



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## ***“INFLUENCIA DEL TIPO DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LA ALBAÑILERÍA”***

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autor:**

María Verónica Horna Hernández

**Asesor:**

Ing. Gerson Quispe Rodríguez

Cajamarca – Perú

2015

---

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **María Verónica Horna Hernández**, denominada:

### **“INLUENCIA DEL TIPO DE CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LA ALBAÑILERÍA”**

---

Ing. Gerson Quispe Rodríguez  
ASESOR

---

Dr. Ing. Rosa LLique Mondragón  
JURADO  
PRESIDENTE

---

Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno  
JURADO  
SECRETARIO

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
JURADO  
VOCAL

---

Ing. Eryln Giordany Salazar Huamán  
JURADO  
ACCESITARIO

## DEDICATORIA

**A Dios**, quien me ha demostrado que si los sueños son forjados en el corazón, no hay obstáculo que interfiera entre ellos y la realidad.

**A mi padre, Simón**, quien me enseñó que de la grandeza del corazón nacen las más simples respuestas de la vida. Que la perseverancia y la decisión son el único camino que debo seguir sin temor a equivocarme. A darlo todo sin esperar recompensa alguna. A saber que uno mismo es mayor que las oportunidades y sus decisiones.

**A mi madre, Irma**, quien inculcó en mí la fortaleza para entender que no existe imposible, que me enseñó a soñar muy alto “porque el cielo no tiene límites”. Por brindarme la seguridad de contar con su compañía cuando más uno la necesita.

**A Sebastián**, la más grande razón para vivir.

## AGRADECIMIENTO

Tengo a bien agradecer a los Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, quienes han contribuido en la formación de mi persona durante el desarrollo de la carrera de Ingeniería Civil, en virtud de continuar construyendo sueños representados por infraestructuras diversas, y que un futuro contribuirán al desarrollo de las sociedades.

Al Ing. Orlando Aguilar Aliaga, quien con su capacidad y dedicación, ha sabido implementar en nuestra formación, las técnicas necesarias para enfrentar y resolver dificultades.

Al Ing. Gerson Quispe Rodríguez, por su guía en el entendimiento de forma y fondo de este tema y de esta carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b><u>Página</u></b>
<b>CAPÍTULO 1.- Introducción</b>	
1.1. <i>Realidad problemática</i>	01
1.2. <i>Formulación del problema</i>	03
1.3. <i>Justificación</i>	03
1.4. <i>Limitaciones</i>	04
1.5. <i>Objetivos</i>	05
<b>CAPÍTULO 2.- Marco Teórico</b>	
2.1. <i>Antecedentes</i>	06
2.2. <i>Bases Teóricas</i>	08
2.3. <i>Definición de Términos Básicos</i>	42
<b>CAPÍTULO 3.- Hipótesis</b>	
3.1. <i>Formulación del Hipótesis</i>	44
3.2. <i>Operacionalidad de las variables</i>	44
<b>CAPÍTULO 4.- Producto de Aplicación Profesional</b>	46
<b>CAPÍTULO 5.- Materiales y Métodos</b>	
5.1. <i>Tipo de Diseño de Investigación</i>	48
5.2. <i>Material de estudio</i>	48
5.3. <i>Técnicas Procedentes e Instrumentos</i>	48
<b>CAPÍTULO 6.- Resultados y Discusión</b>	66
<b>Conclusiones</b>	106
<b>Recomendaciones</b>	108
<b>Referencias</b>	109
<b>Anexos</b>	111

## ÍNDICE DE TABLAS

	<u><i>Página</i></u>
<b>Tabla N° 1.</b> Dosificación.	12
<b>Tabla N° 2.</b> Clasificación de la Unidad de Albañilería	24
<b>Tabla N° 3.</b> Uso de la Unidad de Albañilería	25
<b>Tabla N° 4.</b> Granulometría Arena Gruesa	31
<b>Tabla N° 5.</b> Tipos de Mortero	32
<b>Tabla N° 6.</b> Metodología para determinación de f´m y v´m	36
<b>Tabla N° 7.</b> Factor de Corrección por Edad	38
<b>Tabla N° 8.</b> Resistencia Característica de La Albañilería	38
<b>Tabla N° 9.</b> Factores de Corrección por Esbeltez	39
<b>Tabla N° 10.</b> Operacionalidad de las variables	45
<b>Tabla N° 11.</b> Operacionalidad de las variables	45
<b>Tabla N° 12.</b> Abertura de Tamiz	56
<b>Tabla N° 13.</b> Huso granulométrico	57
<b>Tabla N° 14.</b> Factor de Corrección por Esbeltez	62
<b>Tabla N° 15.</b> Especificaciones del Fabricante	66
<b>Tabla N° 16.</b> Dimensionamiento de Unidades - Variación Dimensión	68
<b>Tabla N° 17.</b> Cálculo de la Variación Dimensional	69
<b>Tabla N° 18.</b> Cálculo del Alabeo de las unidades de ladrillo	70
<b>Tabla N° 19.</b> Cálculo de Absorción	71
<b>Tabla N° 20.</b> Cálculo de Succión	72
<b>Tabla N° 21.</b> Dimensión de las Unidades (Ladrillo entero)	73
<b>Tabla N° 22.</b> Ensayo de Compresión (Ladrillo entero)	73
<b>Tabla N° 23.</b> Dimensión de las Unidades (Medio ladrillo)	74
<b>Tabla N° 24.</b> Ensayo de Compresión (Medio ladrillo)	74
<b>Tabla N° 25.</b> Porcentaje de ranuras	75
<b>Tabla N° 26.</b> Resumen del Ensayo de Unidades de Albañilería	76
<b>Tabla N° 27.</b> Granulometría de la arena	81
<b>Tabla N° 28.</b> Compresión Axial Probetas de Mortero	83
<b>Tabla N° 29.</b> Identificación de los Especímenes	84
<b>Tabla N° 30.</b> Ensayo de compresión axial en pilas	86
<b>Tabla N° 31.</b> Resumen del ensayo de compresión axial en pilas	86
<b>Tabla N° 32.</b> Resumen del Resultados	87
<b>Tabla N° 33.</b> Ensayo de compresión axial en pilas	87
<b>Tabla N° 34.</b> Resumen del ensayo de compresión axial en pilas	87

<b>Tabla N° 35.</b> Resumen del Resultados	87
<b>Tabla N° 36.</b> Ensayo de compresión axial en pilas	88
<b>Tabla N° 37.</b> Resumen del ensayo de compresión axial en pilas	88
<b>Tabla N° 38.</b> Resumen del Resultados	88
<b>Tabla N° 39.</b> Resumen Resultados Laboratorio UPN	89
<b>Tabla N° 40.</b> Resultados Finales - Laboratorio de la UPN	90
<b>Tabla N° 41.</b> Relación de resistencia y dispersión de resultados	92

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar de qué manera influye el tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería. Para determinar la resistencia de la albañilería, se construyeron 24 prismas de albañilería o especímenes con unidades de arcilla (ladrillos industriales) y un mortero de cemento - arena en la relación 1:4, de 1cm de espesor; a fin de ser evaluados a compresión axial. Los ensayos comprendidos en este trabajo de investigación se desarrollaron en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Privada del Norte. Los prismas o pilas de albañilería elaboradas para el presente estudio, tuvieron un proceso constructivo similar, más la variación en el procedimiento lo constituye el proceso de curado. Por cada técnica de curado se ensayaron 4 especímenes a compresión axial, a fin de determinar la resistencia promedio a compresión de la albañilería ( $f'm$ ). Se establecieron tres procedimientos: el primero contempló no curar las pilas de albañilería ni humedecer de manera previa los ladrillos (A); el segundo procedimiento (B) planteó realizar el curado de las pilas utilizando agua por un período de 7 días, además del humedecimiento previo de las unidades; y el último procedimiento (C) se realizó con un método de curado distinto al anterior; se hace uso del Antisol Sika para curar los especímenes; se aplicó el producto con ayuda de una brocha en la superficie del mortero, según especificación del fabricante. Cabe destacar que las unidades fueron humedecidas de manera previa antes de ser asentadas. Se consideró el primer proceso como un procedimiento patrón de comparación. Para la determinación de la resistencia, los especímenes elaborados y sometidos a un proceso de curado específico, fueron ensayados a compresión axial (a los 28 días de edad), es así que se pudo determinar de qué manera influyó el procedimiento de curado en el valor de resistencia de la albañilería. Como resultado de los ensayos se comprobó que el tercer procedimiento es el que sobresale de manera clara en valores de resistencia a compresión axial, por lo tanto el presente estudio, definió como la técnica de curado más adecuada a la que utilizó el proceso de curado con Antisol-Sika. Se concluye definiendo que la técnica de construcción más adecuada es la Técnica C, le sigue la Técnica B y, finalmente, la Técnica A.

**PALABRAS CLAVE:** Curado, resistencia y prismas de albañilería.



## ABSTRACT

This research aims to determine how these factors affect the type of treatment in resistance to axial compression of masonry. To determine the resistance of masonry, 24 specimens were built clay (industrial bricks), and cement mortar - sand in the ratio 1: 4, 1 cm thick; to be evaluated to axial compression. The trials included in this research were developed in the laboratory of Strength of Materials of Private University of North. Masonry specimens prepared for the present study had a similar construction process, the variation in the procedure which is the type of treatment. For each treatment were tested specimens 4 axial compression, in order to determine the average compressive strength of masonry ( $f'm$ ). Three procedures were established: the first was untreated specimens, or wetting of bricks (A); The second procedure (B) raised perform treatment of the specimens using water for a period of 7 days, in addition to the prior wetting of the units; and the latter process (C) was performed using a treatment method Sika Antisol use on the specimens; this product with a brush applied, as specified by the manufacturer. Note that the units were premoistened. The first process is considered as a standard of comparison procedure. For the determination of the resistance, the specimens prepared and subjected to a specific treatment, were tested to axial compression (at 28 days of age), so that could determine how influential the curing process in the resistance value masonry. As a result of tests it was found that the third procedure is protruding in axial strength values compression research therefore defined as the most suitable curing technique which used the curing process Antisol-Sika. It is concluded that the technique of defining more suitable construction technique is C, followed Technical B and finally Technical A.

**KEYWORDS:** Curing, strength and prismatic bean specimens.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La albañilería constituye el material más usado en Latinoamérica en la construcción de edificios de viviendas para la población de bajos ingresos debido a su bajo costo de construcción. Las construcciones de albañilería se caracterizan por ser viviendas unifamiliares de 1 o 2 pisos, o bien edificios de 5 pisos como máximo. A pesar de su extensivo uso, la construcción en albañilería presenta una serie de deficiencias en la construcción de estos edificios. La mayor parte de ellas relacionadas con el proceso constructivo, la variedad de materiales empleados y la mano de obra muchas veces no calificada (Maldonado, 2013).

La albañilería ha carecido de Ingeniería, las edificaciones con muros excesivamente gruesos basados en conocimientos empíricos más que razonables, han conducido a elevar innecesariamente los costos en la construcción; por otro lado la falta de conceptos claros, y el uso de configuraciones incorrectas han llegado a producir construcciones totalmente inseguras y graves desastres estructurales. La Ingeniería, busca un balance entre seguridad y economía, este concepto ha estado ausente en el diseño y la construcción de la albañilería en los últimos años. Para muchos materiales estructurales basta adoptar o adaptar ligeramente la tecnología desarrollada por otros países, aplicando los mismos procedimientos de diseño y de construcción además de las mismas especificaciones de materiales, con la finalidad de construir estructuras seguras y económicas; este es el caso del acero y el concreto por citar un ejemplo, sin embargo en la albañilería esto no ocurre, pues la gran diferencia que existe entre un país y otro en cuanto a los componentes de la albañilería, sobre todo en las unidades de albañilería, pues son elaboradas con técnicas constructivas de una determinada región y acordes a las configuraciones estructurales de cada país, son estas las características que hacen que la albañilería no sea adaptable a cada país (Gallegos & Casabonne, 2005).

En nuestro País, los muros de albañilería son construidos mayormente con unidades fabricadas en la propia región que son elaboradas por medios tradicionales y de forma artesanal. A pesar de este uso masivo, no se tiene hasta

la fecha ninguna información básica sobre las características estructurales de estas unidades de albañilería y el comportamiento estructural de este sistema constructivo, lo que conduce en la mayoría de los casos a un diseño aproximado, o la incertidumbre de las soluciones adoptadas (Aguirre, 2004).

Una de las propiedades estructurales de mayor importancia de la albañilería es la resistencia a compresión. Esta resistencia dependerá directamente de las características de los materiales que conforman la albañilería. Para el caso del mortero de la junta, depende de que el cemento logre el mayor grado de hidratación posible, haciendo necesario evitar que el mortero pierda el agua de mezcla, por eso es tan importante curar los muros de albañilería una vez construidos (Bonilla, 2006).

El proceso de curado de un muro estructural de albañilería, es un concepto conocido pero pocos constructores de nuestro medio saben exactamente en qué consiste y cuál es la manera correcta de desarrollarlo a fin de obtener resultados óptimos. En el Manual de Informaciones Técnicas de SIKA, 2009; considera que el curado es la herramienta más económica y eficaz para garantizar una obra durable y resistente. En nuestro País, actualmente, se ha determinado que aproximadamente las tres cuartas partes de las obras que se vienen desarrollando, utilizan inadecuadas prácticas de curado o simplemente esta actividad no se lleva a cabo, demostrando que muchos constructores de nuestro medio desconocen los beneficios y aportes de un curado adecuado, además de la incidencia de este proceso en las propiedades finales de una estructura. Son tan variados los beneficios que brinda el curado y constituye una práctica tan sencilla de implementar, que el hecho de no efectuarlo en una obra de construcción es un desperdicio de sus bondades.

Por otro lado se debe tener en consideración el método de curado de un muro de albañilería. Existen en la actualidad varios métodos utilizados para mantener cierto nivel de humedad en el mortero, los métodos de mayor uso en nuestro medio son: la aplicación continua y frecuente de agua, que constituye el método más utilizado en nuestro medio, y el uso de materiales sellantes o compuestos curadores líquidos para evitar la evaporación, poco conocido y utilizado en el curado de muros en nuestro País.

Al Curar el mortero estamos garantizando las condiciones óptimas de humedad y temperatura para que este desarrolle su resistencia potencial (compresión). Por esta razón es fundamental el curado del mortero con agua, como comúnmente se realiza en nuestro país, o de alguna otra manera (uso de aditivos, mantas plásticas, etc.); pues una buena parte del agua de la mezcla se evaporará por la incidencia de factores externos que actúan sobre la estructura.

Mejorar las calidad de la construcción en nuestro medio, mediante el desarrollo de un curado adecuado, es de gran importancia actualmente, pues la durabilidad de la estructura, constituye hoy en día, un aspecto de extrema importancia debido a la necesidad de rehabilitar estructuras afectadas por la acción de ambientes agresivos.

Son tantos los beneficios del curado que esta práctica no debería ser opcional en una obra, sino que debe contemplar una especificación adecuada y su cumplimiento debería ser controlado en nuestro medio de manera estricta.

Además debería ser una actividad que reciba retribución económica, como cualquier otra actividad de obra, pues el hecho de ser una actividad que no percibe retribución económica en nuestro medio, es la principal razón para descuidar su ejecución.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye el tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería?

## **1.3. Justificación**

El presente trabajo de investigación, ha permitido determinar un método o técnica adecuada en el curado de la albañilería y su influencia en la resistencia a la compresión axial.

Cabe destacar además que el presente trabajo de investigación, constituye una base para la ejecución de trabajos posteriores, que persigan objetivos similares, al mismo tiempo pretende constituir un reto para los alumnos de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, que tengan a bien complementar y ampliar los conocimientos básicos y resultados obtenidos en la presente investigación.

La capacidad de la Facultad de Ingeniería, de elaborar trabajos de investigación como el presente y similares, a través de sus graduados; permite que sea ella quien defina rumbos en el campo de la ingeniería y no dependa de algún otro trabajo elaborado por una organización distinta.

Este trabajo de investigación, será puesto al servicio de los alumnos y docentes de la Facultad de Ingeniería, para uso académico y como incentivo para la elaboración e investigación de trabajos similares.

#### **1.4. Limitaciones**

De la Investigación:

- No existe un control de calidad en la producción de ladrillos de arcilla en nuestro medio, por lo que se hizo necesario trabajar únicamente con ladrillos de arcilla industriales.
- Los agregados comercializados en nuestro medio, difícilmente presentan características homogéneas y adecuadas para la elaboración del mortero, fue necesario realizar una selección adecuada y acorde a las necesidades establecidas en la normativa.
- El resultado de cada uno de los ensayos desarrollados, estuvo condicionado al estado y calibración de los equipos utilizados.

Estas limitantes, fueron neutralizadas a medida que trascurrió el proceso de investigación y evaluación del estudio.

Del análisis:

- Los resultados no pueden ser generalizados para ensayos similares, debido a las diferencias existentes en las condiciones de fabricación de los especímenes y características de cada uno de los materiales utilizados.
- El análisis de resultados se vio dilatado por el hecho de que los ensayos debieron realizarse nuevamente en un segundo laboratorio.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

Determinar la influencia del tipo de curado en la resistencia a la compresión axial de la albañilería.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo industrial, comercializado en la provincia de Cajamarca
- Clasificar con fines estructurales de albañilería, al ladrillo industrial de arcilla cocida King Kong, acorde a lo estipulado en la normativa E – 070.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Cabezas, J. (2011) considera que los edificios de albañilería por su configuración y estructuración, en condiciones normales de carga, están sometidos principalmente a fuerzas axiales provenientes de la acción de las cargas muertas y de la sobrecarga de uso. La aparición de otras sollicitaciones, fuerza de corte y momento de flexión, se producen por la acción sísmica y resultan determinantes en el diseño de los edificios de albañilería ubicados en zonas de alta sismicidad. El bajo desarrollo de la investigación experimental en el tema y por lo mismo de un diseño racional, han sido uno de los factores que han contribuido a que se produzcan daños severos durante los terremotos ocurridos en los últimos 60 años. En los últimos años se han redactado normas de diseño y cálculo para edificios de albañilería, estableciendo tanto las propiedades que deben tener los materiales como las disposiciones y limitaciones de diseño para determinar la rigidez y resistencia y garantizar la capacidad de deformación de los muros más allá de los niveles de resistencia

Aguirre, D. (2004) Manifiesta que desde el año 1980, existe un esfuerzo marcado por parte de algunos de los centros de Investigación de Universidades Limeñas conjuntamente con el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la vivienda del Perú, de evaluar las características de la albañilería en nuestro país. Esta propuesta ha tenido su primer frente de acción en el análisis de las unidades que abastecen el mercado de Lima, tanto las fabricadas artesanalmente como las fabricadas industrialmente. En su trabajo de investigación, cita el estudio realizado por los ingenieros: Natividad Sánchez, Marcos Zapata y Hugo Granados, quienes realizaron un estudio denominado “Análisis de las Unidades de Albañilería Producidas en Huancayo” (1992), allí concluyeron que las unidades clasificaban como tipo I, según los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, densidad. Los ensayos de resistencia a la compresión de las unidades f’b, cuyos resultados fueron 37.78Kg/cm<sup>2</sup> y 43.04kg/cm<sup>2</sup>, resultaron menores a lo especificado en la normativa. Para unidades del Tipo I, la resistencia mínima debía ser de 60 kg/cm<sup>2</sup>. Por tanto, se determinó que en esta parte del país no se cumplía la normativa vigente de la época. Y en su estudio: “Evaluación de las

Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín” determina que los resultados de resistencia a compresión de las unidades  $f'_{b}$ , generan un valor promedio de 39.41 kg/cm<sup>2</sup>; valor que no se aproxima al mínimo recomendado en la normativa E.070. 2004 (50 kg/cm<sup>2</sup>). Del mismo modo, la resistencia a la compresión en pilas de albañilería, presentan valores promedios de  $f'_{m} = 16.74$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'_{m}=35.56$  kg/cm<sup>2</sup>, mientras la norma específica un:  $f'_{m} = 35$  kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que las unidades de albañilería de la región central Junín, presentan un mejor comportamiento como albañilería y no como unidad.

Angles. (2008) en su trabajo de investigación tiene como objetivo principal comparar el comportamiento sísmico de un muro confinado de ladrillos de arcilla y otro muro confinado construido con ladrillos de concreto vibrado. Se realizaron pruebas tales como: resistencia a compresión, variación dimensional, alabeo, succión y absorción en ladrillos y resistencia a compresión axial y diagonal en prismas de albañilería. De los ensayos realizados se pudo determinar que ambos tipos de ladrillo no cumplieron con las especificaciones proporcionados por el fabricante, pero calificaron como unidades sólidas aptas para ser empleadas en la constitución de muros portantes de acuerdo a la Norma E.070.

Mosqueira, J y Díaz, M. (1984) Con los ensayos a los componentes de un muro de albañilería. Determinaron que al ensayar el ladrillo de arcilla, su compresión y flexión son relativamente bajas, debido al material empleado en la fabricación y el deficiente proceso constructivo del este; determinan además que la absorción, tiene una relación inversa con la resistencia, es decir mientras menor sea la absorción de la unidad, mayor será la resistencia. Para el mortero utilizado se determina: que la resistencia a la compresión disminuye conforme transcurre el tiempo entre el mezclado inicial y su colocación; además determinaron que la resistencia por tandas varía pese a utilizar las mismas proporciones en cuanto a materiales y trabajar con el mismo albañil, esto se debió a que la cantidad de agua es la que varía pues se busca la trabajabilidad y pastosidad a criterio del albañil.

San Bartolomé, A. y Castro. M. (2012) Utilizando ladrillo de arcilla King Kong Industrial, con 18 perforaciones perpendiculares a la cara de asiento y dimensiones nominales de 23x12x9 cm. Realiza la selección de las unidades eliminando



aquellas que presentaban deterioro a fin de evitar la distorsión de resultados. Determinan: que los valores obtenidos de la resistencia a compresión axial y diagonal son elevados, esto se debe a que en este proyecto se utilizó ladrillo tipo V y mortero 1:4. Además, el ladrillo empleado posee una disposición distinta de sus 18 perforaciones pues están dispuestas en forma alternada, lo que provee una línea de falla más difícil de alcanzar. Concluyen que es posible usar cemento Puzolánico, adicionar cal hidratada y normalizada a la mezcla y efectuar un tratamiento por inmersión a la unidad, en cambio, no es aceptable utilizar arena fina en el mortero o tener juntas de 2 cm de espesor.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1 Historia de la albañilería en la construcción**

Hernández. (2008) Indica que desde el principio de los asentamientos humanos en comunidades, el material estructural empleado para las construcciones fue la piedra, material encontrado abundantemente en la naturaleza, y que con un poco de ingenio y destreza podía ser trabajado y utilizado en la construcción de viviendas, adecuando las herramientas convenientes para cada tipo de piedra que se deseaba utilizar. Al encontrar limitaciones a la piedra por trabajabilidad, nace la idea de fabricar una piedra que fuese fácil de moldear, transportar y colocar en obra, es así que mediante un proceso de cocción del barro, nace el ladrillo recocido, que ofrecía una resistencia aceptable y podía fabricarse en grandes cantidades, a su vez era fácil de colocar en obra uniendo las piezas entre sí con la ayuda de un mortero de arena, cal y cemento natural.

Viviescas, A. (2009) Considera la albañilería como un material antiquísimo, pero ello no supone que el conocimiento de su comportamiento ante las diferentes solicitaciones de estructuras construidas con este material, se encuentre plenamente desarrollado. La albañilería, está presente a través de la historia de la humanidad desde tiempos inmemoriales en diversos tipos de construcciones, es así que estas son consideradas como patrimonio histórico de la misma. Su construcción consiste en la superposición de bloques de piedra o unidades de ladrillos, dispuestas las unas sobre las otras, bien sea a junta seca o con algún material ligante como el mortero. Esta técnica ha constituido un procedimiento de

construcción exitoso durante miles de años. Su éxito ha estado basado en la facilidad de su construcción, anteriormente descrita y en la gran disponibilidad de los materiales constituyentes necesarios, así como en la durabilidad de éste tipo de construcciones, cuyas manifestaciones pueden apreciarse hoy en día. Basta citar grandes monumentos tales como, el Coliseo Romano, numerosos puentes en arco, un gran número de ellos construidos durante la expansión del Imperio Romano y presentes en la actualidad en diversos países europeos. Igualmente cabe mencionar al importante número de Catedrales e Iglesias existentes en Europa.

San Bartolomé, A. (1994) En siglo XVIII, se desata en Inglaterra la Revolución Industrial, y conjuntamente la Industrialización en la fábrica de ladrillos. Es en esta época que se inventan máquinas como trituradoras, mezcladoras, y prensas para moldear mecánicamente el ladrillo, se conoce que se empleaban 2Kg de carbón para hornear 1 Kg de arcilla. En cuanto al Perú los ladrillos de arcilla llegan en la época de la colonia Española, instalándose la primera fábrica de ladrillos en Lima en el año 1856.

El estudio de la albañilería, inicia posteriormente en los años 1913 en Estados Unidos y en la India en 1920. En el Perú la investigación inicia recién en la década de los 70 con escasos resultados obtenidos hasta el año 1982, y sirvieron como base para la elaboración del primer reglamento de albañilería (NORMA E-070, ININVI-82), continuando las investigaciones hasta la fecha. Debemos destacar que a diferencia de otros materiales como el acero y el concreto armado, la adaptación de las normas de diseño extranjeras, resultan inaplicables al caso de la albañilería peruana, debido a la enorme diferencia que se presenta en los materiales de construcción, la mano de obra y las técnicas de construcción aplicadas en otros países.

### **2.2.2 Albañilería**

San Bartolomé, A. (1994) Define la albañilería como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobe, tapias,

ladrillos y bloques).este sistema fue creado por el hombre a fin de satisfacer sus necesidades principalmente de vivienda.

Aguirre, D. (2004) manifiesta que la albañilería es el material más utilizado en la construcción de viviendas en el Perú, pues atiende a un sector de la población del país específico (clase media a baja) y mayoritario.Las viviendas de albañilería son económicas y están al alcance de las clases sociales populares, cuya demanda está entre 2 a 5 pisos; se tiene una ventaja económica de hasta 25% respecto a una solución aporticada u otro tipo.

La calidad estructural de la albañilería simple se puede medir en función de la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia al corte y el módulo de corte de la albañilería , que a su vez es dependiente de la calidad de la unidad, del mortero y de la mano de obra empleada.

En el Perú y en Sudamérica, el sistema estructural denominada albañilería de ladrillos de arcilla, es el sistema más reconocido en nuestro medio no solo por el gran inventario de edificaciones existentes sino porque la albañilería es y será en una sociedad en desarrollo el principal material estructural para la satisfacer la creciente demanda urbana .

Este Sistema ampliamente difundido en nuestro medio, es el fundamento de la construcción de más del 43% de las viviendas de nuestro territorio. Pero la inexistencia de un adecuado control de calidad durante la etapa constructiva y una configuración estructural bastante deficiente; representan un peligro latente y una fuente de daños frente a un movimiento sísmico de magnitud considerable, es por ello que al construir una vivienda sin seguir las normas de diseño sísmico, las normas de diseño de albañilería y las recomendaciones estipuladas en el reglamento de construcción podrían ocasionar daño estructural y por ende daños personales a los habitantes.

El rol del profesional actual constituye la elaboración de diseños que presenten características de seguridad y acorde a la economía del medio.

### **2.2.3 Clasificación de los muros de albañilería**

San Bartolomé, A. (1994) clasifica los muros por su Función Estructural en:

- a) Muros portantes
- b) Muros no portantes

#### *Muros Portantes.*

Son los muros que se emplean como elementos estructurales. Están sujetos a todo tipo de fuerza. Los muros estructurales son los encargados de transmitir las cargas verticales y horizontales de la vivienda hasta la cimentación.

#### *Muros Tabique o no portante.*

Son los muros que no reciben carga vertical. Son usados en cercos, parapetos y divisiones de ambientes. Estos muros deben diseñarse ante cargas perpendiculares a su plano originadas por el viento, sismo u otras cargas de empuje.

En nuestro medio, los tabiques son generalmente elaborados de albañilería, debido a las propiedades térmicas, acústicas e incombustibles que esta presenta. Para ello se utiliza un mortero de baja calidad y ladrillo pandereta, que es el que presenta perforaciones paralelas a la cara de asiento y que permite aligerar el peso total de la edificación.

### **2.2.4 Proceso constructivo de un muro de albañilería**

Aguirre, D. (2004) indica que para construir los muros debemos preparar los ladrillos y el mortero antes de iniciar el proceso constructivo. Encima del sobrecimiento se coloca la primera hilada de ladrillos llamada emplantillado sobre una cama de mortero iniciándose el apilado de hiladas de ladrillos para el muro.

#### *Preparación de los ladrillos*

Los ladrillos deben mojarse antes de colocarse en las hiladas, de manera que no absorban el agua de la mezcla del mortero y que se obtenga una buena adherencia entre mortero y ladrillo.

#### *Preparación del mortero*

El mortero se prepara con una mezcla de arena – cemento de proporción 5:1 o 4:1. La arena y el cemento deben ser mezclados secos, fuera del recipiente. Luego esta mezcla es puesta en la carretilla para agregarle agua y formar una mezcla trabajable.

A continuación algunas recomendaciones para la preparación del mortero de junta.

Tabla

Tabla N° 1. **Dosificación del mortero**

RECIPIENTE DOSIFICACIÓN	LATAS - LATAS	BOLSAS - LATAS	BOLSA - CARRETILLA	BOLSA - BIGUIES
<i>Asentado de ladrillo</i>  <i>01:05</i>	1 lata de cemento  5 latas de arena gruesa  agua	1 bolsa de cemento  10 latas de arena gruesa  agua	1 bolsa de cemento  2.5 carretillas de arena gruesa  agua	1 bolsa de cemento  2 bugües de arena gruesa  agua

Fuente: Aguirre, D. (2004)

\* Estas dosificaciones son referenciales para una vivienda de albañilería de hasta dos pisos. Siempre debe buscarse la mejor consistencia de la mezcla. Para ello es indispensable la supervisión de un ingeniero o arquitecto.

### **2.2.5 Materiales utilizados en la construcción de un muro de albañilería**

Aguirre, D. (2004) Define además como Materiales de construcción de albañilería, a los siguientes:

- a) Unidades de Albañilería-ladrillos

El ladrillo es una pieza, en forma de prisma rectangular; a cual sirve para la construcción de diversas edificaciones. Es fabricado generalmente de tierra arcillosa, amasado con agua, moldeado, secado y luego cocido en alta temperatura (800 °C a 1000 °C). Los ladrillos se venden por millares, se almacenan en rumas no mayores de 2.00m de alto.

Existen ladrillos de arcilla y sílico calcáreos. La unidad de albañilería puede ser sólida, hueca o tubular. Para ser considerados sólidos el área sin huecos debe ser mayor al 75% del área bruta geométrica. La resistencia mínima en el esfuerzo en compresión de las unidades debe ser al menos 50 kg f'/cm<sup>2</sup>.

No usar ladrillos crudos (faltos de cocción) o con rajaduras. Ladrillos blanquecinos no deben ser usados.

b) *Mortero:*

Son mezclas plásticas aglomerantes que resultan de combinar arena y agua con material cementante que puede ser arena, cal o la mezcla de los dos materiales. Las propiedades principales de los morteros son:

1. Resistencia a la compresión.
2. Tensión
3. Adherencia con la unidad de albañilería
4. Módulo de elasticidad
5. Trabajabilidad
6. Rapidez de fraguado
7. Impermeabilidad

Debemos destacar que la retención de agua es otra de las características del mortero. Por otro lado las propiedades mecánicas de los morteros son muy variables y dependen principalmente del tipo de cementante utilizado y la relación arena/cemento.

Diversas investigaciones han demostrado que la adherencia entre el mortero y las unidades de albañilería es de naturaleza mecánica. Cuando el mortero se pone en contacto con las unidades de albañilería, esta succiona la lechada

que penetra por los poros capilares del ladrillo, y al cristalizar generan una trabazón mecánica, que es la base de la adhesión mortero-ladrillo.

El mortero es importante para la resistencia en tensión de la albañilería, ya que se encuentra establecida generalmente por la falla de adherencia entre éste y las unidades de albañilería.

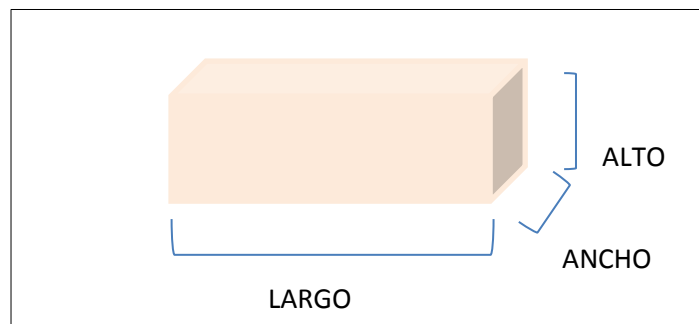
El mortero conformado por arena, aglomerante y agua, deben presentar las siguientes consideraciones:

1. La arena para conformar morteros debe estar limpia, lavada, sin lodos, además no debe contener impurezas orgánicas. Esta será usada en la mezcla con el cemento y el agua. La arena no debe contener tierra orgánica, mica, sales, agentes orgánicos, componentes de hierro, ni tener apariencia oscura. No debe mojarse la arena antes de usarse. Puede probarse si la arena es mala, colocando la arena en un recipiente con agua. Si flota mucho polvo, esto indica que se separará de la mezcla.
2. Los cementos o aglomerantes utilizados deben responder a las características mecánicas exigidas. El cemento portland o cemento artificial, ofrece una resistencia a la compresión muy elevada y posee excelentes cualidades hidráulicas. El cemento es vendido en bolsas de 42.5 kg. Estas deben ser protegidas de la humedad para que no se endurezcan antes de su uso. El lugar de almacenaje para el cemento deberá estar aislado de la humedad del suelo usando mantos de plástico o creando una superficie flotante con cartones y/o tablas de madera.
3. El uso de cal hidratada, tiende a desaparecer debido a la lentitud de su endurecimiento.
4. El agua de amasado de los morteros debe de estar limpia, sin impurezas (agua potable) ni productos nocivos para los aglomerantes. No debe utilizarse agua sucia

## 2.2.6 Ladrillo como material de construcción

Hernández. (2008) Un ladrillo es una pieza cerámica, generalmente ortoédrica, obtenida por moldeo, secado y cocción a altas temperaturas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones suelen ser de 24 x 11.5 x 6 cm. Se emplea en albañilería, para la ejecución de fábricas de ladrillo, ya sean muros, tabiques, tabicones, etc. Se estima que los primeros ladrillos fueron creados alrededor del 6.000 a.c. Es la unidad básica que se usa para la construcción del muro en albañilería confinada. El más común en nuestro medio urbano es el ladrillo fabricado en base a arcilla cocida.

Figura N° 1. Denominación de las dimensiones del ladrillo



El ladrillo es inalterable frente a la humedad y tiene como material cocido, una red muy útil de conductos capilares. La capacidad de retener humedad e inercia térmica son grandes. Tiene como característica absorber la humedad del ambiente, trasladarla mediante su red capilar y disiparla en el ambiente con menos presión. La pared de ladrillo respira hasta secarse. Es por ello que este tipo de pared es apropiada en construcciones destinadas a procesos húmedos, siempre y cuando la respiración del ladrillo no sea impedida. La conductividad térmica del ladrillo es moderada, es importante que la conductividad sea proporcional a la conductividad del vapor de agua. Es decir que en una sección de pared de ladrillo, al descender la temperatura, la presión de vapor de agua también baja, a tal punto que no se produce agua de condensación. Si a una pared no se le impide respirar su lado frío permanece seco.

Frecuentemente se considera que la inercia térmica de una pared de ladrillo es demasiado grande y su resistencia térmica demasiado pequeña. Esto se ha mejorado con los ladrillos con perforaciones



Experiencias a bajas temperaturas y difusión de difusión intensa de vapor de agua demuestran que la pared de ladrillo tiene importantes ventajas sobre la mayor parte de los materiales de construcción; sin embargo, ha sido sustituido por otros materiales sin estas ventajas debido a que, para la realización de una pared se necesita un gran consumo de mano de obra.

En Europa, el ladrillo no ha perdido prestigio en los últimos años, por el contrario, en países como en Francia, su producción ha aumentado extraordinariamente. El futuro del ladrillo depende de que se acepte en la construcción industrializada, tamaños grandes y con buena resistencia a la compresión.

### **2.2.7 Componentes del ladrillo**

El ladrillo de cocido, consta de tres componentes básicos: arcilla, agua y arena para su manufactura, siendo la arcilla el componente principal y el que le da una consistencia trabajable; la arena que es la que evita que la arcilla tenga demasiadas contracciones y expansiones en el proceso de cocción y el agua que actúa como un solvente.

#### ***Arcilla:***

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura.

Químicamente, es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:



Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800° C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por el hombre, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales

son elaborados con arcilla. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0.002 mm. Son suelos de grano fino; las partículas individuales no pueden distinguirse fácilmente a simple vista. Algunos sistemas de clasificación de suelos los distinguen por su tamaño de partículas. En otros sistemas, la plasticidad es la característica determinante, o sea la capacidad de deformarse con rapidez sin cuartearse, desmoronarse o cambiar de volumen y con relativamente poco rebote cuando se elimina la fuerza deformante.

Pierde su plasticidad cuando se seca y su fuerza cuando se moja. Además se contrae y se cuartea cuando seca y se expande cuando se repone la humedad. La arcilla estratificada contiene capas delgadas de limo. Se formó por variaciones periódicas en sedimentación y, en general, su color es alternativamente claro y oscuro.

Las arcillas pueden clasificarse en suaves, medianas y duras, según el contenido de humedad y de la consolidación anterior. Son materiales satisfactorios para cimentaciones bajo las condiciones adecuadas. Debido a su cohesividad, la arcilla puede contraerse sobre declives muy pronunciados de forma temporal. También puede transmitir presiones laterales moderadas alrededor de una pequeña excavación. Además, ya que la arcilla es impermeable, puede usarse para evitar que entre agua en una excavación.

***Arena:***

En la fabricación del tabique no se deben utilizar únicamente arcillas plásticas, pues los ladrillos sufren gran contracción y deformación al pasar por el proceso de cocimiento. A la pasta debe mezclarse arena en proporción no mayor de una quinta parte del total; sólo cuando falte plasticidad a las arcillas se le podrán mezclar arcillas plásticas o en su defecto margas o calizas.

Como regla empírica y genérica, para conocer las propiedades de una arena, basta tomar un puñado de la fila de almacenaje y apretarla con la mano; “si inca en la piel es prueba de que tiene propiedades adherentes, tirela y frótese la mano, si queda relativamente limpia, la arena no tiene exceso de finos perjudiciales.

*Generalidades de los agregados.*

En general, los agregados, tanto gruesos como finos deben reunir las siguientes condiciones.

- Limpieza. Deben estar limpios con el objeto de que exista mayor adherencia (como ejemplo, el barro la limitaría); si los agregados no son limpios habrá que lavarlos.
- Elementos orgánicos. Deben estar limpios de estos elementos, pues su presencia alteraría las relaciones químicas del cemento y afectaría su resistencia.
- Resistencia. La fatiga a compresión de la roca de la cual provienen, debe ser mayor o igual que la fatiga del concreto proyectado y poco porosa para que absorban menos agua.
- Sanidad. Los agregados deben ser sanos (no debe haber impurezas en ellos) para que, al sufrir cambios de temperatura, su volumen no aumente excesivamente.

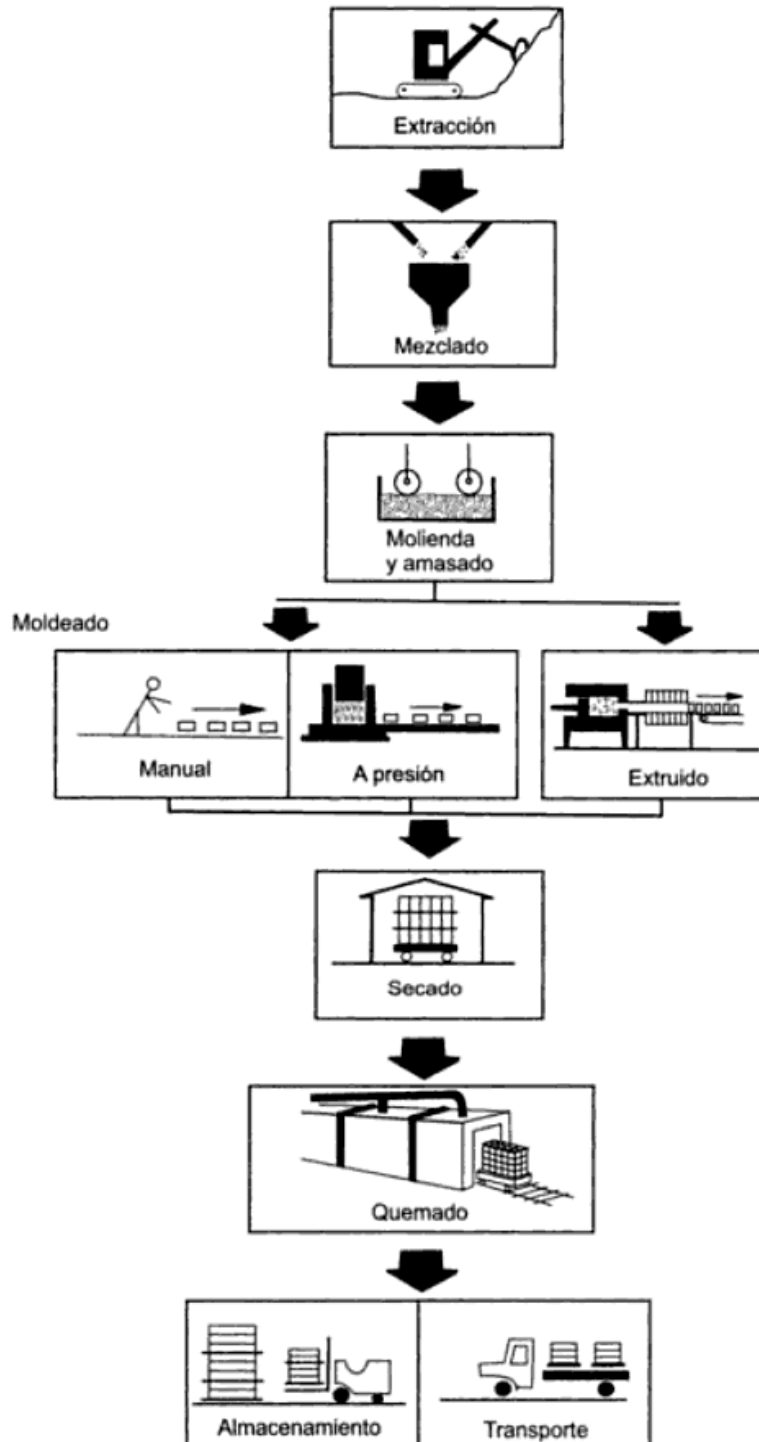
***El agua:***

El agua que se emplee tanto en la fabricación de morteros como en tabiques y en las mezclas en la construcción debe ser limpia, que no contenga elementos que puedan ser perjudiciales. Asimismo deben de eliminarse las aguas duras y materias orgánicas, sales y sobre todo los sulfatos, grasas y cloruros. En general puede utilizarse agua potable o aquella que cumpla con la Normativa ASTM C-59.

**2.2.8 Proceso de fabricación**

En la figura N° 2 se presenta un esquema del proceso de fabricación de las unidades de arcilla.

Figura N° 2. Procedo de Fabricación del Ladrillo de Arcilla




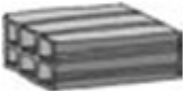

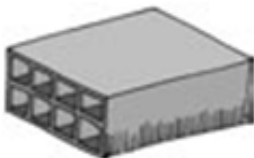

Fuente: Gallegos & Casabonne (2005)

### 2.2.8 Tipos de ladrillo

Aguirre, D. (2004) indica que según su forma, los ladrillos se clasifican en:

Figura N° 3. Tipos de Ladrillo

#### TIPOS DE LADRILLO DE ARCILLA Y SU USO EN LA CONSTRUCCIÓN:

	<b>King Kong</b> 9 x 12.5 x 23 cm Muros Portantes
	<b>Pandereta</b> 9 x 12.5 x 23 cm Muros Tabiques
	<b>Caravista</b> 6.5 x 12.5 x 23 cm Muros de Cerco
	<b>Hueco</b> 8 x 30 x 30 cm 12 x 30 x 30 cm 15 x 30 x 30 cm 20 x 30 x 30 cm Lozas aligeradas
	<b>Pastelero</b> 25 x 25 x 3 cm Cobertura de techos

Fuente: Aguirre, D. (2004)

La diferencia del comportamiento de las muestras sometidas a compresión axial, radica en la fragilidad de la falla. Las unidades sólidas son las únicas que muestran un comportamiento razonablemente dúctil, sin fallas explosivas, mientras que las unidades huecas y perforadas, presentan fallas explosivas frágiles, ya sean ensayadas como unidad o como componente de un muro. Condicionando de esta manera la admisión o aceptación de las unidades huecas y perforadas, además de no aceptarse unidades tubulares en la construcción de muros portantes sobre todo en zona sísmica. Pero si las unidades huecas se llenan con concreto su comportamiento se modifica y pasan a ser aceptadas para la construcción de muros portantes (Gallegos, H. y Casabonne, C. (2005)).

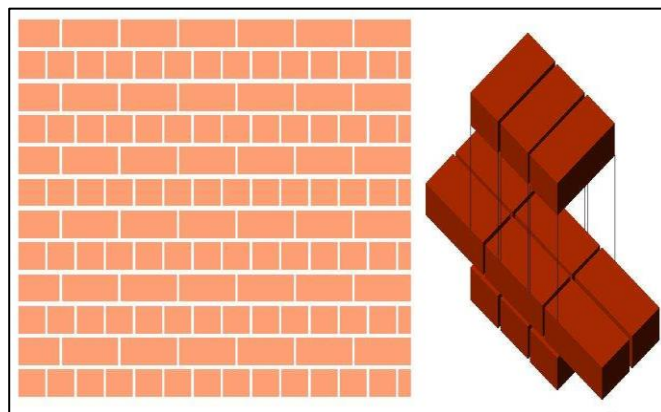
### 2.2.9 Uso del ladrillo

Hernández. (2008) indica que los ladrillos se utilizan principalmente para la construcción de muros. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos.

#### *Aparejo de ladrillos*

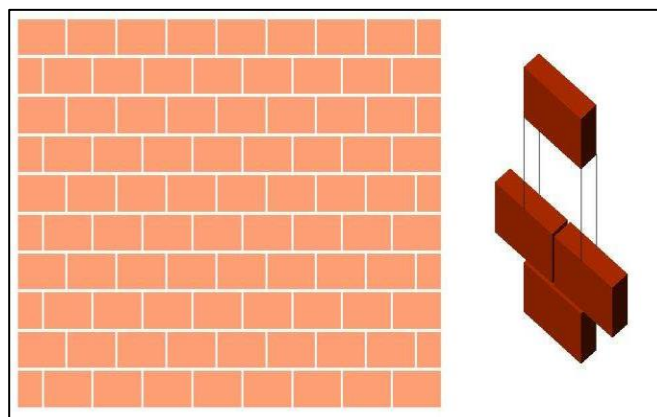
El aparejo es la disposición de los ladrillos en un muro. La gran variedad de aparejos, depende del material utilizado, el grosor del muro, y sus calidades ornamentales. Todo aparejo mantiene la finalidad de evitar juntas verticales continuas, que provocarían el reparto de cargas y en consecuencia la aparición de fisuras verticales muy peligrosas.

Figura N° 4. **Aparejo Inglés**



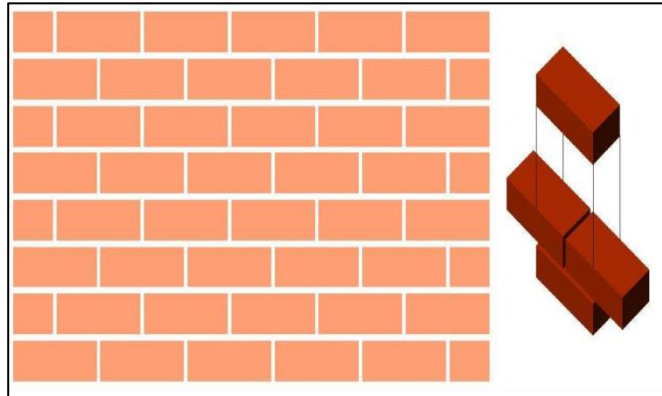
Fuente: Hernández. (2008)

Figura N° 5. **Aparejo de lado**



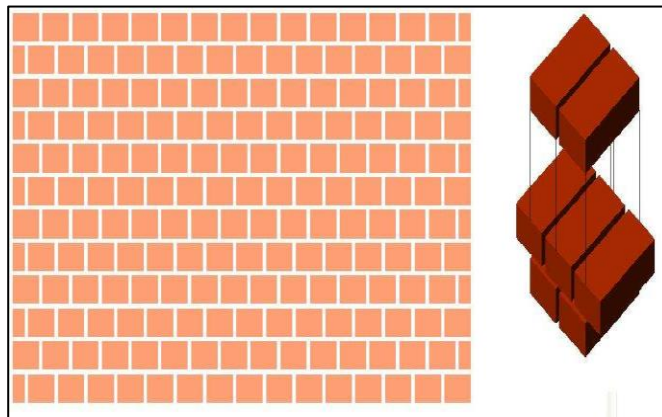
Fuente: Hernández. (2008)

Figura N° 6. **Aparejo de Soga**



*Fuente: Hernández. (2008)*

Figura N° 7. **Aparejo de Cabeza**



*Fuente: Hernández. (2008)*

### **2.2.10 Selección del ladrillo:**

Aguirre, D. (2004) manifiesta: las consideraciones para seleccionar las unidades de albañilería, son:

- Los ladrillos no deben contener materias extrañas (piedras, pajas, etc.) en su superficie o interior.
- No debe tener resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas o defectos similares.
- Debe ser de un color uniforme, como indicador de buen cocimiento y control en la fabricación.

- No debe presentar afloraciones de sales (sulfatos).
  
- Debe preferirse el ladrillo hecho a máquina, aunque es más caro, ofrece la garantía de un producto bien elaborado.

Según la NTE E.070, 2006. En el artículo 5 define unidad de albañilería de la siguiente manera:

- a) 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.
  
- b) Las unidades de albañilería a las que hace referencia la presente norma, son ladrillos y bloques en cuya elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima.
  
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

La Norma, clasifica además las unidades de albañilería para fines de diseño estructural:



Tabla N° 2. **Clasificación de la Unidad de Albañilería**

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'$ mínimo en MPa <sup>b</sup> (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)

Fuente: NT E-070 - Albañilería

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

### 2.2.11 Limitaciones en su aplicación:

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 3. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE.030 Diseño Sismo resistente.

Tabla N° 3. **Uso de la Unidad de Albañilería**

LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Fuente: NTP E-070 - Albañilería

\*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

### 2.2.12 Ensayos de la unidad de albañilería

- a) **Muestreo.-** El muestreo debe ser efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se debe seleccionarse al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. De las cuales cinco unidades de albañilería serán ensayadas a compresión y las otras cinco a absorción. NTP E 070.
- b) **Resistencia a la compresión.-** Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectúan los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

La resistencia a la compresión es la principal propiedad de la unidad de albañilería. Valores altos en la resistencia a la compresión señalan buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición. Valores bajos, son señal de unidades que producirán albañilería poco resistente y poco durable. Pero debe destacarse que esta es una propiedad difícil de determinar de manera adecuada, debido a la gran variedad de formas y dimensiones de las unidades, especialmente la altura, que impide relacionar los resultados de compresión con la verdadera masa que compone la unidad. Estos son efectos de la forma y esbeltez variadas de cada unidad de albañilería además de las restricciones ocasionadas por los cabezales de la máquina de compresión, que modifica el estado de esfuerzos en la unidad. Cuanto menor sea la altura para la misma masa y forma mayor será la resistencia. De esta manera podemos decir que la resistencia a la compresión, tal como se mide actualmente en el ensayo de compresión estándar, es función no solo de la resistencia intrínseca de la masa, sino de la altura del testigo y de su forma. Consecuentemente, los valores obtenidos son solo indicativos generales del comportamiento estructural de diferentes unidades cuando integran la albañilería asentadas con mortero o llenas con concreto líquido. Asimismo, su durabilidad debe ser analizada conjuntamente con los ensayos de absorción máxima y coeficiente de saturación. De diferentes estudios realizados, se ha determinado además que existe una relación directa, con escasa dispersión, entre densidad y resistencia a la compresión. A mayor densidad mayor será la resistencia de la unidad (Gallegos y Casabonne, 2005).

- c) **Variación dimensional.**- Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La gran importancia de la prueba de variabilidad dimensional, radica en la

relación que mantiene con el espesor de las juntas, y por consiguiente con la altura de las hiladas. Esto indica que a mayor variabilidad dimensional de las unidades, mayor la variación en el espesor de las juntas ocasionando que la albañilería sea menos resistente a corte y a compresión. Incidiendo de esta manera en el espesor de la junta de un muro de albañilería disminuyendo así la adherencia mortero – ladrillo al producirse la formación de vacíos en las zonas más alabeadas, esto implica además una disminución de la resistencia (Gallegos y Casabonne , 2005).

Este ensayo tiene la finalidad de determinar la Variación porcentual de las muestras; y realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

- d) Alabeo.-** Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se sigue el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613.

El alabeo define la altura de las hiladas, pues se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo necesario para adhesión (de 9 a 12mm), produciendo una albañilería con baja resistencia a compresión (Gallegos y Casabonne, 2005).

- e) Succión.-** Los ensayos de succión se realizan de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

Cuando el proceso de succión en una unidad de albañilería, es excesiva, no se logran adherencias adecuadas entre el mortero y el ladrillo usando métodos ordinarios de construcción.

La succión es la medida de aidez de agua de la unidad e albañilería en la cara de asiento y es una característica importante que define la relación mortero – ladrillo en la interfase de contacto y por ende la resistencia a tracción de la albañilería.

Está demostrado que unidades que presentan succión excesiva al momento del asentado, no logran uniones adecuadas con el mortero. Pues si la succión es alta el mortero se deforma y endurece impidiendo el contacto completo con la cara de la siguiente unidad; esto se debe a la rápida pérdida de agua, pues ésta es absorbida por la unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

Se considera que para unidades con una succión de más de 40 g/minuto, en un área de 200cm<sup>2</sup> es indispensable que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas de tal manera se modifique la succión de asentado (Gallegos y Casabonne, 2005).

- f) **Absorción.**- Los ensayos de absorción se realizan de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

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

- i. Para concreto y sílico-calcáreo: pasar una brocha húmeda sobre las caras de asentado o rociarlas.
- ii. Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

### **2.2.13 Aceptación de la unidad de albañilería (NTE E.070, 2006)**

- a) 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.

- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%.
- c) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- d) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico.
- e) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- f) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

#### **2.2.14 El mortero en la albañilería**

El mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

La construcción tradicional de albañilería utiliza unidades asentadas con mortero. El mortero cumple la función de asumir las inevitables irregularidades de las unidades y sobre todo la de unir las o adherirlas con estabilidad durante el proceso constructivo proveyendo rigidez en la hilada que permite el asentado de la siguiente y formar un conjunto durable, impermeable y con cierta resistencia a la tracción. Podemos decir que el mortero es un adhesivo y su adhesión fuerte, total y durable con la unidad de albañilería es su principal objetivo, y todas sus propiedades incluida la resistencia a la compresión son incidentales. Se debe

diferenciar entre las propiedades del mortero de acuerdo al estado plástico y su estado endurecido. En el estado plástico, la propiedad esencial del mortero es su temple, es decir la cualidad de ser manipulado con el badilejo, de ser esparcido fácilmente sobre la superficie de las unidades, de adherirse a superficies verticales de las unidades y de lograr contacto íntimo y completo con las irregularidades de los ladrillos. Cohesión, plasticidad, fluidez, retentividad, en conjunto definen el temple del mortero, en la práctica se cuantifica la fluidez del mortero y su retentividad. En la construcción la retentividad se evidencia por la capacidad del mortero de permanecer trabajable después del contacto con la primera unidad, lo que permite el asentado cómodo de la unidad superior y así la adhesión homogénea (Gallegos y Casabonne, 2005).

El mortero a emplearse debe ser trabajable haciendo uso de la máxima cantidad de agua posible (se recomienda un Slum de 6 pulgadas medido en el cono de Abrams, evitando la segregación y de tal manera que no se aplaste con el peso de las hiladas superiores.

Para edificaciones de más de 3 pisos se recomienda usar un mortero en proporción volumétrica (cemento portland Tipo I: arena gruesa) 1:3 o 1:4, mientras que para edificaciones de 1 a 2 pisos es suficiente en emplear la mezcla 1:5, el uso de arena fina en el mortero no es adecuado, por elevar la contracción de secado y porque debido al tamaño uniforme de sus granos, forman espacios vacíos difíciles de llenar con el cementante.

El volumen de mortero (M) en m<sup>3</sup> por m<sup>2</sup> de muro, puede calcularse como:

$$M = t - C \times \text{Volumen de un ladrillo}$$

..... Ecuación N° 2

Dónde:

t = espesor del muro (m)

C = cantidad de ladrillos por m<sup>2</sup> de muro.

Al resultado debe agregársele 20% por compactación de vacíos y 5% por desperdicios (un total de 25%); si la unidad es perforada adicionar 50%. Luego

ese volumen se reparte en partes de cemento y arena de acuerdo a las proporciones de la mezcla (San Bartolomé, 1994).

**Componentes:**

- a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:
- Cemento Portland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. NTP 334.009.
- b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 6.

Tabla N° 4: **Granulometría 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-070 - Albañilería*

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- El módulo de fineza estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar.



- c) El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

#### 2.2.14 Clasificación del mortero para fines estructurales:

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes (Tabla 5).

##### **Proporciones:**

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la tabla 5.

Tabla N° 5. **Tipos de mortero**

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

*Fuente: Norma E-070 - Albañilería*

- a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos.
- b) De no contar con cal hidratada normalizada, se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 5.

### **2.2.15 Importancia del mortero en la albañilería:**

Aguirre, D. (2004) indica que los morteros cumplen un rol indispensable en la construcción tradicional, pues su función es unir o adherir unidades de albañilería, a fin de brindar rigidez en la hilada para permitir el asentado de la siguiente hilada y formar un conjunto durable, impermeable y que presente cierta resistencia a la tracción.

#### **Tecnología del mortero**

El mortero se elabora de manera similar al concreto (cemento, agregado y agua), por esta razón se tiende a confundir la tecnología de ambos, sin embargo debe considerarse que el objetivo del concreto es el material estructural en sí, orientando su tecnología a la determinación y optimización de la magnitud de resistencia (resistencia a la compresión). Por el contrario, el mortero como se ha mencionado anteriormente es un adhesivo, y su objetivo más relevante es crear una adhesión fuerte y durable con la unidad de albañilería.

Como el mortero debe colocarse con ayuda del badilejo en las superficies de las unidades de albañilería (y estas son absorbentes), el mortero empieza a perder agua inmediatamente después de entrar en contacto con la unidad, es por ello que la cantidad de agua que contenga será la adecuada a la trabajabilidad necesaria. Debemos tener en cuenta que el mortero no puede ni debe ser curado por medio húmedo, pues se humedecería la albañilería causando deformaciones de expansión y contracción, afectando la adhesión ladrillo – mortero, además de la integridad e impermeabilidad de la albañilería. Esta razón define claramente que el concreto y el mortero tienen tecnología distinta.

Mediante estudios de investigación se ha demostrado que la adhesión mortero-ladrillo, es de naturaleza mecánica. Las fuerzas de atracción química entre un material inerte y una matriz de cemento hidratado, califican como despreciables, en donde se consideran las fuerzas de atracción física provenientes de las fuerzas intermoleculares de Van del Waals, las que producen la adhesión.

Lógicamente la adhesión de dos materiales sería reducida si dependiera únicamente de la atracción física, por ejemplo el caso de materiales de superficies no porosas, si los materiales inertes presentan superficies rugosas y son capilarmente porosos, además de atraerse físicamente, presentan una unión mecánica. La adhesión entre la pasta de cemento y unidades de superficies porosa y áspera supera  $10 \text{ Kg/cm}^2$  y presenta una adhesión de naturaleza mecánica.

La unión mecánica entre mortero-ladrillo, se da de la siguiente manera:

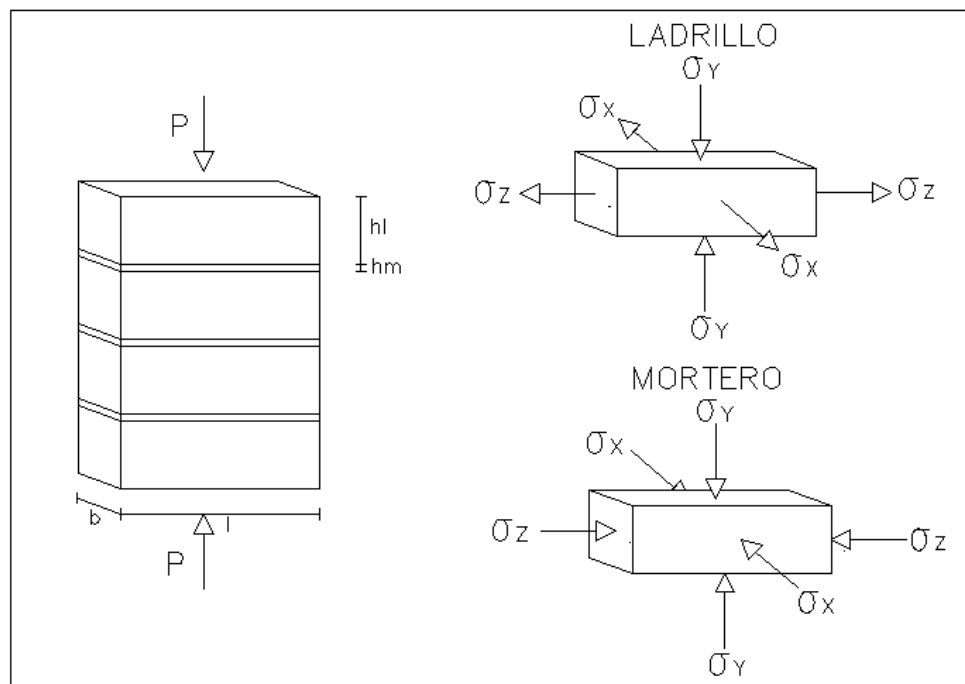
1. Al entrar en contacto el mortero con la unidad de albañilería, esta absorbe agua del mortero. Pudiendo durar este proceso, unos minutos o algunas horas dependiendo de la estructura de poros de la unidad.
2. El agua transporta materiales cementicios.
3. Los materiales cementicios, mediante el proceso de absorción, son introducidos en los poros capilares de la unidad.
4. Al hidratar y cristalizar los materiales cementicios en los poros de la unidad, se crea el engrape mecánico entre la unidad y el mortero.  
Al realizar el análisis de la Interfase de contacto entre el mortero y la unidad de albañilería, determinan que la Etringita – sulfoamilunato tricálcico hidratado, que constituye uno de los productos de hidratación del cemento; y es la responsable de formar en los poros de la unidad, cristales hexagonales en forma de aguja y de diámetro  $0.05 \mu\text{m}$ .

#### **2.2.16 Resistencia a la compresión en prismas de albañilería:**

Para pronosticar el comportamiento que tendrán los muros de albañilería se construyen prismas de albañilería. El objetivo de los prismas es que representen a los muros reales de la mejor manera posible, por lo que deben estar expuestos a las mismas condiciones y tener las mismas variables que determinan sus características (humedad, tipo de ladrillos, dosificación del mortero, espesor de las juntas, asentado, mano de obra, etc.), considerando que los prismas deben ser fáciles de manipular, por lo que sus dimensiones son mínimas.

Los especímenes al ser sometidos al ensayo de compresión axial, manifiestan un comportamiento específico que genera una falla en el prisma, y esta dependerá de la adherencia ladrillo - mortero o de la interacción entre ambos. El ladrillo y el mortero son materiales distintos, razón por la cual al ser sometidos a fuerzas de compresión presentan deformaciones laterales diferentes.

**Figura N° 8. Deformación lateral de especímenes sometidos a ensayos de compresión**



*Fuente: Gallegos & Casabonne (2005)*

Generalmente en una pila de albañilería sometida a esfuerzos de compresión axial, son los ladrillos, quienes sufren una menor deformación en comparación al mortero que los mantiene unidos.

Debería existir cierta compatibilidad de desplazamientos, sin embargo el ladrillo debe restringir las deformaciones laterales del mortero, produciendo en él, esfuerzos de compresión en dirección transversal y el mortero produce en el ladrillo esfuerzos de tensión en dirección transversal. Son estos esfuerzos de tracción los que producen la fractura vertical del ladrillo.

La Norma Técnica E.070, 2006. En el artículo 13 detalla:

En cuanto a la resistencia de prismas de albañilería, se debe tener en cuenta que la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y a corte ( $v'm$ ), serán determinadas de manera empírica, y teniendo como base tablas o registros históricos de resistencia de las unidades, o mediante el ensayo de prismas; ello dependerá de la envergadura de la edificación y de la zona sísmica donde se realiza la construcción.

A continuación se muestra una tabla que hace referencia a esta especificación:

Tabla N° 6. Metodología para determinación de  $f'm$  y  $v'm$

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MAS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f'$ ) m	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'$ ) m	A	A	A	B	A	A	B	B	A

Fuente: NT E.070 - Albañilería

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

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

1. Para la construcción de conjuntos de edificios, la resistencia que presente la Albañilería  $f'm$  y  $v'm$ , será probada mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Aquellos ensayos previstos en la obra, serán realizados en cinco o más especímenes. Para la evaluación durante la construcción, se determinará la resistencia mediante ensayos que deberán tener las siguientes consideraciones:

- a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas

sísmicas 3 y 2, f´m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500m<sup>2</sup> de área techada y v´m con tres muretes por cada 1000 m<sup>2</sup> de área techada.

b) Cuando se construyan conjuntos de tres o más pisos en las zonas sísmicas 3 y 2, f´m será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada y v´m, con tres muretes por cada 500 m<sup>2</sup> de área techada.

2. Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería; además de la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.
3. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares que irán llenas con concreto líquido, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes, deberán llenarse con concreto líquido. Cuando se trate de albañilería con unidades alveolares sin relleno, los alvéolos de las unidades de los prismas y muretes quedarán vacíos.
4. Los prismas tendrán un refrentado de cemento-yeso con un espesor que permita corregir la irregularidad superficial de la albañilería.
5. Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10° C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero nunca serán ensayados a una edad menor a 14 días; para este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla a continuación:

Tabla N° 7. Factor de Corrección por Edad

INCREMENTO DE $f'm$ y $v'm$ POR EDAD			
Edad		14 días	21 días
<b>Muretes</b>	Ladrillos de arcilla	1,15	1,05
	Bloques de concreto	1,25	1,05
<b>Pilas</b>	Ladrillos de arcilla y		
	Bloques de concreto	1,10	1,00

Fuente: NT E.070 - Albañilería

Tabla N° 8. Resistencia Característica de La Albañilería Mpa (kg / cm<sup>2</sup>)

MATERIA PRIMA	DENOMINACIÓN	UNIDAD f 'b	PILAS f 'm	MURETES v 'm
<b>Arcilla</b>	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
<b>Sílice-cal</b>	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
<b>Concreto</b>		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
	Bloque Tipo P (*)	6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)

Fuente: NT E.070 - Albañilería

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

Tabla N° 9. **Factores de Corrección por Esbeltez**

Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Fuente: NE E.070 - Albañilería

### 2.2.16 Curado de un muro de albañilería

El curado, es el proceso por mediante el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico, madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente agua y calor. (ACI 308 R, 2008).

El aumento de la resistencia del concreto se da con la edad, y bajo ciertas condiciones como: el concreto debe permanecer húmedo, la temperatura del concreto permanezca favorable y se cuente con suficiente espacio para la hidratación; para que estas condiciones se cumplan la Norma ASTM C-31 da referencia de tipos de curado.

Cuando la humedad relativa dentro del concreto baja o la temperatura del concreto baja con valores menores a cero, la hidratación y la ganancia de resistencia se interrumpe.

- Curado húmedo: si se vuelve a saturar el concreto después del período de secado, la hidratación empieza nuevamente y la resistencia vuelve a aumentar, aun así es mejor que el curado húmedo sea aplicado continuamente desde el momento de la colocación hasta que el concreto



haya alcanzado la calidad deseada, una vez que el concreto haya secado es muy difícil volver a saturarlo.

- Curado al aire libre: la exposición al aire libre normalmente proporciona humedad a través de la lluvia u otras fuentes medioambientales y desarrolla la resistencia a lo largo del tiempo de exposición al aire libre. El concreto continúa el desarrollo de resistencia por muchos años siempre que haya factores como los antes mencionados.

Considera que el cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse (en promedio 25% de la masa del cemento), pero para garantizar la disponibilidad de agua de hidratación para el cemento, es conveniente contar con una cantidad mayor, pues la hidratación es posible solamente en espacios saturados. Sin embargo debe tenerse en cuenta que la prematura desecación del mortero puede reducir el agua en la mezcla, llegando a un nivel incompleto de hidratación.

En la medida que haya suficiente cantidad de agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos sus espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

Al curar el concreto se garantizan las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para su desarrollo potencial. Se debe tener en cuenta que las bajas temperaturas los procesos de hidratación, endurecimiento y ganancia de resistencia, se ven retardados y en climas cálidos estos procesos se aceleran.

Existen básicamente dos sistemas de curado que permitan mantener cierto nivel de humedad en el mortero: la aplicación continua o frecuente de agua, y el uso de materiales sellantes o de compuestos curadores líquidos para evitar la evaporación.

- El curado con agua presenta muy buenos resultados pero presenta el

inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional producen un curado deficiente. El agua de curado debe estar libre de contaminantes y materiales deletéreos. En general puede utilizarse agua potable o aquella que cumpla con la Normativa ASTM C-59, se recomienda que la temperatura del agua no sea inferior a 11°C a la temperatura de la estructura.

- En el caso de los compuestos curadores líquidos, forman membranas que deben cumplir con las especificaciones de la norma ASTM C 309-98. Entre las materias primas utilizadas en la fabricación de compuestos curadores se encuentran: ceras, resinas, caucho clorado, y disolventes altamente volátiles, estos se encargarán de formar un sello poco tiempo después de ser aplicados además, no deben reaccionar con la pasta de cemento. Normalmente a estos compuestos curadores, se les adiciona un pigmento (blanco, rojo, o gris) con la finalidad de provocar la reflexión de los rayos solares, además de facilitar la aplicación pues hace visible las áreas que han recibido el tratamiento de curado. Se recomienda aplicarlo en dos capas

Los compuestos que forman membranas tienen ventajas grandes frente a otros sistemas:

- No requieren que se les mantenga humedecidos para asegurar que no absorban agua de la mezcla.
- Fácil manejo, en comparación con películas plásticas, arena, telas, etc.
- Pueden ser aplicados antes de que inicie la aplicación del curado húmedo y se complementan.

### **Agua de curado**

El agua utilizada, en el proceso de curado de albañilería en obra, debe ser de naturaleza inocua. No contendrá ningún agente en cantidades que alteren las propiedades del mortero, tales como sulfatos, cloruros, etc. De lo contrario pueden derivarse, por ejemplo, eflorescencias si el contenido en sales solubles es elevado.

En general, se pueden emplear todas aquellas aguas cuya experiencia práctica se haya contrastado favorablemente. En otros casos es necesario proceder a su análisis. En general puede utilizarse agua potable o aquella que cumpla con la Normativa ASTM C-59

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Absorción:** medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería (San Bartolomé, 1994).
- **Absorción máxima:** medida de la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada (San Bartolomé, 1994).
- **Adhesión:** resistencia en tracción de la interface mortero - unidad de albañilería (San Bartolomé, 1994).
- **Aditivo:** se define aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o del cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este, antes o durante el mezclado, a fin de modificar una o algunas de sus propiedades (Rivva, 1990).
- **Alabeo:** es la deformación curvilínea de la superficie del ladrillo o pieza refractaria, que se produce durante su fabricación. (NTE INEN 571, 1981)
- **Albañilería Estructural:** Son las construcciones de albañilería que han sido diseñadas racionalmente, de tal manera que las cargas actuantes durante su vida útil se transmitan adecuadamente a través de los elementos de albañilería (convenientemente reforzados) hasta el suelo de cimentación. (San Bartolomé, 1994).
- **Albañilería o Mampostería:** se define como un conjunto de unidades trabadas o adheridas entre sí con algún material como el mortero de barro o de cemento. Las unidades pueden ser naturales (piedras) o artificiales (adobes, tapias, ladrillos y bloques) (San Bartolomé, 1994).
- **Construcción de Albañilería:** es todo aquel sistema donde se ha empleado básicamente unidades de albañilería (muros, vigas, pilastras, etc.). Estos

elementos a su vez están compuestos por unidades de arcilla, sílice-cal, o de concreto adheridas con mortero de cemento o concreto fluido (grout). (San Bartolomé, 1994).

- **Hilada:** una franja horizontal de mortero y unidad de albañilería (San Bartolomé, 1994).
- **Mortero:** es la mezcla de un aglomerante y agregado fino, realizada por vía húmeda. Cuando el mortero se prepara con más de un aglomerante se denomina mortero bastardo (Regal, 1961).

Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería (Norma E-070).

- **Resistencia:** La resistencia del concreto está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado a que el concreto está destinado a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad (Rivva, 1990).
- **Trabajabilidad:** propiedad reológica de los morteros que define la facilidad de su manejo con el badilejo (San Bartolomé, 1994).
- **Unidad de Albañilería:** Ladrillos y bloques (San Bartolomé, 1994).
- **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza):** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano (Norma E-070).
- **Pila de albañilería:** Las pilas de albañilería son prismas compuestos por dos o más hiladas de unidades enteras (ladrillos o bloques) asentadas una sobre la otra mediante mortero, con una altura total que no debe ser excesiva a fin de facilitar su construcción, almacenaje y transporte desde la obra hacia un laboratorio. Estas pilas, con una edad nominal de 28 días, se ensayan a compresión axial y los resultados se utilizan para diseñar estructuralmente los muros de un edificio, así como para controlar la calidad de la construcción de la albañilería. (Quiun,2005)

## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

“El tipo de curado influye en la resistencia a la compresión axial de la albañilería”.

#### Variable independiente

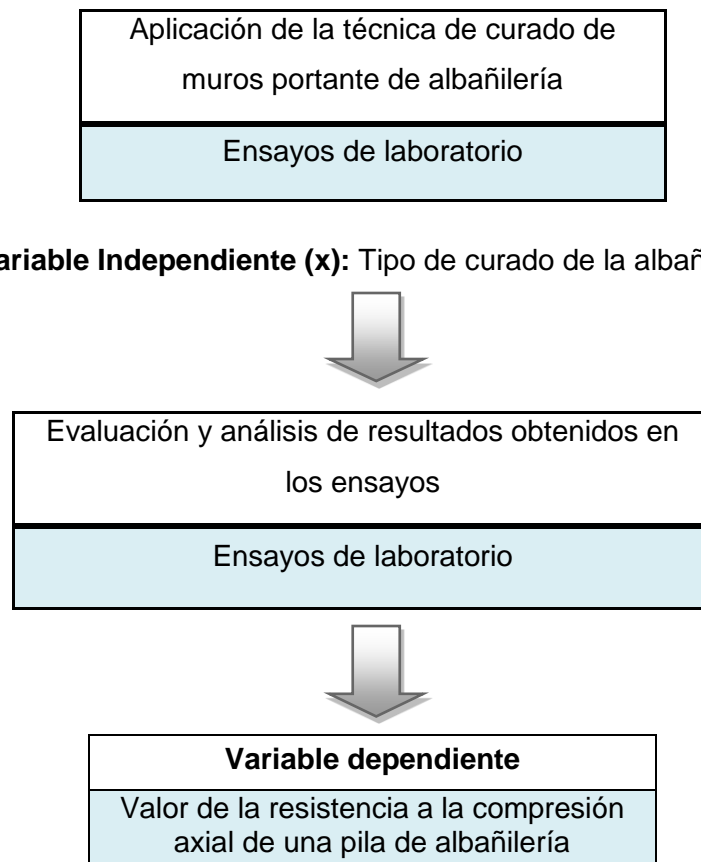
- Tipo de curado de la albañilería.

#### Variables dependientes

- Valor de la resistencia a la compresión axial en una pila de albañilería.

### 3.2. Operacionalización de variables

Diagrama N° 1. **Operacionalidad de las variables**



El diseño para este estudio de investigación es Transeccional o descriptiva.

Tabla N° 10. **Operacionalidad de las variables**

Variable Independiente	Definición Conceptual	Indicadores	Índice
Tipo de Curado de la albañilería.	Proceso que consiste en mantener húmedo al mortero varios días después de su colocación (7 días mínimos) con el fin de permitir la adecuada reacción química entre el cemento y el agua (AFAM, 2011).	Tipo de curado del murete o pila analizada.	N° de días de curado.

Tabla N° 11. **Operacionalidad de las variables**

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Indicadores	Índice
Valor de la resistencia a la compresión axial de una pila de albañilería.	La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por un material sin romperse.	Kg/cm <sup>2</sup>	Variación del valor de la resistencia a la compresión axial en las pilas de albañilería ensayadas.

## CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL

Teniendo como base los beneficios obtenidos del Curado adecuado de un muro estructural, destacamos en el presente estudio la gran importancia de la aplicación de un curado oportuno, adecuado y estricto en el desarrollo de todo proceso constructivo.

Se ha determinado la gran utilidad del curado de muros estructurales utilizando curador líquido: Antisol (Curador Blanco), que viene a ser una emulsión que al ser vertida en la estructura forman una película que impide la pérdida prematura de humedad y garantiza el correcto curado de una estructura, ofreciendo como ventaja el correcto desarrollo de resistencias, y controlando la aparición de grietas y fisuras en el mortero.

De acuerdo a los resultados de resistencia a la compresión axial de pilas de albañilería elaboradas con Ladrillos Industriales, y sometidos al proceso de curado con Antisol/Sika, obtuvieron los mejores resultados de resistencia a la compresión axial: 49.43 Kg/cm<sup>2</sup> y obtiene además un Coeficiente de Variación de 7.82%, mientras que en el procedimiento que no recibe curado y el procedimiento que implica un curado con agua, mantienen un coeficiente de variación de 9.22% y 8.47% respectivamente, estos valores definen la importancia de un curado con una técnica adecuada para lograr obtener una resistencia óptima.

Debemos tener en consideración que para el cemento Portland tipo I, la cantidad de agua necesaria para una hidratación completa, es de aproximadamente un 32% del peso del cemento utilizado. Sin embargo, preparar un hormigón o un mortero con ese volumen de agua, provoca que la mezcla sea muy seca y poco trabajable, más aún porque el mortero posee arena, que aumentan la necesidad de agua para humectarla y satisfacer sus necesidades de absorción. Por esta razón, la relación agua/cemento de las mezclas supera el factor 0,32 requerido para la reacción de hidratación del cemento. Se conoce además que el exceso de agua afecta negativamente las propiedades del mortero, disminuyendo su resistencia a la compresión.

Un aspecto importante de este proceso es el momento oportuno de curado. El curado debe comenzar tan pronto como el procedimiento de curado elegido no ocasione daño alguno al mortero.

En el caso de muros, el personal de la obra, generalmente moja con un chorro de agua el mortero de pega colocado, pero un fin de semana este proceso se discontinúa. La nebulización o rocío de la superficie con agua es recomendable, pero una vez más, se debe considerar que esta solución debe ser persistente y continua, de lo contrario, el riesgo de daño a la estructura es alto.

Comenzar el curado lo antes posible o inmediatamente después de construido el muro, puede lograrse con el uso de líquidos formadores de película o membranas de curado. El uso de agentes formadores de película, protegen la superficie del mortero y evitan la evaporación no controlada de agua, considerándose así un excelente medio de protección, como se ha demostrado en el presente trabajo de investigación.

La recomendación general es aplicar protección de curado efectiva sobre el mortero hasta el tiempo estimado en que el material cementicio alcance un 70 o 75 % de la resistencia a la compresión especificada. Ello implica mantener el procedimiento de curado como mínimo durante 7 días. La ventaja de una membrana de curado bien aplicada, es que esta se coloca una sola vez y se deja actuar durante ese período de tiempo. Los otros casos mencionados requerirán repetir el procedimiento de curado con una cierta periodicidad dada por las condiciones ambientales, la cual en ocasiones puede necesitar de repetirse dos a tres veces al día. Un buen proceso de curado determina la calidad de un mortero y finalmente su durabilidad



## CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Tipo de diseño de investigación.

- Experimental aplicada.

### 5.2. Material de estudio.

#### 5.2.1. Unidad de estudio.

La unidad de estudio estuvo constituida por pilas o especímenes de albañilería, elaborados con 4 unidades de albañilería cada uno y sometido a un método de curado específico durante su proceso de construcción.

#### 5.2.2. Población.

La población estuvo constituida por 12 Especímenes de Albañilería de unidades de arcilla cocida.

Fueron 12 pilas de albañilería elaboradas con unidades de arcilla, y un mortero en proporción 1:1/2:4 con un espesor de 1 cm; estas pilas sometidas a un curado específico para determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial.

#### 5.2.3. Muestra

La muestra se obtuvo por un proceso no probabilístico, y estuvo constituida por 12 Especímenes de Albañilería de unidades de arcilla cocida.

Fueron 12 pilas de albañilería elaboradas con unidades de arcilla, y un mortero en proporción 1:1/2:4 con un espesor de 1 cm; estas pilas sometidas a un curado específico para determinar la influencia en la resistencia a la compresión axial.

Procesos de curado:

- ✓ Procedimiento A: Sin curado (4 Pilas).
- ✓ Procedimiento B: Curado con agua (4 Pilas).
- ✓ Procedimiento C: Curado con Antisol/Sika (4 Pilas).

### 5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

#### 5.3.1. Para recolectar datos.

### **Ensayo de Unidades de Albañilería:**

**Muestreo.-** El muestreo de las unidades de albañilería, debe ser efectuado a pie de obra. Según lo establecido en la Norma E070, por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se deben seleccionar al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

### **PRUEBAS**

- a) **Determinación de la variación dimensional.-** Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

#### **Objetivos:**

- Determinación la variación porcentual de las muestras.
- Experimentar y conocer técnicas de control de error.
- Realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

#### **Equipos:**

- Balanza, capacidad 4 000 gr.
- Horno de 50 L. temperatura  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **Herramientas:**

- Vernier.
- Wincha.
- Hoja de reporte.
- Cronómetro.
- Cámara fotográfica.

Procedimiento:

- Las muestras fueron medidas con el Vernier y se determinó el promedio de cada dimensión (largo, ancho, alto) en mm. La variación dimensional se determinó para cada arista de las 4 unidades de albañilería seleccionadas por cada serie. Para poder realizar este ensayo primero debemos tener las medidas exactas o especificadas del ladrillo, las cuales son:

\* Largo específico (Le)= 23.5

\* Ancho específico (Ae)= 12.5

\* Altura específica (He)=9.0

- Luego se tomaron las dimensiones de cada arista del ladrillo, en las cuales se determinaron 4 medidas en la parte intermedia de la superficie correspondiente, con ayuda de una regla o un centímetro y se toma las medidas correspondientes, para calcular el promedio de las medidas.
- Se Determinaron las dimensiones comerciales o específicas del ladrillo.
- Expresión:

$$\%V = \frac{(DE- DP)}{DE} \times 100$$

..... Ecuación N° 3

Dónde:

*DE = Dimensión específica.*

*DP = Dimensión media promedio.*

- b) Determinación del alabeo.**- Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613.

Objetivos:

- Determinar el alabeo de una muestra de ladrillo.
- Experimentar y conocer técnicas de control de error.
- Realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

Equipos:

- Balanza, capacidad 4 000 gr.

Herramientas:

- Vernier.
- Regla metálica.
- Cuña graduada.
- Hoja de reporte.
- Cámara fotográfica.

Materiales:

- 03 probetas de ladrillo.

Procedimiento:

- Se midieron las muestras con la cuña de madera, de tal modo que la medida registrada al introducirla sea el valor del alabeo.
- Se determinó el promedio del alabeo.

- c) **Determinación de la absorción del ladrillo.**- Los ensayos de absorción se hicieron de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

Objetivos:

- Determinar la absorción de una muestra de ladrillo.
- Experimentar y conocer técnicas de control de error.
- Realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

Equipos:

- Balanza, capacidad 4 000 gr.
- Horno de 50 L. temperatura  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Herramientas:

- Hoja de reporte.
- Cámara fotográfica.

Materiales:

- 05 probetas de ladrillo.

Procedimiento:

- Se determinó el peso saturado (mínimo 24 horas bajo agua)
- Se determinó el peso seco (mínimo 24 horas en horno)

$$\%Abs = \frac{(\text{Peso saturado} - \text{Peso seco})}{\text{Peso seco}} \times 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^{\circ} 4$$

- d) **Determinación de la succión del ladrillo.**- De acuerdo a la NTP 399.604 y 399.613. la succión fue medida en gramos de agua absorbidos por cada cm<sup>2</sup> de superficie puesta en contacto con el agua en un minuto. En ningún caso deberá ser superior a 0.45 g/cm<sup>2</sup> por minuto. El hecho de sumergir brevemente en agua los ladrillos antes de ser colocados, es imprescindible si la succión es mayor a 0.15 g/cm<sup>2</sup> por minuto para evitar la deshidratación del mortero.

Para arcilla: de acuerdo a las condiciones climatológicas donde se encuentra ubicadas la obra, regarlas durante media hora, entre 10 y 15 horas antes de asentarlas. Se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200 cm<sup>2</sup>-min (\*).

Objetivos:

- Determinar la succión de una muestra de ladrillo.
- Experimentar y conocer técnicas de control de error.
- Realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos.

Equipos:

- Balanza, capacidad 4 000 gr.
- Horno de 50 L. Temperatura 100 ± 5°C.

Herramientas:

- Hoja de reporte.
- Cronómetro y cámara fotográfica.

Materiales:

- 10 probetas de ladrillo.

Procedimiento:

- Se pesó cada ladrillo con precisión de 0.1 g, posteriormente se deseca a una temperatura comprendida entre 100 y 110 °C hasta peso constante,  $P_i$ .
- Se midió el área  $A_i$  de la cara de la pieza que va a estar en contacto con el agua, precisión de 1%, descontando el área de los taladros o perforaciones en la cara de asiento en caso tuvieran.
- En una bandeja nivelada, se fue añadida agua hasta que queden cubiertos los apoyos para la colocación de ladrillos, unos 3 a 10mm manteniendo el nivel constante durante todo el ensayo.
- Cada pieza fue colocada en posición de asiento o tabla sobre los apoyos, y se mantiene así durante 1 minuto. Se saca el ladrillo y se lo seca superficialmente con ayuda de un paño y se obtiene su peso,  $Q_i$  en gramos.
- La succión  $S_i$ , de cada pieza expresada en gramos por centímetro cuadrado y minuto con precisión de 0.01 g/cm<sup>2</sup>\*min, viene dado por la fórmula:

$$S_i = \frac{(Q_i - P_i)}{A} \times 200$$

..... Ecuación N°5

Dónde:

$Q_i$  = Peso en gramos del ladrillo después de la inmersión

$P_i$  = Peso en gramos del ladrillo antes de la inmersión

$A_i$  = Área en centímetros cuadrados de la tabla del ladrillo descontando los taladros o perforaciones.

Como resultado del ensayo se obtuvo el valor individual de la succión de cada uno de los ladrillos y el valor promedio de los 10 muestras.

- e) **Resistencia a la compresión.-** Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuaron los ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

Para el presente ensayo se utilizó de la máquina universal, la cual estuvo provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico. El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen, dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínima de 12.5 cm.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'b$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. La resistencia característica a la compresión  $f'b$  se halla con las siguientes fórmulas:

$$C = \frac{P (kg)}{A (cm^2)} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 6$$

$$f'b = \frac{C(kg/cm^2)}{\sigma (Kg/cm^2)} \quad \dots\dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 7$$

Dónde:

$C$  = Resistencia a compresión del espécimen (Kg/cm<sup>2</sup>).

$P$  = Carga de rotura (Kg).

$A$  = Promedio de las áreas brutas superior e inferior (cm<sup>2</sup>).

$f'b$  = Resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería (Kg/cm<sup>2</sup>).

$C$  = Promedio de la resistencia a la compresión de la muestra (Kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Desviación estándar de la muestra (Kg/cm<sup>2</sup>).



### **Ensayo de granulometría:**

#### **Agregado:**

El agregado es sometido al ensayo de Granulometría de la arena, se basó en lo establecido en la normativa (ASTM C 4-03).

Inicialmente para el desarrollo de este ensayo, la arena adquirida fue pasada por un tamiz N° 4.

Se utilizó la cantidad de muestra necesaria para el ensayo, por lo que una vez tamizado queda el porcentaje requerido en los tamices seleccionados.

Los tamices que se utilizaron en el ensayo fueron: N° 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200.

Tabla N° 12– **Abertura de tamiz**

Abertura (mm)	Tamiz
0.075	N° 200
0.15	N° 100
0.30	N° 50
0.60	N° 30
1.18	N° 16
2.36	N° 8
4.75	N° 4

*Fuente: Norma Técnica E.070*

Debemos tener presente la siguiente consideración:

Tabla N° 13 – Huso granulométrico

Tamiz	Porcentaje que pasa
No. 4 (4,75 mm)	100
No. 8 (2,36 mm)	95 a 100 %
No. 16 (1,18 mm)	70 a 100 %
No. 30 (600 µm)	40 a 75 %
No. 50 (300 µm)	10 a 35 %
No. 100 (150 µm)	2 a 15 %

Fuente: Norma Técnica E.070

**Resistencia a la compresión Axial:**

- a) **Resistencia a la compresión de morteros.-** En el caso de morteros la resistencia más significativa es compresión, pues este material va a trabajar a compresión dentro del contexto de cualquier estructura. La finalidad del presente ensayo fue determinar aspectos importantes de la resistencia que permitirá establecer un control de calidad, especificaciones técnicas, y los modos de falla del mortero de cemento hidráulico y arena que se expende en la ciudad de Cajamarca.

**Materiales:**

- 10 especímenes de mortero.

**Procedimiento:**

- Se determinó la dimensión de la probeta, es decir el valor promedio de altura y diámetro, a fin de acercarnos en lo posible a un valor real de cada una de las dimensiones. El

valor promedios de sus tres dimensiones nos acercarán al mismo tiempo a un valor cercano que corresponda al área resistente así como la dimensión de deformación.

- Se verificó el paralelismo de las caras que van a ser comprimidas, esto en la medida que la máquina de ensayo no registra el valor de la cara si sus caras comprimidas no estén paralelas.
- Para determinar este ensayo se colocó la probeta estándar entre los platillo de la presa.

*Durante el ensayo:*

- Se Marcó y codificó cada espécimen.
- Se Medió el área resistente.
- Se Revisó que las caras estén paralelas, caso contrario uniformizarlas.
- Se Colocó papel en la base y en la parte superior del espécimen.
- Se Llevó el espécimen a la prensa hidráulica.
- Se Medió la carga y deformación longitudinal en la máquina de compresión.

Se debió observar en forma permanente el limbo de carga. Resulta interesante e importante observar permanentemente el limbo de carga porque antes que se la probeta falle las agujas suelen tratar de regresar y lugar de avanzar. Interpretándose como la falla parcial de la probeta. Posteriormente las agujas seguirán en ascenso.

- Se registró el tiempo de ensayo. Es importante el registro del tiempo (minutos) de ensayo porque esto tiene que ver con la velocidad de ensayo (kg/min).

- Se Observaron las fallas que se van produciendo. Luego se comienza a aplicar de manera ascendente una carga a compresión (P) hasta producirse la ruptura. Cada tipo de mortero tiene una manera peculiar de romperse. Para el caso de morteros duros y compactos se rompen formando prismas rectos, en cambio los morteros blandos se rompen formando planos inclinados de ángulos menores 45° con sus caras.
- El esfuerzo a la compresión se determinó entre la carga actuante y el área resistente:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \dots\dots \text{Ecuación N}^\circ 8$$

Dónde:

$\sigma$  = *Esfuerzo a la compresión*

$P$  = *Carga actuante.*

$A$  = *Área resistente.*

- Se observaron las fallas que se van produciendo y numerarlos a medida que aparecen, dibujarlas para luego analizarlas.

*Después del ensayo:*

- Se extrajo la probeta de la máquina y luego observar.
- Se Dibujó el tipo de falla que se ha producido.
- Se registró el tiempo del ensayo.

**b) Ensayo de compresión de pilas (ASTM C 1314-03b).**

En esta norma se establece que el número mínimo de pilas a ensayar para la obtención del  $f'm$ , es 3. Además cada prisma debió tener una altura mínima de 2 unidades, con una relación altura – espesor comprendida entre 1.3 y 5.0

#### Humedecimiento de Unidades de Arcilla

Los ladrillos de arcilla fueron regados durante  $\frac{1}{2}$  hora unas 15 horas antes de asentarlos, con el objeto de disminuir su elevada succión natural de modo que al instante de asentarlos, su superficie esté relativamente seca (para que succione el cementante del mortero) y su núcleo esté saturado (para que el agua existente en el núcleo sirva para curar al mortero). Se utilizó mortero 1:1/2:4 (cemento, cal, arena)

#### Construcción de pilas:

Las unidades de albañilería se asentaron con la superficie libre de polvo y sin agua libre. El asentado se realizará presionando verticalmente las unidades, sin bambolearlas. El tratamiento de las unidades de albañilería previo al asentado fue el siguiente:

- La verticalidad fue controlada con una plomada. Antes del asentado, las unidades fueron seleccionadas eliminando aquellas que presentaban fisuras, o estaban mal cocidas, para posteriormente limpiarlas.
- En todos los casos, las juntas horizontales de mortero cubrieron toda la superficie de asentado de la unidad y tuvieron un grosor nominal de 1 cm. Este grosor fue controlado mediante una regla graduada, mientras

#### Técnicas de Ensayo

Luego de que las 12 pilas cumplieren 28 días de edad, fueron ensayadas a compresión axial a una velocidad de carga de 5 ton/min.

Se utilizaron 3 técnicas de construcción, tomándose como patrón de comparación la técnica que no considera curado de los especímenes ni humedecimiento de las unidades de albañilería antes de ser asentadas.

Para definir la altura de las pilas de albañilería, se considerará lo siguiente:

- La facilidad constructiva empleando un número entero de unidades (4 unidades), el almacenaje en obra, la facilidad en el transporte desde la obra hasta un laboratorio, el fácil manejo en el laboratorio a fin de instalarlas en la máquina de ensayos.
- El rango de esbelteces y la esbeltez nominal especificada por SENCICO, 2004.

#### Identificación de las Pilas

Se construyeron 4 pilas para cada proceso de curado, lo que proporcionó un total de 12 pilas. Estas fueron ensayadas en la Universidad Privada del Norte. Cada pila fue identificada por la letra P, seguida de una letra (A, B, C) que representa el proceso de curado, y un número que codifica el número de pila. Por ejemplo, la pila PC-1 corresponde a una pila (P), que ha sido sometida al tercer proceso de curado (C), y el número 1 representa el primer lugar de orden de construcción de pila del tercer proceso de curado.

#### Obtención de Resultados:

Para el presente ensayo se utilizó de la máquina universal, la cual estuvo provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico. El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen, dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínima de 12.5 cm.

Para este ensayo, se transportaron con cuidado las pilas desde el lugar de construcción en el laboratorio hasta el lugar cercano a la máquina de compresión axial, evitando sacudidas, saltos y volteos.

Se limpiaron las caras superior e inferior de la máquina de ensayo y del espécimen. Se colocó el espécimen en la máquina de ensayo apoyándolo en la plancha inferior y se centraron los ejes del espécimen con los ejes de la plancha de apoyo.

Para obtener la resistencia a compresión axial de las pilas ( $f'm$ ) se utilizó la siguiente fórmula:

$$f'm = \frac{(P \text{ max.})}{\text{Area bruta}} \quad \text{..... Ecuación N° 9}$$

Este valor se corrige según los coeficientes de esbeltez, proporcionados por la Norma Técnica E.070.

Tabla N° 14. **Factores de corrección por esbeltez**

Esbeltez	2	2.5	3	4	4.5	5
Factor (*)	0.73	0.8	0.86	0.95	0.98	1

Fuente: Norma Técnica E.070- Albañilería

### c) Cálculo de módulo de elasticidad

#### Materiales:

- 10 especímenes de mortero y 5 unidades de albañilería
- Deformímetro.

Procedimiento:

Se determinaron las dimensiones promedio de la probeta, es decir: Se colocó un Deformímetro en la máquina de tracción universal de acero, para medir las deformaciones totales cada 500 kg de carga aplicada para cada una de las unidades de albañilería, con las dimensiones de ancho, largo y altura encontradas anteriormente, con los 5 pilas ensayadas de cada tipo y con los datos obtenidos se procedió a dibujar la gráfica: Esfuerzo vs Deformación Unitaria, haciendo un diagrama de dispersión para cada tipo de ladrillo (artesanal e industrial).

Para calcular el módulo de elasticidad se asumió de la gráfica Esfuerzo – Deformación Unitaria, tomando el 50% del esfuerzo y restado al 10 % del mismo, dividido al 50 % de la deformación unitaria menos el 10 %, esto se debe a que por razones de seguridad y precisión en los ensayos se obvia la parte inicial del ensayo (10%) porque las deformaciones obtenidas son del yeso, y se toma el 50 %, debido a que las pilas contienen cemento y en este elemento se considera que el primer 50 % es elástico lineal.

Por lo descrito anteriormente la formula utilizada para el cálculo del módulo de elasticidad fue la siguiente:

$$Em = \frac{(P_{50\%} - P_{10\%})/A}{(\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%})/L_i} \quad \text{..... Ecuación N° 10}$$

Donde:

**P 50 % y P 10 %:** Carga axial al 50% y al 10%.

**ε 50 % y ε 10 %:** Deformación al 50% y al 10%.

**A:** Área de la sección transversal.

**Li:** longitud inicial.

**Em:** Módulo de elasticidad.



En resumen:

$$Em = \frac{\delta}{\epsilon} \quad \dots\dots Ecuación N° 11$$

Donde:

*Em: Módulo de elasticidad.*

*$\delta$ :  $\sigma'$  (50%) –  $\sigma'$  (10%): 50% menos el 10 % del esfuerzo.*

*$\epsilon$ :  $\epsilon'$  (50%) –  $\epsilon'$  (10%): 50% menos el 10 % de la deformación Unitaria.*

### 5.3.2. Para analizar información.

#### Procesamiento de información

- La información obtenida mediante la aplicación de los ensayos, fue llevada a un computador y procesada mediante Hojas de Cálculo elaboradas en el programa Microsoft Excel, a fin de que la información obtenida sea registrada, ordenada y analizada, mediante diagramas y gráficas. De esta manera se pudo determinar el análisis correspondiente a cada procedimiento de curado establecido, y su inferencia en la resistencia de un muro estructural.
- Con los datos obtenidos se pudo hacer una recomendación adecuada al mejor proceso de curado de muros.

#### Análisis de resultados obtenidos

- Se determinaron las características del agregado usado en la elaboración del mortero a fin de verificar los parámetros y límites establecidos en la norma ASTM C 4-03, demostrando que el agregado cumple con lo especificado.

- Se determinaron las propiedades de las unidades de albañilería de arcilla utilizadas en la construcción de las pilas. Las propiedades determinadas fueron verificadas con los parámetros y límites establecidos en la norma Normas NTP 399.604 y 399.1613. Estos resultados fueron aceptables y satisfactorios para este propósito, llegando a la aceptación del lote de ladrillos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- La resistencia obtenida de los ensayos en las pilas de albañilería, fueron comparadas para cada uno de los tres procedimientos de curado ensayados según lo establecido en la normativa ASTM C 1314 - 03b. Se analizaron además los tipos de fallas.

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo, se detallan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en La Universidad Privada del Norte. Se ensayaron las unidades de albañilería y el agregado que sirvió para la elaboración de las pilas; posteriormente estas pilas fueron ensayadas a compresión axial a los 28 días.

**Nota:** En el Anexo N° 1 se presentan los formatos de los ensayos realizados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

### 6.1. Ensayo de unidades de albañilería

Se utilizaron unidades de albañilería o ladrillos de arcilla industrial, estas fueron adquiridas a través de un conocido centro de abastos en la ciudad de Cajamarca. Las unidades, registran las siguientes características dadas por el fabricante:

Tabla N° 15. Especificaciones del Fabricante ladrillo King Kong H18

<b>Dimensiones</b>	Ancho: 13 cm
	Alto : 9 cm
	Largo : 24 cm
<b>Absorción</b>	Menor al 12%
<b>Resistencia a compresión ( Medida sobre al área Bruta)</b>	126 KN/m <sup>2</sup>
<b>Densidad</b>	Mayor que 1.99 g/cm <sup>3</sup>
<b>Rendimiento (con juntas de 1.5 cm)</b>	Asentado de soga : 38 Und/m <sup>2</sup>
	Asentado de cabeza : 65 Und/m <sup>2</sup>
<b>Usos y aplicaciones</b>	Paredes, Muros, Tabiques

El ladrillo de arcilla utilizado en el ensayo, presenta 18 ranuras perpendiculares a la cara de asiento (Figura N°78 – Anexo 2). Inicialmente se realizó la selección de unidades que fueron sometidas a los ensayos establecidos, eliminándose aquellas que tenían rajaduras o esquinas dañadas a fin de tratar de uniformizar todos los especímenes.

Para determinar las propiedades Físicas y Mecánicas de las unidades de albañilería seleccionadas, se realizaron los ensayos de acuerdo a lo establecido por la NTP 399.613 y 399.604. Los resultados se detallan a continuación:

#### **1. Determinación de la variabilidad dimensional**

Este ensayo permitió Determinar la Variación porcentual de las muestras; y realizar el análisis físico y estadístico de los resultados obtenidos. El proceso se basa en la NTP 399.613 y 399.604 y permite establecer una relación entre los resultados obtenidos y las especificaciones del fabricante.

##### Resultados:

Para el ensayo se utilizaron 15 ladrillos enteros y secos. Los cálculos estimados se detallan en la tabla siguiente:

Tabla N° 16. Dimensionamiento de unidades - Variación dimensional

UNIDAD	LARGO (cm)				ANCHO (cm)		ALTURA (cm)			
VAR-1	24.12	24.01	23.40	24.30	12.90	12.95	8.6	8.07	9.11	9.95
VAR-2	23.61	23.65	23.58	24.62	13.15	13.16	9.14	9.19	8.99	9.13
VAR-3	23.95	23.83	24.10	24.15	12.95	13.10	9.10	8.99	8.87	8.97
VAR-4	24.23	24.15	24.20	24.15	13.43	13.49	8.98	9.17	9.12	9.10
VAR-5	24.21	24.20	23.85	23.91	13.39	13.25	9.05	9.22	8.90	9.12
VAR-6	24.25	24.20	23.90	23.70	13.15	13.08	8.99	9.16	9.05	9.07
VAR-7	23.80	23.75	24.15	24.10	12.90	12.85	8.94	8.93	9.02	9.07
VAR-8	23.95	24.50	24.90	24.30	12.77	12.85	9.15	9.15	9.1	9.13
VAR-9	24.10	23.90	24.30	24.20	13.15	13.35	9.01	9.02	8.97	8.98
VAR-10	24.25	24.20	24.05	24.10	13.18	13.13	9.05	9.11	8.86	8.89
VAR-11	24.00	24.10	24.15	23.70	12.86	12.97	8.60	8.60	8.78	8.89
VAR-12	24.12	23.90	24.25	23.85	12.95	12.93	9.28	9.30	9.20	9.19
VAR-13	23.90	24.00	24.10	23.10	13.15	13.05	9.19	9.18	9.15	9.14
VAR-14	23.75	24.00	24.30	23.40	12.95	13.03	9.12	9.19	9.21	9.20
VAR-15	24.20	24.25	24.05	23.10	13.05	12.97	9.10	9.12	8.90	8.90

Tabla N° 17. Cálculo de la variación dimensional

UNIDAD	LARGO (cm)			ANCHO (cm)			ALTO (cm)		
	PROM (cm)	FABRICA (cm)	VARIA (%)	PROM (cm)	FABRICA (cm)	VARIA (%)	PROM (cm)	FABRICA (cm)	VARIA (%)
VAR-1	23.96	24.00	0.18	12.93	13.00	0.58	8.93	9.00	0.75
VAR-2	23.87	24.00	0.56	13.16	13.00	-1.19	9.11	9.00	-1.25
VAR-3	24.01	24.00	-0.03	13.03	13.00	-0.19	8.98	9.00	0.19
VAR-4	24.18	24.00	-0.76	13.46	13.00	-3.54	9.09	9.00	-1.03
VAR-5	24.04	24.00	-0.18	13.32	13.00	-2.46	9.07	9.00	-0.81
VAR-6	24.01	24.00	-0.05	13.12	13.00	-0.88	9.07	9.00	-0.75
VAR-7	23.95	24.00	0.21	12.88	13.00	0.96	8.99	9.00	0.11
VAR-8	24.41	24.00	-1.72	12.81	13.00	1.46	9.13	9.00	-1.47
VAR-9	24.13	24.00	-0.52	13.25	13.00	-1.92	9.00	9.00	0.06
VAR-10	24.15	24.00	-0.63	13.16	13.00	-1.19	8.98	9.00	0.25
VAR-11	23.99	24.00	0.05	12.92	13.00	0.65	8.72	9.00	3.14
VAR-12	24.03	24.00	-0.13	12.94	13.00	0.46	9.24	9.00	-2.69
VAR-13	23.78	24.00	0.94	13.10	13.00	-0.77	9.17	9.00	-1.83
VAR-14	23.86	24.00	0.57	12.99	13.00	0.08	9.18	9.00	-2.00
VAR-15	23.90	24.00	0.42	13.01	13.00	-0.08	9.01	9.00	-0.06

**PROM (%)**

**-0.07**

**-0.54**

**-0.49**

### 1.1. *Discusión del ensayo:*

El resultado nos da una dispersión máxima de -0.54% (en el ancho de las unidades), de acuerdo a la Norma Técnica E.070 la unidad es aceptable pues no sobrepasa la variabilidad máxima de 3% para ladrillos industriales clase V.

## 2. Alabeo

Este ensayo tiene en cuenta la Norma NTP 399.613 para su desarrollo. Permitió determinar la mayor concavidad o convexidad del ladrillo.

Se utilizaron 05 probetas de ladrillo.

### Resultados:

Tabla N° 18. **Alabeo de las unidades de ladrillo**

UNIDAD	CONCAVIDAD					CONVEXIDAD					
	CARA SUP (mm)		CARA INF (mm)		PROM (mm)	CARA SUP (mm)		CARA INF (mm)		PROM (mm)	
LAD-1	0.00	0.00	0.50	0.00	0.13	–	–	–	–	–	
LAD-2	0.00	1.50	–	–	0.75	–	–	0.50	0.50	0.25	
LAD-3	1.00	0.00	–	–	0.50	–	–	2.00	1.00	0.75	
LAD-4	0.00	0.50	–	–	0.25	–	–	1.00	1.00	0.50	
LAD-5	2.00	0.00	–	–	1.00	–	–	0.50	0.50	0.25	
<b>PROM (mm)</b>					<b>0.53</b>	<b>PROM (mm)</b>					<b>0.44</b>

### 2.1. *Discusión del ensayo:*

La Norma Técnica E.070 nos dice que el alabeo máximo para unidades de arcilla Tipo V es de 2 mm, por lo tanto nuestras unidades se encuentran dentro de límite permitido por la norma.

### 3. Determinación de la absorción del ladrillo

El tercer ensayo de las unidades de albañilería es la determinación del porcentaje de absorción, se evaluaron 05 unidades de ladrillos a las cuales se les registró el peso saturado y peso seco. La NTP 399.604 y 399.1613, establece el procedimiento y los parámetros para esta característica. Los resultados para el ensayo de absorción, se muestran en la Tabla N°19.

Tabla N° 19. **Cálculo de absorción**

ESPECIMEN	PESO (g)		ABSORCIÓN (%)
	SECO	SATURADO	
U1	2530.6	2857.2	12.906
U2	2475.3	2802.3	13.211
U3	2522.1	2856.9	13.275
U4	2603.4	2898.2	11.324
U5	2539.9	2867.2	12.886

**PROM%**                      **12.72**

**PROM %**                      **13**

#### 3.1. *Discusión del ensayo:*

La Norma Técnica E.070, señala que para que una unidad sea aceptable, el nivel de absorción de esta, no será mayor que 22%. La unidad en estudio está dentro de ese límite con un valor para la absorción de 13%.

### 4. Succión

Para este ensayo se utilizaron 10 ladrillos enteros y se midió la succión en la superficie de asiento, y se analiza de acuerdo a la normativa especificada en la NTP 399.604 y 399.613. Resultados:



Tabla N° 20. **Cálculo de succión**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (gr)		SUCCIÓN (gr)
				SECO	HÚMEDO	
SUC-1	24.12	12.90	311.15	2433.00	2470.00	23.78
SUC-2	23.61	13.15	310.47	2625.90	2665.20	25.32
SUC-3	23.95	12.95	310.15	2572.90	2615.70	27.60
SUC-4	24.23	13.43	325.41	2606.50	2655.90	30.36
SUC-5	24.21	13.39	324.17	2496.70	2544.20	29.31
SUC-6	24.25	13.15	318.89	2539.60	2582.30	26.78
SUC-7	23.80	12.90	307.02	2536.40	2563.30	17.52
SUC-8	23.95	12.77	305.84	2550.20	2589.40	25.63
SUC-9	24.10	13.15	316.92	2534.00	2565.30	19.75
SUC-10	24.25	13.18	319.62	2521.10	2560.70	24.78
<b>PROM (gr/(200 cm<sup>2</sup> x min))</b>						<b>25.08</b>

#### 4.1. **Discusión del ensayo:**

El valor de succión obtenido en los ensayos es de 25.08 gr/(200cm<sup>2</sup> x min); la Norma recomienda que la succión antes del asentado de las unidades esté en el rango de 10-20 gr/(200 cm<sup>2</sup> x min), por lo que fue necesario regar los ladrillos durante media hora, 12 horas antes de proceder a asentarlos.

#### 5. **Resistencia a compresión**

En este ensayo se utilizaron 5 ladrillos secos enteros que son evaluados de acuerdo a la NTP 399.604 y 399.1613.

La resistencia característica a compresión axial ( $f'b$ ) fue calculada restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. Resultados obtenidos:

Los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, aparecen en las siguientes tablas:

Tabla N° 21. **Dimensión de las unidades (Ladrillo entero)**

UNIDAD	LARGO (cm)		PROM (cm)	ANCHO (cm)		PROM (cm)
	LAD- 1	23.90	23.95	23.93	13.15	13.10
LAD- 2	24.05	24.15	24.10	12.95	12.95	12.95
LAD- 3	24.25	24.10	24.18	12.95	12.75	12.85
LAD- 4	23.90	24.00	23.95	13.00	12.90	12.95
LAD- 5	24.10	24.05	24.08	12.90	13.00	12.95

Tabla N° 22. **Ensayo de compresión (Ladrillo entero)**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	f'b
LAD- 1	23.93	13.13	314.02	27203.00	86.63
LAD- 2	24.10	12.95	312.10	26791.00	85.84
LAD- 3	24.18	12.85	310.65	19044.00	61.30
LAD- 4	23.95	12.95	310.15	21171.00	68.26
LAD- 5	24.08	12.95	311.77	24349.00	78.10

$$\begin{aligned}
 f'b \text{ PROMEDIO} &= 76.03 \text{ Kg/cm}^2 \\
 \text{DESVIACIÓN ESTANDAR } (\sigma-1) &= 11.07 \text{ Kg/cm}^2 \\
 \text{COEFICIENTE DE VARIACIÓN} &= 14.56 \% \\
 f'b \text{ CARACTERÍSTICA} &= 64.96 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

### 5.1. **Discusión del ensayo:**

La resistencia característica ( $f'b$ ) es de  $64.12 \text{ kg/cm}^2$ , por lo que de acuerdo a la Norma Técnica E.070, los ladrillos clasifican como ladrillos Clase I, debido al bajo valor de resistencia que presentan. El coeficiente de variación presenta un valor de 14.56% este valor es inferior al 20% máximo establecido por la normativa, de esta manera decimos que la unidad es aceptable.

Tabla N° 23. **Dimensión de las unidades (medio ladrillo)**

UNIDAD	LARGO (cm)		PROM (cm)	ANCHO (cm)		PROM (cm)
	LAD-1	11.45	11.55	11.50	12.90	13.10
LAD-2	11.45	11.35	11.40	12.93	12.87	12.90
LAD-3	11.87	11.93	11.90	13.00	13.10	13.05
LAD-4	11.60	11.40	11.50	12.85	12.95	12.90
LAD-5	11.50	11.30	11.40	13.00	13.16	13.08

Tabla N° 24. **Ensayo de compresión (medio ladrillo)**

UNIDAD	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	f' b
LAD-1	11.50	13.00	149.50	8668.00	57.98
LAD-2	11.40	12.90	147.06	7586.00	51.58
LAD-3	11.90	13.05	155.30	10637.00	68.50
LAD-4	11.50	12.90	148.35	9297.00	62.67
LAD-5	11.40	13.08	149.11	8097.00	54.30

$$\begin{aligned}
 f' b \text{ PROMEDIO} &= 59.01 && \text{Kg/cm}^2 \\
 \text{DESVIACIÓN ESTANDAR } (\sigma_{n-1}) &= 6.74 && \text{Kg/cm}^2 \\
 \text{COEFICIENTE DE VARIACIÓN} &= 11.42 && \% \\
 f' b \text{ CARACTERÍSTICA} &= 52.27 && \text{Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

## 5.2. **Discusión del ensayo:**

La resistencia característica (f' b) de los ladrillos en mitades, es de 52.27kg/cm<sup>2</sup>, el valor obtenido indica que la unidad analizada es un ladrillo Clase I. El coeficiente de variación presenta un valor de 11.42% valor inferior al obtenido en el ensayo de una unidad de ladrillo entero (14.56%), de esta manera decimos que se acepta la unidad pues el

valor de resistencia es superior al mínimo establecido en la Normativa (resistencia=50Kg/cm<sup>2</sup>).

## 6. Porcentaje de ranuras

Para la determinación del porcentaje de ranuras, se utilizaron 5 ladrillos enteros. Se midió el ancho y el largo de la superficie de asiento además el diámetro de las ranuras. Mediante la normativa E-070 se ha podido realizar el análisis correspondiente de las unidades de albañilería utilizada.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla a continuación:

Tabla N° 25. **Porcentaje de ranuras**

UNIDAD	ÁREA (cm <sup>2</sup> )		RANURAS (%)
	SUP. ASIENTO	RANURAS	
LAD-1	309.034	83.73167779	27.09464907
LAD-2	318.8875	83.77441905	26.27083816
LAD-3	321.6485	84.19507368	26.17611264
LAD-4	310.1525	83.08220248	26.78753274
LAD-5	309.926	83.43029604	26.91942465

PORCENTAJE DE RANURAS = 26.650 Kg/cm<sup>2</sup>

PORCENTAJE DE RANURAS = 27 Kg/cm<sup>2</sup>

## Resumen de resultados evaluación ladrillo industrial

A continuación, se muestra un consolidado de los resultados obtenidos durante los ensayos practicados a las unidades de albañilería utilizadas para el presente trabajo de investigación.

Tabla N° 26. Resumen del ensayo de unidades de albañilería

CARACTERÍSTICA		RESULTADO
VARIABILIDAD DIMENSIONAL	Largo	-0.07 %
	Ancho	-0.54 %
	Altura	-0.49 %
ALABEO	Concavidad	0.53 mm
	Convexidad	0.44 mm
SUCCIÓN		25 gr/cm <sup>2</sup> *min
ABSORCIÓN		13%
RESISTENCIA A COMPRESIÓN (f'b)		51.06 Kg /cm <sup>2</sup>
PORCENTAJE DE RANURAS		27 %

#### 6.1. Discusión de resultados

- De acuerdo a la norma E.070, y el valor final de resistencia obtenido, el ladrillo clasificó como un ladrillo Clase I.
- Al determinar el coeficiente de variación se obtuvo un valor de 11.42%, este no supera el 20% del valor establecido por la Norma Técnica E-070, para unidades industriales de albañilería, aceptando el lote de ladrillos adquirida.
- La absorción de las unidades ensayadas presentó un valor de 13%, considerado dentro del rango máximo establecido por la normativa E-070 de no superar el 22%. En adición se puede decir que al no estar la succión comprendida entre los límites de 10 y 20 gr/200cm<sup>2</sup> x min (13 g. / 200cm<sup>2</sup> x min), los ladrillos utilizados para el presente estudio, necesitaron un tratamiento adecuado (humedecimiento) antes de ser asentados, debido al índice de avidez de agua que presentan. Adicionalmente debe considerarse el proceso de limpieza de los mismos.
- Por otro lado al tener un porcentaje de ranuras de 27%, y no sobrepasar el 30% del área bruta establecido en la normativa, la

unidad clasifica como sólida según la Norma Técnica de Edificación E.070 de Albañilería, por lo tanto, puede ser utilizado en la construcción de muros portantes.

- Estas características determinadas mediante ensayos en laboratorio, han permitido la aceptación del lote de ladrillos industriales, y su uso en la construcción de muros portantes, pero al mismo tiempo se recomienda sea utilizado en construcciones que no superen los 2 pisos y ubicadas en la Zonas 1 y 2, establecida en la Norma Técnica de Edificación E-030.

## 6.2. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

### **Agregado:**

El agregado utilizado, libre de materia orgánica; fue extraído de la cantera del Río Chonta: “OTUZCO”. Presente en el cauce o lecho del río Chonta, que discurre en forma paralela al trazo de la carretera. Para el desarrollo del ensayo fue necesario tamizarla a través del Tamiz # 4 para que así cumpla con los requisitos establecidos en la Norma ASTM C144-03 y lo establecido en la Norma Técnica E.070.

### **A. Estudio de cantera:**

- *Ubicación de la Cantera:*

La cantera se encuentra ubicada en la localidad de Otuzco, que pertenece a la jurisdicción de distrito de Baños del Inca, en la Provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

Coordenadas:

- Norte: 9211904
- Este: 781820.32

- *Acceso a la zona.*

Existen dos accesos bien marcados, uno es por la parte Oeste de la Ciudad de Cajamarca, tomando como referencia al aeropuerto Armando Revoredo Iglesias; por la carretera que lo circunda, se continúa hasta llegar al cruce a Cerrillo y Otuzco, luego por la carretera asfaltada que conduce directamente a la localidad y la cantera.

También existe otro acceso, por el distrito de Baños del Inca, tomando la carretera que conduce a la Provincia de Celendín. Se llega al Centro Poblado de Puylucana, allí existe un desvío al lado izquierdo que conduce al C.P. Otuzco, y de esta manera a la cantera.

Presenta un buen acceso durante todo el año para realizar su explotación, pues cuenta con una carretera transitable.

- *Clima.*

El clima de la zona por pertenecer a la provincia de Cajamarca, y por la cercanía a esta, es idéntico al de la ciudad, y se caracteriza por presentar 02 climas diferenciados con presencia de lluvias constantes y bajas temperaturas durante los meses de Octubre a Marzo y el incremento de la misma durante el día hasta 26,6 °C en promedio.

- *Altitud de la zona.*

La zona de Otuzco se ubica entre los 2 700 m.s.n.m. aproximadamente, discurriendo íntegramente por la Región Geográfica Sierra, y ubicándose dentro de las regiones Naturales Yunga y Quechua.

- *Explotación.*

La explotación de este material se hace a cielo abierto.

- *Descripción de la cantera.*

Esta cantera está conformada por material tipo aluvial, depositado en forma de playa en el lecho del Río Chonta, lo conforma restos de bolonería y grava, combinado con arena de grano fino a grueso y elementos finos no plásticos, su empleo es adecuado para la realización de morteros, elaboración de concreto estructural, etc. Por estar ubicada en el lecho del río se recomienda la explotación de la cantera en época de estiaje a fin de conseguir un mejor aprovechamiento del recurso.

Debido a sus características, el potencial de la cantera es indeterminada, actualmente se viene utilizando 1000 m aguas arriba y 1000 m aguas abajo de la carretera, con lo que se tiene una potencia bruta de 60 0000 m<sup>3</sup>. Con un rendimiento de 90%, lo que haría una potencia útil de 54 000 m<sup>3</sup> de material a explotar.

- *Estudio geológico de la cantera.*



Se encuentra formada por un material heterogéneo, compuesto por la arena y cantos rodados. De forma más o menos redondeada debido al transporte sufrido en un medio acuático. En su mayor parte están compuestas por rocas calizas margosas de color verde oscuro de textura afanítica, conteniendo notables proporciones de Calcio y Dolomita, reaccionando levemente con el ácido clorhídrico (HCL) por contener carbonatos.

- *Usos Principales del Agregado:*

Este material se usa en la elaboración de concreto armado, morteros de albañilería, falsos, cimientos, sobrecimiento, etc., así como en la elaboración de ladrillos.

- *Planificación de los ensayos de laboratorio:*

De la cantera se extrajo una muestra representativa para realizar los ensayos respectivos y verificación de calidad.

En el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, se recibieron las muestras provenientes de la cantera, con la identificación debida. Luego se procede con la ejecución de los ensayos de laboratorio, auxiliándose para este fin con las N.T.P.

- *Resultados de los ensayos de laboratorio*

## **B. Granulometría**

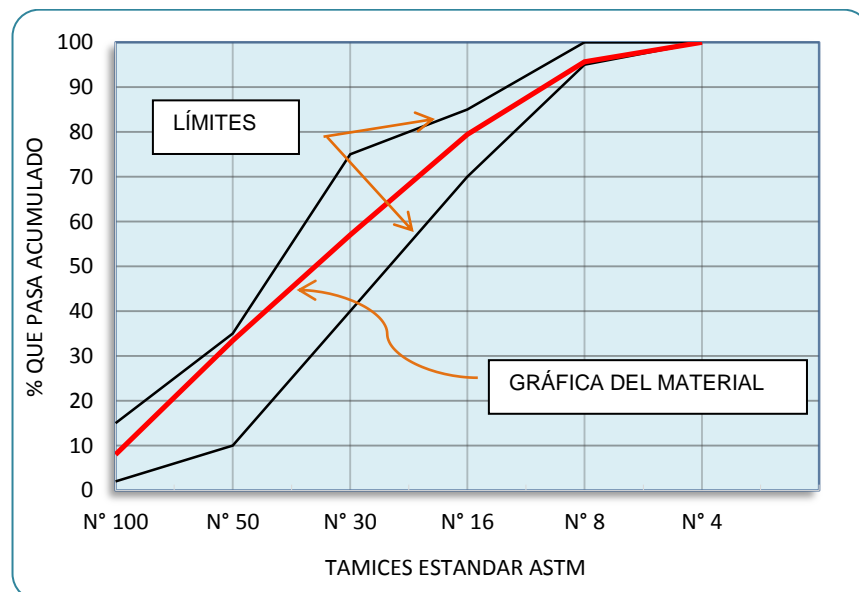
En la tabla N° 27 se muestran los resultados de la granulometría del agregado para mortero, y en la figura N° 9 se representa la curva granulométrica.

Tabla N° 27. Granulometría de la arena

Malla N°	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido		% Acumulado que pasa
			Parcial	Acumulado	
4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.360	65.24	4.32	4.32	95.68
16	1.180	245.17	16.22	20.53	79.47
30	0.600	339.22	22.44	42.97	57.03
50	0.300	356.84	23.61	66.58	33.42
100	0.150	384.51	25.44	92.02	7.98
200	0.075	88.80	5.87	97.89	2.11
FONDO		31.89	2.11	100	0.00
Suma	1511.67				

Módulo de finura = 2.26 %

Figura N° 9. Granulometría de la arena



### **C. Análisis de resultados**

- El mortero debe estar constituido por un agregado fino (arena) con la gradación indicada en la NTE E-070 de Albañilería. En el ensayo de granulometría de la arena, los porcentajes acumulados que pasan, si cumplen los rangos establecidos en la normativa.
- El módulo de finura obtenido (2.26), está comprendido entre los valores 1.6 y 2.5 establecidos en la Norma E-070 de Albañilería. Cumpliendo de esta manera con las características requeridas para la conformación de un mortero de albañilería.
- No debió quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.
- En la figura N° 9, observa la curva granulométrica que cumple con los límites de la norma ASTM C33 / NTP 300.037. Se observa en la gráfica del material, que la curva tiende a estar muy pegada al límite superior indicando que se trata de una arena levemente gruesa dentro de los límites.
- Porcentaje que pasa el tamiz N° 200: el resultado es de 2.11 %, se encuentra dentro de los límites (5% máximo) especificados para la arena natural según la norma ASTM C33 / NTP 300.037.

## **6.3. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL**

### **A. COMPRESIÓN AXIAL DE PROBETAS DE MORTERO**

Para conocer las propiedades del mortero elaborado, se realizó el ensayo de compresión de probetas de mortero. Estas probetas fueron elaboradas en moldes plásticos y ensayadas a los 28 días.

Se sometieron a compresión 10 probetas de mortero de 5\*8 cm, los resultados obtenidos se detallan a continuación en la Tabla N° 28:

Tabla N° 28. **Compresión axial probetas de mortero**

ESPECIMEN	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PU KN	KG	$\bar{u}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
C1	5.05	8.07	20.030	25.34	2583.00	128.959
C2	4.95	8.04	19.244	22.11	2254.00	117.126
C3	4.95	8.00	19.244	23.54	2400.00	124.712
C4	5.20	8.02	21.237	31.94	3256.00	153.316
C5	5.05	7.98	20.030	28.28	2883.00	143.937
C6	5.00	7.97	19.635	24.55	2503.00	127.476
C7	5.05	7.99	20.030	20.72	2112.00	105.444
C8	4.95	7.97	19.244	26.08	2659.00	138.171
C9	5.10	8.02	20.428	30.30	3089.00	151.212
C10	5.10	8.01	20.428	27.69	2823.00	138.191

$$\bar{u} \text{ PROMEDIO} = 132.854 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{DESVIACIÓN ESTANDAR } (\sigma-1) = 15.072 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{COEFICIENTE DE VARIACIÓN} = 11.34\%$$

$$\bar{u} \text{ CARACTERÍSTICA} = 117.78 \text{ Kg/cm}^2$$

### A.1. Análisis de resultados

- El mortero utilizado tuvo una resistencia a compresión de 117.78Kg/cm<sup>2</sup>, además de un coeficiente de variación entre especímenes de 11.34% aproximadamente, que representan valores muy aceptable.

## B. COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

Con la finalidad de estudiar y analizar el comportamiento a compresión de la albañilería con ladrillos de arcilla, se elaboran pilas de 4 ladrillos, para cada procedimiento de curado; unidas por un mortero de 1 cm de espesor, y que representan los muros de construcción en una edificación común. Estas pilas fueron sometidas a ensayos de compresión axial a fin de determinar su resistencia máxima promedio.

Se usaron 3 técnicas de curado, sin modificación del proceso constructivo. Se tomó como patrón de comparación la técnica que no utilizó ningún tipo de curado.

Los procedimientos descritos a continuación, fueron realizados en el laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Privada del Norte.

- Procedimiento A: sin curar (4 pilas).
- Procedimiento B: curado con agua por 7 días (4 pilas).
- Procedimiento C: curado con Antisol Sika (4 pilas).

Se construyeron 12 pilas en total, divididas de acuerdo al procedimiento de construcción en 3 grupos (A, B, C) y se tomó como patrón de comparación el procedimiento A (sin curar).

Tabla N° 29. **Identificación de los Especímenes**

PROCEDIMIENTO	PILAS (P)
A	PA1, PA2, PA3, PA4
B	PB1, PB2, PB3, PB4
C	PC1, PC2, PC3, PC4

Cada procedimiento estuvo conformado por 4 especímenes, estos fueron contruidos en una sola jornada de trabajo.

Se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Ubicación de la zona de construcción y fragua.- fueron ubicadas en una zona techada del laboratorio, donde no estorbaran el paso y no fueran dañadas durante su proceso de fragua.
- Selección de las unidades de albañilería.- se seleccionaron separando las unidades dañadas o en mal estado.
- Regado de las unidades de albañilería.- las unidades de albañilería, un día antes del asentado fueron regadas durante media hora.
- Preparación del mortero.- el mortero se dosifica según la norma técnica E- 070, cemento: arena fue en proporción 1:4; el agua fue agregada por el albañil de tal manera se obtenga una consistencia trabajable. Se utilizó cal.
- Asentado.- se construyeron los elementos de manera habitual en nuestro medio, controlando la verticalidad con la plomada y su altura con un escantillón.
- Fragua.- se dejó a los prismas fraguar durante 28 días.

#### **a. Geometría de pilas de albañilería**

Las características de las pilas fueron las siguientes:

- Dimensiones: 0.24 m de ancho, 0.13 m de espesor y 0.40 m de alto.
- Las unidades utilizadas: ladrillo King Kong, 18 huecos (ITAL PERÚ).
- La proporción volumétrica del mortero para el asentado de las unidades fue de 1:1/2:4 (cemento-cal-arena), con un espesor de 1 cm.

### b. Técnica de ensayo de pilas de albañilería

Para desarrollar el ensayo de compresión de pilas de albañilería, se hace uso de la máquina de compresión axial y se tomó como valor representativo la resistencia promedio de las pilas sometidas al mismo procedimiento de curado.

### c. Ensayo de compresión de pilas de albañilería (ASTM C 1314-03b).

Las Tablas a continuación, muestran el resultado de la compresión axial de los especímenes de albañilería analizados en el Laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

La resistencia característica a compresión axial ( $f'_m$ , sobre el área bruta), se obtuvo restando la desviación estándar, a la resistencia promedio de las pilas ensayadas en cada procedimiento, los resultados se detallan a continuación:

#### Procedimiento “A”

Tabla N° 30 – Ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PU KN	KG	$f'_m$
Procedimiento "A" UPN	PA-1	12.90	24.04	39.90	310.116	176.261	17968	57.940
	PA-2	12.93	24.20	40.40	312.906	152.021	15497	49.526
	PA-3	13.17	23.90	40.80	314.763	179.390	18287	58.098
	PA-4	13.07	24.15	40.30	315.641	146.096	14893	47.183

Tabla N° 31 – Resumen del ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	PU KN	KG	Factor de Corrección	$f'_m$
Procedimiento "A" UPN	P- A 1	1831657.920	17968.000	0.869	50.376
	P- A 2	1579764.180	15497.000	0.869	43.060
	P- A 3	1864176.780	18287.000	0.869	50.513
	P- A 4	1518192.420	14893.000	0.869	41.024

Tabla N° 32 – Resumen de resultados

PROCEDIMIENTO A			
$\bar{f}_m$ PROMEDIO	=	46.24	Kg/cm <sup>2</sup>
DESVIACIÓN ESTANDAR ( $\sigma_{n-1}$ )	=	4.26	Kg/cm <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	9.22%	
$\bar{f}_m$ CARACTERÍSTICA	=	41.98	Kg/cm <sup>2</sup>

**Procedimiento “B”**

Tabla N° 33 – Ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PU KN	KG	$\bar{f}_m$
Procedimiento "B"  UPN	PB-1	12.96	23.95	41.00	310.392	204.356	20832	67.115
	PB-2	13.13	24.00	40.80	315.120	172.160	17550	55.693
	PB-3	12.89	24.00	40.70	309.360	175.466	17887	57.819
	PB-4	13.00	23.75	40.20	308.750	176.290	17971	58.206

Tabla N° 34 – Resumen del ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	PU KN	KG	Factor de Corrección	$\bar{f}_m$
Procedimiento "B"  UPN	PB-1	2123614.080	20832.000	0.869	58.353
	PB-2	1789047.000	17550.000	0.869	48.422
	PB-3	1823400.780	17887.000	0.869	50.271
	PB-4	1831963.740	17971.000	0.869	50.607

Tabla N° 35 – Resumen de resultados

PROCEDIMIENTO B			
$\bar{f}_m$ PROMEDIO	=	51.91	Kg/cm <sup>2</sup>
DESVIACIÓN ESTANDAR ( $\sigma_{n-1}$ )	=	4.40	Kg/cm <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	8.47%	
$\bar{f}_m$ CARACTERÍSTICA	=	47.51	Kg/cm <sup>2</sup>



**Procedimiento “C”**

Tabla N° 36 – Ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PU KN	KG	f <sub>m</sub>
Procedimiento "C"  UPN	PC-1	13.16	23.95	40.50	315.182	208.289	21233	67.367
	PC-2	13.00	23.85	40.60	310.050	169.727	17302	55.804
	PC-3	12.95	22.96	40.70	297.332	183.225	18678	62.819
	PC-4	13.43	24.20	40.30	325.006	193.271	19702	60.620

Tabla N° 37 – Resumen del ensayo de compresión axial en pilas.

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	PU KN	KG	Factor de Corrección	f <sub>m</sub>
Procedimiento "C"  UPN	PC-1	2164492.020	21233.000	0.869	58.573
	PC-2	1763765.880	17302.000	0.869	48.519
	PC-3	1904035.320	18678.000	0.869	54.618
	PC-4	2008421.880	19702.000	0.869	52.706

Tabla N° 38 – Resumen de resultados

PROCEDIMIENTO C			
f <sub>m</sub> PROMEDIO	=	53.60	Kg/cm <sup>2</sup>
DESVIACIÓN ESTANDAR (σn-1)	=	4.18	Kg/cm <sup>2</sup>
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	=	7.8%	
f <sub>m</sub> CARACTERÍSTICA	=	49.43	Kg/cm <sup>2</sup>

Tabla N° 39 – Resumen resultados obtenidos en el  
laboratorio de la UPN

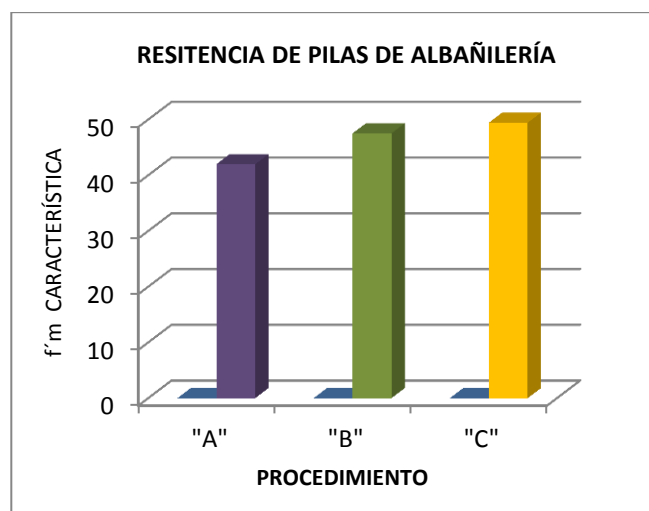
PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ALTURA (cm)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	PU KN	KG	f <sub>m</sub>
Procedimiento "A"	PA-1	12.90	24.04	39.90	310.12	176.261	17968	57.940
	PA-2	12.93	24.20	40.40	312.91	152.021	15497	49.526
	PA-3	13.17	23.90	40.80	314.76	179.390	18287	58.098
	PA-4	13.07	24.15	40.30	315.64	146.096	14893	47.183
Procedimiento "B"	PB-1	12.96	23.95	41.00	310.39	204.356	20832	67.115
	PB-2	13.13	24.00	40.80	315.12	172.160	17550	55.693
	PB-3	12.89	24.00	40.70	309.36	175.466	17887	57.819
	PB-4	13.00	23.75	40.20	308.75	176.290	17971	58.206
Procedimiento "C"	PC-1	13.16	23.95	40.50	315.18	208.289	21233	67.367
	PC-2	13.00	23.85	40.60	310.05	169.727	17302	55.804
	PC-3	12.95	22.96	40.70	297.33	183.225	18678	62.819
	PC-4	13.43	24.20	40.30	325.01	193.271	19702	60.620

Tabla N° 40– Resultados finales - laboratorio de la UPN

PROCEDIMIENTO	ESPECIMEN	PU KN	KG	Factor de Corrección	f <sub>m</sub>
Procedimiento "A"	PA-1	1831657.92	17968	0.869	50.376
	PA-2	1579764.18	15497	0.869	43.060
	PA-3	1864176.78	18287	0.869	50.513
	PA-4	1518192.42	14893	0.869	41.024
Procedimiento "B"	PB-1	2123614.08	20832	0.869	58.353
	PB-2	1789047.00	17550	0.869	48.422
	PB-3	1823400.78	17887	0.869	50.271
	PB-4	1831963.74	17971	0.869	50.607
Procedimiento "C"	PC-1	2164492.02	21233	0.869	58.573
	PC-2	1763765.88	17302	0.869	48.519
	PC-3	1904035.32	18678	0.869	54.618
	PC-4	2008421.88	19702	0.869	52.706

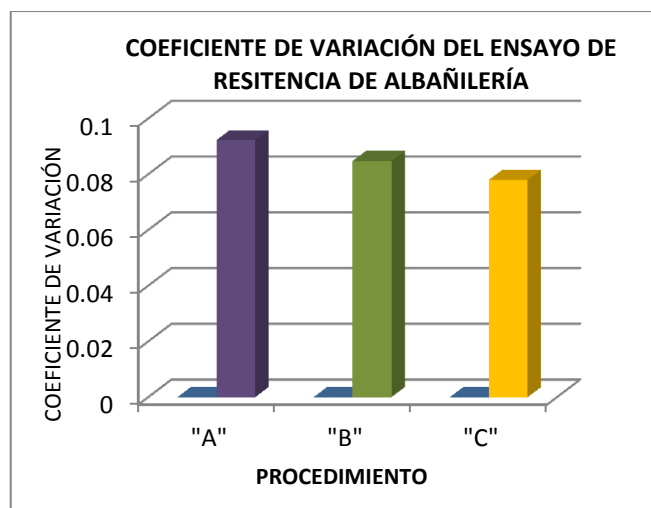
Los resultados obtenidos en las tablas anteriores, se representan de manera gráfica a continuación:

Figura N° 10 – Resistencia a la compresión axial



- En la Figura N° 10 se observa que las diferencias de resistencia entre las 2 últimas técnicas (B y C) no es muy significativa, mientras que la diferencia de resistencia que existe entre estas dos y la resistencia obtenida en el primer Procedimiento (Procedimiento A), es importante; por lo tanto, se puede decir que la Técnica o Procedimiento que no considera el curado de los especímenes de albañilería, no es recomendable pues presenta los valores más bajos de resistencia a la compresión axial, en el presente ensayo; por el contrario, los especímenes que han recibido un proceso de curado adecuado, presentan valores favorables en cuanto a niveles de resistencia se refiere, destacando el proceso de curado que utilizó Antisol Sika; constituyendo entonces un proceso muy recomendable, puesto que la resistencia obtenida de los especímenes sometidos a este método de curado, presentan los valores más altos de resistencia a la compresión axial en el presente estudio. Con estos resultados, se alcanza el objetivo de la presente investigación: identificar una técnica de curado en albañilería, que permita incrementar la resistencia a la compresión axial.
- Por otro lado el coeficiente de variación (CV), indica que hay una mayor dispersión de resultados con respecto a la media en la técnica A, seguida de la B y finalmente la C .

Figura N° 11 – Coeficiente de variación de resistencia



A continuación se denomina “ $\alpha$ ” a la relación de resistencia f<sub>m</sub> respecto a la pila patrón y “D” a la dispersión de resultados, estos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla N° 41 – Relación de resistencia y dispersión de resultados

PILAS	f <sub>m</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	$\alpha$	D %
P1: Patrón	41.98	100	---
P2: Curado con agua	47.51	113.18	13%
P3: Curado con Antisol	49.43	117.74	17%

En el cuadro anterior se aprecia que considerando el primer proceso como patrón (albañilería sin proceso de curado), podemos decir que el proceso que implica un curado de la albañilería con agua, permite incrementar la resistencia en un 13% aproximadamente; mientras que la albañilería sometida a un proceso de curado con Antisol Sika, logra incrementar la resistencia en un 17% sobre la albañilería que no recibe tratamiento de curado.

**d. Tipos de falla- ensayo de compresión simple para pilas de 4 ladrillos:**

*Descripción de los especímenes y ensayo:* Los especímenes constaron de 4 ladrillos, con una junta vertical de mortero con dosificación 1:1/2:4 de 1.0 cm de espesor, como se indicó anteriormente. Diez días antes del ensayo, se enrazaron las caras superior e inferior de los especímenes, con mortero de yeso adquiriendo así una superficie plana y horizontal.

Los especímenes ya preparados fueron transportados por medios manuales hasta la máquina de ensayo.

La prueba de compresión simple se realizó en la máquina universal, en la cual previo al ensayo se instaló un deflectómetro para medir

las deformaciones verticales, por efectos de la carga. Midiéndose con anticipación la altura de los especímenes.

La velocidad del ensayo fue de 2Tn/min. Los especímenes se ensayaron a los 28 días.

*Comportamiento de los especímenes durante el ensayo:*

La falla más común para los especímenes en el ensayo, se produjo por tracción lateral, manifestada a través de grietas verticales en los ladrillos y morteros. Se aprecia además agrietamientos en los ladrillos superior e inferior, fallando por lo general en las esquinas inferiores.

Los ladrillos intermedios sufrieron en menor proporción la acción de la carga, pudiéndose notar que en algunos de los especímenes existió falla que unió los 4 ladrillos y las 3 juntas horizontales.

A continuación se presentan los tipos de falla de las 12 pilas ensayadas a compresión en el laboratorio.

**Tipos de falla en pilas de albañilería – laboratorio UPN**

**PROCEDIMIENTO “A”**

En todas las pilas de esta serie (PA1, PA2, PA3 y PA4), la falla fue frágil y explosiva.

- **PA - 1:** Falla con grieta vertical desde la parte superior hasta la parte inferior del prisma, pero las unidades no sufren aplastamiento. (Figura N° 12).

Figura N° 12. **Falla de la pila PA - 1.**



Figura N° 13. **Pila PA - 1, se observa la falla en la parte posterior de la pila.**



- **PA - 2:** Falla con grieta vertical desde la parte superior hasta la parte media del prisma. Unidades no sufren aplastamiento. (Figura N° 14).

Figura N° 14. **Falla de la pila PA - 2.**

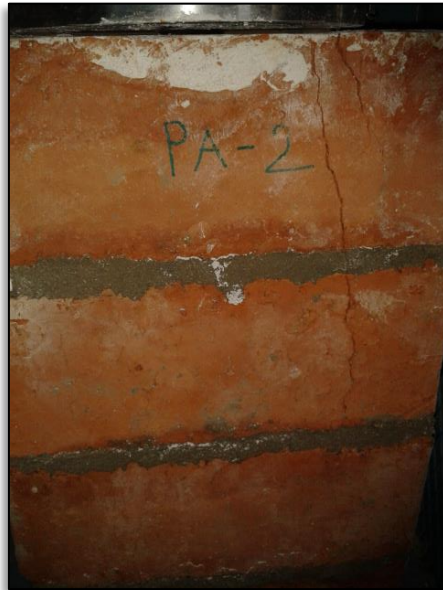


Figura N° 15. **Falla de la pila PA - 2, parte posterior.**





- **PA - 3:** Falla con grietas verticales hasta la parte media de la pila. Las unidades no sufren aplastamiento. (Figura N° 16)

Figura N° 16. **Falla de la pila PA3.**



Figura N° 17. **Falla de la pila PA - 3 (vista posterior).**



- **PA - 4:** Falla con grieta vertical en toda la pila, se aprecia que las unidades no sufren aplastamiento. (Figura N°18).

Figura N° 18. Pila PA – 4



### PROCEDIMIENTO “B”

Las pilas de esta serie (PB1, PB2, PB3 y PB4) mostraron una falla menos frágil que las de la Técnica A y no se desmoronaron.

- **PB - 1:** Falla por una grieta vertical (Figura N° 19), además de presentarse falla explosiva de la unidad inferior.

Figura N° 19. **Falla de la pila PB - 1.**



Figura N° 20. **Falla de la pila PB-1, parte posterior.**



- **PB - 2:** Falla por una grieta vertical y aplastamiento en la unidad inferior.

Figura N° 21. **Falla de la pila PB - 2**



Figura N° 22. **Falla de la pila PB-2 (vista posterior).**



- **PB3:** Falla por grietas verticales y ligero aplastamiento de la unidad inferior (Figura N° 23).

Figura N° 23. **Falla de la pila PB-3. Parte lateral.**



Figura N° 24. **Falla de la pila PB-3. Parte posterior**





- **PB4:** Falla explosiva en unidad inferior. Falla con grietas verticales (Figura N° 25)

Figura N° 25. **Falla de la pila PB-4**



### **PROCEDIMIENTO “C”**

Las pilas de esta serie (PC1, PC2, PC3 Y PC4) fallaron en algunas ocasiones en forma explosiva, mientras que otras no llegaron a desmoronarse.

- **PC1:** Falla por grietas verticales hasta la parte media del espécimen. (Figura N° 26).

Figura N° 26. **Falla de la pila PC-1.**



Figura N° 27. **Falla de la pila PC-1. Parte posterior.**



- **PC - 2:** Falla con grieta vertical y aplastamiento de las unidades medias (Figura N° 28).

Figura N° 28. **Falla de la pila PC-2.**



- **PC - 3:** Falla explosiva, (Figura N° 29) la unidad inferior sufre un aplastamiento.

Figura N° 29. **Falla de la pila PC-3.**





Figura N° 30. **Falla de la pila PC-3. Parte posterior e  
Inferior de la pila**



- **PC - 4:** Falla por grieta vertical y aplastamiento de la unidad superior. (Figura N° 31).

Figura N° 31. **Falla de la pila PC - 4**



Figura N° 32. Falla de la pila PC – 4. Parte posterior.



## CONCLUSIONES

1. Al utilizar tres procesos de curado en la albañilería, se cumplió el objetivo del proyecto: determinar la influencia del curado en la resistencia a la compresión axial; los procedimientos de curado con agua y antisol, generaron un incremento de 13.18% y 17.74% (respectivamente) sobre la muestra patrón, indicando de esta manera, que al realizar el curado del mortero, la albañilería mejora su respuesta ante la resistencia a la compresión axial.
2. Las pilas de albañilería ensayadas a compresión axial, arrojaron los siguientes resultados: 41.98 Kg/cm<sup>2</sup> para el ensayo patrón, 47.51 Kg/cm<sup>2</sup> para las pilas curadas con agua y 49.43 Kg/cm<sup>2</sup> para pilas curadas con antisol; los dos últimos valores (especímenes sometidas a un proceso de curado), no reflejan una variación muy significativa frente al resultado obtenido para los especímenes no curados, esto se debe a que la humedad relativa en el laboratorio, presenta un valor elevado (89%) que ha generado un curado natural en las muestras patrón, y que se ve reflejado en el aumento del valor de su resistencia.
3. El coeficiente 11.42% obtenido en la variabilidad dimensional del ladrillo, no supera el valor máximo de 20% para unidades industriales de albañilería establecido en la Norma Técnica E-070.
4. El porcentaje de absorción, de las unidades de albañilería utilizadas, fue de 13%, este valor se encuentra dentro del rango de 22% máximo, que establece la norma E-070 de Albañilería; para el ensayo de succión, el valor de las unidades evaluadas, sobrepasa el rango de 10 y 20 gr/200cm<sup>2</sup> x min, indicando que el ladrillo presenta un elevado índice de avidez de agua y que es necesario el humedecimiento de las unidades de albañilería antes de ser asentadas.
5. El porcentaje de área de huecos fue 27%, este valor no supera el 30% del área bruta de la cara de asentado, razón por la cual las unidades ensayadas, son consideradas como unidades sólidas aptas para ser utilizadas en muros portantes.

6. Los ladrillos de arcilla industrial utilizados en el presente trabajo de investigación, clasificaron como ladrillos Tipo I (de baja durabilidad y resistencia), debido a que la resistencia a compresión ( $f'_{b} = 52 \text{ Kg/cm}^2$ ) superó ligeramente la mínima resistencia especificada en la Norma E.070 para ladrillos del Tipo industrial. Esta clasificación, los ubica como unidades de albañilería aptas para ser empleadas bajo condiciones de exigencias mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), ubicados en la Zona 1 y 2 (Zonificación de la Norma Sismo resistente E.030), y evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para futuras investigaciones realizar ensayos de albañilería a un lote conformado por unidades de ladrillos industriales de diversas marcas expandidas en el mercado de la localidad, a fin de contrastar los resultados obtenidos con las especificaciones dadas por el fabricante y realizar al mismo tiempo un análisis y recomendación de las unidades de albañilería industrial, comercializadas en nuestro medio.
2. Se propone como línea de aplicación futura estudiar el uso del Antisol en el curado de estructuras de concreto. Con esto se tendría un abanico más amplio de aplicaciones prácticas para ser usadas en nuestro medio.

## REFERENCIAS

1. A.C.I. (1981) Manual of Concrete of Practice. American Concrete Institute. Parte 3.
2. NTE. (1981) Materiales Refractarios. Determinación del Alabeo.
3. Mosqueira, Jorge & Díaz Ramos, Marina (1984) Ensayo de Albañilería Utilizando Ladrillo de Arcilla Cocida. Trabajo de graduación Ing. Civil. Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca.
4. San Bartolomé, Ángel (1994) Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Primera Edición. Lima – Perú.
5. Aguirre, Dionisia. (2004) Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
6. Gallegos, Héctor; Casabonne, Carlos (2005) Albañilería estructural. Tercera Edición. Pontificia Universidad Católica del Perú.
7. San Bartolomé, Ángel & Pérez, Álvaro. 2006. Efectos de la edad de los especímenes de albañilería sobre su resistencia a compresión axial y diagonal. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
8. Bonilla, Dante E. (2006) Factores de Corrección de la Resistencia en Compresión de Prismas de Albañilería por Efectos de Esbeltez. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
9. San Bartolomé, Ángel; Castro, Mirlene (2007) Efectos de Cinco Variables sobre la Resistencia de la Albañilería. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.

10. San Bartolomé, Ángel; Romero, Cesar; Torres, Juan Carlos (2007) Mejora de la Adherencia Bloque-Mortero. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
11. Morante, Álvaro A. (2008) Mejora de la Adherencia Mortero Ladrillo de Concreto. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
12. Angles, Paola D. (2008) Comparación del Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de un Muro Confinado con Ladrillos de Concreto y otro con Ladrillos de arcilla. Trabajo de graduación Ing. Civil. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.
13. Fernández, L., Marín, F., Varela, J. y Vargas, G. (2009) Determinación de la Resistencia a Compresión Diagonal y el Módulo de Cortante de la Mampostería de Bloques Huecos de Concreto. Artículo de Científico. Mérida – México.
14. Viviescas, Álvaro (2009) Modelos simples para el análisis de Muros de obra de Fábrica cargados en su plano. Tesis Doctoral. Barcelona-España. Universidad Politécnica de Catalunya.
15. Cabezas, Francisco J. (2011) Estimación Analítica de la Resistencia al Corte de Muros de Albañilería Confinada Mediante el Modelo Crisafulli. Santiago de Chile. Trabajo de graduación Ing. Civil.
16. AFAM (Asociación nacional de Fabricantes de Mortero (2011) Artículo de Investigación: “Características de los morteros” – Artículo creado en el marco del programa de afiliados Construpedia. España.

## ANEXOS



**ANEXO N° 1**  
**FICHAS DE LABORATORIO**

**ANEXO N° 2**  
**FOTOGRAFÍAS**

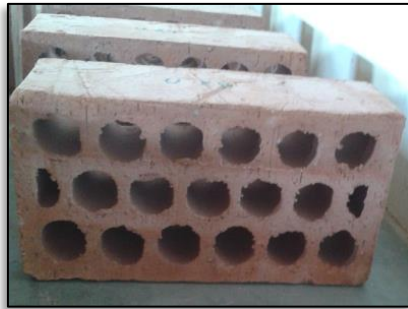


Figura N° 33. Ladrillo con ranuras perpendiculares a la cara de asiento.



Figura N° 34. Medición de dimensiones usando el vernier.



Figura N° 35. Unidades analizadas con Concavidad y Convexidad nula.



Figura N° 36. Ladrillos secos al horno a una temperatura de 110°C por 24 horas.





	<p>Figura N° 37. Ladrillos extraídos luego del proceso de inmersión</p>
	<p>Figura N° 38. Peso saturado</p>
	<p>Figura N° 39. Secado en horno de los ladrillos durante 24 horas.</p>
	<p>Figura N° 40. Se observa el ladrillo y la bandeja al momento del ensayo.</p>



Figura N° 41. Preparación de las unidades enteras de albañilería para el ensayo de compresión.



Figura N° 42. Muestra entera colocada en la máquina de ensayo.



Figura N° 43. Uso del Tamiz N° 4 para la selección de arena.



Figura N° 44. Arena tamizada, usada en la construcción de pilas y muretes.



Figura N° 45. Mortero de proporción 1:4.



Figura N° 46. Compactado y Vibrado de cubos de mortero.



Figura N° 47. Cubos de morteros ensayados a los 28 días.



Figura 48. Falla de la Probeta de Mortero V-1



Figura N° 49. Selección de ladrillos para la elaboración de Pilas.



Figura N° 50. Pilas Curadas con Antisol Sika.



Figura N° 51. Pilas curadas después de tres horas de construidas





Figura N° 52. Preparación del  
equipo para ensayo de  
compresión axial.



Figura N° 53. Pilas de  
albañilería antes de ser  
sometidas al ensayo de  
compresión axial



Figura N° 54. Ensayo de  
compresión axial de  
albañilería



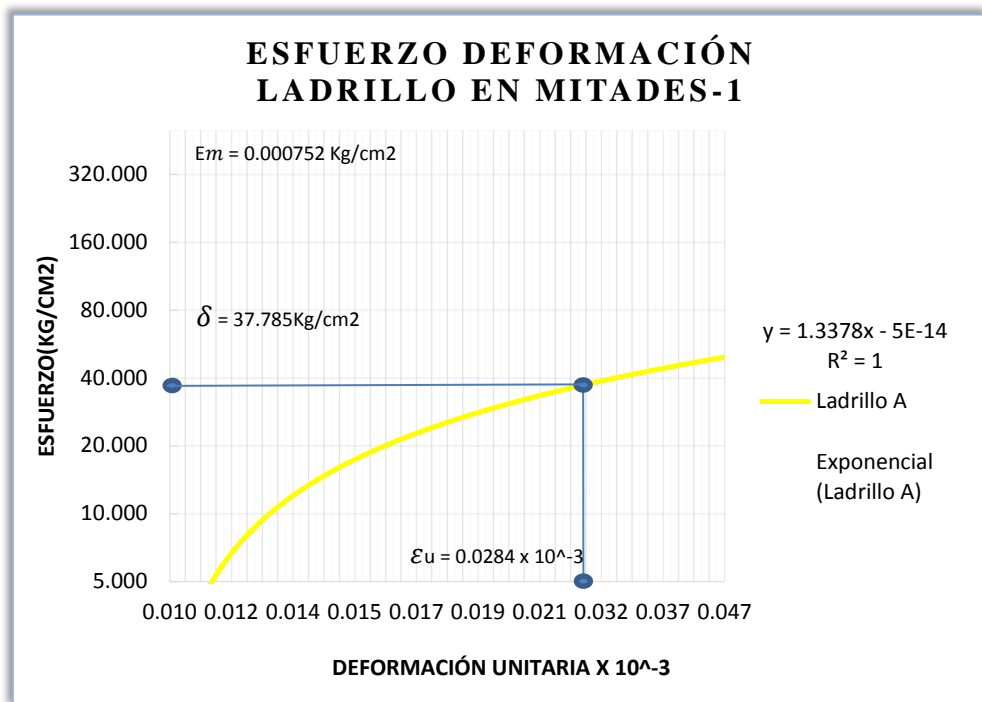
**ANEXO N° 2**  
**TABLAS Y GRÁFICAS ESFUERZO DEFORMACIÓN**

## A. LADRILLO 1

Cuadro N° 42. Datos ensayo a la compresión ladrillo - 1

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^v$ (mm)
1	200	0.90	149.500	1.338	0.0100
2	400	0.95	149.500	2.676	0.0105
3	600	0.99	149.500	4.013	0.0110
4	800	1.00	149.500	5.351	0.0111
5	1000	1.07	149.500	6.689	0.0119
6	1200	1.12	149.500	8.027	0.0124
7	1400	1.15	149.500	9.365	0.0128
8	1600	1.20	149.500	10.702	0.0133
9	1800	1.24	149.500	12.040	0.0138
10	2000	1.27	149.500	13.378	0.0141
11	2200	1.30	149.500	14.716	0.0144
12	2400	1.34	149.500	16.054	0.0149
13	2600	1.35	149.500	17.391	0.0150
14	2800	1.40	149.500	18.729	0.0155
15	3000	1.44	149.500	20.067	0.0160
16	3200	1.50	149.500	21.405	0.0166
17	3400	1.55	149.500	22.742	0.0172
18	3600	1.57	149.500	24.080	0.0174
19	3800	1.65	149.500	25.418	0.0183
20	4000	1.70	149.500	26.756	0.0189
21	4200	1.75	149.500	28.094	0.0194
22	4400	1.78	149.500	29.431	0.0197
23	4600	1.80	149.500	30.769	0.0200
24	4800	1.85	149.500	32.107	0.0205
25	5000	1.90	149.500	33.445	0.0211
26	5200	1.95	149.500	34.783	0.0216
27	5400	2.30	149.500	36.120	0.0255
28	5600	2.45	149.500	37.458	0.0272
29	5800	2.90	149.500	38.796	0.0322
30	6000	3.20	149.500	40.134	0.0355
31	6200	3.25	149.500	41.472	0.0361
32	6400	3.29	149.500	42.809	0.0365
33	6600	3.35	149.500	44.147	0.0372
34	6800	3.90	149.500	45.485	0.0433
35	7000	4.00	149.500	46.823	0.0444
36	7200	4.10	149.500	48.161	0.0455
37	7400	4.22	149.500	49.498	0.0468

Figura N° 55. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Unidad de albañilería N° 1



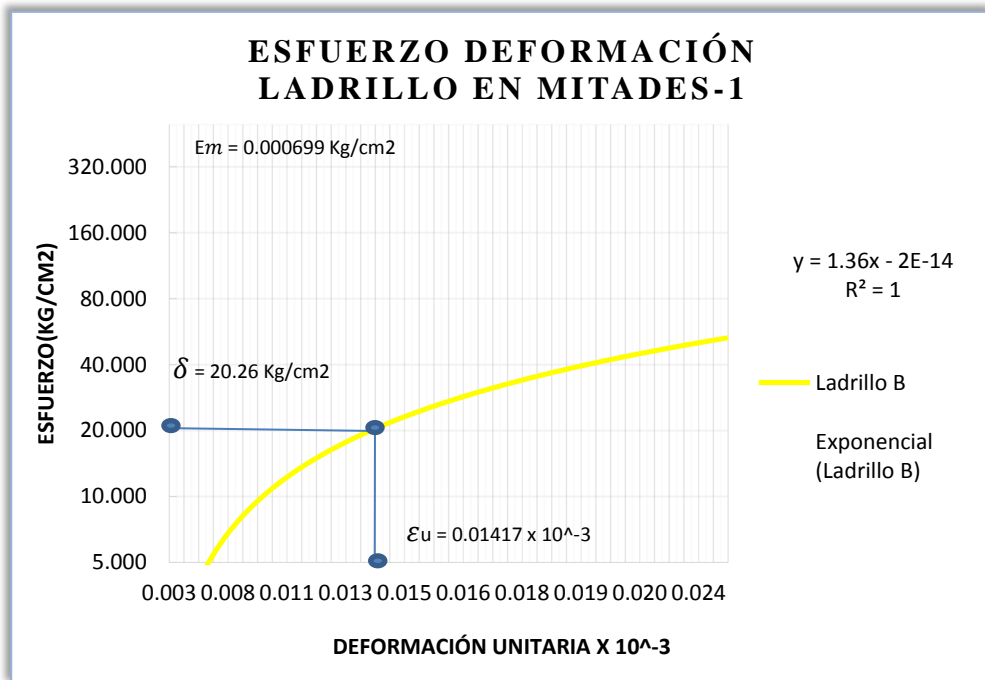
## B. LADRILLO 2

Cuadro N° 43. Datos ensayo a la compresión ladrillo – 2

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	200	0.30	147.060	1.360	0.0033
2	400	0.43	147.060	2.720	0.0048
3	600	0.50	147.060	4.080	0.0056
4	800	0.58	147.060	5.440	0.0064
5	1000	0.72	147.060	6.800	0.0080
6	1200	0.80	147.060	8.160	0.0089
7	1400	0.85	147.060	9.520	0.0094
8	1600	0.92	147.060	10.880	0.0102
9	1800	0.96	147.060	12.240	0.0107
10	2000	1.00	147.060	13.600	0.0111
11	2200	1.08	147.060	14.960	0.0120
12	2400	1.15	147.060	16.320	0.0128
13	2600	1.20	147.060	17.680	0.0133
14	2800	1.23	147.060	19.040	0.0137
15	3000	1.28	147.060	20.400	0.0142
16	3200	1.30	147.060	21.760	0.0144
17	3400	1.33	147.060	23.120	0.0148
18	3600	1.36	147.060	24.480	0.0151
19	3800	1.39	147.060	25.840	0.0154
20	4000	1.41	147.060	27.200	0.0157
21	4200	1.47	147.060	28.560	0.0163
22	4400	1.51	147.060	29.920	0.0168
23	4600	1.54	147.060	31.280	0.0171
24	4800	1.56	147.060	32.640	0.0173
25	5000	1.59	147.060	34.000	0.0177
26	5200	1.61	147.060	35.360	0.0179
27	5400	1.64	147.060	36.720	0.0182
28	5600	1.67	147.060	38.080	0.0186
29	5800	1.69	147.060	39.440	0.0188
30	6000	1.72	147.060	40.800	0.0191
31	6200	1.75	147.060	42.160	0.0194
32	6400	1.80	147.060	43.520	0.0200
33	6600	1.81	147.060	44.880	0.0201
34	6800	1.90	147.060	46.240	0.0211
35	7000	1.97	147.060	47.600	0.0219

36	7200	2.00	147.060	48.960	0.0222
37	7400	2.15	147.060	50.320	0.0239
38	7600	2.20	147.060	51.680	0.0244
39	7800	2.25	147.060	53.040	0.0250

Figura N° 56. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Unidad de albañilería N° 2

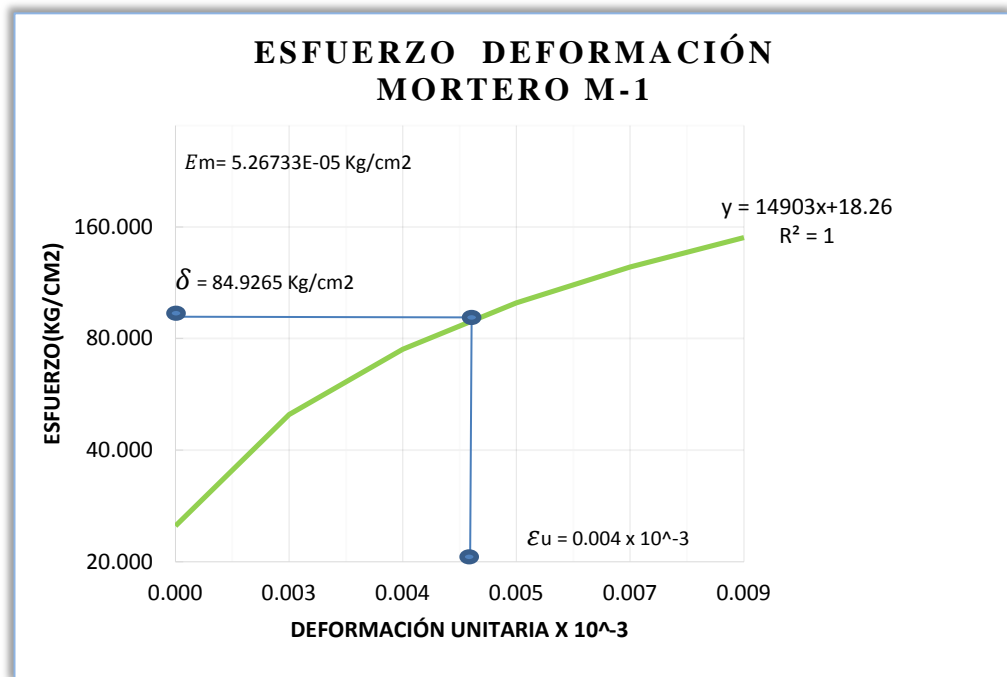


### C. PROBETA DE MORTERO – M1

Cuadro N° 44. Datos ensayo a la compresión Mortero - M1

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.012	20.030	24.963	0.000
2	1000	0.22	20.030	49.926	0.003
3	1500	0.31	20.030	74.889	0.004
4	2000	0.42	20.030	99.852	0.005
5	2500	0.55	20.030	124.815	0.007
6	3000	0.71	20.030	149.778	0.009

Figura N° 57. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Mortero M-1

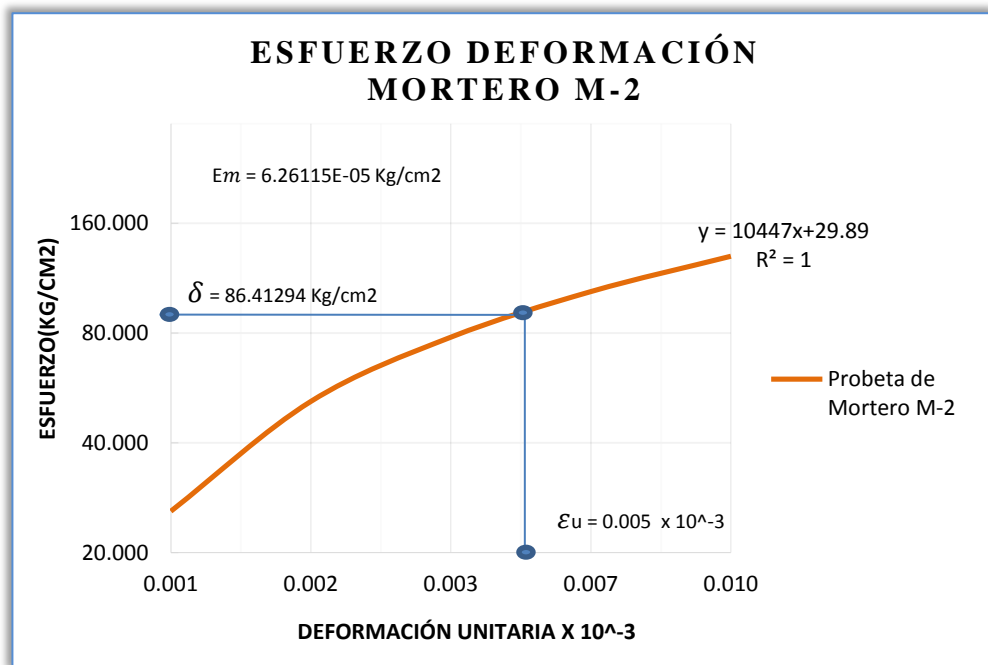


### D. PROBETA DE MORTERO – M2

Cuadro N° 45. Datos ensayo a la compresión Mortero – M2

Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
500	0.09	19.244	25.982	0.001
1000	0.18	19.244	51.964	0.002
1500	0.28	19.244	77.945	0.003
2000	0.53	19.244	103.927	0.007
2500	0.78	19.244	129.909	0.010

Figura N° 58. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Mortero M-2

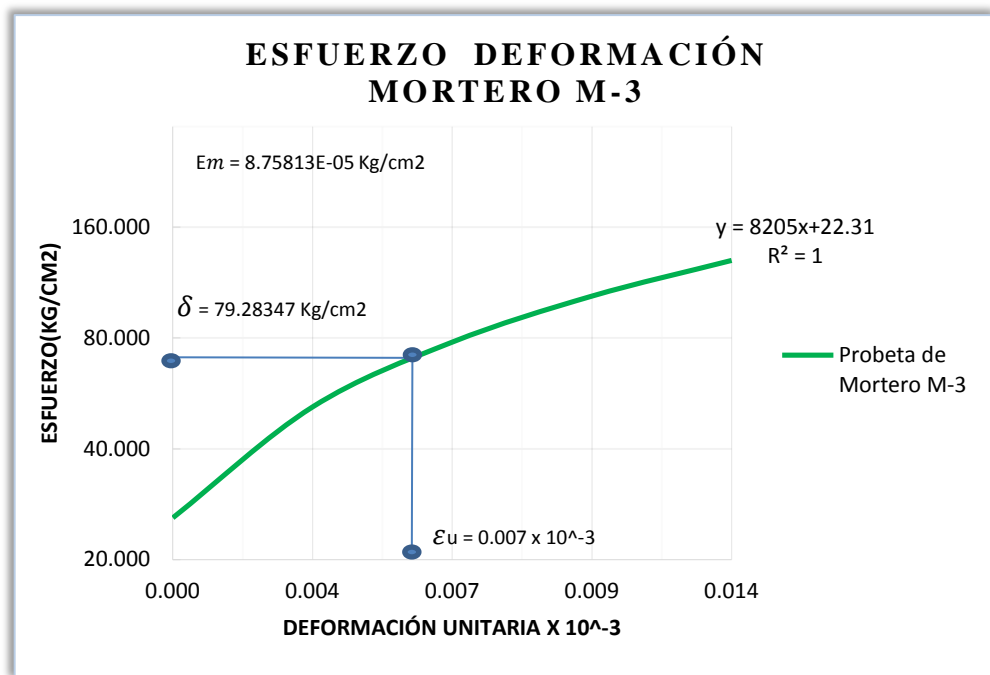


### E. PROBETA DE MORTERO – M3

Cuadro N° 46. Datos ensayo a la compresión Mortero – M3

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.021	19.244	25.982	0.0003
2	1000	0.35	19.244	51.964	0.0044
3	1500	0.56	19.244	77.945	0.0070
4	2000	0.69	19.244	103.927	0.0086
5	2500	1.09	19.244	129.909	0.0136

Figura N° 59. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Mortero M-3



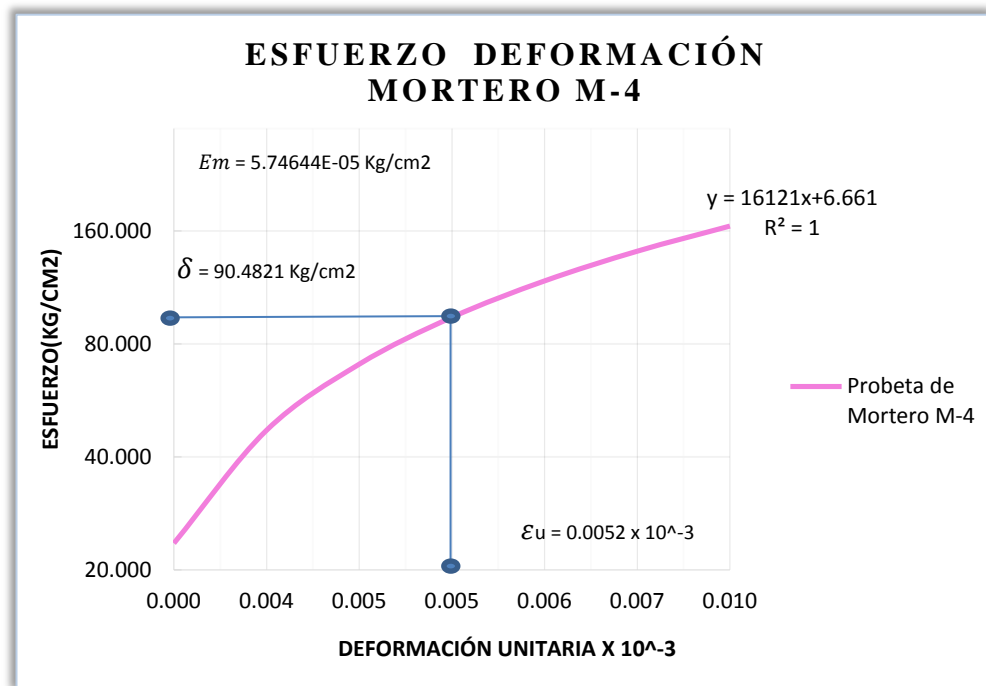


**F. PROBETA DE MORTERO – M4**

Cuadro N° 47. Datos ensayo a la compresión Mortero – M4

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm2	$\sigma$ (Kg/Cm2)	$\epsilon_u$ (mm)
1	500	0.024	21.237	23.544	0.0003
2	1000	0.31	21.237	47.087	0.0039
3	1500	0.39	21.237	70.631	0.0049
4	2000	0.43	21.237	94.174	0.0054
5	2500	0.5	21.237	117.718	0.0062
6	3000	0.58	21.237	141.261	0.0072
7	3500	0.81	21.237	164.805	0.0101

Figura N° 60. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Mortero M-4

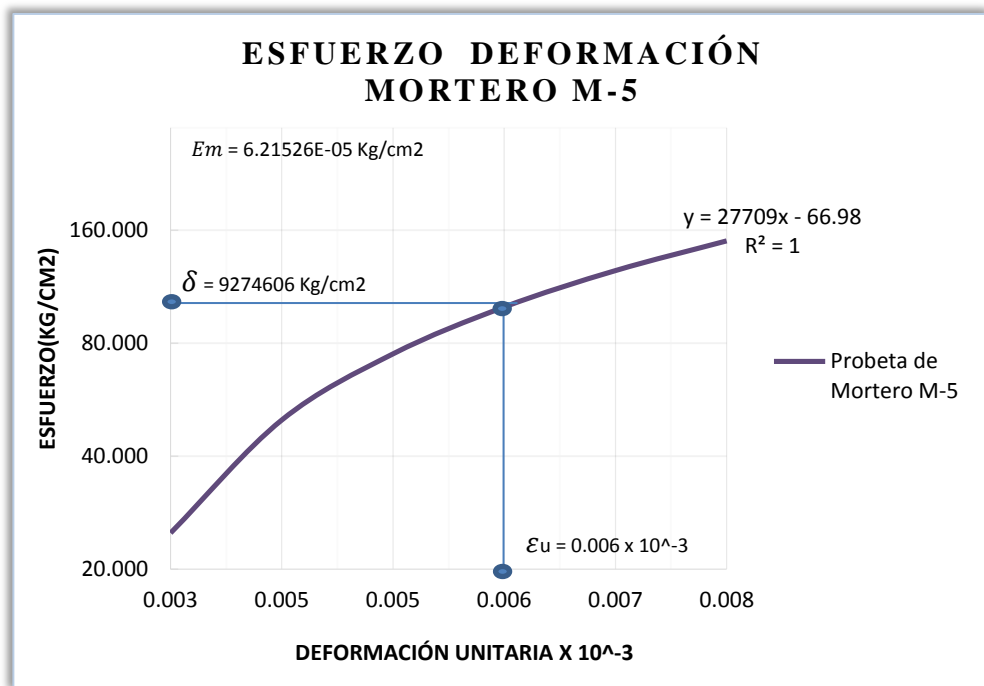


**G. PROBETA DE MORTERO – M5**

Cuadro N° 48. Datos ensayo a la compresión Mortero – M5

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm2	$\sigma$ (Kg/Cm2)	$\epsilon_u$ (mm)
1	500	0.25	20.030	24.963	0.0031
2	1000	0.36	20.030	49.926	0.0045
3	1500	0.42	20.030	74.889	0.0053
4	2000	0.47	20.030	99.852	0.0059
5	2500	0.54	20.030	124.815	0.0068
6	3000	0.67	20.030	149.778	0.0084

Figura N° 61. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Mortero M-5

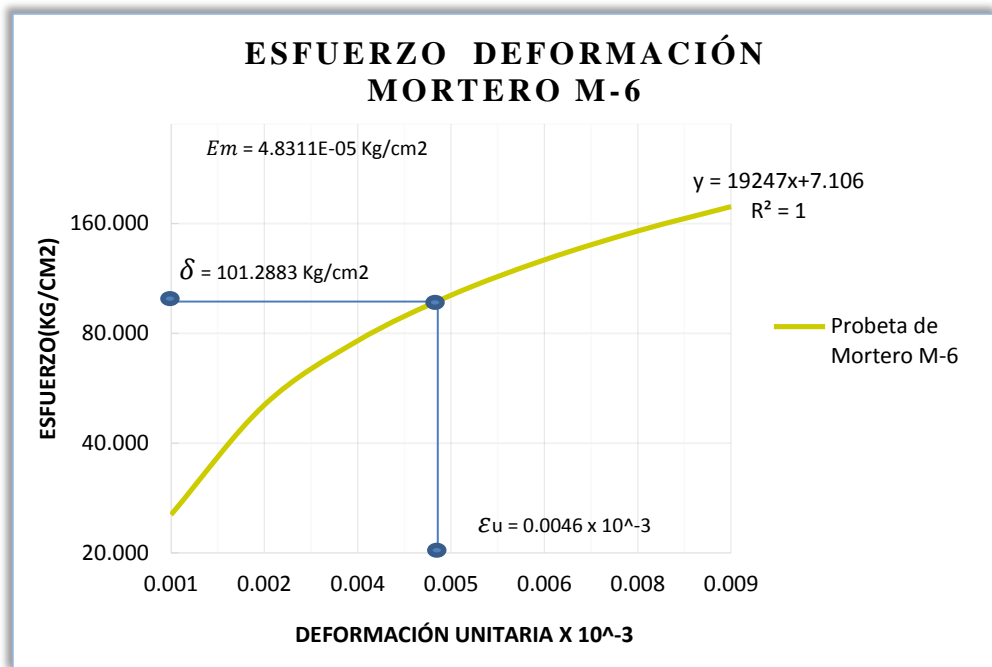


## H. PROBETA DE MORTERO – M6

Cuadro N° 49. Datos ensayo a la compresión Mortero – M6

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.07	19.635	25.465	0.001
2	1000	0.18	19.635	50.929	0.002
3	1500	0.31	19.635	76.394	0.004
4	2000	0.42	19.635	101.859	0.005
5	2500	0.51	19.635	127.324	0.006
6	3000	0.65	19.635	152.788	0.008
7	3500	0.71	19.635	178.253	0.009

Figura N° 62. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Mortero M-6

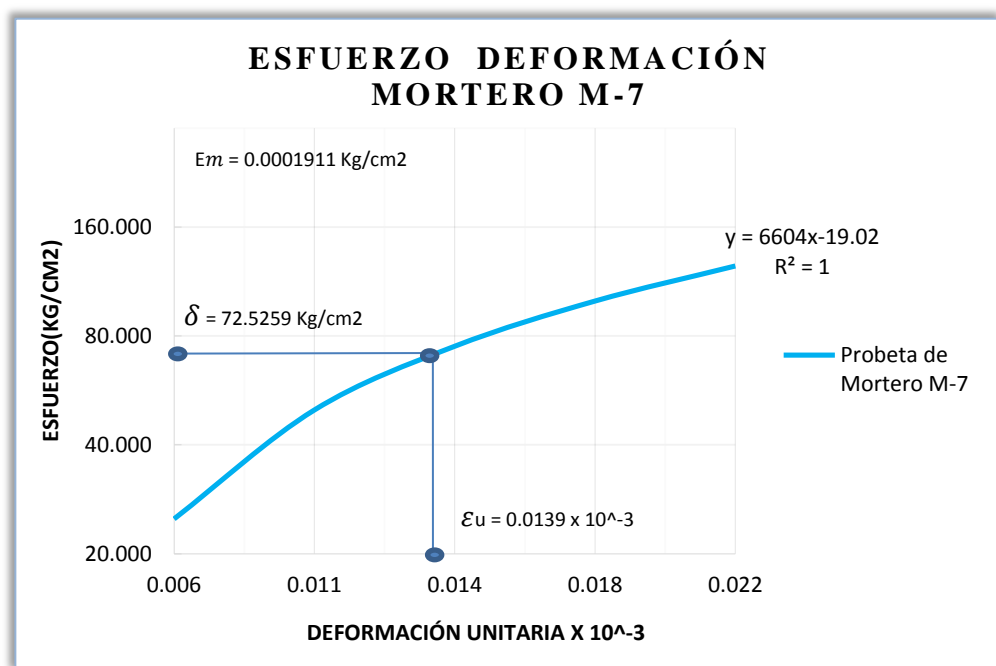


## I. PROBETA DE MORTERO – M7

Cuadro N° 50. Datos ensayo a la compresión Mortero – M7

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.31	20.030	24.963	0.0061
2	1000	0.57	20.030	49.926	0.0113
3	1500	0.72	20.030	74.889	0.0143
4	2000	0.9	20.030	99.852	0.0178
5	2500	1.09	20.030	124.815	0.0216

Figura N° 63. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Mortero M-7

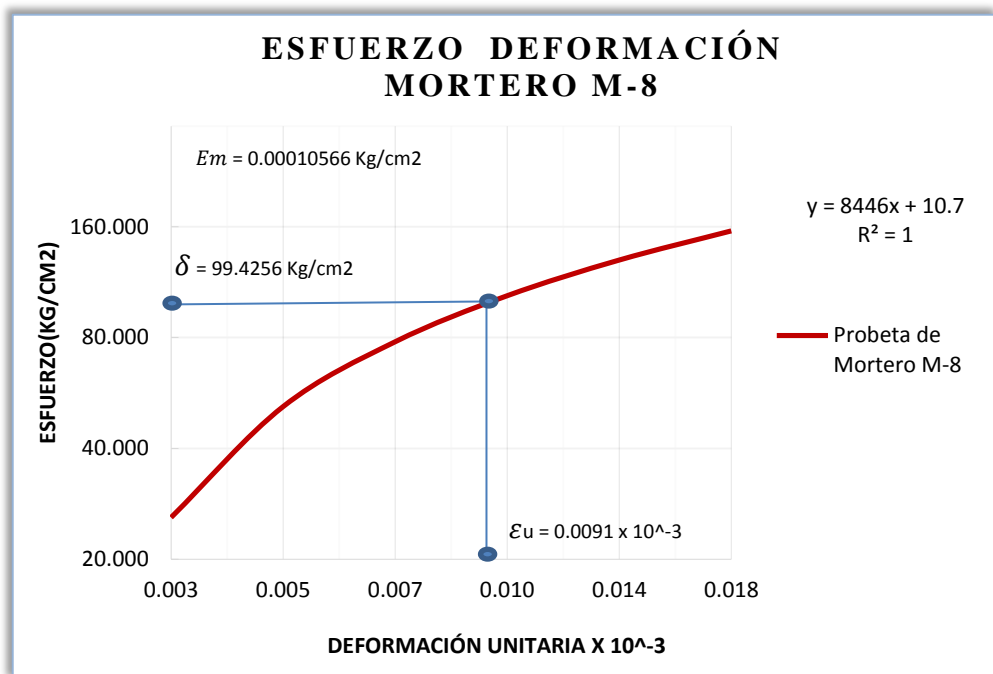


**J. PROBETA DE MORTERO – M8**

Cuadro N° 51. Datos ensayo a la compresión Mortero – M8

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.14	19.244	25.982	0.003
2	1000	0.27	19.244	51.964	0.005
3	1500	0.37	19.244	77.945	0.007
4	2000	0.5	19.244	103.927	0.010
5	2500	0.7	19.244	129.909	0.014
6	3000	0.9	19.244	155.891	0.018

Figura N° 64. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Mortero M-8

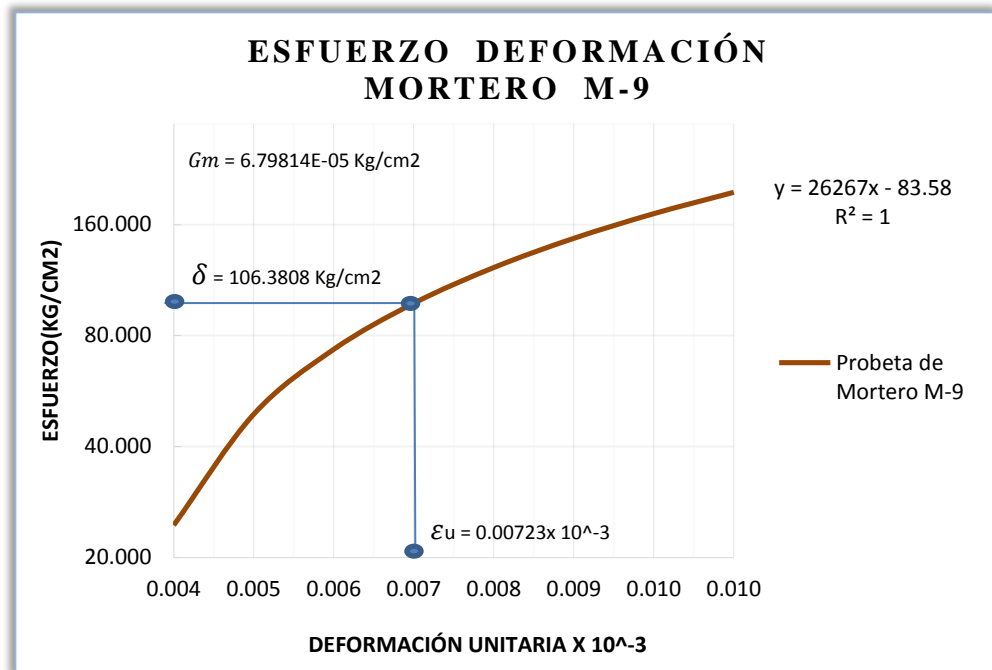


## K. PROBETA DE MORTERO – M9

Cuadro N° 52. Datos ensayo a la compresión Mortero – M9

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon^u$ (mm)
1	500	0.34	20.428	24.476	0.004
2	1000	0.44	20.428	48.952	0.005
3	1500	0.52	20.428	73.428	0.006
4	2000	0.59	20.428	97.904	0.007
5	2500	0.65	20.428	122.380	0.008
6	3000	0.75	20.428	146.855	0.009
7	3500	0.8	20.428	171.331	0.010
8	4000	0.82	20.428	195.807	0.010

Figura N° 65. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Mortero M-9

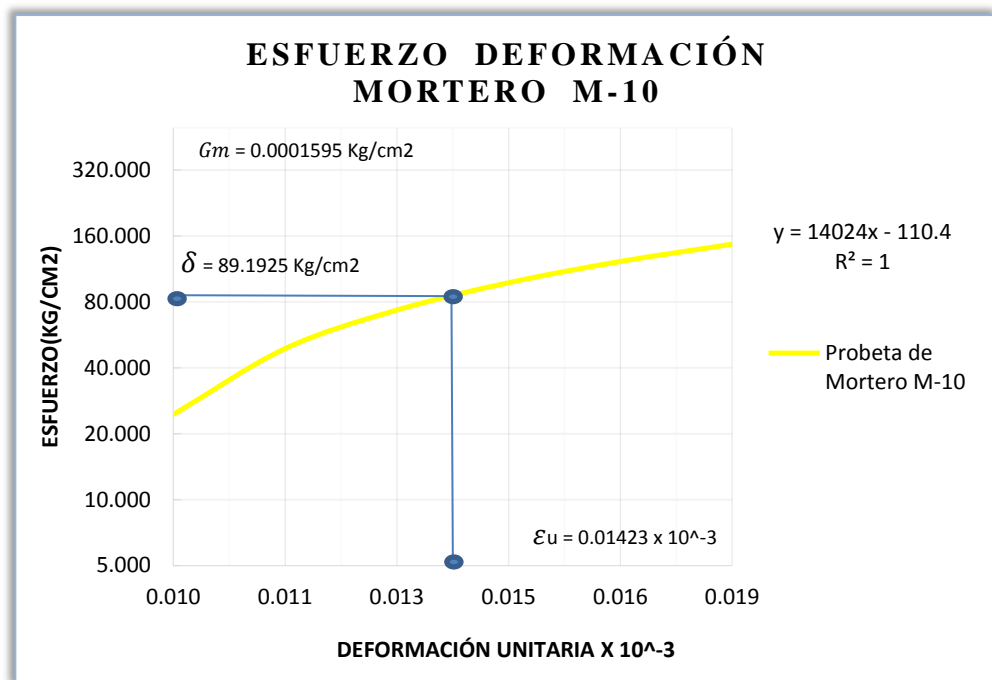


**L. PROBETA DE MORTERO – M 10**

Cuadro N° 53. Datos ensayo a la compresión Mortero – M10

Punto	Carga (kg)	D (mm)	Área cm <sup>2</sup>	$\sigma$ (Kg/Cm <sup>2</sup> )	$\epsilon_u$ (mm)
1	500	0.78	20.428	24.476	0.0097
2	1000	0.92	20.428	48.952	0.0115
3	1500	1.05	20.428	73.428	0.0131
4	2000	1.18	20.428	97.904	0.0147
5	2500	1.3	20.428	122.380	0.0162
6	3000	1.5	20.428	146.855	0.0187

Figura N° 66. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación  
Mortero M-10



**ANEXO N° 3**  
**DISEÑO DEL MORTERO**




➤ **DISEÑO DE MORTERO:**

CEMENTO TIPO:	I ASTM C 150		PESO ESPECIFICO:	3.11 gr/cm <sup>3</sup>
f <sub>c</sub> =	140.00 kg/cm <sup>2</sup>			
Agregado global				
P. Especifico de masa:	2.48 gr/cm <sup>3</sup>			
Peso Unitario suelto	1512.65 kg/m <sup>3</sup>			
Peso Unitario Compactado	1735.22 kg/m <sup>3</sup>			
Contenido de humedad (%)	7.37			
Absorción (%)	0.97			
Módulo de finura global	2.57			
Porcentaje que pasa por malla N° 200	4.97			
Peso volumétrico cal	640.00 kg/m <sup>3</sup>			
Pe Cal	2300.00 kg/m <sup>3</sup>			
Asentamiento	4" - 8"			
Mortero Tipo 2	Cemento	Cal	agregado	Agua Aprox
Dosificación:	1	0.25	4	1.05
Volumen aparente	1.00 pie <sup>3</sup>	0.25 pie <sup>3</sup>	4.00 pie <sup>3</sup>	1.05
Peso muestra seca	42.50 kg	4.53 kg	171.33 kg	44.63 lts
Volumen absoluto	0.01367 m <sup>3</sup>	0.00197 m <sup>3</sup>	0.06919 m <sup>3</sup>	0.04463 m <sup>3</sup>
Aire 1%	0.00129 m <sup>3</sup>			
Sumatoria	0.13074 m <sup>3</sup>			
Numero de bolsas	7.649 bolsas			
Material por m <sup>3</sup>	325.07 kg	34.65 kg	1310.46 kg	341.32 lts
Peso materiales húmedos	325.07 kg	34.65 kg	1407.044501	257.4441602

**ANEXO N° 4**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS LADRILLO KING KONG H18 ITAL PERÚ**

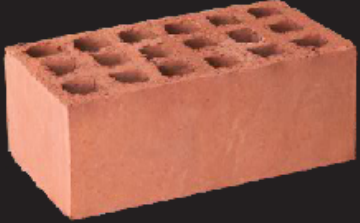
Correo Itai

King Kong 18 Huecos | King Kong 30%



### Portantes | King Kong 18 huecos

El King Kong 18 huecos es el ladrillo portante por excelencia. Sus dimensiones en el Perú son casi estándar y es uno de los materiales cuyas características técnicas son constantemente monitoreadas dada su importancia dentro de cualquier edificación.



### Propiedades

R.Compres. daN/m2	Densidad g/cm3	Abs. Máxima en %	Coef. Satur. < 1.00	Efloresc.	Alabeo en %	alto	ancho	largo	Peso en Kg.	Unid.por m2	
										soga	cabeza
126.0	1.99	12.00	0.90	Sin Eflor.	2.00	09	13	24	3.30	38 aprox	65 aprox

[Portantes](#) | [Tabiques](#) | [Techos](#) | [Acabados](#)

Nuestros Productos

Home

i.i.i. Av. La Capitana Mz. L Lote 9 Huachipa - Lima. | (51 1) 356-2424 / 356-1888 / 356 1914 / 356 2347 | [ventas@ladrillositalperu.com](mailto:ventas@ladrillositalperu.com)

**ANEXO N° 5**  
**ESPECIFICACIONES CURADOR LÍQUIDO - ANTISOL**

Hoja Técnica  
Edición 1,2007  
Identificación no. 14010  
Antisol Blanco

## Antisol® Blanco

Curador para concreto y mortero, con base agua.

<b>Descripción</b>	Emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el concreto o mortero fresco, una película de baja permeabilidad que evita la pérdida prematura de humedad para garantizar un completo curado del material. Cumple con la norma ASTM C 309.
<b>Usos</b>	<b>Antisol Blanco</b> se utiliza para curar el concreto o mortero, la película que forma retiene el agua de la mezcla evitando el resecamiento prematuro, garantizando una completa hidratación del cemento, un normal desarrollo de resistencias y ayudando a controlar el agrietamiento del concreto o mortero.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Impide el resecamiento prematuro del concreto permitiendo el normal desarrollo de las resistencias.</li> <li>■ Se aplica solamente una vez, reduciendo así los costos de curado de concretos y morteros.</li> <li>■ Viene listo para usar y es fácil de aplicar.</li> <li>■ Ayuda a controlar el agrietamiento en grandes áreas expuestas al sol y al viento.</li> <li>■ La pigmentación del producto permite la fácil identificación del área tratada.</li> <li>■ Especialmente diseñado para el curado en recintos cerrados ya que no contiene solventes.</li> </ul>
<b>Modo de Empleo Aplicación del Producto</b>	<p><b>Antisol Blanco</b> viene listo para ser usado, el producto NO debe diluirse por ningún motivo. Previo a su aplicación se deberá mezclar enérgicamente el contenido del envase, operación que deberá repetirse continuamente durante su aplicación, se aplica sobre la superficie del concreto o mortero haciendo uso de una fumigadora accionada manualmente o de un aspersor neumático. El área a curar se debe cubrir totalmente.</p> <p>La aplicación del curador debe hacerse tan pronto desaparezca el agua de exudación del concreto o mortero, situación fácilmente detectable pues la superficie cambia de brillante a mate.</p> <p>La aplicación también puede efectuarse con brocha, sólo que en este caso la superficie es rayada por las cerdas de la brocha y el consumo se incrementa.</p>
<b>Consumo</b>	Aplicado con fumigadora o aspersor neumático aproximadamente 200 g/m <sup>2</sup> .
<b>Datos Técnicos</b>	<p>Tipo: Emulsión acuosa de parafina. Color: Blanco. Densidad: 0,97 kg/l aprox.</p>
<b>Precauciones</b>	<b>Antisol Blanco</b> debe agitarse antes de usarse y periódicamente durante su aplicación. Viene listo para usarse, bajo ninguna circunstancia deberá permitirse que el producto se diluya.



**Medidas de Seguridad**

Proteja la película de la lluvia por lo menos dos (2) horas y del tráfico por lo menos durante siete (7) días. Antes de la aplicación de un recubrimiento o acabado deberá retirarse la película dejada por el curador por medios mecánicos. No se debe almacenar por debajo de 7° C, ya que a partir de los 7° C se rompe la emulsión y el producto se separa formando grumos.

**Almacenamiento**

Un (1) año en su envase original bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.

**Advertencia**

Todos nuestros productos han sido desarrollados y fabricados con toda la precaución razonable de acuerdo a normas de exactitud y calidad de Sika. La información que suministramos es correcta de acuerdo a nuestra experiencia; los productos tal como se venden, cumplen los fines para los cuales han sido fabricados. No obstante, no se responde por variaciones en el método de empleo, condiciones en que sean aplicados, cuando la vigencia del producto esté vencida, o si son utilizados en forma que afecten la salud o cualquier patente propiedad de otros. Para sus usos especializados o cuando surjan dudas en cuanto al uso o aplicación de un producto, deberá consultarse al Departamento Técnico de Sika.

Sika Mexicana S.A. de C.V.  
**Sika Responde**  
01 800 123 7452  
[sosporte.tecnico@mx.sika.com](mailto:sosporte.tecnico@mx.sika.com)  
[www.sika.com.mx](http://www.sika.com.mx)

**Planta y Regional Bajío**  
Tel: 01(442) 2 38 58 00  
Fax: 01(442) 2 25 05 37  
[Centro.información@mx.sika.com](mailto:Centro.información@mx.sika.com)  
[regional.bajio@mx.sika.com](mailto:regional.bajio@mx.sika.com)

**Regional Centro**  
Tel: 01(55) 26 26 54 30 y 39  
Fax: 01(55) 26 26 54 44 y 45  
[regional.centro@mx.sika.com](mailto:regional.centro@mx.sika.com)

**Regional Occidente**  
Tel: 01(33) 38 38 03 65  
Fax: 01(33) 38 38 43 60  
[regional.occidente@mx.sika.com](mailto:regional.occidente@mx.sika.com)

**Regional Norte**  
Tel: 01(81) 83 90 19 06 y 07  
Fax: 01(81) 83 90 19 08  
[regional.norte@mx.sika.com](mailto:regional.norte@mx.sika.com)

**Regional Sureste**  
Tel/Fax: 01(229) 921 82 79 / 86 79  
[regional.sureste@mx.sika.com](mailto:regional.sureste@mx.sika.com)

**Regional Noroeste**  
Tel: 01(662) 218 50 54 y 55  
Fax: 01(662) 260 51 00  
[regional.noroeste@mx.sika.com](mailto:regional.noroeste@mx.sika.com)

**Regional Baja Norte**  
Tel: 01(664) 621 73 55  
01(664) 621 66 28 / 67 75  
[regional.bajanorte@mx.sika.com](mailto:regional.bajanorte@mx.sika.com)

**Oficina Baja Sur**  
Tel: 01(612) 165 41 33  
Fax: 01(612) 121 44 07  
[oficina.bajasur@mx.sika.com](mailto:oficina.bajasur@mx.sika.com)

