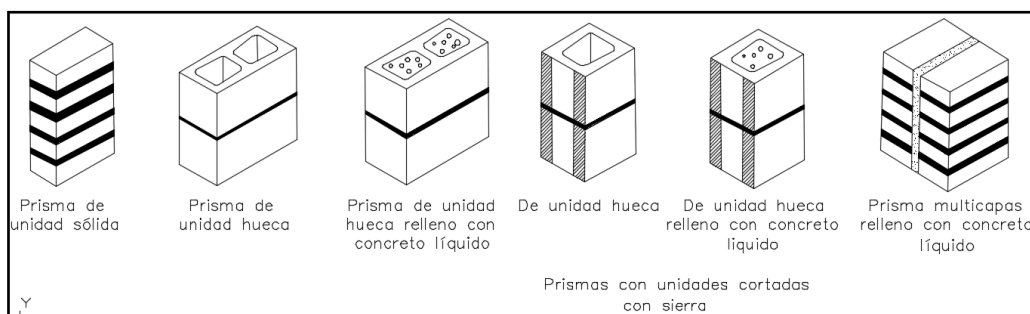


Figura 17 Construcción de prismas de albañilería

Fuente: (INACAL NTP 399.605, 2018)

- Construir los prismas con las unidades de longitud de tamaño completo o reducido. Cualquier corte requerido con sierra se llevará a cabo en las unidades antes de la construcción del prisma.
- Se fabricarán 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 utilizará el espesor de junta de mortero y el método de posicionar y alinear la unidad que sean representativos de la correspondiente construcción.

- Se fabricarán los prismas con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto – espesor,  $hp/tp$ , entre 1.3 y 5.0.

Para el curado se seguirá el siguiente procedimiento:

- Después de las primeras 48 h de curado de prismas construidos, mantener los prismas en bolsas en una zona con una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $75\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Dos días antes del ensayo, retire las bolsas de humedad apretada y continuar el almacenamiento a una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $75\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) y una humedad relativa inferior al 80%.
- Humedad visible no deberá estar presente en la superficie de los prismas en el momento del ensayo.
- Se ensayarán los prismas a la edad de 28 días o a la edad solicitada para el ensayo.

Para la medición de prismas:

- Como se muestra en la Figura 18, medir con aproximación de 1 mm, la longitud y el ancho en ambos bordes de las caras superior e inferior de los prismas. Determinar la longitud y el ancho del prisma promediando las cuatro medidas de cada dimensión. Medir la altura del prisma en el centro de cada cara con una aproximación de 1 mm. Determinar la altura del prisma promediando las cuatro medidas.

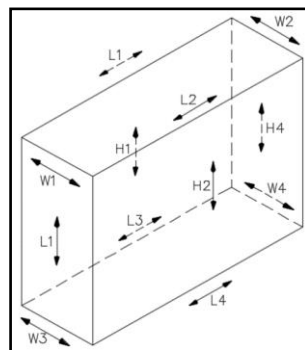


Figura 18 Ubicación de las medidas en el prisma

Fuente: (INACAL NTP 399.605, 2018)





#### Dispositivo de ensayo:

- La máquina de ensayo tendrá una precisión de más o menos 1.0 % sobre el rango de carga anticipado.
- Cuando el área de soporte de la placa superior o inferior de la platina no es suficiente para cubrir el área de la muestra, una placa de acero de un solo cojinete, con un espesor de al menos igual a la distancia desde el borde del plato a la esquina más lejana de la muestra se colocará entre la placa y la muestra refrentada. La longitud y el ancho de la placa de acero debe ser al menos 6 mm mayor que la longitud y el ancho de los prismas.

#### Colocación del prisma en la máquina de ensayo:

- Colocación del prisma en la máquina de ensayo: Limpiar las caras de carga de los platos de la máquina, las placas de apoyo y el prisma de ensayo. Colocar el prisma de ensayo sobre el plato de carga inferior o placa de apoyo. Alinear ambos ejes centroidales del espécimen con el centro de aplicación de carga de la máquina. Mientras el plato superior esférico o placa se acerca para apoyarse sobre el prisma, se rotará la porción móvil de la platina superior suavemente con las manos, para obtener un apoyo uniforme.

#### Carga:

- Para prismas contruidos, aplicar una carga inicial al prisma a una velocidad conveniente hasta alcanzar la mitad de la carga total esperada. Aplicar la carga remanente a una tasa uniforme en no menos que 1 y no más de 2 min.
- Si el modo de falla no se puede determinar una vez que la carga máxima sea alcanzada, continúe cargando la muestra hasta que el modo de fallo se pueda identificar. Registrar la carga máxima y anotar el modo de falla.

#### Cálculos:

- Resistencia del prisma de albañilería: calcular la resistencia de cada prisma de albañilería dividiendo la carga de cada prisma de la compresión máxima soportada entre el área bruta de sección transversal de ese prisma, y expresar el resultado con una precisión de 10 psi (69 kPa)

$$fm \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{P}{A} \quad (18)$$

Donde:

*fm*: Resistencia a la compresión del prisma de albañilería, kg/cm<sup>2</sup>.

*P*: Carga máxima en compresión, kg.

*A*: Área de la sección transversal, cm<sup>2</sup>.

- Resistencia a compresión de albañilería: se calculará para cada prisma la relación hp/tp; donde (hp) es la altura y (tp) la menor dimensión lateral de ese prisma. Se determinará el factor de corrección con la Tabla 10:

Tabla 10 Factores de corrección altura / espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería

$hP/tP^A$	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: (INACAL NTP 399.605, 2018)

- Para valores de hp/tp intermedios, el factor de corrección se calculará mediante interpolación lineal de los valores de la Tabla 10 Factores de corrección altura / espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Determinar el factor de corrección correspondiente por interpolación lineal entre los valores dados.
- Multiplicar la resistencia del prisma de albañilería por el factor de corrección del prisma correspondiente.
- Calcular la resistencia a la compresión de albañilería, *fm* para cada conjunto de prismas promediando los valores obtenidos restando la desviación estándar.

$$f'm = fm - \sigma \quad (19)$$

Donde:

*f'm*: Resistencia característica a la compresión, kg/cm<sup>2</sup>.

*fm* : Resistencia a la compresión promedio, kg/cm<sup>2</sup>.

$\sigma$  : Desviación estándar.

#### 2.2.9.4.2. Ensayo de compresión diagonal de muretes de albañilería (vm)

Para el ensayo de compresión diagonal de muretes de albañilería se consideró la norma (INACAL NTP 399.621, 2015), la que indica que, los especímenes serán muretes cuadrados con una dimensión mínima de 600 x 600 mm.

**Máquina de ensayo:**

- La máquina de ensayo deberá tener suficiente capacidad de carga en compresión y proveerá la velocidad de carga.

**Escuadras de carga**

- Se deberán utilizar dos escuadras de carga de acero como se muestra en la Figura 19, para aplicar la carga de la máquina al espécimen. La longitud de apoyo no será mayor que la altura de la unidad de albañilería o 152 mm.

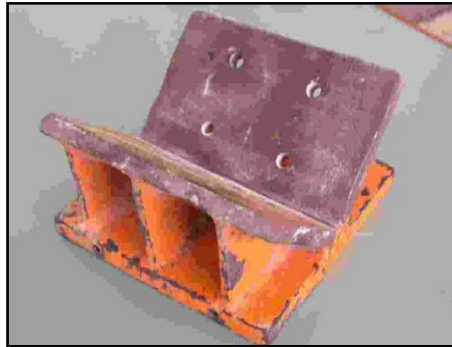


Figura 19 Escuadra de carga de acero

Fuente: (INACAL NTP 399.621, 2015)

**Especímenes de ensayo:**

- **Tamaño y forma:** Los especímenes serán muretes cuadrados con una dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, abarcando por lo menos dos unidades enteras de albañilería por hilada, por el espesor del tipo de muro que está siendo ensayado.
- **Numero de especímenes:** Los ensayos se harán en por lo menos tres muretes iguales, construidos utilizando en toda la misma unidad de albañilería, mortero y mano de obra.
- **Curado:** Después de la construcción, los muretes no deberán ser movidos por lo menos durante 7 días. Serán almacenados al aire en el laboratorio por no menos de 28 días, a una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , una humedad relativa entre 25 % y 75 %, y libres de corrientes de aire.
- **Mortero:** Deberán moldearse tres cubos de 50 mm, para determinar la resistencia a la compresión de una muestra de cada tanda del mortero empleado para construir los muretes. Los cubos serán almacenados en las mismas condiciones que los muretes con los que se asocian. Deberán ser



ensayados de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 334.051, el mismo día que los muretes.

#### Colocación de las escuadras de carga

- Ubicar las escuadras de carga superior e inferior de manera que estén centradas en las respectivas superficies de carga de la máquina de ensayo.

#### Colocación del espécimen

- Asentar el espécimen en una posición centrada y a plomo sobre una cama de material de refrentado de yeso, colocada en la escuadra inferior de carga. En el caso de muretes construidos con unidades con perforaciones, se deberá rellenar con mortero de cemento – arena 1:3, las unidades en contacto con las escuadras de carga.

#### Aplicación de carga

- Para ensayos sin instrumentación, aplicar la carga en forma continua hasta la carga última. La carga se puede aplicar a cualquier velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo esperado, después de lo cual se ajustarán los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique a una velocidad uniforme de 1 tonelada por minuto, o a una velocidad tal que la carga máxima se alcance en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.
- Para ensayos con instrumentación para medir deformaciones o deformaciones unitarias, aplicar la carga a incrementos adecuados que den velocidades compatibles con la mencionada anteriormente. Escoger los incrementos de manera que se obtengan por lo menos 10 lecturas de deformación o de deformación unitaria, para determinar la curva esfuerzo-deformación unitaria.

#### Cálculos:

- Esfuerzo cortante:

Calcular el esfuerzo cortante en los muretes sobre la base del área bruta de la diagonal cargada, como sigue:

$$V_m = \frac{0.707 * P}{A_b} \quad (20)$$

Donde:

$V_m$ : Esfuerzo cortante sobre el área bruta, Mpa.

$P$  : Carga aplicada, N.

$A_b$  : Área bruta del espécimen, mm<sup>2</sup>.

$$A_b = \frac{l+h}{2} * t \quad (21)$$

Donde:

$l$  : largo del murete, mm.

$h$  : altura del murete, mm.

$t$  : espesor del murete, mm.

- Calcular la resistencia característica con la siguiente ecuación:

$$v'm = v_m - \sigma \quad (22)$$

Donde:

$v'm$ : Resistencia característica a la compresión diagonal, kg/cm<sup>2</sup>.

$v_m$ : Resistencia a la compresión diagonal promedio, kg/cm<sup>2</sup>.

$\sigma$  : Desviación estándar.

### 2.2.10. Tipología de falla en Prismas

El comportamiento y el tipo de falla de los prismas ante cargas axiales están influenciados por la interacción que se desarrolla entre las caras de asiento de las unidades y el mortero. Las unidades y el mortero tienen diferente rigidez, entonces, al ser sometidos al mismo esfuerzo normal y al estar integrados los materiales, el material menos deformable (generalmente las unidades) restringe las deformaciones transversales del material más deformable (el mortero), introduciéndole esfuerzos de compresión en la dirección transversal, que se traducen en tracciones laterales sobre la unidad, que dan lugar a grietas verticales. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011)

### 2.2.10.1. Falla ideal

“La falla ideal de los prismas de albañilería es una grieta vertical en la cara de menor dimensión, que corta unidades y mortero, producida por tracción debida a la expansión lateral (Efecto Poisson) causada por la compresión aplicada”.



Figura 20 Falla ideal – 1 AR a

### 2.2.10.2. Trituración

“La falla por Trituración son indeseables por ser frágiles y explosivas, esta falla se presenta generalmente cuando se utilizan unidades huecas. Las fallas en los prismas aparecen de forma brusca, dado que se trata de materiales frágiles no reforzados”.



Figura 21 Falla por trituración – Prisma 2 AR b

### 2.2.10.3. Aplastamiento local

“Para unidades de baja resistencia, por lo general la falla ocurre por aplastamiento local de las unidades”.



Figura 22 Falla por aplastamiento local – Prisma 2 y 2 C

### 2.2.10.4. Aplastamiento por pandeo

“La falla por aplastamiento en una zona localizada del prisma o aplastamiento por pandeo del prisma, también puede ocurrir cuando existen efectos distintos a los de compresión pura, particularmente cuando aparecen componentes de flexión. Esta se da por: imperfecciones en la construcción reflejada en la configuración geométrica del espécimen, por una falta de paralelismo entre las cargas de asiento extremas, o por la falta de alineamiento entre el eje de carga y el eje longitudinal de la pila”.



Figura 23 Falla por aplastamiento por pandeo – Prisma 3 AB a



### 2.2.11. Tipología de falla en muretes

Según (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009), “la falla de un muro por efecto de fuerzas cortantes ocurre habitualmente a través de fisuras inclinadas ocasionadas por tensiones diagonales. Estas grietas se forman generalmente a lo largo de las juntas, generadas por la debilidad de la unión pieza-mortero; sin embargo, para piezas con baja resistencia y buena adherencia con el mortero, las grietas atraviesan el cuerpo del muro de formas variadas. De acuerdo con el aspecto visual del muro en el momento de la falla, particularmente la trayectoria de esta y su frecuencia en los diferentes muros, se proponen cuatro tipos de falla. Son descritas a continuación las tipologías de falla propuestas y sus principales características”.

#### 2.2.11.1. Falla local

Este tipo de falla corresponde a unidades de baja resistencia que por lo general son unidades frágiles y explosivas. Por lo general esta falla aparece de forma brusca.

#### 2.2.11.2. Falla por adherencia

“Esta tipología corresponde a aquella falla en que el agrietamiento se inicia y propaga por las juntas, se genera cuando la resistencia de las piezas es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con la pieza, por lo que el agrietamiento ocurre en el elemento débil que, en este caso, es la junta. En este tipo de falla generalmente el muro se divide en dos secciones donde el mortero involucrado en el sector de la falla queda en solo una parte (superior o inferior) de las secciones del muro; generalmente se presenta deslizamiento de una sección del muro sobre la otra”. (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)

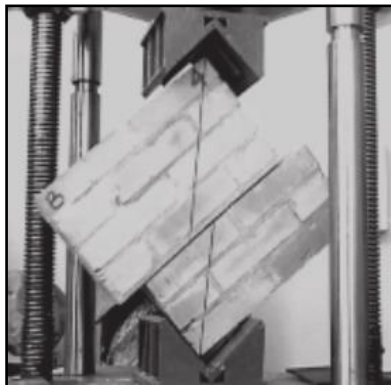


Figura 24 Falla por adherencia

Fuente: (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)



### 2.2.11.3. Falla combinada

“Este tipo de falla se presenta normalmente cuando la resistencia a la tensión de las piezas es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero a las piezas. Se caracteriza porque los muros presentan agrietamiento y ruptura de algunas de sus piezas, al igual que del mortero; inclusive alcanzan a inducir que los grafiles (refuerzo horizontal) se doblen”. (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)

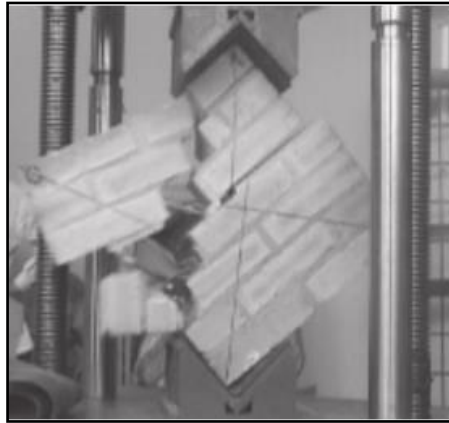


Figura 25 Falla combinada

Fuente: (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)

### 2.2.11.4. Falla semi diagonal

“Esta falla habitualmente se observa cuando el esfuerzo resistente a la tensión de las piezas es semejante a la adherencia entre piezas y mortero; se da un modo de falla mixto en que el agrietamiento diagonal se da tanto en las piezas como en las juntas”. (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)



Figura 26 falla semi diagonal

Fuente: (Páez Moreno, Parra Rojas, & Montaña Gutiérrez, 2009)

### 2.2.12. Módulo de Elasticidad

“Es la propiedad mecánica que hace que los materiales sufran deformaciones reversibles por la acción de las fuerzas exteriores que actúa sobre ellos. La deformación es la variación de forma y dimensión de un cuerpo”. (Medina Guzman, 2009)

#### Propiedades mecánicas de los materiales

El comportamiento mecánico de un material es el reflejo de la relación entre su respuesta o deformación ante una fuerza o carga aplicada.

Hay tres formas principales en las cuales podemos aplicar cargas: tensión, compresión y cizalladura.

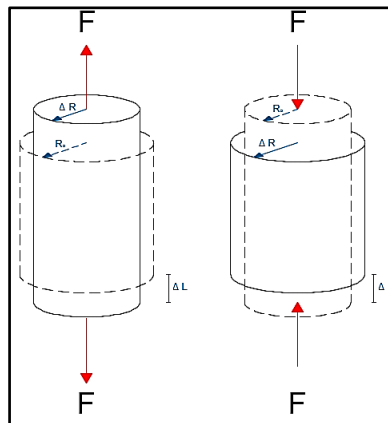


Figura 27 Comportamiento mecánico de un material frente a cargas axiales

Fuente: (Medina Guzman, 2009)

#### Deformación elástica y plástica

“Cuando una pieza se somete a una fuerza de tensión uniaxial, se produce una deformación del material. Si el material vuelve a sus dimensiones originales cuando la fuerza cesa, se dice que el material ha sufrido una deformación elástica. El número de deformaciones elásticas en un material es limitado ya que aquí los átomos del material son desplazados de su posición original, pero no hasta el extremo de que tomen nuevas posiciones fijas. Si el material es deformado hasta el punto que los átomos no pueden recuperar sus posiciones originales, se dice que ha experimentado una deformación plástica”. (Medina Guzman, 2009)

#### Módulo de Elasticidad

“El módulo de Elasticidad (E), también llamado módulo de Young, es una propiedad mecánica de cada material que indica la relación existente (en la zona de comportamiento elástico de dicho material) entre los incrementos de tensión aplicados

( $d\sigma$ ) en el ensayo de tracción y los incrementos de deformación longitudinal unitaria ( $d\varepsilon$ ) producidos”. (Pérez Gonzales, 2018)

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (23)$$

Equivalente a la tangente en cada punto de la zona elástica en la Figura 28 Esfuerzo – deformación ( $\sigma - \varepsilon$ ) obtenida del ensayo de tracción.

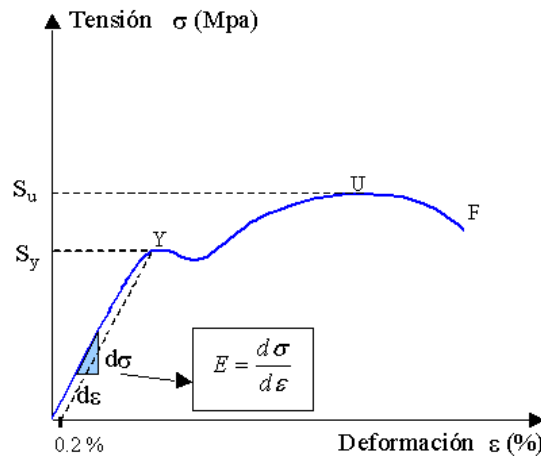


Figura 28 Esfuerzo - Deformación

Fuente: (Pérez Gonzales, 2018)

“En muchos casos el módulo de elasticidad es constante durante la zona elástica del material, indicando un comportamiento lineal del mismo (Ley de Hook). El módulo de elasticidad indica la rigidez de un material; cuanto más rígido es un material, mayor es su módulo de elasticidad”. (Pérez Gonzales, 2018)

Cálculos:

Para el cálculo del módulo de elasticidad del prisma se determinará el esfuerzo axial:

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{\text{Área bruta}} \quad (24)$$

Donde:

$\Delta\sigma$ : Esfuerzo axial asociado a  $\Delta P$ , tn/m<sup>2</sup>.

$\Delta P$ : Incremento de fuerza en la zona elástica, tn.

Área bruta: Largo x ancho, m<sup>2</sup>.

Para el cálculo de la deformación unitaria:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta D}{Le} \quad (25)$$

Donde:

$\Delta\varepsilon$ : Deformación unitaria asociada a  $\Delta\sigma$ .

$\Delta D$ : Desplazamiento asociado a  $\Delta P$ , mm.

$Le$ : Longitud entre las bases, mm.

El módulo de elasticidad se calculará con la siguiente ecuación:

$$Em = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \quad (26)$$

Donde:

$Em$ : Modulo de elasticidad.

### 2.2.13. Ley generalizada de Hook

De acuerdo a (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2015), “aplicaron la ley de Hook a la relación existente entre tensiones y deformaciones actuantes en un punto. Enunciada de esta forma, se le llama ley de Hooke generalizada, y los coeficientes de proporcionalidad que aparecen, son constantes características del material, y no dependen de la geometría del cuerpo, ya que el estado tensional y de deformación son propios de un punto”.

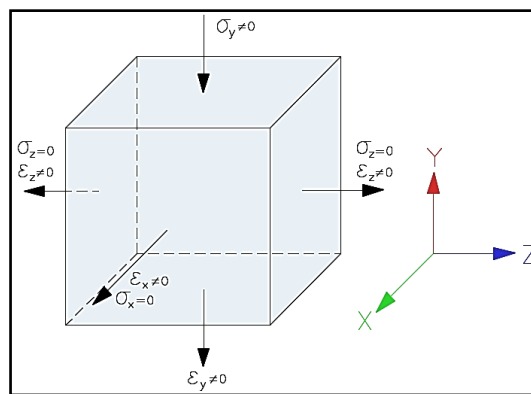


Figura 29 Ley generalizada de Hook

En la parte de comportamiento elástico se cumple la Ley de Hooke.

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)) \quad (27)$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)) \quad (28)$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}(\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)) \quad (29)$$

De la Figura 29 se observa que la carga será aplicada en la dirección (y), por lo tanto, los esfuerzos en la dirección (x) y (z) serán nulos.

$$\sigma_x = 0$$

$$\sigma_y \neq 0$$

$$\sigma_z = 0$$

Reemplazando en la ecuación (27) tendremos:

$$\varepsilon_x = -\frac{1}{E}\nu(\sigma_y) \quad (30)$$

Reemplazando en la ecuación (28) tendremos:

$$\sigma_y = \varepsilon_y * E \quad (31)$$

Reemplazando en la ecuación (29) tendremos:

$$\varepsilon_z = -\frac{1}{E}\nu(\sigma_y) \quad (32)$$

Reemplazando la ecuación (31) en la ecuación (32) se tiene:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_y} \quad (33)$$

Reemplazando la ecuación (31) en la ecuación (30) se tiene:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_y} \quad (34)$$

La ecuación (34) es la que utilizaremos para determinar el coeficiente de Poisson en las unidades de albañilería.

#### 2.2.14. Programa Abaqus CAE

Abaqus es un conjunto de potentes programas de simulación de ingeniería, basados en el método de elementos finitos, que pueden resolver problemas que van desde análisis lineales relativamente simples hasta las simulaciones no lineales más desafiantes.

Abaqus ofrece una amplia gama de capacidades para la simulación de aplicaciones lineales y no lineales. Los problemas con múltiples componentes se modelan asociando la geometría que define cada componente con los modelos de material apropiados y especificando las interacciones de los componentes.

Un modelo Abaqus se compone de varios componentes diferentes que juntos describen el problema físico a analizar y los resultados a obtener. Como mínimo, el modelo de análisis consta de la siguiente información: geometría discretizada, propiedades de sección de elementos, datos de materiales, cargas y condiciones de contorno, tipo de análisis y solicitudes de salida.

### 2.2.15. Esfuerzo en vigas

Según (Pytel & Singer, 2008) la ecuación (35) indica que el esfuerzo debido a la flexión en cualquier sección es directamente proporcional a la distancia del punto considerado a la línea neutra.

$$\sigma = \frac{M * c}{I} \quad (35)$$

Donde:

$\sigma$ : Esfuerzo, kg/m<sup>2</sup>.

$M$ : Momento de la fuerza, kg-m.

$I$ : Momento de Inercia, m<sup>4</sup>.

$c$ : Distancia del elemento más alejado de la línea neutra, m.

Para el cálculo del esfuerzo a compresión ejercido en el muro por acción de la fuerza lateral se determinará utilizando las siguientes ecuaciones:

$$M = \frac{\text{Fuerza lateral} * H}{2} \quad (36)$$

$$I = \frac{A^3 * L}{12} \quad (37)$$

Donde:

Fuerza lateral ejercida sobre el muro (kg/m<sup>2</sup>)

$H$ : Altura del muro, m.

$L$ : Longitud del muro, m.

$A$ : Ancho del muro, m.

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis General

Las propiedades mecánicas de la Resistencia Característica de la albañilería y Módulo de Elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, modificado con acero y polipropileno son mayores a las propiedades mecánicas de resistencia característica de la albañilería y módulo de elasticidad de unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco sin refuerzo.

### 2.3.2. Sub Hipótesis

- **Hipótesis específica N° 01**

La resistencia a compresión Axial del mortero utilizando agregado de la cantera de Vicho y Cunyac es parecido a lo establecido en la Norma: NTP 399.610.2003.

- **Hipótesis específica N° 02**

La Resistencia Característica de unidades de albañilería tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco; cumple con las especificaciones de la Norma E 0.70 “Albañilería”.

- **Hipótesis específica N° 03**

La resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de prismas de albañilería utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco, sin refuerzo cumple con el parámetro establecido en la Norma E 0.70 “Albañilería”.

- **Hipótesis específica N° 04**

La resistencia a compresión Diagonal de muretes de albañilería utilizando unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco, sin refuerzo cumple con el parámetro establecido en la Norma E 0.70 “Albañilería”.

- **Hipótesis específica N° 05**

La resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de prismas de albañilería, reforzado con 3 varillas de acero corrugado de ¼”, con tarrajeo (C:A) 1:5 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco es mayor a la resistencia a compresión Axial y módulo de elasticidad de

prismas de albañilería, reforzado con 1 y 2 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con tarrajeo (C:A) 1:5 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%.

- **Hipótesis específica N° 06**

La resistencia a Compresión Diagonal de muretes de albañilería, reforzado con 3 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con tarrajeo (C: A) 1:5 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%, utilizando unidades tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco es mayor a la resistencia a compresión Diagonal de muretes de albañilería, reforzado con 1 y 2 varillas de acero corrugado de  $\frac{1}{4}$ ", con tarrajeo (C: A) 1:5 adicionado con fibras de Polipropileno en 0.5%.

- **Hipótesis específica N° 07**

El comportamiento del desplazamiento lateral del muro de albañilería modificado con acero y polipropileno es mejor en relación al muro de albañilería sin reforzar, modelado con Software Estructural (Abaqus).

## 2.4. Definición de Variables

### 2.4.1. Variables Independientes

- **X1: Ladrillo blocker**

Descripción: Unidad de albañilería elaborada con arcilla como materia prima fabricada en Cusco, en el distrito de San Jerónimo.

- **X2: Agregado**

Descripción: Material granular que puede ser arena, grava o piedra triturada empleado como un medio cementante para formar concreto o mortero.

- **X3: Acero**

Descripción: Material de fabricación y construcción más versátil y adaptable que combina la resistencia a la tracción y la trabajabilidad.

- **X4: Polipropileno:**

Descripción: Es un polímero termo-plástico formado de enlaces simples carbono– carbono y carbono– hidrogeno.





#### 2.4.1.1. Indicadores de Variables Independientes

- **X1: Ladrillo blocker**  
Variación dimensional, alabeo, succión, absorción y Resistencia a la compresión.
  
- **X2: Agregado fino**  
Granulometría  
Contenido de humedad  
Peso específico y absorción  
Peso unitario
  
- **X3: Acero**  
Límite de fluencia  $f_y$  (kg/cm<sup>2</sup>)
  
- **X4: Fibras de polipropileno**  
Peso de las fibras de polipropileno

#### 2.4.2. Variables Dependientes

- **Y1: Compresión axial de prismas de albañilería**  
Descripción: Resistencia a la rotura que ofrecen los prismas de albañilería elaboradas con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.
  
- **Y2: Elasticidad de prismas de albañilería**  
Descripción: Tensión ejercida sobre el área de la sección transversal de los prismas de albañilería elaborados con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.
  
- **Y3: Compresión de muretes de albañilería**  
Descripción: Resistencia a la rotura que ofrecen los muretes de albañilería elaborados con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.



- **Y4: Coeficiente de Poisson**

Descripción: Constante elástica que proporciona una medida de ensanchamiento de unidades de ladrillos tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco.

- **Y5: Mortero**

Descripción: Es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos, gruesos y agua, que sirven para aparejar elementos de construcción como ladrillos.

#### 2.4.2.1. Indicadores de variables Dependientes

- **Y1: Resistencia a compresión axial de prismas de albañilería**

Resistencia a compresión axial de prismas de albañilería a una determinada edad de ensayo -  $f'm$  (Kg/cm<sup>2</sup>)

- **Y2: Módulo de elasticidad de prismas de albañilería**

Módulo de elasticidad de prismas de albañilería a una determinada edad de ensayo -  $E_m$  (kg/cm<sup>2</sup>)

- **Y3: Resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería**

Resistencia a compresión diagonal de muretes de albañilería a una determinada edad de ensayo -  $v'm$  (kg/cm<sup>2</sup>)

- **Y4: Coeficiente de Poisson**

Coeficiente de Poisson -  $\nu$  (adimensional)

- **Y5: Mortero**

Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

2.4.3. Cuadro de Operacionalización de Variables

Tabla 11 Operacionalización de variables

Operacionalización de Variables				
Tipo de Variable	Definición	Nivel	Indicador	Instrumento
Variable Dependientes				
Compresión Axial de prismas de albañilería	Resistencia a la rotura que ofrecen los prismas de albañilería elaboradas con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.	Propiedades Mecánicas	$f'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Guía de observación de laboratorio. NTP 399.605
Elasticidad de prismas de albañilería	Tensión ejercida sobre el área de la sección transversal de los prismas de albañilería elaborados con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.	Propiedades Mecánicas	$E_m$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Fichas de evaluación
Compresión Diagonal de muretes de albañilería	Resistencia a la rotura que ofrecen los muretes de albañilería elaborados con unidades tipo blocker de la ciudad de Cusco modificado con Acero y Polipropileno.	Propiedades Mecánicas	$v'm$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Guía de observación de laboratorio. NTP 399.621
Coefficiente de Poisson	Constante elástica que proporciona una medida de ensanchamiento de unidades de ladrillos tipo blocker 12 de la ciudad de Cusco.	Propiedades Mecánicas	$\nu$ (adimensional)	Fichas de evaluación
Mortero	Es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, que sirven para aparejar elementos de construcción como ladrillos.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Fichas de evaluación
<b>Variables Independientes</b>				
Unidad de ladrillo tipo blocker 12	Unidad de albañilería elaborada con arcilla como materia prima fabricados en Cusco, en el distrito de San Jerónimo.	Propiedades físicas	Variación dimensional, alabeo, succión, absorción)	Fichas de evaluación
		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
Agregado	Material granular que puede ser arena, grava o piedra triturada empleado como un medio cementante para formar concreto o mortero	Propiedades físicas	Granulometría Contenido de humedad Peso específico y absorción Peso unitario	Fichas de evaluación
Acero	Material de fabricación y construcción más versátil y adaptable que combina la resistencia a la tracción y la trabajabilidad.	Propiedades mecánicas	$f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Fichas de evaluación
Fibras de polipropileno	Es un polímero termo-plástico formado de enlaces simples carbono – carbono y carbono hidrogeno.	Propiedades físicas	Peso de las fibras de polipropileno	Fichas de evaluación



### 3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

#### 3.1. Metodología de la Investigación

##### 3.1.1. Enfoque de la investigación

###### **Enfoque cuantitativo**

Según (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014) es secuencial y probatorio cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.

##### 3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

###### **Correlacional**

Según (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014) este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba.

Es así que la presente investigación de albañilería de nivel correlacional busca relacionar la cantidad de varillas de acero que se utilizaran como refuerzo dentro de las juntas con la resistencia en los prismas y muretes.

##### 3.1.3. Método de investigación

###### **Hipotético – Deductivo**

El método Hipotético – Deductivo es un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. (Bernal, 2010)



Tomando en cuenta el concepto, la presente investigación se basa en plantear varias hipótesis las cuales deberán ser probadas con los ensayos pertinentes y contrastadas en las conclusiones.

### **3.2. Diseño de la Investigación**

#### **3.2.1. Diseño metodológico**

##### **Experimental**

Según (Hernandez Sampieri, Fernandez, & Baptista, 2014) el diseño experimental permite la manipulación intencional de variables (independientes) para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes dentro de una situación de control.

La presente investigación tiene un diseño experimental porque se permite la manipulación de las variables independientes tales como incorporación de varillas de acero en el mortero de junta, la adición de fibras de polipropileno en el mortero de juntas y tarrajeo; para luego poder hacer la medición de las variables dependientes (Resistencia a compresión axial de prismas, módulo de elasticidad de prismas, coeficiente de Poisson en unidades de albañilería y resistencia a compresión diagonal de muretes.)

### 3.2.2. Diseño de ingeniería

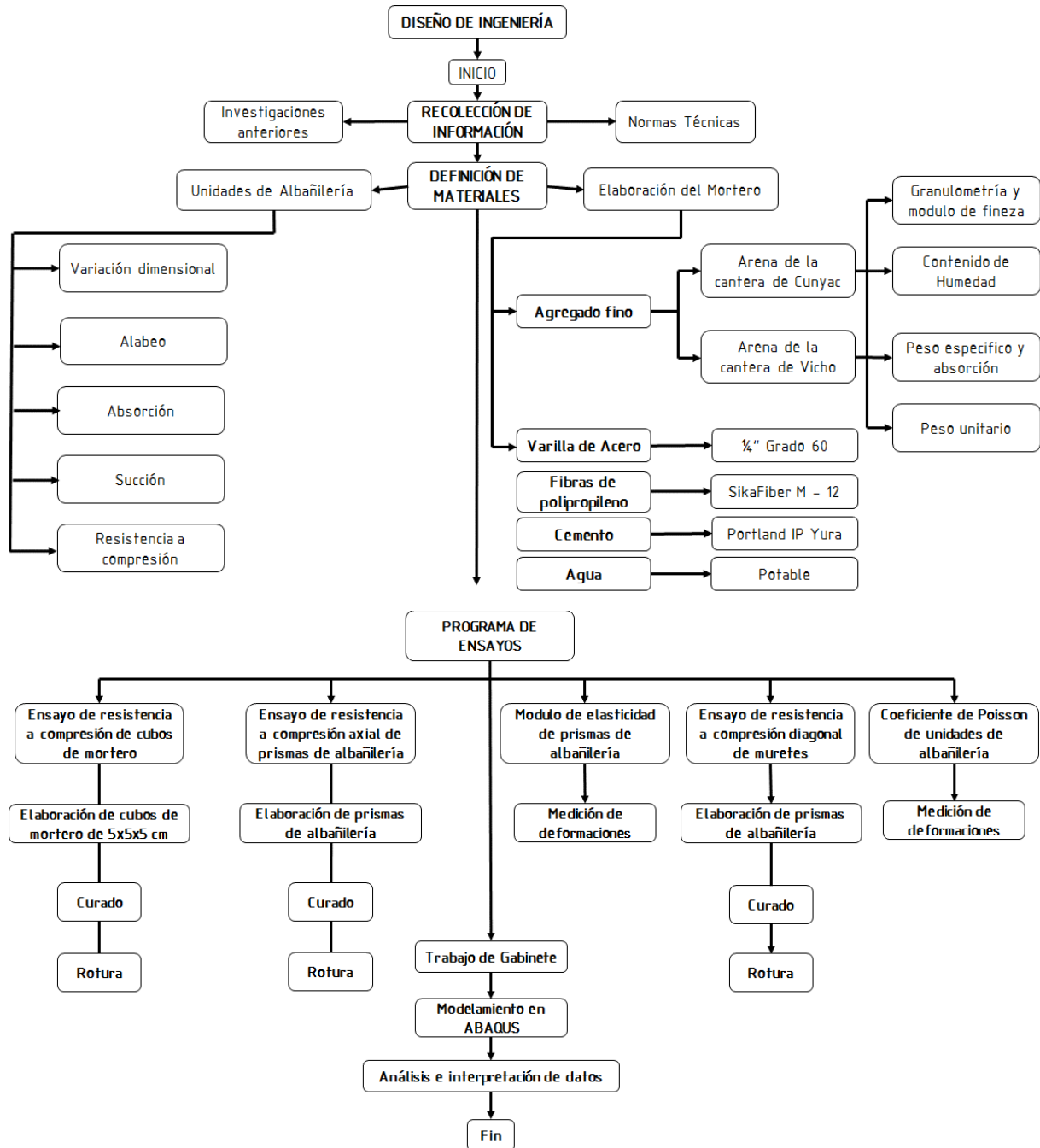


Figura 30 Diseño de ingeniería

### 3.3. Población y Muestra

#### 3.3.1. Población

##### 3.3.1.1. Descripción de la población

La población de la tesis está conformada por prismas y muretes de albañilería fabricados con unidades de ladrillo tipo blocker 12, unidas con mortero de cemento Portland IP Yura, con una dosificación (C: A) 1:4 + 0.5% de fibras de Polipropileno, reforzados con 1, 2 y 3 varillas de acero de ¼” Grado 60.

##### 3.3.1.2. Cuantificación de la población

La cuantificación de la población está conformada por:

Tabla 12 Cuantificación de la población

<b>Prismas</b>	30 unidades
<b>Muretes</b>	50 unidades

#### 3.3.2. Muestra

##### 3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra forma parte de la población, conociendo sus características particulares, podemos decir que es el conjunto de elementos de lo que se puede tomar toda la información para la investigación. La muestra de la presente tesis está conformada por prismas y muretes de albañilería fabricados con unidades de ladrillo tipo blocker 12, unidas con mortero de cemento Portland IP Yura, con una dosificación (C: A) 1:4 + 0.5 % de fibras de Polipropileno, reforzados con 1, 2 y 3 varillas de acero de ¼” Grado 60

##### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La cuantificación de la muestra está conformada por:

Tabla 13 Cuantificación de la muestra

<b>Mortero</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Refuerzo</b>	<b>Prismas</b>	<b>Muretes</b>
<b>Tradicional</b>	(C: A) 1:4	-	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	1 Varilla Superior	3	5
<b>Experimental</b>	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	1 Varilla Inferior	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	1 Varilla Sup e Inf	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	2 Varillas Superior	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	2 Varillas Inferior	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	2 Varilla Sup e Inf	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	3 Varillas Superior	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	3 Varillas Inferior	3	5
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	3 Varillas Sup e Inf	3	5
<b>Total</b>			<b>30</b>	<b>50</b>

Para la elaboración de los prismas y muretes de albañilería, se utilizaron unidades de ladrillo tipo blocker 12 fabricados en una ladrillera del distrito de San Jerónimo, de dimensiones 30 x 20 x 12 cm.; dependiendo del ensayo se utilizaron:

Tabla 14 Número de unidades de albañilería ensayadas

Ensayos	Unidades de albañilería (und)
Variación dimensional	20
Alabeo	10
Succión	10
Absorción	10
Resistencia a la compresión	10

Para la elaboración del mortero se utilizó agregado fino de las canteras de Vicho y Cunyac en una relación 3:1 (75% y 25% respectivamente), cemento portland IP Yura y agua potable; además se adiciono fibras de polipropileno Sikafiber M-12 en 0.5% con respecto al peso del cemento.

Para el ensayo de resistencia a compresión de cubos de mortero se ensayaron 60 cubos de 5 cm de lado como se detalla en la Tabla 15:

Tabla 15 Cubos de mortero ensayados

Mortero	Dosificación	Refuerzo	Cubos de mortero
Tradicional	(C: A) 1:4	-	05
Experimental	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	1 Varilla Sup e Inf	10
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	2 Varillas Sup e Inf	
	(C: A) 1:4 + 0.5% Fp	3 Varillas Sup e Inf	

### 3.3.2.3.Método de muestreo

En la presente investigación, se elaboró prismas y muretes con ladrillo blocker 12, unidos con mortero (C: A) 1:4 con y sin reforzamiento de varillas de acero estructural de ¼” en las juntas; el cual por el método de elaboración intencional clasificaremos a la investigación con un método de muestreo no probabilístico – conveniencia, ya que este se caracteriza por obtener muestras representativas mediante la inclusión de refuerzo adicional en la muestra de grupos supuestamente típicos.

### 3.3.2.4.Criterios de evaluación de la muestra

Los criterios de evaluación de la muestra (prismas y muretes) se desarrolló en base a las siguientes normas:





- Ensayo de compresión axial de prismas de albañilería según la norma (INACAL NTP 399.605, 2018) UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.
- Ensayo de compresión diagonal de muretes de albañilería según la norma (INACAL NTP 399.621, 2015) UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

### 3.3.3. Criterios de inclusión

Se tomaron los siguientes aspectos como principales para considerarlos como criterios de inclusión de la presente investigación:

- La elaboración de los elementos muestrales se realizó con ladrillo blocker 12 con dimensiones 12 x 20 x 30 cm de fabricación semi industrial distribuido por la Asociación de tejas y ladrillos Sucso Aucaylle.
- Para la realización de la mezcla de mortero usado en los elementos muestrales, se empleó una combinación de agregados finos de 75% de la cantera de Vicho, 25% de la cantera de Cunyac, cemento portland Yura IP y agua potable.
- Las fibras de polipropileno producidas por Sika tipo Sikafiber M-12 y cantidad adicionada en la mezcla de mortero fue de 0.5% del peso del cemento, según lo estudiado en la tesis realizada por (Gamarra Cotohuanca & Meza Galiano, 2015).
- Para aumentar la resistencia característica de los elementos muestrales se utilizó fierro corrugado ASTM A 615 – GRADO 60 de ¼” de diámetro, de la marca Aceros Arequipa.
- El espesor usado en la construcción de los elementos muestrales fue de 1.5 cm
- Para el mejor mezclado del mortero se usó una mezcladora eléctrica.
- La cantidad de agua utilizada en la mezcla de mortero fue la óptima para poder alcanzar un flujo de 113% en la mezcla sin adición de polipropileno y 101% en la mezcla con adición de polipropileno haciendo trabajable la mezcla.
- La elaboración de los cubos de mortero ensayados a compresión se usaron moldes de vidrio de 5 hiladas.
- El asentado de los elementos muestrales se realizó de manera manual con mano de obra calificada, de acuerdo a lo especificado en la NTP 339.605 y NTP 339.621.



- Los elementos muestrales están formados por 3 hiladas cada una.
- La forma de curado se realizó cubriendo los elementos muestrales con bolsas plásticas para que puedan conservar la humedad óptima, según lo establecido en la NTP 339.605 y NTP 339.621.
- La edad de ensayo de los prismas y muretes fue de 28 días.
- Se realizó tarrajeo en una sola cara de los elementos muestrales para poder asemejarlos a las construcciones reales en la ciudad de Cusco.

### **3.4. Instrumentos**

#### **3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos**

Los principales instrumentos metodológicos fueron las Normas Técnicas Peruanas; así como también se utilizaron formatos de recolección de datos para cada ensayo, como se muestra en la Tabla 16 hasta la Tabla 31:

- Formato 01 ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería.
- Formato 02 ensayo de Abaleo de unidades de albañilería.
- Formato 03 ensayo de Absorción de unidades de albañilería.
- Formato 04 ensayo de Succión de unidades de albañilería.
- Formato 05 ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería.
- Formato 06 ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería.
- Formato 07 ensayo de Granulometría y módulo de Fineza de agregado fino.
- Formato 08 ensayo de contenido de Humedad de agregado fino.
- Formato 09 ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino.
- Formato 10 ensayo de Peso Unitario de agregado fino.
- Formato 11 ensayo de fluidez de Mortero
- Formato 12 ensayo de resistencia a Compresión de cubos de mortero.
- Formato 13 ensayo de resistencia a Compresión de prismas de albañilería.
- Formato 14 ensayo de módulo de elasticidad de prismas de albañilería.
- Formato 15 ensayo de compresión Diagonal de muretes de albañilería.
- Formato 16 ensayo de coeficiente de Poisson de unidades de albañilería

Tabla 16 Formato 01 ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.									Fecha:			
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino									N° VDUA - 001			
Muestra: Unidades de Albañilería blocker 12									Número: 20 unidades			
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA												
Rotulo	Largo (mm)				Ancho (mm)				Altura (mm)			
	L1	L2	L3	L4	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	H4
L 1												
L 2												
L 3												

Tabla 17 Formato 02 ensayo de Alabeo de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura				
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.			Fecha:	
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino			N° AUA - 001	
Muestra: Unidades de Albañilería blocker 12			Número: 10 unidades	
ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA				
Rotulo	CARA A		CARA B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Promedio				

Tabla 18 Formato 03 ensayo de Absorción de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura			
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.		Fecha:	
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino		N° AbUA - 001	
Muestra: Unidades de Albañilería blocker 12		Número: 10 unidades	
ABSORCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA			
Rotulo	PESO		Absorción (%)
	Wd (gr)	Ws (gr)	
Promedio			

Tabla 19 Formato 04 ensayo de Succión de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura						
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.					<b>Fecha:</b>	
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino					N° SUA - 001	
<b>Muestra:</b> Unidades de Albañilería blocker 12					Número: 10 unidades	
SUCCIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA						
Rotulo	PESO (gr)		DIMENSIONES (cm)		Área (cm <sup>2</sup> )	Succión (gr)
	W Peso	W Húmedo	Ancho (B)	Largo (L)		

Tabla 20 Formato 05 ensayo de Porcentaje de Vacíos de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura								
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.						<b>Fecha:</b>		
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino						N° PVUA - 001		
<b>Muestra:</b> Unidades de Albañilería blocker 12						Número: 10 unidades		
PORCENTAJE DE VACÍOS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA								
Rotulo	TAMAÑO			Vu	PESO		Vs	Porcentaje de vacíos (%)
	Largo	Ancho	Altura		Peso ladrillo (gr)	Peso arena (gr)		

<b>Peso probeta (gr)</b>	
<b>Peso arena + probeta (gr)</b>	
<b>Peso arena 500 ml (gr)</b>	

Tabla 21 Formato 06 ensayo de Resistencia a Compresión de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura									
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.								<b>Fecha:</b>	
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino								N° RCUA - 001	
<b>Muestra:</b> Unidades de Albañilería blocker 12								Número: 10 unidades	
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA									
Rotulo	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (cm <sup>2</sup> )	P (kg)	fb (kg/cm <sup>2</sup> )
	L1	L2	L3	A1	A2	A3			



Tabla 22 Formato 07 ensayo de Granulometría y Módulo de Fineza de agregado fino

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>						
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.					<b>Fecha:</b>	
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino					N° <b>GMEAF - 001</b>	
<b>Muestra:</b>					Número:	
<b>GRANULOMETRÍA Y MÓDULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO</b>						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Peso acumulado (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
N° 4						
N° 8						
N° 16						
N° 30						
N° 50						
N° 100						
N° 200						
Fondo						
SUMA						

<b>Peso</b>	
<b>Peso de material después del horno (gr)</b>	
<b>Peso de material después de tamizado (gr)</b>	
<b>Error cometido</b>	

Tabla 23 Formato 08 ensayo de Contenido de Humedad de agregado fino

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>				
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.			<b>Fecha:</b>	
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino			N° <b>CHAF - 001</b>	
<b>Muestra:</b>			Número:	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO</b>				
Símbolo	Descripción	Ensayo #1 (gr)	Ensayo # 2 (gr)	Ensayo # 3 (gr)
W	Masa de la muestra húmeda			
D	Masa de la muestra seca			
<b>Contenido de humedad</b>				
<b>Contenido de humedad promedio</b>				

Tabla 24 Formato 09 ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>			
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.			<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino			N° <b>PEAb - 001</b>
<b>Muestra:</b>			<b>Número:</b>
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
B	Peso de la fiola + agua	gr.	
C	Peso de la fiola + agua + muestra	gr.	
S	peso de la muestra superficialmente seca	gr.	
A	Peso de la muestra seca	gr.	

Peso específico aparente (gr/cm3)	
Absorción (%)	

Tabla 25 Formato 10 ensayo de Peso Unitario de agregado fino

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>					
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.					<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino					N° <b>PUAF-001</b>
<b>Muestra:</b>					<b>Número:</b>
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO</b>					
Símbolo	Descripción	Unidad	Ensayo #1 (gr)	Ensayo # 2 (gr)	Ensayo # 3 (gr)
T	Peso del recipiente	gr.			
Gs	Peso del recipiente + agregado suelto	gr.			
V	Volumen del recipiente	cm3			
Pus	Peso unitario suelto	gr/cm3			

Tabla 26 Formato 11 ensayo de Fluidez de mortero

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>		
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.		<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino		N° <b>FM - 001</b>
<b>Muestra:</b>		<b>Número:</b>
<b>FLUIDEZ DEL MORTERO</b>		
Ø (mm)	Dosificación del mortero	
	C: A (1:4)	C: A (1:4) + 0.5 % PP
Do		
D1		
D2		
D3		
D4		
Dp		



Tabla 27 Formato 12 ensayo de Resistencia a Compresión de cubos de mortero

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>	
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.	<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino	N° <b>RCCM - 001</b>
<b>Muestra:</b>	<b>Número:</b>

<b>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CUBOS DE MORTERO</b>								
<b>Rotulo</b>	<b>Dosificación</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>L1 (cm)</b>	<b>L2 (cm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Carga (N)</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>
MC 1								
MC 2								
MC 3								
M 01								
M 02								
M 03								
M 04								
M 05								
M 06								
M 07								
M 08								
M 09								
M 10								



Tabla 28 Formato 13 ensayo de Resistencia a Compresión de prismas de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura																			
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.													Fecha:						
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino													N° CAPA - 001						
Muestra:													Número:						
COMPRESIÓN AXIAL DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA																			
Rotulo	DIMENSIONES									P (kg)	CORRECCIÓN		fm (kg/cm2)	fm corregido (kg/cm2)	Tipo de falla				
	Altura (cm)			Largo (cm)			Ancho (cm)				Área (cm2)	Ho/Bo (cm)			Factor	A	B	C	D
	H1	H2	Ho	L1	L2	Lo	B1	B2	Bo										
<i>Tipo de falla</i>			<i>A: Falla ideal</i>			<i>B: Trituración</i>			<i>C: Aplastamiento local</i>			<i>D: Aplastamiento por pandeo</i>							

Tabla 29 Formato 14 ensayo de Módulo de Elasticidad de prismas de albañilería

Universidad Andina de Cusco Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Lugar de Ensayo: Rectificaciones Jesús											Fecha:	
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino											N° MEPA - 001	
Muestra:											Número:	
MODULO DE ELASTICIDAD DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA												
Fuerza (tn)	Desplazamiento (mm)	$\Delta\sigma$ (tn/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (MPa)	$\Delta\varepsilon$ (mm/mm)	Desplazamiento (mm)	$\Delta\sigma$ (tn/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (MPa)	$\Delta\varepsilon$ (mm/mm)	Desplazamiento (mm)	$\Delta\sigma$ (tn/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (MPa)	$\Delta\varepsilon$ (mm/mm)



Tabla 30 Formato 15 ensayo de Compresión Diagonal de muretes de albañilería

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>	
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.	<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino	N° <b>CDMA-001</b>
<b>Muestra:</b>	<b>Número:</b>

COMPRESIÓN DIAGONAL DE MURETES DE ALBAÑILERÍA															
Rotulo	DIMENSIONES						t (cm)	Ab (mm2)	P (Kg)	P (N)	vm (Mpa)	Tipo de falla			
	Largo (cm)		Altura (cm)			A						B	C	D	
	L1	L2	Lo	H1	H2										Ho

Tipo de falla  
A: Falla local  
B: Por adherencia  
C: Combinada  
D: Semi diagonal

Tabla 31 Formato 16 ensayo de Coeficiente de Poisson de unidades de albañilería

<b>Universidad Andina de Cusco</b> <b>Facultad de Ingeniería y Arquitectura</b>	
<b>Lugar de Ensayo:</b> Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.	<b>Fecha:</b>
<b>Realizado por:</b> Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino	N° <b>CPUA-001</b>
<b>Muestra:</b>	<b>Número:</b>

COEFICIENTE DE POISSON DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA							
Rotulo	Largo		Ancho		Altura		Área

### 3.4.2. Instrumentos de ingeniería

- **Flexómetro**

Instrumento de medición que se utiliza para calcular la distancia. La principal característica del flexómetro consiste en incorporar una cinta métrica metálica flexible que se desenrolla y al enrollarse se mantiene en un estuche.

- **Cuña metálica graduada**

Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm o, alternativamente, una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho y 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose a partir de una línea a 12,5

mm de ese extremo, hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña debe estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm para mostrar su espesor entre la base AB y el plano inclinado AC.



Figura 31 Cuña metálica graduada

- **Vernier**

Instrumento constituido por un par de reglas, una fija y una deslizante, y unos topes que facilitan la medida de dimensiones exteriores, dimensiones interiores y profundidades de objetos. El vernier es una escala auxiliar que se desliza a lo largo de una escala principal para permitir en ella lecturas fraccionales exactas de la mínima división.

- **Horno eléctrico**

Es un instrumento que se utiliza para eliminar la humedad que posee un cuerpo, de forma que se puedan corregir los pesos que esta contenga. El horno cuenta con un circulante de aire, termostáticamente controlado para una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

- **Balanza eléctrica**

Las balanzas electrónicas son balanzas caracterizadas porque realizan el pesaje mediante procedimientos que implican sensores. Es una clase de balanza de laboratorio diseñada para medir pequeñas masas.

- **Máquina de compresión axial**

En ingeniería se denomina máquina universal a una máquina semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades, este equipo es capaz de mantener una velocidad de carga continua y uniforme. La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o un sistema hidráulico. Este equipo fue adaptado para el desarrollo de los ensayos de compresión de las unidades de albañilería y los cubos de mortero.



Figura 32 Maquina de compresión axial

- **Serie de tamices (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200)**

El tamiz es un elemento mecánico formado por marcos, tejido, depósito receptor y tapa. El número del tamiz, por ejemplo, ASTM número 4, expresa el número de mallas por pulgada de tejido, es decir, existen 4 mallas o cuadrados de 5 mm por pulgada. Para el caso de análisis granulométrico de agregado fino se considera los siguientes tamices: (#4, #8, #16, #30, #50, #100, #200)

- **Tamizadora eléctrica**

Es una máquina que realiza movimientos verticales alternos a razón de 60 Hz como movimientos radiales continuos, que permiten la distribución y separación rápida de los materiales de las muestras para garantizar un preciso tamizado en ensayos de granulometría.

- **Fiola**

También llamados matraces aforados son recipientes de vidrio de cuello muy largo y angosto, en el cual tienen una marca que señala un volumen exacto a una temperatura determinada que está grabada en el mismo recipiente y generalmente es de 20 °C.

El uso más común es el análisis cuantitativo y en la preparación de solución, existen en tamaños de 25, 50, 100, 250, 500, 1000 ml. Este instrumento fue utilizado en el tamaño de 500 ml, para determinar el peso específico del agregado fino.

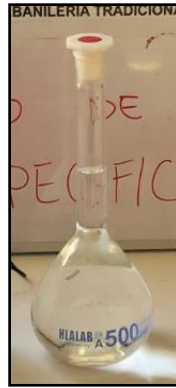


Figura 33 Fiola

- **Molde cónico metálico o cono de absorción**

El molde metálico de forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera:  $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interior en la parte superior,  $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro interior en la parte inferior y  $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. Usado en el ensayo de peso específico del agregado fino, para determinar la humedad saturado superficialmente seco del agregado fino.



Figura 34 Molde cónico metálico o cono de absorción

- **Pisón compactador**

La barra compactadora de metal usado para compactar el material puesto en el molde cónico metálico el cual tendrá una masa de  $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$  y una cara plana circular de apisonamiento de  $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$  de diámetro.



Figura 35 Pisón compactador

- **Bomba de vacíos**

Es el instrumento que extrae moléculas de gas de un volumen sellado, para crear un vacío parcial, su funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo.



Figura 36 Bomba de vacíos

- **Mesa de flujo**

Es un sistema mecánico que emplea una columna con base, la parte superior está compuesta por un disco, además en el soporte se encuentre una manivela con excentricidad que eleva el disco y lo deja caer. Este fue usado para el ensayo de fluidez del mortero.



Figura 37 Mesa de flujo

- **Molde de flujo**

Su forma cónica mantiene la consistencia plástica del mortero para que pueda ser estable cuando se extraiga el molde, sus medidas diametrales superiores e inferiores son empleadas para la determinación del índice de fluidez.



Figura 38 Molde de flujo

- **Moldes cúbicos**

Son moldes metálicos para los especímenes cúbicos de 50 mm que deberán ser apropiadamente herméticos. Los moldes no deberán tener más de tres compartimentos cúbicos, no constando de más de los elementos separables. Estos elementos deberán estar dotados de dispositivos que aseguren una perfecta y rígida unión.

- **Mezcladora eléctrica**

Es una máquina para elaborar el hormigón, el constructor tiene que hacer un gran esfuerzo físico porque bate piedra, arena, cemento y agua, que son materiales pesados. Por ello usar el trompo humaniza el trabajo y lo agiliza. Su función principal es mezclar bien los materiales echados en ella.

- **Prensa hidráulica**

Es un mecanismo conformado por vasos comunicantes impulsados por pistones de diferentes áreas que, mediante una pequeña fuerza sobre el pistón de menor área, permite obtener una fuerza mayor en el pistón de mayor área. Esta se usará para ensayar a compresión los prismas y compresión axial de muretes de albañilería, el cual la máquina de ensayo tendrá una precisión de más o menos 1.0 % sobre el rango de carga anticipado.



Figura 39 Prensa hidráulica

- **Nivel de mano**

Instrumento de medición que se utiliza para determinar la horizontalidad o verticalidad de un elemento; este elemento fue utilizado para la construcción de prismas y muretes de albañilería.

- **Escuadras de carga**

Barras de acero metálicas que se deberán utilizar para aplicar la carga de la máquina de forma uniforme al murete. La longitud de apoyo no será mayor que la altura de la unidad de albañilería o 152 mm.



Figura 40 Escuadras de carga

- **Dial o deformímetro**

Es un instrumento de medición de dimensiones que se utiliza para comparar cotas mediante la medición indirecta del desplazamiento de una punta de contacto esférica cuando el aparato está fijo en un soporte. Consta de un mecanismo de engranajes o palancas que amplifica el movimiento del vástago en un movimiento circular de las agujas sobre escalas graduadas circulares que permiten obtener medidas con una precisión de centésimas de milímetro (micras).





Figura 41 Dial o deformímetro

### 3.5. Procedimientos de recolección de datos

#### 3.5.1. Ensayos en las unidades de albañilería

##### 3.5.1.1. Ensayo de variación dimensional de unidades de albañilería

###### a) Equipo utilizado

- 01 regla metálica
- 01 brocha
- 20 unidades de ladrillos blocker 12

###### b) Procedimiento

- Se seleccionó la muestra para ensayar en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Andina de Cusco.
- Se realizó la limpieza de los ladrillos.
- Finalmente, con la regla metálica se procedió a medir cada una de las aristas, en un total de 04 mediciones por arista para poder obtener un promedio.



Figura 42 Ensayo de Variación Dimensional de unidades de albañilería

###### c) Toma de datos

- Lp: Largo promedio
- Bp: Ancho promedio
- Hp: Altura promedio





Tabla 32 Datos – Variación dimensional de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco												
Facultad de Ingeniería y Arquitectura												
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.									Norma: NTP 399.613			
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino									N° VDUA - 001			
Muestra: Unidades de Albañilería blocker 12									Número: 20 unidades		Fecha: 01-04-2019	
VARIACIÓN DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA												
Rotulo	Largo (mm)				Ancho (mm)				Altura (mm)			
	L1	L2	L3	L4	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	H4
L 1	287	286	286	286	117	117	117	116	191	192	192	191
L 2	289	289	291	291	119	119	118	117	191	193	190	190
L 3	285	284	287	287	116	117	116	117	192	191	191	190
L 4	288	290	288	289	116	118	117	117	190	189	190	191
L 5	290	290	290	290	118	117	118	118	188	189	191	190
L 6	281	287	287	289	117	117	119	118	189	190	191	191
L 7	283	282	281	280	116	113	115	115	189	189	189	188
L 8	290	291	289	288	115	118	115	118	192	191	190	192
L 9	285	285	289	288	117	116	118	117	195	192	191	191
L 10	287	288	287	287	116	116	116	116	192	192	189	187
L 11	286	285	284	285	114	116	114	117	190	189	193	191
L 12	293	292	288	289	115	118	117	118	192	194	193	195
L 13	290	290	290	290	118	119	119	119	190	192	193	193
L 14	283	282	285	286	116	115	116	116	190	190	190	189
L 15	282	281	287	287	115	115	115	114	187	188	188	189
L 16	288	288	295	294	114	115	114	117	192	190	193	192
L 17	289	290	289	290	119	118	119	119	191	193	189	189
L 18	287	286	287	288	117	117	118	117	192	192	190	192
L 19	290	287	285	286	118	115	117	116	193	191	190	186
L 20	290	288	287	288	118	117	117	118	189	188	183	185

### 3.5.1.2. Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería

#### a) Equipo utilizado

- 01 regla metálica
- 01 cuña metálica graduada
- 01 brocha
- 10 unidades de ladrillos blocker 12

#### b) Procedimiento

- Se seleccionó la muestra para ensayar en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Andina de Cusco.
- Se colocó la regla metálica de forma diagonal.
- Para determinar la concavidad se colocó la cuña en la parte media de la diagonal entre la regla metálica y cara de asiento de la unidad de albañilería.
- Para determinar la convexidad se colocó la cuña en los extremos de la diagonal de la regla metálica y unidad de albañilería.
- Para determinar el alabeo de las unidades, la medición se realizó en mm.



Figura 43 Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería

## c) Toma de datos

Tabla 33 Datos – Ensayo de Alabeo de unidades de albañilería

Universidad Andina de Cusco				
Facultad de Ingeniería y Arquitectura				
Lugar de Ensayo: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UAC.			Norma: NTP 399.613	
Realizado por: Cordova Quispe, Edgard David Valverde Farfán, Rodrigo Tino			N° AUA - 001	
Muestra: Unidades de Albañilería blocker 12			Número: 10 unidades	Fecha: 02-04-2019
ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA				
Rotulo	CARA - A		CARA - B	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
L 11	0	1.5	2	0
L 12	2	0	2	0
L 13	1.5	0	0.5	1.5
L 14	1	0	0.5	0.5
L 15	1.5	1.5	2	0
L 16	2.5	0	1	1.5
L 17	1.5	0	2	2.5
L 18	2.5	0	0	2
L 19	2	0	1.5	0
L 20	1.5	2	0.5	2.5

**3.5.1.3. Ensayo de Absorción de unidades de albañilería**

## a) Equipo utilizado

- 01 balanza eléctrica de precisión de 0.5 gr
- 01 brocha
- 01 paño
- 10 unidades de ladrillos blocker 12

## b) Procedimiento

- Se seleccionó la muestra para ensayar en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la Universidad Andina de Cusco.
- Limpiamos y pesamos la muestra de ladrillos seleccionada.
- Se lleno un recipiente con agua para finalmente sumergir totalmente nuestros ladrillos durante 24 horas.
- Sacamos los ladrillos pasado las 24 horas de sumergido, seguidamente se secó con un paño superficialmente la muestra, para dejar en un estado húmedo superficialmente seco.
- Finalmente se pesó las unidades de ladrillos y se tomo nota de los datos.