

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un ladrillo de arcilla  
adicionando el 2% y el 5% de ceniza de concha de abanico.**

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

Rondan Cahuana, Daniel Adrian

**Asesor**

Castañeda Gamboa, Rogelio

Chimbote – Perú

2020

## 1. PALABRA CLAVE

---

Tema	Resistencia del ladrillo
Especialidad	Tecnología de Materiales

---

## KEY WORDS

---

Topic	Brick Resistance
Specialization	Materials technology

---

## LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

---

Línea de investigación	Construcción y gestión de la construcción
Área	Ingeniería, Tecnología
Subarea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

---

## **2. TÍTULO**

**“RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN LADRILLO DE ARCILLA  
ADICIONANDO EL 2% Y EL 5% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO”**

### **3. RESUMEN**

La presente investigación de tesis se realizó entre los meses de Febrero y Marzo del año actual, con el fin de estudiar la influencia de la ceniza de la concha de abanico en la resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla artesanal.

La tesis se inició con la descripción teórica, clasificación y determinación de las diferentes propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos, la cual se determinó de acuerdo a la norma técnica peruana E.070.

La metodología de la investigación consistió en preparar la mezcla para el ladrillo de una arcilla de Caraz, a esta se le adiciono 2% y 5% de ceniza de concha de abanico, posteriormente se dejó secar durante 10 días bajo sombra, seguido se quemó en las instalaciones del consorcio L y M, por último se sometió al ensayo de compresión en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

Los resultados obtenidos de los ladrillos patrones fueron 108.11 kg/cm<sup>2</sup>, los ladrillos adicionando 2% de ceniza fueron 124.73 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que los adicionados con 5% de ceniza fueron 91.63 kg/cm<sup>2</sup>.

Concluyendo, los ladrillos de arcilla hechas con 2 % de cenizas de concha de abanico mejoraron la resistencia a la compresión en un 15.37% con respecto a los ladrillos patrones, caso contrario ocurrió con los hechos con 5% de ceniza de concha de abanico la cual bajo la resistencia.

#### **4. ABSTRACT**

The present thesis research was carried out between the months of February and March of the current year, in order to study the influence of the ash of the scallop on the resistance to compression of artisan clay bricks.

The thesis begins with the theoretical description, classification and determination of the different physical and mechanical properties of the bricks, which was determined according to the Peruvian technical standard E.070.

The research methodology consisted in preparing the mixture for the brick of a Caraz clay, to which 2% and 5% of scallop ash was added, later it was allowed to dry for 10 days in the shade, followed by burning in the facilities of the L and M consortium, finally underwent the compression test in the soil laboratory of the San Pedro University.

The results obtained from the standard bricks were 108.11 kg / cm<sup>2</sup>, the bricks adding 2% ash were 124.73 kg / cm<sup>2</sup>, while those added with 5% ash were 91.63 kg / cm<sup>2</sup>.

In conclusion, the clay bricks made with 2% of scallop ash improved the compressive strength by 15.37% with respect to the standard bricks, the opposite case occurred with the ones made with 5% scallop ash which under resistance.

## ÍNDICE

1. Palabra clave.....	i
2. Título.....	ii
3. Resumen.....	iii
4. Abstract.....	iv
5. Introducción.....	01
6. Metodología.....	39
7. Resultados.....	56
8. Análisis y discusión.....	65
9. Conclusiones.....	70
10. Recomendaciones.....	72
11. Referencias bibliográficas.....	73
12. Anexos.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Composición Química de la concha de abanico.....	20
Tabla N° 2. Componentes Físicos de la concha de abanico.....	21
Tabla N° 3. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	23
Tabla N° 4. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales (2006).....	24
Tabla N° 5. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales (2003).....	24
Tabla N° 6. Cosecha de conchas de abanico.....	26
Tabla N° 7. Dosificación de unidad de ladrillo con ceniza de concha de abanico.....	36
Tabla N° 8. Dosificación para 5 ladrillos con polvo de concha de abanico.....	36
Tabla N° 9. Operacionalización de la variable.....	37
Tabla N° 10. Técnica e instrumento de investigación.....	46
Tabla N° 11. Granulometría por tamizado del suelo.....	56
Tabla N° 12. Contenido de humedad del suelo.....	57
Tabla N° 13. Límites de consistencia del suelo.....	58
Tabla N° 14. Caracterización de la arcilla.....	62
Tabla N° 15. Relación agua-suelo.....	62
Tabla N° 16. Resistencia a la compresión de ladrillo patrón.....	63
Tabla N° 17. Resistencia a la compresión de ladrillo experimental 2%.....	63
Tabla N° 18. Resistencia a la compresión de ladrillo experimental 5%.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Curva granulométrica de suelo arcilloso.....	57
Figura N° 2. Gráfica de límites de consistencia.....	58
Figura N° 3. Gráfica ubicación límites de Atterberg en ábaco de Casagrande.....	59
Figura N° 4. Gráfica ubicación límites en diagrama de Holtz y Kovacs.....	59
Figura N° 5. Curva de pérdida de masa de arcilla.....	60
Figura N° 6. Curva calorimétrica diferencial de barrido de arcilla.....	60
Figura N° 7. Curva de pérdida de masa de concha de abanico.....	61
Figura N° 8. Curva calorimétrica diferencial de barrido de concha de abanico.....	61
Figura N° 9. Gráfica resistencia vs % ceniza de concha de abanico.....	64



## **5. INTRODUCCIÓN**

### **5.1. ANTECEDENTES**

#### **5.1.1. NIVEL INTERNACIONAL**

Díaz, Y.(2014). Esta investigación tuvo como propósito definir la influencia de la cantidad de porcentaje de carbonato de calcio y el perfil energético en la producción de ladrillos, adicionando bajas cantidades de carbonato de calcio como fundente en la fabricación de ladrillos de arcilla, esta consecuencia se da gracias a los cambios de las reacciones que se producen en las arcillas durante el tratamiento térmico por la existencia de la calcita, que acepta que la sinterización se dé a temperaturas más bajas en las arcillas en estudio, la investigación realizó un tremendo estudio de los cambios en las propiedades físico-químico-mecánico que se producen a escala microscópico y macroscópico, siendo dicha investigación de tipo aplicada con diseño de investigación experimental, llegando al final a las siguientes conclusiones: El uso de carbonato de calcio como fundente se representa como una buena alternativa, para mejorar de una u otra manera la eficiencia energética en la fabricación de ladrillos de arcilla, no teniendo la necesidad para su implementación de cambios tecnológicos de importancia; Con la adición de cantidades bajas de carbonato de calcio a la mezcla arcillosa utilizada en la fabricación de ladrillos de barro, se baja considerablemente el tiempo de secado en un 35% con comparación con los ladrillos elaborados sin la adición; En los ensayos de calidad que fueron sometidas las muestras, arrojaron que el empleo de carbonato de calcio como fundente en la fabricación de ladrillos cocidos, no producen afectaciones en la calidad del producto terminado, por lo contrario tiende a mejorar en ciertos aspectos. (Concurso de ponencias). III Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Manabí Portoviejo, Ecuador.

### **5.1.2. NIVEL NACIONAL**

Carrasco, L. y Martínez, D. (2015). Esta investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del porcentaje de adición de conchas de abanico pulverizadas sobre la resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla y disminuir su temperatura de cocción haciéndola energéticamente eficiente, disminuyendo así, con los problemas ocasionados por la huella de CO<sub>2</sub> que deja fábricas de ladrillo y a su vez con la acumulación de restos de conchas en las zonas de extracción y cultivo, siendo dicha investigación de tipo aplicada con diseño de investigación experimental, llegando a las siguientes conclusiones: El porcentaje más adecuado para reemplazar carbonato de calcio (conchuela reciclada) en la mezcla arcillosa es al 2% y 5%, obteniéndose mejores propiedades mecánicas y físicas, La temperatura de cocción adecuada para el ladrillo es la de 900° C, obteniéndose mejores resultados físicos-mecánicos, El porcentaje máximo de conchas de abanico pulverizadas necesario para obtener una mejor resistencia a la compresión, en un ladrillo, sería el 2% y 5%, pues a este porcentaje y a una temperatura de 900° C se obtuvo una óptima cantidad de fase vítrea y una mayor formación de silicato bicalcico, con una resistencia promedio de 20.005 Mpa a 7 días de curado, El porcentaje de concha de abanico pulverizada y temperatura de cocción aplicada a nuestros ladrillos en estudio influyen significativamente con las mejoras de las propiedades físicas y mecánicas, tal como se prueba en los ensayos.(Concurso de ponencias estudiantiles). XXIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil.

### 5.1.3. NIVEL LOCAL

Rojas, N. (2017). Esta investigación tuvo como objetivo analizar comparativamente diferentes propiedades del ladrillo de arcilla artesanal y el ladrillo añadiendo escoria de horno eléctrico, fabricados en el distrito de Santa, en la ladrillera Jhossepy, conociendo su proceso de producción, así como también, analizando el producto terminado en el laboratorio GEOMG S.A.C. para determinar sus propiedades, siendo dicha investigación de tipo aplicada con diseño de investigación experimental, llegando como último a las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión del ladrillo patrón de arcilla es de  $87.93 \text{ Kg/cm}^2$  a diferencia del ladrillo con adición de escoria del 15% que tuvo una mayor resistencia a la compresión de  $135.70 \text{ Kg/cm}^2$ , debido a que la escoria contiene un alto porcentaje de Óxido de Calcio ( $\text{CaO}$ ) 22 – 60% y de Óxido Ferroso ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 38% lo cual hacen que la resistencia sea elevada; Dentro de las propiedades mecánicas se obtuvo que las siguientes resistencias con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico:  $98.93 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $113.40 \text{ Kg/cm}^2$  y  $135.70 \text{ Kg/cm}^2$  respectivamente. De igual manera en el ensayo de absorción se obtuvieron los siguientes resultados con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: 12.19%, 11.24% y 9.59% respectivamente. Por último, en el ensayo de alabeo se obtuvieron los siguientes resultados con 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: concavidad 0.60mm y convexidad 0.65mm, concavidad de 0.55mm y convexidad de 0.50mm, concavidad de 0.45mm y convexidad de 0.60mm respectivamente. (Tesis de postgrado). Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote.

## **5.2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO**

### **5.2.1. BASES TEÓRICAS**

#### **5.2.1.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA**

Material de construcción constituido por unidades de albañilería” asentadas con mezcla de mortero o por “unidades de albañilería” juntas o apiladas, en este último caso son unidas con concreto líquido. (Norma Técnica E.070, 2006).

La albañilería en general es un material estructural constituido que, en su forma básica, está integrado por unidades asentadas con mortero pegadas o unidas; hablamos de un material heterogéneo que presenta por naturaleza una resistencia a la compresión grande, mientras que la resistencia a la tracción es baja o nula, y está controlada por la adhesión entre la unidad de albañilería y el mortero. (Gallegos & Casabonne, 2005).

La albañilería o mampostería se define como un gran conjunto de unidades adheridas entre sí con algún material heterogéneo como por ejemplo el mortero de cemento o barro. Las unidades pueden ser artificiales o naturales. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011).

La albañilería en términos es un sistema de construcción que se produce de la superposición de unidades de albañilería asentadas entre sí por el mortero de cemento, creando así un conjunto monolítico definido como muro. (Abanto, 2013).

#### **5.2.1.2. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

En específico son ladrillos y bloques de arcilla quemada, puede ser de concreto o de sílice-cal, también puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (Norma Técnica E.070, 2006).

La unidad de albañilería en si es el componente más importante para la construcción de la albañilería, se produce de materias primas distintas: pueden ser en su mayoría de casos de arcilla, de concreto de cemento Portland reforzada con confitillo y por último de la mezcla de sílice y cal. Además, su fabricación se realiza en condiciones extremadamente diferentes unas

con otras: en sofisticadas fábricas de última tecnología automatizadas, bajo un estricto control de parámetros establecidos, o en precarios ambientes expuestos, la mayoría de veces provisionales y con poco o cero control de calidad, suelen denominarse generalmente ladrillos o bloques. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Los ladrillos se caracterizan por presentar dimensiones y pesos ya establecidos según norma de albañilería que los hacen maniobrable con una sola mano durante el proceso de asentado de las mismas, los bloques por el contrario están fabricados para ser manipuladas con las dos manos. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Según su fabricación pueden ser artesanales o industriales, cuando hablamos de unidades de arcilla y de concreto ambas pueden admitir las dos modalidades, caso contrario ocurre con las unidades sílico calcáreas que son únicamente elaboradas de forma industrial. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011).

### **5.2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

#### **➤ UNIDADES SÓLIDAS O MACIZAS**

Se define como unidades en la cual la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento presenta un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. (Norma Técnica E.070, 2006).

En este tipo de unidades las perforaciones o alvéolos, estrictamente perpendiculares a la cara de asiento, jamás deben sobrepasar más del 30% del área de la sección bruta, las unidades macizas o solidas no son solo aquellas que no presentan alvéolos, sino que también son aquellas que los tienen hasta un límite especificado, en la utilización de este tipo de unidades se consideran, para todas las propiedades sin excepción, que cuentan con una sección bruta. (Gallegos & Casabonne, 2005).

### ➤ UNIDADES HUECAS

Unidades de albañilería en la cual la sección transversal presenta un área igual o menor que el 70% del área bruta en el mismo plano, en cualquiera de sus planos paralelo a la superficie de asiento. (Norma Técnica E.070, 2006).

En las unidades de albañilería huecas el área alveolar presenta un exceso del 30% del área bruta y los alvéolos presentan dimensiones tales que pueden rellenarse con mortero de cemento. En este tipo de unidades de albañilería casi todas las propiedades de la sección corresponden a las de la sección neta. (Gallegos & Casabonne, 2005).

### ➤ UNIDADES PERFORADAS

Son unidades de albañilería en el cual los orificios también son obligatoriamente perpendiculares a la cara de asiento. (Norma Técnica E.070, 2006).

Las unidades perforadas presentan también, como las unidades huecas, más del 30% del área bruta ocupada por los orificios o alvéolos; sin embargo, estas se diferencian de ellas por la fabricación de los tamaños de los orificios en los cuales son reducidos a (menores de 4 x 5 cm) y, por consiguiente, no permiten ser llenados con mortero de cemento. (Gallegos & Casabonne, 2005).

### ➤ UNIDADES TUBULARES

En este tipo de unidades los orificios o alveolos a diferencia de las unidades sólidas, huecas o perforadas que se encuentran perpendiculares a la cara de asiento de la unidad, esta se encuentra paralelos a la cara de asiento. El tamaño de los orificios y la proporción del área de este tipo de unidades, en relación con el área bruta de la cara lateral de la unidad, varían enormemente en la fabricación industrial. En cuanto a sus propiedades y características resistentes se toman en cuenta y se consideran como si la unidad fuera sólida. (Gallegos & Casabonne, 2005).

Este tipo de unidades tubulares son las que presentan perforaciones a lo largo de la unidad hechas en paralelo a la cara de asiento, en este tipo podemos encontrar los ladrillos panderetas que son utilizadas en los muros tabiques las cuales no son portantes. (San Bartolome, Quiun, & Silva, 2011).

#### **5.2.1.4. TIPOS DE PROCESO DE FABRICACIÓN**

La fabricación de ladrillos puede llevarse a cabo de tres distintas formas, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana:

- 1. Artesanal:** Es el ladrillo fabricado con técnicas empíricas generalmente manuales. Este ladrillo es caracterizado por considerablemente variaciones de unidad a unidad.
- 2. Semi-Industrial:** Es el ladrillo hecho con procedimientos en menor escala manuales, en donde el proceso de amasado y moldeado se realiza con maquinaria específica que en algunos casos moldea o extruye a baja presión, la mezcla o pasta de arcilla del ladrillo, este tipo del ladrillo es caracterizado por presentar una superficie lisa.
- 3. Industrial:** Es el tipo de ladrillo realizado con maquinaria específica que mezcla, amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla del ladrillo, en general suelen ser fábricas autónomas, este tipo de ladrillo es caracterizado por su uniformidad y alta resistencia.

Los tipos de fabricación artesanal y semi-industrial, presentan pasos y secuencias muy similares, únicamente cambiando las máquinas y parámetros establecidos del proceso tales como tiempo de secado, tiempo de cocción entre otras para su fabricación. La diferencia de importancia sucede en el proceso de mezclado y moldeado, como ya se explicó anteriormente en la definición, para el ladrillo semi-industrial se utilizan maquinarias específicas que moldean o extruyen la pasta de arcilla, por lo que se consigue unidades de superficie lisa. (Barranzuela, 2014).

El cambio el proceso industrial se distingue de los dos primeros métodos de fabricación no solo en el manejo de maquinarias específicas para el proceso de mezclado, amasado, moldeado y secado, sino que también en los más importante del proceso que son los hornos de cocción, estos son más sofisticados y autónomos, llevando un estricto control de temperatura, logrando una mejor resistencia del ladrillo. (Barranzuela, 2014).

#### **5.2.1.5. PROCESO DE FABRICACIÓN DE LADRILLO DE ARCILLA**

Pasos básicos y elementales para la fabricación de ladrillos.

➤ **Selección y preparación de la mezcla.**

Esta etapa es muy importante para la fabricación del ladrillo, de las propiedades de la arcilla depende en gran parte que el producto final sea bien elaborado, aspecto físico, resistencia a la compresión. (Barranzuela, 2014).

La excavación para extraer el material es realizada de forma manual a una profundidad menor de dos metros, en estos métodos se hacen tajos profundos en la tierra deteriorando el paisaje. (Barranzuela, 2014).

El material extraído debe tener un tratamiento de trituración de las partículas, homogenización clasificándolas y reposo, para conseguir una consistencia adecuada y uniformidad de las propiedades químicas y mecánicas. (Barranzuela, 2014).

Las acciones atmosféricas tales como (aire, lluvia, sol, etc.) ayudan a la descomposición de la materia orgánica que puede presentar la arcilla y permite enormemente la purificación química del material. (Barranzuela, 2014).

El mayor desafío en la fabricación de ladrillos consiste en la elección de las arcillas que las conforman, por ejemplo con arcillas que son muy grasas se les debe mezclar con materiales desgrasantes como tierra de chacra o arena. (Rebusté, 1969).



El porcentaje de agua vertida para obtener una mezcla pastosa es aproximadamente del 25% del total. (Jiménez, 2005).

### ➤ **Moldeado**

En esta etapa de la fabricación, se le brinda a la arcilla la forma a los ladrillos que tendrán después del quemado, en este proceso de moldeado, amasado o labranza se suelen emplear maquinarias como extrusora, caso contrario ocurre si es de manera artesanal en donde se realiza manualmente (Barranzuela, 2014).

El procedimiento de la labranza o moldeado en la fabricación del ladrillo de arcilla artesanal tiene que ver con llenar los moldes o gaveras vertiendo la mezcla pastosa con potencia dentro de ellas, ejerciendo presión con las manos para luego alisarla con una cuerda de nylon o con un rasero, que defínase como un palo cilíndrico que es utilizada para quitar lo sobrante de la mezcla del molde, la cual tiene una medida determinada. (Rhodes, 1990).

### ➤ **Secado**

El procedimiento de la etapa del secado del ladrillo se basa en el desprendimiento del agua interna del ladrillo, en esta etapa de secado hay un proceso muy conocido como pre-secado, esta consta en apartar al ladrillo recién moldeado en un ambiente bajo sombra y seco, para que elimine la humedad y sea favorable luego su manipulación de la misma. (Barranzuela, 2014).

En esta etapa de secado se contempla dos cambios físicos muy marcados: la primera corresponde a la transferencia de calor y la segunda a la transferencia de masa, la transferencia de calor ocurre cuando el ladrillo elaborado y el entorno ambiental muestran un equilibrio térmico, del cual obedecerá en gran parte de la rápida difusión del agua existente en la arcilla. (Rhodes, 1990).

La etapa de secado puede ser de manera natural o artificial, en el primer caso el secado estará restringido a las características climáticas de la ciudad y en algunas ocasiones el proceso de secado consiste en colocar los ladrillos sobre los hornos para que de esta manera se pueda sacar provecho de algo de energía que se pierde en la bóveda del horno. (Barranzuela, 2014).

El proceso de secado de los ladrillos es una de las etapas más difíciles de su elaboración, ya que si es un secado veloz puede agrietar los ladrillos, por el contrario un secado incompleto puede traer consigo una explosión del ladrillo en el proceso de cocción. (Rebusté, 1969).

### ➤ **Cocción**

El horneado, cocción o quemado se refiere en exponer los ladrillos previamente secados a condiciones de temperatura alta por tiempos estrictamente definidos en los hornos, con el objetivo de que consigan sus propiedades físicas y mecánicas, puesto que la arcilla sin quemar tiene propiedades muy bajas, en esta etapa no sólo se consigue las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia del producto final. (Barranzuela, 2014).

Las etapas de cocción en los hornos industriales consiste en tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento, en la primera etapa se elimina lentamente el agua interna de las partículas de la arcilla, el agua es eliminada por aire caliente circulando constantemente y elevando la temperatura paulatinamente, el precalentamiento se considera finalizado cuando todo el horno alcanza los 100 °C. (Barranzuela, 2014).

#### **5.2.1.6. USOS DE LOS LADRILLOS**

Según Pajuelo, 2008, describe los diferentes usos del ladrillo.

- Usos del ladrillo en ambiente urbano: El ladrillo permite buenos resultados arquitectónicos, además es práctico y facilita distintas técnicas constructivas. Por sus propiedades, brinda un lugar abrigado en tiempos de frío y un lugar fresco en tiempos de calor.

- Usos del ladrillo en ambiente rural: Por las características de durabilidad y resistencia, el ladrillo es un material de construcción excelente para construir en zona rural.
- Usos del ladrillo en estructuras: El ladrillo ha demostrado poseer una fortaleza superior para soportar estructuras. Además debe de tomarse en cuenta que conserva una apariencia que armoniza estilísticamente.
- Usos del ladrillo en áreas de alto tránsito: El ladrillo es un material que es utilizado extensamente en la construcción de edificaciones.

## **5.2.2. TECNOLOGÍA DE MATERIALES**

Llámesse material de construcción a la materia prima o con mayor frecuencia un producto manufacturado, utilizado en la construcción de edificaciones u obras de ingeniería civil.

Los materiales sin procesar (arcilla, arena y otros) se suelen nombrar materia prima, mientras que los productos fabricados a partir de ellos (ladrillo de arcilla, vidrio) se llaman materiales de construcción. (Instron, 2015).

### **5.2.2.1. ARCILLA**

#### **5.2.2.1.1. DEFINICIÓN**

Siguiendo la teoría geológica, la creación de las arcillas se produce por la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, esto pueden ser los pegmatitos, granitos o feldespatos, los cuales son cambiados por los agentes atmosféricos durante el tiempo, formándose los distintos tipos de arcillas según el grado de intemperización hasta lograr tamaños menores que 2 micras (0.002 mm). (Osorio, 2005).

La arcilla es el producto terminado de la descomposición de las rocas a través del tiempo, el cual se tiene como material terroso o pétreo que presenta esencialmente silicato de aluminio hidratado e impurezas. (Del Rio, 1975).

La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico - mecánicas de los elementos hecho por arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la compresión, etc. (Rhodes, 1990).

#### **5.2.2.1.2. TIPOS**

Distintos autores mencionan la clasificación de las arcillas teniendo en cuenta algunos aspectos muy importantes, tales como su origen, su composición o su capacidad para absorber agua.

#### **A. SEGÚN SU ORIGEN**

##### **a. Arcillas primarias o residuales.**

Los almacenes primarios de las arcilla se han creado en el mismo sitio que sus rocas madres, es por eso que la arcilla originaria de estos almacenes abastece los materiales más puros, pero se encuentran muy raramente. (Del Río, 1975).

Este tipo de arcillas que no han sido llevadas por el agua, el viento o en ocasiones el glaciario; son generalmente más puras. Esto tiene como explicación que las partículas de la arcilla que presentan el mayor volumen de impurezas son aquellas transportadas por el viento o el agua, generalmente los bancos de arcillas primarias o residuales tienden a presentar granos gruesos y una plasticidad muy baja. (Hamilton, 1989).

Las arcillas primarias o residuales se caracterizan por lo siguiente según Del Río, 1975.

- ✓ Alto grado de refractariedad, ya que se funden a temperaturas apenas menores a los 1750° centígrados.
- ✓ Relativa pureza, ya que presentan altas cantidades de alúmina y sílice, y bajo cantidad de óxido de hierro y algunas otras impurezas; en su composición química.

- ✓ El color blanco formado después de someterse a cocción, resultado de su baja cantidad de impurezas.
- ✓ La poca plasticidad al ser amasadas o moldeadas, ya que no mantienen la forma con las que se fabrica después del moldeo.

#### **b. Arcillas secundarias o sedimentarias**

Los almacenes secundarios se obtienen del traslado de la arcilla por la acción del agua, viento, hielo, la arcilla que se obtiene de estos almacenes es la que más abundante. (Del Río, 1975).

La pureza de esta clase de arcillas es mucho menor al de las arcillas primarias, puesto que las arcillas secundarias son una combinación de varias arcillas resultado de la erosión originario de diferentes lugares, es por ello que es muy común buscar, en el contenido químico de estas arcillas, cantidades de cuarzo, hierro, mica y otras impurezas. (Del Río, 1975.)

Las principales características de las arcillas secundarias según Del Río, 1975 son:

- ✓ El alto grado de plasticidad, ya que presentan granos muy pequeños.
- ✓ Pueden conseguir diversas coloraciones después del proceso de cocción, pueden ser de color blanco hasta marrón, ya que cuentan con una alta cantidad de impurezas.
- ✓ Su punto de fusión generalmente se encuentra entre los 1150° C y los 1500° C.

#### **B. SEGÚN SU COMPOSICIÓN**

Pueden ser clasificadas según (Gallegos, 2005):

- a) Calcáreas: Presentan alrededor de 15% de carbonato de calcio, se obtienen como resultado ladrillos de color amarillento.
- b) No calcáreas: Conformadas de silicato de alúmina, presentan de 2% a 10% de óxidos de hierro, se obtienen al quemar ladrillos de un color rojizo o salmón.

Este tipo de arcillas son muy usadas para realizar ladrillos. (Huntington y Ellison, 1987).

### **C. SEGÚN SU CAPACIDAD DE ABSORCIÓN**

Del Busto (1991) y Kohl (1975) concuerdan en clasificar a las arcillas de acuerdo a la capacidad para absorber agua, por consiguiente tenemos dos tipos:

a) Grasas: Estas arcillas son demasiadas plásticas, inclusive para reducidas humedades. Tienen en su aspecto una gran aglomeración de minerales arcillosos y una pequeña aglomeración en arenas silíceas. También presentan gran porcentaje de compuestos en estado coloidal, pueden también absorber mucha agua, en el proceso de secado padecen de contracciones considerables. Este tipo de arcillas se amasan y moldean con gran sencillez, pero por el contrario su tremenda adherencia dificulta el desmolde del ladrillo.

b) Magras: Estas absorben muy poca agua y presentan una baja plasticidad, este al secarse no poseen demasiada contracción, esta va acompañada de grandes cantidades de arena.

#### **5.2.2.1.3. ARCILLA PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS**

Dependiendo de los factores y condiciones que actúan en la creación de las arcillas, estas tendrán distintas características de cada tipo que determinaran las propiedades físicas y mecánicas que va a presentar los ladrillos. (Gallegos, 2005).

Las propiedades y peculiaridades de los ladrillos de arcilla son estudiadas por distintos factores, pero importante es la estructura química de la materia prima, también el proceso de moldeo y cocción son importantes, éstos se constituyen en función a las peculiaridades de la materia prima. (Gallegos, 2005).

Un ejemplo notorio es el color de los ladrillos, esta se ve alterada por la existencia de hierro, la cual en una cantidad menor al 7% presenta un color rojizo, si se tiene una mayor cantidad se tendrá un color azul. También el óxido de magnesio, en cantidades menores a 1%, tiende a presentar un color amarillento. (Barranzuela, 2014).

La existencia de carbono puede llegar a crear ladrillos negros por dentro y deformados si no se tiene un control estricto en el proceso de cocción. (Barranzuela, 2014).

Compuestos de la arcilla como la sílice, cal y feldespato brindan compacidad a los ladrillos, de tener un exceso de estos minerales, se disminuiría la cohesión y la homogeneidad del material, así, la sílice debe tener un rango dentro de 50% y 60% y la cal debe tener un porcentaje menor a 10%. (Barranzuela, 2014).

La alúmina en cantidades mayores a 5%, facilita el aumento de la refractariedad en el ladrillo y el óxido de magnesio creara desperfecto por expansión de la superficie si tiene cantidades mayores a 1%.(Barranzuela, 2014).

También se tiene el mineral sulfuro de hierro que al oxidarse con las altas temperaturas, lleva a la devastación de la homogeneidad del ladrillo, dañando la resistencia a la compresión ya que presenta agrietamiento en las unidades. (Barranzuela, 2014).

#### **5.2.2.1.4. PROPIEDADES**

Según la (Sociedad Geológica Mexicana, 1964) la arcilla presenta propiedades tales como:

- Plasticidad, facilitara que la arcilla en unión con el agua, consiga flexibilidad, con esto se logra mejor trabajabilidad en el proceso de moldeo.
- Contracción, sucede durante el secado y la cocción, la eliminación de agua comienza en los poros superficiales, terminando en los poros interiores, hasta obtener un equilibrio, después por arrastre se contraen los poros, reduciendo el volumen del ladrillo.
- Aglutinación, propiedad por la cual las partículas de las arcillas se consolida una masa.
- Porosidad y absorción de agua, estos pueden ser en ocasiones impermeables.
- Vitrificación, propiedad de las arcillas de formarse sólidas, en temperaturas muy altas la arcilla se vitrifica, con esto se obtienen más sonoras y quedan muy resistentes.

## **5.2.2.2. LADRILLOS**

### **5.2.2.2.1. DEFINICIÓN**

Los ladrillos son piezas arcillosas de forma de paralelepípedo, creadas con materiales arcillosos, mezcladas, amasadas, moldeadas, comprimidas y puestas a una cocción en hornos establecidos. (Moreno, 1981).

Hendry, Sinha y Davies (1997) y Gallegos (2005) llaman al ladrillo como el compuesto esencial para la construcción de edificaciones.

Dickey (1980), Somayaji (2001) y Marotta (2005) lo mencionan como una unidad pequeña de arcilla horneada o quemada para la albañilería.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) nombra al ladrillo de arcilla como la unidad de albañilería construida con material arcilloso, elaborada siguiendo etapas como el mezclado, amasado, moldeo, prensado o extrusión y puesta por ultimo a un tratamiento con calor a temperaturas altas (quemado u horneada).

### **5.2.2.2.2. TIPOS**

De acuerdo a las propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones (E.070, 2006), clasifica al ladrillo de arcilla en 5 tipos:

- Tipo I: Resistencia y durabilidad muy bajas. Idóneo para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.
- Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Suficiente para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.
- Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Dispuesto para construcciones de albañilería de uso general.



- Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Preparado para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.
- Tipo V: Resistencia y durabilidad muy altas. Calificado para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003) clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

- Tipo 21: Para uso en donde se pida resistencia a la penetración de la humedad, una alta resistencia a la compresión y resistencia a la acción severa del frío.
- Tipo 17: Para uso general donde se pida resistencia a la acción severa del frío, moderada resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad.
- Tipo 14: Para uso general donde se pida moderada resistencia a la compresión.
- Tipo 10: Para uso general donde se pida mediana resistencia a la compresión.

#### **5.2.2.2.3. PROPIEDADES**

Las propiedades primordiales de los ladrillos de arcilla deben conocerse en su relación con el producto final, que es la albañilería.

Según (Somayaji, 2001), se pueden separar en dos categorías.

##### **a) PROPIEDADES FÍSICAS.**

- Color: Va depender de su composición química de la arcilla y de la temperatura de quemado, entre todos los óxidos que presenta las arcillas, el óxido de hierro tiene el mayor consecuencia sobre el color del ladrillo.
- Textura: Es la apariencia del ladrillo que se tiene como resultado final, esta puede ser lisa rugosa.

## **b) PROPIEDADES INGENIERILES.**

Dentro de las diversas propiedades físicas y mecánicas que presenta el ladrillo de arcilla están las siguientes (Gallegos, 2005):

### 1) Resistencia estructural:

- Resistencia a la compresión: Es una de las propiedades mecánicas que le facilita al ladrillo a soportar cargas a compresión, propiedad muy importante en muros portantes.
- Variabilidad dimensional: En la cual el ladrillo sufre disminución en las medidas iniciales, llámese largo, ancho y altura, esto a causa de las contracciones que se produce en el proceso de secado y cocción.
- Alabeos u orificios, medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento, están pueden ser huecas, perforadas o tubulares.
- Succión o velocidad inicial de absorción en la cara de asiento, esta propiedad depende de las características químicas de la arcilla que conforma el ladrillo.

### 2) Durabilidad:

- Absorción: Es la propiedad física que hace hincapié a la capacidad de absorber o retener elementos líquidos como por ejemplo agua en el asentado de ladrillos.
- Resistencia a la congelación: Capacidad de los ladrillos de aguantar temperaturas bajo cero sin perder sus propiedades físicas y mecánicas, estas se logran gracias al tamaño de poros las cuales son muy pequeños.
- Resistencia al fuego: Propiedad física de los ladrillos que se refiere a aguantar altas temperaturas sin padecer daño alguno.
- Aislamiento térmico: Propiedad física que no admite la traspaso de frío o calor, ya que presenta una baja o nula conductividad térmica.

### **5.2.2.3. CONCHA DE ABANICO**

#### **5.2.2.3.1. DEFINICIÓN**

Es un molusco en las cuales sus valvas tienen una apariencia gruesa, muy sólida, y globosa, presenta valvas simétricas con un contorno redondeado, están integrados por costillas salientes radiales. Sus costillas de los costados suelen tener hileras de protuberancias (espinas y tubérculos). Tienen coloraciones distintas, por lo general son de color marrón rojizo, bandas más oscuras y zonas negras, el interior es blanco en todos los casos. El crecimiento de este molusco puede llegar a tener 9 cm de longitud. (Uribe & Blanco, 2001).

Podemos encontrar a estos moluscos en las zonas costeras de todo el litoral, entre 3m a 30 m, de profundidad; el mar tiene que tener algunas condiciones tales como fondo blando, arena endurecida, bahías protegidas del oleaje, agua bien oxigenada, temperatura entre 14 a 20°C, con una salinidad de 34.4 a 34.9 por mil. (Uribe & Blanco, 2001).

#### **5.2.2.3.2. CLASIFICACIÓN BIOLÓGICA**

Reino : Animal  
Phillum : Mollusca  
Clase : Bivalvia  
Familia : Pectinidae  
Género : Argopecten  
Especie : Argopecten purpuratos. (Linnaeus, 1758)

#### **5.2.2.3.3. NOMBRE CIENTÍFICO**

Argopecten purpuratos (Linnaeus, 1758)

#### 5.2.2.3.4. PROPIEDADES

##### a) QUÍMICAS

**Tabla N° 1**

*Composición química de la ceniza de la concha de abanico.*

Composición Química	Resultados (%)	Método utilizado
Óxido de Calcio (CaO)	97.743	
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	0.820	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X.
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.740	
Óxido de Estroncio (SrO)	0.359	
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.234	
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.095	
Materia Orgánica	0.010	

Fuente: Vicerrectorado de Investigación. (2016). Resistencia de una pasta concha.

Las valvas de la concha de abanico tienen un alto contenido de óxido de calcio, calcinada a 900° C de temperatura por dos horas tiene un 97.74% de pureza. (Betancourt, 2007). Es por ello que es factible utilizarlo en pequeñas dosis en la fabricación de los ladrillos de arcilla.

La adición de esta ceniza de concha trae consigo poros más pequeños. Estos poros resultan de la formación de óxido de calcio, y de las micro fisuras realizadas por la expansión del óxido de calcio durante su hidratación, esta combinación química más completa forman una fase líquida de baja viscosidad (sinterización en fase líquida) en los puntos de contactos de los granos adyacentes, que ayudara a un buen reordenamiento y acomodo de las partículas disminuyendo la cantidad de porosidad, con esto se convierte en un producto con menos porosidad, por lo tanto con una mejora en las propiedades físico-mecánicas, en especial un aumento en la resistencia a la compresión del producto terminado. (Betancourt, 2007).

## b) FÍSICAS

Según (Uribe & Blanco, 2001), las propiedades físicas son:

- Color: Tienen coloraciones distintas, por lo general son de color marrón rojizo, bandas más oscuras y zonas negras, el interior es blanco en todos los casos.
- Textura: Tienen una apariencia gruesa, muy sólida, y globosa, presentan valvas simétricas con un contorno redondeado, están integrados por costillas salientes radiales.

**Tabla N° 2**

*Componentes Físicos de la concha de abanico.*

<b>Componentes Físicos</b>	
<b>Macroelemento</b>	<b>Promedio (%)</b>
Valva	67.2
Carne Cocida	17.8
Parte Comestible	14.8

Fuente: Vicerrectorado de Investigación. (2016). Resistencia de una pasta concha.

### 5.2.3. VIABILIDAD Y PERTINENCIA DEL PROYECTO

#### 5.2.3.1. LADRILLO DE ARCILLA

La industria de fabricación de ladrillos de arcilla está distribuida a nivel nacional debido a su demanda. Las empresas formalizadas ante los gobiernos locales y ante la autoridad sectorial la cual es el Ministerio de la Producción, en la mayoría de casos son las fábricas grandes. Estas también tienen por lo general mayores tecnologías de procesos, en cuanto a extrusoras, hornos y combustibles que emplean, con la cual obtienen productos de mejor calidad.

Caso muy distinto, la mayor parte de empresas ladrilleras de micro y pequeño dimensión instaladas a nivel nacional, regional y local tienen un alto grado de informalidad y ponen

en práctica métodos artesanales para la fabricación de ladrillos, el ambiente de trabajo suele ser básicamente un terreno descampado y un horno artesanal.

#### **5.2.3.1.1. PRODUCCIÓN**

El principal mercado de los fabricantes del ladrillo artesanal está en la actividad de construcción de edificaciones o viviendas menores, caso contrario ocurre con los ladrillos industriales o semi industriales que son pedidos por empresas grandes para la construcción de obras privadas o públicas, el valor de venta de los últimos ladrillos es significativamente más elevada que el de los artesanales llegando a costar el doble.

Un estudio elaborado por Ladrillos Lark en el 2015, estima que cada año las empresas artesanales del sector producen 957.451 toneladas de ladrillos a nivel nacional, no se obtuvo el dato de cuanto era el porcentaje de producción de esa cifra, en la región Ancash, mucho menos en la provincia del Santa.

#### **5.2.3.1.2. NORMA TÉCNICA**

El Reglamento Nacional de Edificaciones (E.070, 2006), establece:

De acuerdo a su acabado y apariencia.

Los ladrillos terminados no tendrán defectos, agrietamiento, y cualquier tratamiento físico, que puedan impedir el apropiado asentamiento del ladrillo o malograr a grandes rasgos las propiedades mecánicas.

En caso se sugiera que los ladrillos presenten un color en particular, textura, uniformidad, alabeo u otra características en específico, estos son consultados bajo la Norma ASTM C 216.

A continuación, se presentarán algunos cuadros referentes a ensayos de resistencia a la compresión, según lo que indica la norma.

**Tabla N° 3***Clase de unidad de albañilería para fines estructurales*

<b>Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ZONA SÍSMICA 2 Y 3</b>		<b>ZONA SÍSMICA 1</b>
	<b>Muro portante en edificios de 4 pisos a más.</b>	<b>Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos.</b>	<b>Muro portante en todo edificio</b>
Solido Artesanal	NO	SI, hasta dos pisos	SI
Solido Industrial	SI	SI	SI
Alveolar	SI	SI	SI
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas totalmente rellenas con grout
Hueca	NO	NO	SI
Tubular	NO	NO	SI, hasta dos pisos

Fuente: Norma Técnica Peruana E.070, 2006.

De acuerdo a sus propiedades físico-mecánica.

**Tabla N° 4**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales (2006).*

Clase	Variación De La Dimensión (Máxima En Porcentaje)			Alabeo	Características
	Hasta	Hasta	Más De	(Máximo	A Compresión F'c
	100 Mm	150 Mm	150 Mm	En	Mínimo En Mpa (Kg/Cm2) Sobre Área
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)

Fuente: Norma Técnica Peruana E.070, 2006.

**Tabla N° 5**

*Clase de unidad de albañilería para fines estructurales (2003).*

Tipo	Resistencia A La Compresión Mínima En Mpa	
	Promedio de 5 ladrillos	Unidad Individual
21	21	17
17	17	15
14	14	10
10	10	8

Fuente: Norma Técnica Peruana 331.017, 2003.

Para esta investigación solo tendremos en cuenta los requisitos de la tabla N° 7, del Reglamento Nacional de Edificaciones E.070 vigente.



### **5.2.3.2. CONCHA DE ABANICO**

Teniendo en cuenta el gran aumento que ha tenido la producción de concha de abanico últimamente, también considerando el gran volumen de residuos sólidos que produce esta industria, de la cual no se tiene un tratamiento en la actualidad, resulta fácil deducir que los residuos sólidos de la concha de abanico están produciendo un fuerte impacto ambiental para mal, dañando significativamente el ecosistema de la localidad, es por ello que parte de nuestro objetivo es darle un valor agregado a estos residuos. (Fernández, 2011).

El mar del Perú es ideal para el cultivo de este molusco por su salinidad y la granulometría que tiene la arena, también agentes como la temperatura y nutrientes que presenta. La extensión de hábitat de la concha de abanico es basta, puesto que pueden vivir en condiciones ambientales difíciles. (Fernández, 2011).

Las conchas de abanico es un molusco de desarrollo rápido y un tiempo de vida corta, generalmente llegando a las tres años, logrando un tamaño máximo de 9 cm. a los dos años, su alimentación se basa en diminutas plantas y pequeños animales que aparecen en el medio arenoso. (Fernández, 2011).

#### **5.2.3.2.1. PRODUCCIÓN**

La cultivación de este tipo de concha es una actividad acuícola que viene logrando una mayor demanda en los tiempos últimos, este molusco se ha convertido en el primer producto de exportación de la acuicultura peruana, teniendo como potenciales compradores a Francia y Estados Unidos, este tipo concha se cultiva mayormente haciendo uso de la técnica de cultivo suspendido, en toda la extensión de la costa peruana desde la ciudad de Paita en el norte hasta Ilo en el sur, teniendo como principales regiones en donde se cultiva con mayor demanda el cultivo de esta especie, Ancash, Piura e Ica. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, n.d.).

**Tabla N° 6**

*Cosecha de conchas de abanico*

<b>COSECHA DE LA CONCHA DE ABANICO</b>	
LOCAL	7 91 toneladas
REGIONAL	11 831 toneladas
NACIONAL	30 396 toneladas

Fuente: Ministerio de la Producción: Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015.

#### **5.2.3.2.2. ACCESIBILIDAD**

En el Perú abundan los bancos naturales y criaderos de este molusco, tenemos como prueba la bahía de Sechura, lobos de tierra en Piura, bahía de Samanco, Dorado en Chimbote, bahía de Guaynuna en Casma, bahía de Independencia y Paracas en Pisco, entre otras bahías a lo largo de la franja costera del país. (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, n.d.).

En nuestro entorno, por estar en una zona costera no es nada difícil encontrar este tipo de concha, la podemos encontrar en los pequeños criaderos de la bahía del Dorado, este ubicado a media hora del AA.HH. Villa María, Nuevo Chimbote; o en la bahía de Samanco con más abundancia, ubicado al sur de Chimbote.

#### **5.2.4. ENSAYOS**

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana ITINTEC 331.019 del 2005, estos ensayos para determinar resistencia a la compresión correspondieron a:

Determinación de peso, medida de tamaño, resistencia a la compresión, de las unidades, de conformidad con las normas.

### **5.2.4.1. DETERMINACIÓN DE PESO**

#### **5.2.4.1.1. OBJETIVO**

Calcular el peso por unidad de espécimen a ensayar.

#### **5.2.4.1.2. APARATO**

La balanza a emplear tuvo una capacidad no menor de 3000 gramos y una aproximación de 0.5 gramos.

#### **5.2.4.1.3. PROCEDIMIENTO**

En el informe final se hizo hincapié separadamente el peso de cada ladrillo y el promedio de todas los ladrillos ensayadas con una aproximación a 0.1 g.

### **5.2.4.2. MEDIDA DE TAMAÑO**

#### **5.2.4.2.1. OBJETIVO**

Conocer el ancho, longitud y altura de los ladrillos a ensayar.

#### **5.2.4.2.2. APARATO**

Se tomó las medidas de los ladrillos individualmente ayudado de una regla graduada de 30 cm, con subdivisiones de un milímetro, también se pudo emplear un calibrador que contenga la escala de 25 mm a 300 mm.

#### **5.2.4.2.3. PROCEDIMIENTO**

- Se midió los ladrillos enteros y secos, estos fueron representativas.
- Se midió el ancho y el largo a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto en medio de los bordes que limitan las aristas, entonces se registraron cuatro medidas con un acercamiento de 1 mm para cada una, luego se registró como ancho y el largo el promedio de las medidas obtenidas, con un acercamiento de 0.5 mm.

- Se midió la altura a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto en medio de los bordes que limitan las aristas, entonces se registraron cuatro medidas con un acercamiento de 1 mm, luego se registró como altura el promedio de las medidas obtenidas con un acercamiento de 0.5 mm. Se repitió el ensayo con la misma técnica cuando fue necesario.
- Se reportó el promedio del largo, el ancho y la altura de cada ladrillo ensayado con un acercamiento de 1 mm.

### **5.2.4.3. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.**

#### **5.2.4.3.1. OBJETIVO:**

Determinar la máxima capacidad de resistencia a la compresión de cada unidad de ladrillo a ensayar.

#### **5.2.4.3.2. APARATOS:**

- Máquina de Ensayos, esta máquina se equipó con dos bloques de sirvió de soporte para diferentes alturas de los ladrillos.
- Bloques de acero y platos, fue la superficie de los bloques de soporte de material acero y en los platos no se permitió que sobrepasen los 0.025 m de grosor en cualquier dimensión de 152.4 milímetros.

#### **5.2.4.3.3. PROCEDIMIENTO:**

- Se niveló las superficies de las caras de los ladrillos con ayuda de una lija, para repartir uniformemente las cargas a compresión.
- Se colocó los ladrillos a ensayar en el centroide de sus superficies de asiento alineada horizontalmente y verticalmente en el centro de presión de la rótula de la máquina de compresión.

- Porcentaje de humedad de los ladrillos, al ensayar los ladrillos, estuvieron libres de humedad o manchas de humedad.
- La velocidad de ensayo, se aplicó presión con carga hasta la mitad de la máxima carga dispuesta a cualquiera fuera la velocidad, después se ajustó en los controles de la máquina de ensayo para dar una ruta pareja del cabezal móvil, tal que la carga restante sea aplicada en mínimo un minuto y máximo dos minutos.
- La carga máxima, se registró la carga máxima de compresión.
- Se calculó la resistencia a la compresión de cada uno de los ladrillos con una ecuación básica que se indicara a continuación, luego se dio los resultados obtenidos con acercamiento de 0.01 Mpa.

$$F'_c = C = W / A$$

Donde:

$F'_c = C$  = Es la resistencia a la compresión del ladrillo, Mpa.

$W$  = Es la máxima carga en N, estará indicada en la máquina de ensayo.

$A$  = Es el promedio del área bruta de las caras de contacto superior e inferior del ladrillo, mm<sup>2</sup>.

### **5.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.3.1. JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Debido a la gran demanda que presenta este ladrillo de arcilla en la localidad, se planteó la producción de ladrillos con pequeñas dosificaciones del 2% y 5% de ceniza de concha de abanico, con esto se buscó mejorar la resistencia a la compresión, para generar edificaciones más seguras, más resistentes para las familias de nuestra localidad, que consumen estos ladrillos, por otro lado, no menos importante se buscó reducir la contaminación que genera las valvas de concha de abanico, dándole valor agregado a este material.

#### **5.3.2. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD**

Los ensayos que se realizaron estuvieron normados y basados en la E 070 Norma Técnica Peruana y se asumió la obtención de las Normas Técnicas Peruanas 399.613, 399.605 ,331.017 ya que fue económicamente viable.

Al ensayar unidades de albañilería elaboradas con ceniza de concha de abanico, se requirió de varios ensayos, los cuales resultaron sencillos, habiendo así que seleccionar por instrumentos y equipos importantes que fueron proporcionados por el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro y se pudieron realizar de forma apropiada sin necesidad de requerir a otro laboratorio bajando el costo para los ensayos, salvo el Análisis Térmico diferencial que se realizó en la Universidad Nacional de Trujillo y el ensayo de Fluorescencia de rayos X que se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería.

### **5.3.3. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA**

El actual trabajo de investigación permitió el uso de un innovador y novedoso material, el cual podría en el futuro emplearse como una alternativa para la fabricación del ladrillo, obteniendo similares, hasta mejores resultados en las propiedades mecánicas, las cuales proporcionarán a la unidad de albañilería elaborada con ceniza de concha de abanico un similar comportamiento estructural.

Los resultados del presente estudio podrán utilizarse como referencia en otras investigaciones y además servirá para que ingenieros, personas y empresas que se dedican al rubro de edificaciones dispongan de la información de un tipo de ladrillo con mejores características mecánicas que el ladrillo común.

## **5.4. PROBLEMA**

### **5.4.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En el Perú, la explosión demográfica actual ha implicado una demanda excesiva de construcciones de viviendas, constituyendo el ladrillo una buena y fuerte alternativa para la construcción de las viviendas, haciendo uso generalmente del ladrillo fabricado de manera artesanal ya que el mercado de la autoconstrucción, no denota la diferencia de calidad, entre el ladrillo de producción artesanal, con la realizada de forma industrial, simplemente repara en el precio, dicho proceso de elaboración artesanal no tiene un control de calidad, por ello es importante realizar el estudio de sus propiedades físico y mecánica y dar una posible solución a dicho problema, orientar a la mejora continua y alcanzar las exigencias de la norma de albañilería.

Se observó que entre las principales desventajas del ladrillo de arcilla artesanal esta la baja resistencia a la compresión, la cual no cumple con la Norma Técnica E 070 en algunos casos, por distintos factores en el proceso de fabricación, materia prima empleada, asimismo no se tiene en cuenta la tecnología de fabricación lo que provoca que las propiedades físico y mecánicas de los ladrillos producidas tengan una variación importante. Más aun, son poco o nada los controles de calidad que se realizan, creando una inquietud en su comportamiento estructural.

El estado Peruano no es indiferente a esta problemática, por la cual el despacho viceministerial de MYPE e Industria, Ministerio de Producción, crea en el 2010 un documento Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales, con el objeto de brindar una fuente de consulta rápida, orientativa y criterios para el uso eficiente de los recursos vinculados a esta actividad y para la implementación de nuevos recursos en la fabricación para la mejora de sus propiedades físico-mecánico entre ellos, la resistencia a la compresión, tema de nuestra investigación.

De esta manera se propuso como posible solución al problema de la baja resistencia del ladrillo de arcilla artesanal, reutilizar y darle un valor agregado, por sus propiedades químicas satisfactorias dentro de los componentes del ladrillo, a las valvas de concha de abanico que a diario es tirada a la basura en el mejor de los casos o peor aún a las playas costeras, un ejemplo claro son los botaderos de Casma, Piura, Samanco.

#### **5.4.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la resistencia a la compresión de un ladrillo de arcilla al adicionar el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico?



## **5.5. CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

### **5.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

#### **5.5.1.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

##### **5.5.1.1.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

Esta se calcula fraccionando la carga máxima por el área transversal original de un espécimen en un ensayo de resistencia a la compresión. (Instron, 2015).

Es un esfuerzo máximo que puede aguantar un material sometido a una carga de compresión.

La resistencia a la compresión de un material que tiende a fallar a causa de la rotura o fractura se puede denominar, como una propiedad mecánica independiente, por el contrario, la resistencia a la compresión de materiales que no se fracturan en el ensayo se precisa como la cantidad de esfuerzo necesario para romper el material. (Instron, 2015).

##### **5.5.1.1.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL**

El fin de este ensayo fue determinar las propiedades mecánicas en cuanto hablamos de resistencia a compresión (en MPa o kg/cm<sup>2</sup>) de cada ladrillo de arcilla artesanal a estudiar.

Para la realización de este ensayo se utilizó una prensa multi-ensayo de 5 toneladas que va ejerciendo una carga permanente sobre el espécimen hasta llegar a la rotura de la misma, siguiendo los pasos que menciona la norma E. 070 – Albañilería.

Se realizó 15 ladrillos de arcilla, 10 de ellos adicionando el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico y otros 5 sin alterar su composición, con lo que el resultado final de su resistencia a la compresión será la media aritmética de dichos ladrillos enumerados para facilitar los cálculos.

Al mismo tiempo, como medida de control, cada una de los ladrillos de arcilla artesanales se midió y pesó antes de realizar el ensayo de compresión para determinar la pérdida de peso que sufre desde el momento de elaboración hasta que son sometidas al ensayo.

### **5.5.1.1.3. DIMENSIONES**

#### **➤ PROPIEDADES MECÁNICAS**

Son propiedades de los sólidos las cuales se muestran cuando se aplica una fuerza sobre ella, estas propiedades de los materiales se describen como la capacidad de soportar fuerzas de carga, las fuerzas o cargas intervienen por un cierto momento, estos poseen carácter de choque. Las principales propiedades mecánicas son: la resistencia, la dureza, la elasticidad, y la plasticidad, también se podría mencionar como propiedad mecánica a la fluencia y la fatiga. (Tucker, 1989).

#### **➤ PROPIEDADES FÍSICAS**

Es una propiedad la cual puede ser medible, generalmente se admite que el conjunto de propiedades físicas es el estado de un sistema físico. Las variaciones en las propiedades físicas de un sistema especifican sus cambios y su crecimiento de momento entre estados momentáneos. Estas propiedades en ocasiones pueden ser observables, estrictamente en mecánica cuántica. (Cesare, 1987).

### **5.5.1.1.4. INDICADORES**

- Resistencia a la Compresión Axial (kg/cm<sup>2</sup>)
- Dimensiones (cm)
- Peso (kg)
- Textura (Observación)
- Color (Observación)

## **5.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

### **5.5.2.1. PORCENTAJE DE CONCHA DE ABANICO ADICIONADO**

#### **5.5.2.1.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL**

La concentración de óxido de calcio en la valva de la concha de abanico resultó según investigaciones de 97,74 % después de ser calcinada a cierta temperatura, este resultado dio mayor confianza al trabajo puesto que el producto terminado (Óxido de Calcio) tiene una pureza alta. (Litano, 2014).

El calcio se presenta de dos maneras, claro y terroso, si hablamos del calcio claro, este es elaborado por el proceso de calcinado de piedras calizas a una temperatura de disociación y reconstitución de los elementos por una precipitación vigilada, por otro lado el calcio terroso es elaborado por la trituración de piedras calizas convirtiéndola en partículas muy pequeñas que serán tamizadas a distintos tamaños. (Arquiñigo, 2011).

#### **5.5.2.1.2. DEFINICIÓN OPERACIONAL**

Los estándares de limpieza permitieron preparar la materia prima (separar las valvas maltratadas y quebradas de las integra) para conservarlas en mejores condiciones para un debido procesamiento.

Los estándares de tamaño permitieron clasificar y seleccionar la ceniza de los residuos sólidos obtenida del proceso de molienda.

El tiempo y temperatura adecuada de calcinación de la ceniza de residuos sólidos fue un punto importante en el proceso, de estos dos indicadores dependieron el tipo de óxido de calcio a obtener como producto final del proceso.

### 5.5.2.1.3. DIMENSIONES

#### ➤ DOSIFICACIÓN

La dosificación comprende disponer las cantidades idóneas de los componentes que conforman el ladrillo, a fin de determinar la resistencia y durabilidad esperadas, también, para buscar un acabado y adherencia perfecta. (UNACEM, 2002).

**Tabla N° 7**

*Dosificación por unidad de ladrillo con ceniza de concha de abanico.*

<b>Dosificación</b>			
Porcentaje de Ceniza de concha	0%	2%	5%
Mezcla (Arcilla, Tierra) (kg)	5.00	5.00	5.00
Agua (kg)	1.25	1.25	1.25
Ceniza de concha (kg)	0	0.10	0.25

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 8**

*Dosificación para 5 ladrillos con cenizas de concha de abanico.*

<b>Dosificación</b>			
Porcentaje de Ceniza de concha	0%	2%	5%
Mezcla (Arcilla, Tierra) (kg)	15.00	15.00	15.00
Agua (kg)	6.25	6.25	6.25
Ceniza de concha (kg)	0	0.50	1.25

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 5.5.2.1.4. INDICADORES

#### ➤ Peso (kg).

## 5.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

**Tabla N° 9**

*Operacionalización de la variable*

<b>VARIABLES</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ÍNDICES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Resistencia a la Compresión	Propiedades Mecánicas	Resistencia A La Compresión Axial	Kg/Cm2	Norma Técnica Peruana 399.613
	Propiedades Físicas	Dimensiones	Cm	Guías De Investigación
		Peso	Kg	Guías De Investigación
		Textura	Observación	Guías De Investigación
		Color	Observación	Guías De Investigación
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
Porcentaje de Ceniza de Concha De abanico	Dosificación al 2% y 5%	Peso	Kg	Guías De Investigación

Fuente: Elaborado propia, 2020.

## **5.7. HIPÓTESIS**

En la medida que se adicione el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico a la mezcla de arcilla del ladrillo, entonces sería factible aumentar la resistencia a la compresión del ladrillo por la presencia del óxido de calcio que presenta la concha de abanico.

## **5.8. OBJETIVOS**

### **5.8.1. OBJETIVOS GENERAL**

Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla adicionando el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico.

### **5.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conocer las propiedades del suelo a emplear que afecta directamente en las propiedades mecánicas y físicas del ladrillo.
- Determinar la temperatura óptima de calcinación de la concha de abanico y la arcilla, mediante el ensayo del análisis térmico diferencial.
- Determinar la composición química de la arcilla, mediante el ensayo de fluorescencia de rayos x.
- Determinar la relación agua-suelo de la mezcla del ladrillo patrón y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión del ladrillo patrón y los realizados con un 2% y 5% de ceniza de concha de abanico.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Los métodos de investigación empleados fueron:

- Método Experimental: Porque se intervino sobre el objeto de estudio, constituido por los ladrillos, modificándolos al adicionar el 2% y 5% de cenizas de concha de abanico, además se requerirá determinar su propiedad mecánica, el cual será su resistencia a la compresión.
- Método de Observación: Se aplicó la observación científica porque se estará en contacto directo con las unidades de análisis controlando su comportamiento en función a las variables, el investigador mismo organizo y controlo el proceso correspondiente.
- Método Descriptivo: Porque en el proceso de investigación se evaluó el estado, el comportamiento del ladrillo de arcilla sin modificar, en base a la aplicación de estudios técnicos o ensayos como la resistencia a la compresión.
- Método Comparativo: Porque este método estuvo referido a la comparación de tipos de resultados obtenidos después de los ensayos en el laboratorio después de la aplicación de cenizas de conchas de abanico con y sin adición.

### **6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación según su finalidad fue aplicada porque los resultados a encontrarse en el proceso de la investigación contribuirán a la solución de un problema relacionado al tema de la baja resistencia a la compresión de ladrillo de arcilla artesanal para generar nuevas alternativas de construcción.

Sustantiva porque los resultados encontrados en el laboratorio permitieron evaluar el comportamiento de la arcilla y las cenizas de concha de abanico, se evaluó el comportamiento de la variable de estudio, se llegará a determinar el efecto de una variable, en este caso, el

porcentaje de ceniza de concha de abanico con respecto a la variable dependiente, la resistencia a la compresión.

Si se tiene en cuenta el empleo de los datos, fu de tipo cuantitativo, ya que en su mayoría se trató la cuantificación de los resultados y el cálculo para demostrar la conducta de la variable dependiente: resistencia a la compresión, aunque debemos también nombrar que se utilizó el tipo cualitativo para mencionar las propiedades físicas del ladrillo como el color y textura.

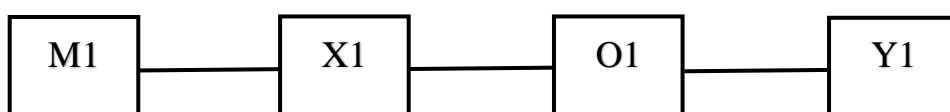
### **6.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente trabajo de investigación se empleó un diseño experimental de nivel cuasi-experimental para encontrar la resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla artesanal adicionando el 2% y 5% de conchas de abanico, ya que la investigación se apoyó en la observación de fenómenos tratados en el laboratorio y es un caso de control en la que se manipulan las variables independientes con el fin de estudiar los cambios obtenidos de tal manipulación.

La variable independiente, la cual fue el porcentaje de ceniza de concha de abanico sufrió manipulación, y consistió en adicionar a la mezcla de arcilla del ladrillo un 2% y 5% de cenizas de concha de abanico, con el fin de determinar cuál es la resistencia a la compresión del nuevo ladrillo, en comparación con una muestra de ladrillo de arcilla sin modificar, comúnmente llamado muestra patrón, para la cual se aplicó ensayos técnicos tales como :Determinación de peso, medida de tamaño y la resistencia a la compresión.

Siendo el esquema de dicho diseño de investigación el siguiente:

Grupo Control:

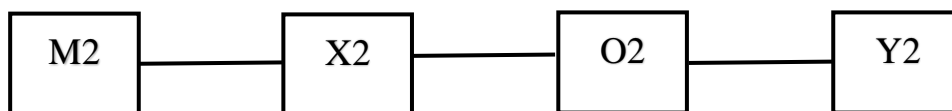




Donde:

- **M1:** Es la muestra de ladrillos de arcilla artesanal sin modificar.
- **X1:** Variable Independiente: Dosificación del ladrillo de arcilla artesanal sin modificar.
- **O1:** Resultados posibles a obtener en ladrillos de arcilla artesanal sin modificar.
- **Y1:** Variable Dependiente: Resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal sin modificar.

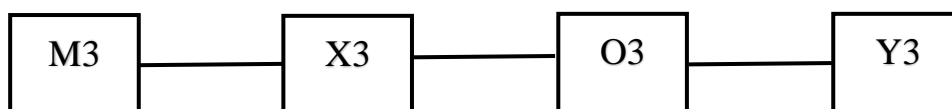
Grupo Experimental:



Donde:

- **M2:** Grupo experimental: Muestra de ladrillos de arcilla artesanal modificadas al adicionar el 2% de cenizas de concha de abanico.
- **X2:** Variable Independiente: Dosificación del ladrillo de arcilla artesanal al adicionar cenizas de concha de abanico en un porcentaje del 2%.
- **O2:** Resultados posibles a obtener en ladrillos de arcilla artesanal modificados al adicionar 2% de cenizas de concha de abanico.
- **Y2:** Variable Dependiente: Resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal modificados al adicionar 2% de ceniza de concha de abanico.

Grupo Experimental:



Donde:

- **M3:** Grupo experimental: Muestra de ladrillos de arcilla artesanal modificadas al adicionar el 5% de cenizas de concha de abanico.
- **X3:** Variable Independiente: Dosificación del ladrillo de arcilla artesanal al adicionar cenizas de concha de abanico en un porcentaje del 5%.
- **O3:** Resultados posibles a obtener en ladrillos de arcilla artesanal modificados al adicionar 5% de cenizas de concha de abanico.
- **Y3:** Variable Dependiente: Resistencia a la compresión del ladrillo de arcilla artesanal modificados al adicionar 5% de ceniza de concha de abanico.

## **6.4. POBLACIÓN-MUESTRA**

### **6.4.1. POBLACIÓN**

#### **6.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN**

Es el conjunto de todos los elementos de análisis de investigación que corresponde al ambiente en estudio donde se desarrolla el trabajo de investigación. (Baptista, 2010).

La población de la presente investigación estuvo compuesto por ladrillos de arcilla elaborados normalmente y a partir de la adición del 2% y 5% de cenizas de concha de abanico respecto a la mezcla de arcilla, de acuerdo a las dosificaciones aplicadas para su proceso.

#### **6.4.1.2. TAMAÑO DE LA POBLACIÓN**

Según Noma de Unidades NTP 399.613 ,2005. Esta estipula que, para la determinación de la resistencia a la compresión, se ensayaran como mínimo 10 unidades que representaran un lote de 1 000 000 a menos, y cuando se trate de lotes mayores se escogerá 5 muestras adicionales, por cada 500000 unidades.

Teniendo en cuenta que la población en estudio fue nuevo ya que es un material de construcción nuevo que no es fabricado en la ciudad ni en la región, por lo que la población consistió de 10 unidades de albañilería elaboradas con 2% y 5% de cenizas de concha de abanico, también se realizará 5 unidades de albañilería sin modificar sus componentes.

N = 5 (5 Mínimo, Norma NTP 399.613).

## **6.4.2. MUESTRA**

### **6.4.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra es un subgrupo de la población, es un subconjunto de elementos que pertenecen al universo. (Baptista, 2010).

La muestra de la presente tesis fueron las unidades de albañilería fabricadas a partir de la adición del 2% y 5% de cenizas de concha de abanico. Es coincidente con la población.

### **6.4.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Según Norma de Unidades NTP 399.613 ,2005. Esta estipula que, para la determinación de la resistencia a la compresión, se ensayaran como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos, para lotes mayores se tomaran 5 especímenes adicionales, por cada 500000 unidades.

#### **1) CASO A**

El tamaño de la muestra fue de 5 unidades de albañilería cada una, patrón y experimental, las cuales se distribuyeron de la siguiente forma: Estuvo constituido por muestras de ladrillos, 5 de ellas obtenidas y estudiadas sin alteras sus características naturales de fabricación tratando en lo posible que tengan las mismas dimensiones, y otros 10 ladrillos adicionando a la mezcla de arcilla un 2% y 5% concha de abanico del total.

N = 5 (5 Mínimo, Norma NTP 399.613).

## 2) CASO B

Para el tamaño de la muestra se consideró:

### -MUESTRA PREVIA:

$$n_0 = \frac{N \cdot P \cdot Q \cdot Z_{\alpha/2}^2}{(N - 1) \cdot e^2 + P \cdot Q \cdot Z_{\alpha/2}^2}$$

Siendo:

$n_0$  = Muestra previa

$N$  = Tamaño de población

$P$  = Proporción poblacional que tiene la característica de interés.

$Q$  = Proporción poblacional que no tiene la característica de interés.

$Z_{\alpha/2}^2$  = Valor de la distribución normal estándar, depende del nivel de confianza.

$e^2$  = Error de estimación

Datos:

$N = 10$

$P = 0.5$

$Q = 0.5$

Nivel de confianza:  $1 - \alpha = 0.95$

Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

$Z_{\alpha/2}^2 = 1.96$

$e = 0.05$

Reemplazamos en la ecuación siguiente:

$$n_0 = \frac{10 \cdot (0.5) \cdot (0.5) \cdot (1.96)}{(10 - 1) \cdot 0.05^2 + (0.5) \cdot (0.5) \cdot (1.96)}$$

$$n_0 = 9$$

Comprobamos:

$$n_0 = \frac{n_0}{N} > 0.10$$

$$n_0 = \frac{9}{10} = 0.90 > 0.10$$

**-MUESTRAOPTIMA:**

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

$$n = \frac{9}{1 + \frac{9}{10}}$$

$$n = 5$$

Por lo tanto, el tamaño de la muestra fue de 5 ladrillos elaborados normalmente y 5 ladrillos adicionando ceniza de concha de abanico.

## 6.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta un resumen de las técnicas e instrumentos de la investigación.

**Tabla N° 10**

*Técnica e instrumento de investigación*

<b>TECNICA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>AMBITO DEL TRABAJO</b>
<b>TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS</b>		
OBSERVACIÓN CIENTIFICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Guía de investigación.</li> <li>-Fichas técnicas de los ensayos a aplicarse.</li> <li>-Visitas a campo.</li> <li>-Registro fotográfico.</li> <li>-Referencia bibliográfica.</li> <li>-Equipo de cómputo para el procesamiento de datos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas.</li> <li>-Grupo experimental: Muestras de ladrillos modificadas.</li> </ul>
<b>TECNICA DE ANALISIS DE DATOS</b>		
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fichas técnicas de los ensayos a aplicarse.</li> <li>-Equipos de laboratorio para los ensayos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas.</li> <li>-Grupo experimental: Muestras de ladrillos modificadas.</li> </ul>
SOFTWARE	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Microsoft Excel 2013</li> <li>-Microsoft Word 2013</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo control: Muestras de ladrillos no modificadas.</li> <li>-Grupo experimental: Muestras de ladrillos modificadas.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Las técnicas ya mencionadas en la tabla N° 14 se utilizó por los siguientes motivos.

- Técnica de la observación científica: Porque existió una relación directa con la realidad y se necesitó establecer relaciones entre el objeto de análisis y lo que se pretende conocer de él.
- Técnica de la recolección de datos: Para desarrollar los sistemas de investigación, determinar el valor de las variables que se investigan, de esta técnica dependió los resultados que se obtengan en esta investigación.
- Técnica de análisis de datos: Para la realización de las operaciones a las que el investigador sometió los datos con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio.

Procedimiento de aplicación de la técnica y los instrumentos que fueron utilizados en cada uno de las etapas del proceso de desarrollo de la investigación, el proceso experimental y el análisis de los resultados obtenidos.

#### **A. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:**

- Localizar y ubicar ladrillera de arcilla artesanal, esto se dio visitando varias ladrilleras con producción continua del sector, la técnica que se utilizó fue la de observación científica con instrumentos como entrevistas, conversaciones con los dueños de las mismas, así elegir la ladrillera más factible y que se acomode favorablemente a nuestro caso.
- Identificación y recolección de conchas de abanico, se realizó visitando los principales lugares de extracción de este molusco dentro de la provincia, la técnica que se utilizó fue la de observación científica con instrumentos como guías y referencias bibliográficas.
- Selección y limpieza de las valvas de la concha de abanico siguiendo los estándares respecto a este molusco, la técnica que se realizó fue la de observación científica con instrumentos como referencias bibliográficas.

- Trituración de las valvas limpias utilizando un batan de piedra en el mejor de los casos y no cualquier otro proceso de trituración que contamine el producto final, la técnica que se utilizó fue la de observación científica con instrumentos como referencias bibliográficas.
- Calcinado de concha de abanico pasado a una temperatura de 500° C durante un tiempo de 2 horas efectivas, este se realizó utilizando el instrumento de guías de referencias bibliográficas y los equipos de laboratorio de suelos de la facultad de ingeniería civil de la Universidad San Pedro.
- Diseño de ladrillo de arcilla adicionando el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico, utilizando como herramienta guías de referencia bibliográficas.
- Trabajo de campo para realizar los ladrillos de arcilla artesanal sin modificar y los otros modificados adicionando 2% y 5% de ceniza de concha de abanico utilizando como instrumento guías de referencias bibliográficas.
- Quemado de los ladrillos en el horno, esto se hizo después de haber transcurrido 10 días de la elaboración del ladrillo, el quemado se realizó en un horno artesanal, los instrumentos para esta actividad serán las guías de referencias bibliográficas.
- Descripción de las propiedades físicas tales como la textura y el color que presenta el ladrillo después de extraerlo del horno 2 días después de su quemado para que no sufra fisuras por el cambio brusco de temperatura, esto se hizo utilizando instrumentos como un formato de ficha descriptiva.



## **B. TÉCNICA DE ANÁLISIS DE DATOS:**

- Ensayos para determinar la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla artesanal utilizando instrumentos como los equipos del laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro y las ficha técnica NTP 399.613 del reglamento.
- Software para el procesamiento de datos obtenidos de los ensayos utilizando como instrumento el programa Microsoft 2013, en especial en Excel y el Word.

### **6.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se utilizó el método descriptivo porque mediante cuadros de doble entrada y gráficos de barras, se procesaron los resultados obtenidos en el laboratorio mediante rigurosos protocolos y se realizó los respectivos ensayos determinando los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla, bajo la norma E.070.

#### **A. MÉTODOS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVOS**

- Tablas estadísticas: Para organizar los datos y calcular algunos indicadores como la resistencia a la compresión, medidas de resumen y estadígrafos.
- Gráficos estadísticos de tipo histograma de frecuencia: Para poder observar con mayor simplicidad la variación de los resultados obtenidos para cada muestra.
- Medias aritméticas: Para calcular lo que comúnmente se llama promedio, este lo obtendremos dividiendo la suma de los valores de la variable, en este caso la resistencia a la compresión entre el número de muestras ensayadas.

## **6.7. PROCEDIMIENTO:**

### **6.7.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA**

La arcilla de esta investigación estuvo compuesto por arcilla de color crema extraída de un yacimiento arcilloso de una ladrillera en el pueblo de Yuracoto – Caraz, se extrajo alrededor de 100 kg distribuidos en dos sacos.

Para los distintos ensayos que se realizó, dícese análisis granulométrico para determinar la distribución de sus partículas, contenido de humedad para determinar el porcentaje de humedad, límites de atterberg para determinar la consistencia de la arcilla, fue necesario secar y triturar cantidad necesaria de arcilla según norma. Dichos ensayos se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro.

Posteriormente con los datos arrojados de los límites de atterberg se clasifico la arcilla mediante el ábaco de Casagrande y el diagrama de Holtz y Kovacs.

### **6.7.2. ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL**

Para este ensayo, se requirió 2 gramos de material finamente molido, pasada la malla #200, tanto arcilla extraída de Yuracoto- Caraz, como la concha de abanico extraída del mercado de peces La sirenita, esto se logró triturando los materiales por separado, con apoyo de un batan de piedra.

Este ensayo no lo realizaban en Chimbote por lo que se tuvo que viajar y realizar en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

### **6.7.3. FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

Este ensayo se realizó en el laboratorio Labicer de la Facultad de Ingeniería química y textil de la Universidad nacional de ingeniería, para este ensayo fue necesario contar con 10 gramos de material de arcilla finamente molido como mínimo, por lo que se trituro cierta cantidad con ayuda de un batan de piedra, se usó el batán de piedra para no contaminar el producto ya que este ensayo arroja los componentes químicos del material.

Cabe resaltar que se tuvo que calcinar la arcilla a una temperatura de 800 grados centígrados por un lapso de dos horas según el análisis térmico diferencial, antes de analizarla químicamente por el ensayo de fluorescencia de rayos x.

### **6.7.4. RELACIÓN AGUA-SUELO**

Esto se determinó por tanteo realizando las muestras de ladrillos, cabe mencionar que los ladrillos añadidos con 2% y 5% necesito más agua para obtener una mezcla pastosa.

Para la elaboración de ladrillos, se trabajó siguiendo etapas bien marcadas.

#### **➤ OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.**

El ladrillo a elaborar en esta investigación estuvo compuesto por arcilla de color crema de baja plasticidad, extraída de un yacimiento arcilloso de una ladrillera en el pueblo de Yuracoto – Caraz en un 40 % y, tierra de chacra extraída de una zona de labranza de ladrillos del pueblo de Tamborreal – Santa en un 60 % de la mezcla del ladrillo.

Posteriormente se trabajó con el biomaterial (concha de abanico), este fue obtenido del mercado de peces La sirenita de Chimbote, este material fue preparado primero seleccionando y limpiando las valvas, quitando la parte comestible y conchuelas que se forman en la parte superior de la concha de abanico, continuando con el lavado con abundante agua para quitar

el olor de la concha, luego se dejó reposar en sombra por alrededor de cinco días sobre un cartón extendiendo todas las conchas obtenidas, el paso siguiente fue la trituración de las valvas de la concha usando un batan rustico de piedra, esta hizo obtener polvo de concha de abanico de diferente granulometría por lo cual, ya con todo el material molido fue pertinente utilizar el tamiz #200, finalmente se activó térmicamente calcinando a una temperatura de 500 grados centígrados por un lapso de dos horas.

#### ➤ SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Con la materia prima, la arcilla y la tierra en manos, se comenzó con la trituración usando una piedra de batán pesada, para descomponer los grumos que presentaba la arcilla y la tierra, luego se cernió los materiales para homogenizarlos en una malla mosquitera, que haciendo una comparación con las aberturas de los tamices, era una malla #20, por último se pesó y separo en sacos el material terminado según la dosificación para los ladrillos patrones y experimentales.

Se realizó la premezcla de la arcilla y la tierra de chacra en seco en un porcentaje de 40% y 60% respectivamente, usando la técnica del volteo el cual consistía en dar vuelta con una palana a todo el material tres veces consecutivas, a esta mezcla combinada se extendió dejando en la parte central superior una depresión de unos 20 cm, esta se llenó de agua permaneciendo así una media hora, después de concluido el tiempo se hizo nuevamente de la técnica de volteo para mezclar el material húmedo hasta obtener una mezcla pastosa.

La mezcla pastosa se dejó reposar una media hora protegiéndolo con plástico para que los rayos del sol no sequen la mezcla, este reposo sirvió para que todas las partículas de los materiales se humecten y resulten más moldeable.

Lo mismo se hizo para el ladrillo experimental, lo único diferente es que se adiciono el 2% y 5% de ceniza de concha de abanico.

#### ➤ MOLDEADO

Como no podía de ser de otra manera en la producción de ladrillos artesanal, el moldeado o labrado fue de manera manual y se realizó utilizando un molde denominado gavera, mandada a hacer de madera, con un acabado liso (cepillado) con dimensiones según indica la norma para ladrillos king kong, la cual fue de 24 x 13 x 9 cm.

El proceso común fue sumergir la gavera en agua hasta dejarla completamente húmeda, luego se impregno con arena fina una pequeña película, esta con el fin de lubricar el molde y facilitar el desprendimiento del crudo al momento de retirar, en esta ocasión encintamos la gavera con cinta de embalaje que sirvió como lubricante también.

Se introdujo la mezcla a la gavera, previamente preparado, en este proceso se lanza con fuerza porciones de crudo, primero en las esquinas y luego en la parte media dejando sobresalir una pequeña porción en la parte superior, que se enrasa vertiendo unas gotas de agua luego mediante una regla de madera se nivelo, posteriormente con un pequeño impulso se levanta la gavera lentamente obteniendo el ladrillo crudo, este proceso se repite sucesivamente.

#### ➤ SECADO

Se dejó secar bajo sombra para que los ladrillos recién moldeados no sufran un secado rápido con la temperatura del sol, esto causaría fisuras por la evaporación rápida del agua dentro del ladrillo, al tercer día se colocó los ladrillos parcialmente endurecidos de canto para que sequen todas sus caras, el proceso de secado en sombra demora unos 10 días.

Se colocó en rumas los ladrillos que se realizaron, listos para trasladarlos a los hornos artesanales, el traslado se hizo con sumo cuidado para evitar desmoronamiento del ladrillo crudo.

### ➤ COCCIÓN

Se visitó muchos hornos artesanales, estos distribuidos en dos importantes zonas de concentración, el AA.HH. San Luis en Santa y el pueblo de La Huaca en Santa también, habiendo hornos de capacidad de 30 millares hasta 80 millares de ladrillos, para esta investigación por inconvenientes de que la mayoría de los hornos ya estaban en funcionamiento, otros estaban en descarga de ladrillos cocidos, algunos en limpieza, se visitó y escogió el horno de la ladrillera semi-industrial Consorcio cerámico L & M, ubicado en la panamericana norte km 438, afueras de la ciudad de Chimbote, este horno estaba en pleno carguío de ladrillos crudos por lo cual fue pertinente introducir los ladrillos en estudio en ese horno, lo ideal para colocar los ladrillos es en la zona media central, pero para prevenir problemas futuros de descarga se ubicó los ladrillos en la parte media delantera en una misma cama, estos fueron puestos en el primer bloque, habiendo una distancia entre bloques lo que permite la circulación de las llamas y aire caliente.

El proceso de la cocción en horno tipos Hoffman abierto es tal como sigue:

- Se dejaron ductos en el interior del horno para la colocación del combustible, en este caso carbón mineral. Estos ductos permiten la distribución del fuego mediante la circulación de aire, alimentando la combustión que ingresa de la parte superior.
- Terminado el carguío con el horno completamente lleno, y previamente colocado los ladrillos con pequeños espacios libres de 1 cm aproximadamente, se tapó las puertas laterales del horno asentando ladrillos ya cocidos con barro y la parte superior del horno hasta 30 cm por encima de los ladrillos.

- Se encendió el combustible en el ducto avivando el fuego con ayuda de aserrín y se inspecciono el techo dejando espacios libres para la recarga de combustible desde la parte superior.

- El tiempo de cocción en este tipo de hornos demoro 5 días, concluido este periodo se destapo el techo y la puerta delantera dejando enfriar por dos días.

#### **6.7.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Previamente a este ensayo se marcó cada muestra para identificarlo en cualquier momento, se midió usando una regla todas sus dimensiones, largo, ancho y altura del ladrillo y por último se pesó cada uno usando una balanza de capacidad 5000 gr.

Para el ensayo de compresión de los ladrillos, se tuvo medias unidades de acuerdo a la norma técnica peruana, las unidades que se ensayaron fueron 5 ladrillos patrones, 5 ladrillos con 2% de ceniza de concha de abanico y 5 ladrillos con 5% de ceniza de concha de abanico, porque según la norma es el número de muestra mínima a ensayar.

Para el refrentado de las muestras se utilizó yeso calcinado, esto se logró con ayuda de una placa plana de vidrio aceitada para su nivelación, los espesores del refrentado no sobrepasaron los 3 milímetros en todas las muestras.

Se realizó los ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad San Pedro y posteriormente se procesó los resultados obteniendo las resistencias a la compresión de los ladrillos estudiados.

## 7. RESULTADOS

Se mostraran los resultados obtenidos de los ensayos realizados en laboratorios para la elaboración de los ladrillos:

### 7.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA

#### 7.1.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Ensayo de análisis granulométrico a la arcilla de Yuracoto - Caraz empleada en la elaboración del ladrillo.

**Tabla N° 11.**

*Granulometría por tamizado del suelo.*

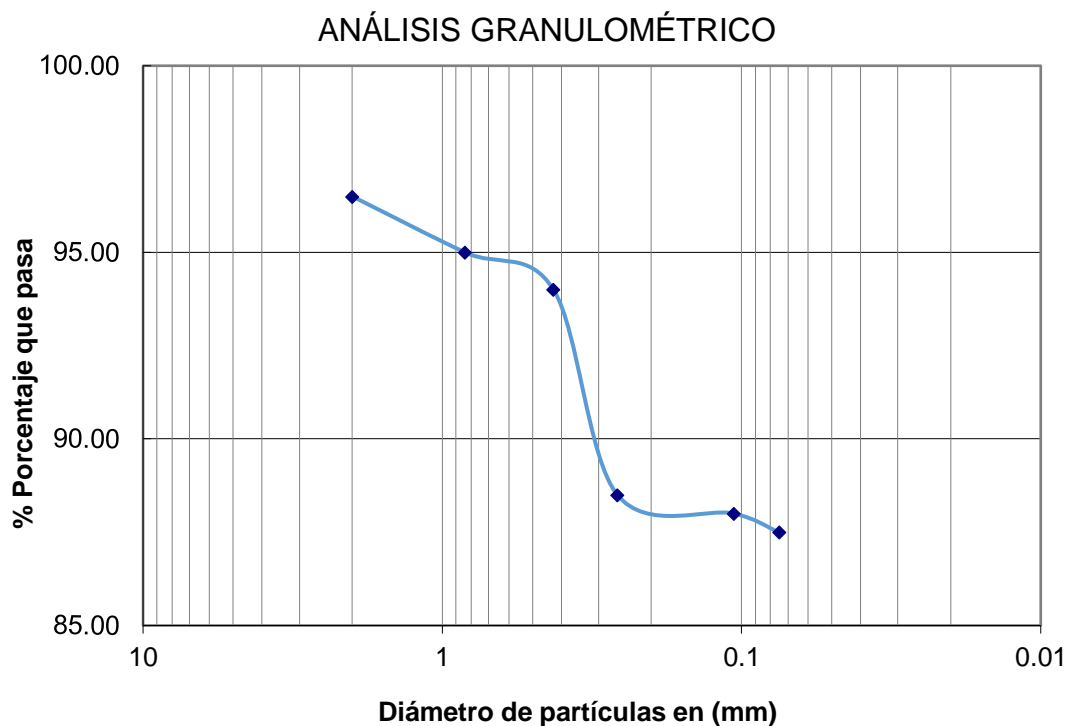
Peso seco inicial		200.00	gr.		
Peso Seco Lavado		45.90	gr.		
Peso perdido por lavado		154.10	gr.		
Tamices		Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
N°	mm				
N°4	4.76	2.00	1.00	1.0	<b>99.00</b>
N°10	2	5.00	2.50	3.5	<b>96.50</b>
N°20	0.84	3.00	1.50	5.0	<b>95.00</b>
N°40	0.425	2.00	1.00	6.0	<b>94.00</b>
N°60	0.26	11.00	5.50	11.5	<b>88.50</b>
N°140	0.106	1.00	0.50	12.0	<b>88.00</b>
N°200	0.075	1.00	0.50	12.5	<b>87.50</b>
	Fondo	175.00	87.50	100.0	<b>0.00</b>
TOTAL		200.00			

Fuente: Elaboración propia, 2020.



**Figura N° 1.**

*Curva granulométrica del suelo arcilloso.*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 7.1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD.

Ensayo de contenido de humedad a la arcilla de Yuracoto – Caraz.

**Tabla N° 12.**

*Contenido de humedad del suelo.*

CONTENIDO DE HUMEDAD				
		M-1	M-2	M-3
A	Tara + Peso húmedo	280.00	275.00	270.00
B	Tara + Peso seco	277.00	273.00	267.00
C	Peso de Tara	188.00	180.00	185.00
D	Peso de Agua	3.00	2.00	3.00
E	Peso seco	89.00	93.00	82.00
F	% de humedad	3.37	2.15	3.66
		3.06		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 7.1.3. LÍMITE LÍQUIDO Y PLÁSTICO

Ensayo de límites a la arcilla de Yuracoto - Caraz empleada en la elaboración del ladrillo.

**Tabla N° 13.**

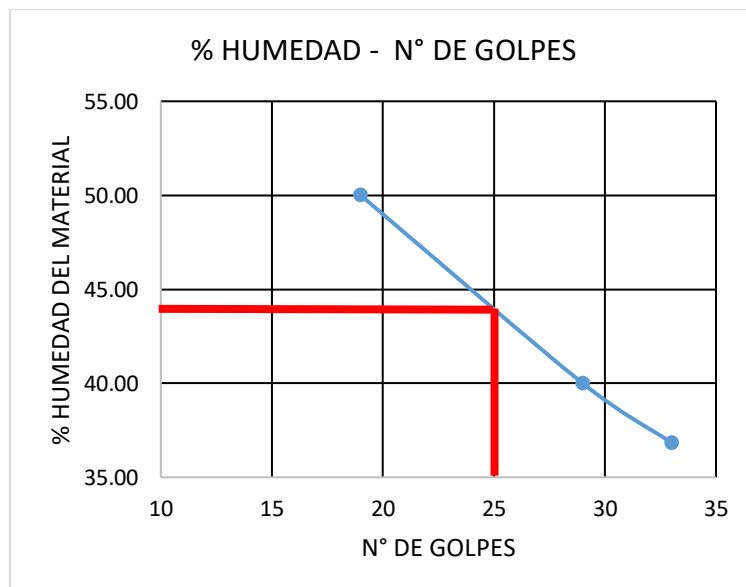
*Límites de consistencia del suelo.*

N° de ensayo	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2	3	1	2	3
Peso tara + suelo húmedo (gr)	48.00	47.00	38.00	28.00	29.00	24.00
Peso tara + suelo seco (gr)	41.00	39.00	33.00	27.00	27.50	23.00
Peso tara (gr)	22.00	19.00	23.00	23.00	22.00	19.00
Peso del agua (gr)	7.00	8.00	5.00	1.00	1.50	1.00
Peso suelo seco (gr)	19.00	20.00	10.00	4.00	5.50	4.00
Contenido de humedad (%)	36.84	40.00	50.00	25.00	27.27	25.00
N° de golpes	33	29	19	25.76		
LÍMITE LÍQUIDO	44.18 %					
LÍMITE PLÁSTICO	25.76 %					
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	18.43					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Figura N° 2.**

*Gráfica de límites de consistencia*



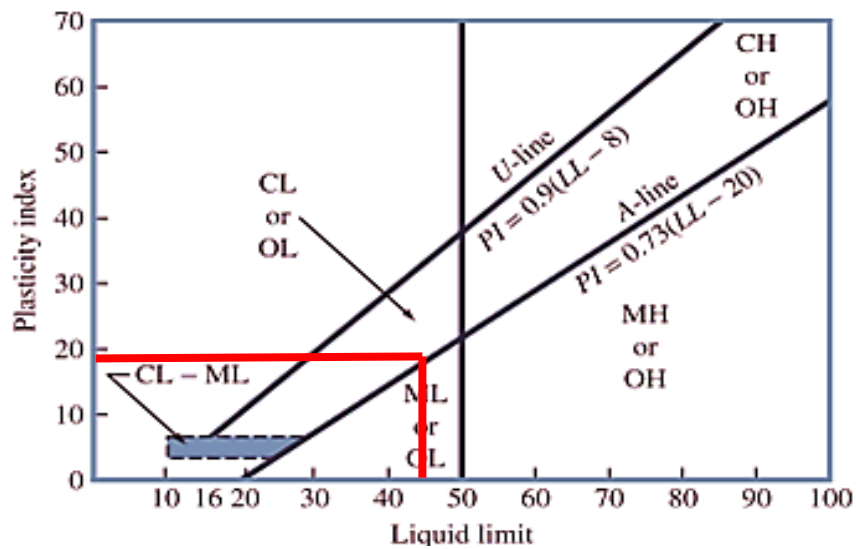
Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 7.1.4. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Según el Abaco de Casagrande y ubicando los datos el tipo de suelo que presentamos es un CL (Arcilla de baja plasticidad).

**Figura N° 3.**

*Gráfica de ubicación de los límites de Atterberg en el ábaco de Casagrande.*

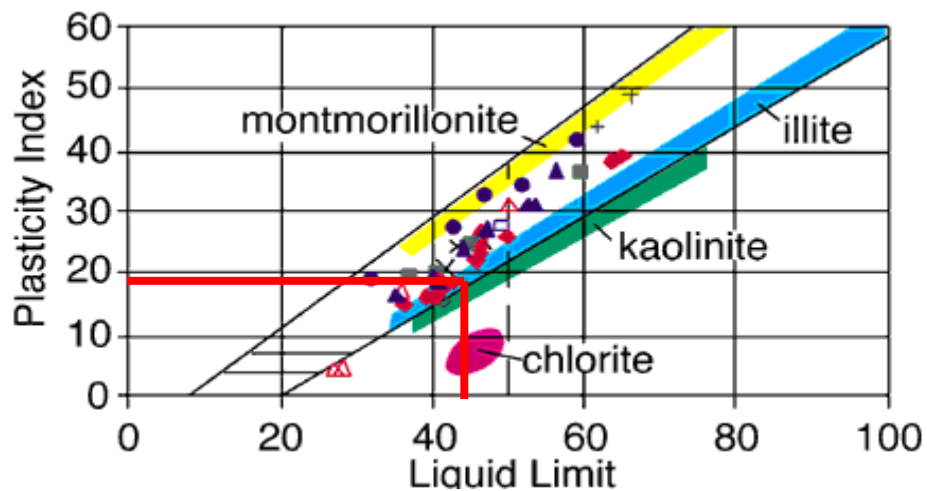


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los datos correspondientes a los límites de Atterberg también fueron representados en el diagrama de Holtz y Kovacs (Holtz y Kovacs, 1981)

**Figura N° 4.**

*Gráfica de ubicación de límites en el diagrama de Holtz y Kovacs.*

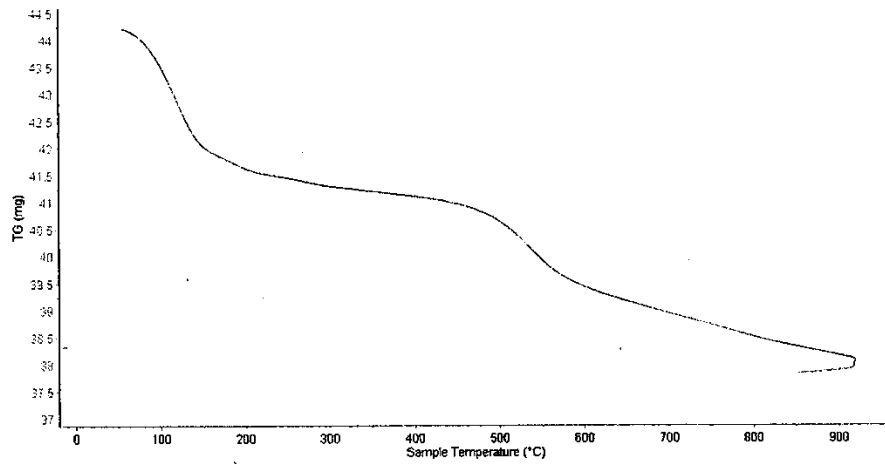


Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 7.2. ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

**Figura N° 5.**

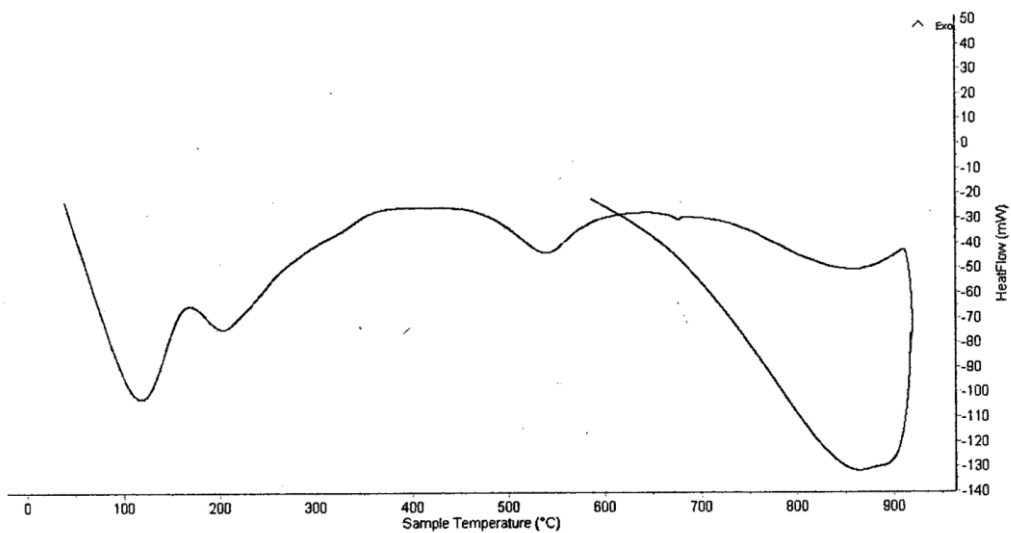
*Curva de pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico de la arcilla*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Figura N° 6.**

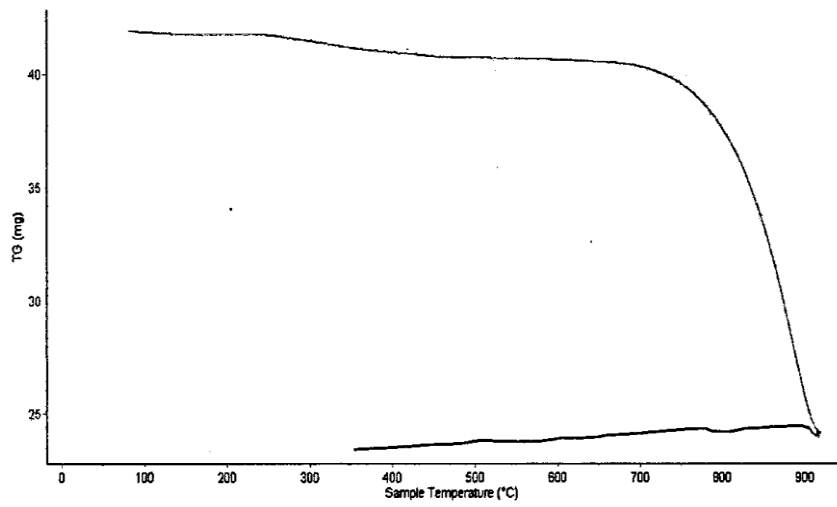
*Curva calorimétrica ATD de la arcilla.*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Figura N° 7.**

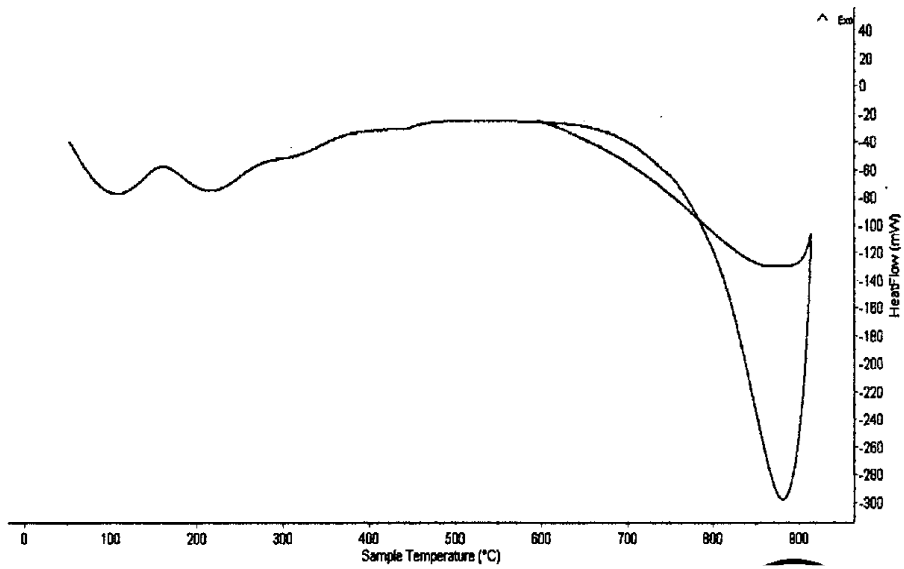
*Curva de pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico de la concha de abanico.*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Figura N° 8.**

*Curva calorimétrica ATD de la concha de abanico.*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 7.3. FLUORESCENCIA DE RAYOS X

*Muestra analizada a la arcilla*

**Tabla N° 14.**

*Caracterización de la arcilla.*

ANÁLISIS	RESULTADO (%)	MÉTODO
Silicio (Si)	43.33	Fluorescencia de Rayos X
Aluminio (Al)	26.75	
Hierro (Fe)	9.62	
Potasio (K)	4.70	
Calcio (Ca)	1.85	
Titanio (Ti)	0.65	
Azufre (S)	0.44	
Fosforo (P)	0.26	
Zinc (Zn)	0.10	
Manganeso (Mn)	0.09	
Plomo (Pb)	0.04	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

### 7.4. RELACIÓN AGUA-SUELO

**Tabla N° 15.**

*Relación agua-suelo*

Dosificación			
Porcentaje de ceniza de concha	0%	2%	5%
Mezcla (Arcilla, Tierra) (kg)	5.00	5.00	5.00
Agua (%)	25	30	35
Ceniza de concha (kg)	0	0.10	0.25

Fuente: Elaboración propia, 2020.

## 7.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**Tabla N° 16.**

*Resistencia a la compresión  
de ladrillo patrón*

LADRILLO PATRÓN					
LADRILLO N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020
Edad( día)	7	7	7	7	7
Altura (cm)	8.60	8.50	8.60	8.60	8.60
Largo (cm)	11.70	11.50	11.50	11.40	11.50
Ancho (cm)	12.50	12.20	12.10	12.40	12.20
Área (cm <sup>2</sup> )	146.25	140.30	139.15	141.36	140.30
Masa (kg)	1.70	1.80	1.80	1.70	1.80
Carga Ultima (kg)	19640.00	15540.00	11270.00	14870.00	15340.00
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	134.29	110.76	80.99	105.19	109.34
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	108.11				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 17.**

*Resistencia a la compresión de ladrillo experimental 2% ceniza de concha de abanico*

LADRILLO EXPERIMENTAL 2% CENIZA DE CONCHA DE ABANICO					
LADRILLO N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020
Edad( día)	7	7	7	7	7
Altura (cm)	8.60	8.60	8.50	8.60	8.60
Largo (cm)	11.60	11.40	11.60	11.30	11.40
Ancho (cm)	12.70	12.60	12.50	12.50	12.40
Area (cm <sup>2</sup> )	147.32	143.64	145.00	141.25	141.36
Masa (kg)	1.70	1.75	1.70	1.70	1.75
Carga Ultima (kg)	23650.00	21590.00	21100.00	11080.00	12560.00
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	160.53	150.31	145.52	78.44	88.85
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	124.73				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Tabla N° 18.**

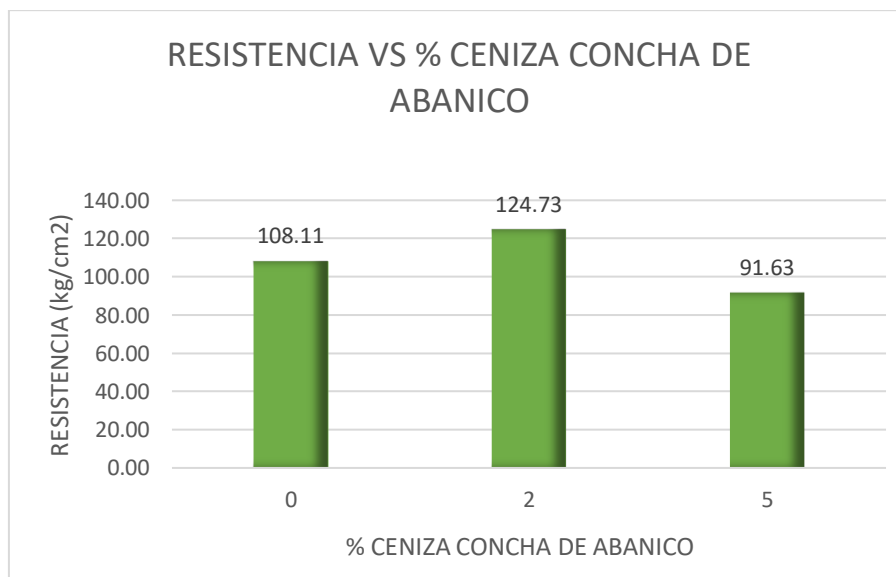
*Resistencia a la compresión de ladrillo experimental 5% ceniza de concha de abanico*

LADRILLO EXPERIMENTAL 5% CENIZA DE CONCHA DE ABANICO					
LADRILLO N°	1	2	3	4	5
Fecha de rotura	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020	13/03/2020
Edad( día)	7	7	7	7	7
Altura (cm)	8.50	8.60	8.60	8.50	8.60
Largo (cm)	11.50	11.40	11.70	11.40	11.50
Ancho (cm)	12.60	12.40	12.60	12.40	12.60
Área (cm <sup>2</sup> )	144.90	141.36	147.42	141.36	144.90
Masa (kg)	1.70	1.65	1.70	1.70	1.65
Carga Ultima (kg)	16610.00	8900.00	16910.00	7260.00	16590.00
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	114.63	62.96	114.71	51.36	114.49
Resistencia promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	91.63				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

**Figura N° 9.**

*Resistencia vs % ceniza de concha de abanico*



Fuente: Elaboración propia, 2020.



## **8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.**

### **8.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA**

El material que estamos empleando según los datos de la granulometría contiene un 87.50% entre arcilla - limo y un 12.50 % de arena, este resultado no se asemeja al estudio realizado por Ruiz (2015, p.46) donde indica que la arcilla estudiada presento un 20% de arcilla - limo y un 80% de arena, es por ello que en este caso utilizamos además de este suelo arcilloso, un suelo desgrasante y reforzante la cual será la tierra de chacra para elaborar el ladrillo, con esto queremos prevenir fisuras en el ladrillo reduciendo las contracciones que presenta el ladrillo en el proceso de secado y posteriormente en el proceso de cocción.

El suelo estudiado presenta un 3.06 % de humedad como promedio de tres muestras, este resultado se asemeja al estudio realizado por Ruiz (2015, p.45) donde indica que la arcilla estudiada presento un 9.62 % como promedio de tres muestras, por otro lado la mezcla del ladrillo a elaborar debe representar un rango entre el 20 – 25 % de agua respecto al peso total de la mezcla del ladrillo, según Domínguez(2015, p.03), como la elaboración en esta investigación es utilizando el método manual (más contenido de agua) y no por el método de extrusión (menos contenido de agua) este dato de humedad no generó relevancia alguna para el trabajo.

El índice de plasticidad del suelo estudiado presenta un dato de 18.42 %, este resultado se asemeja al estudio realizado por Ruiz (2015, p.45) donde indica que la arcilla estudiada presento 19.83 %, este dato es idóneo y el esperado para la elaboración de ladrillos de arcillas al ser una arcilla de baja plasticidad y poca contracción.

Según el ábaco de Casagrande su clasificación según SUCS es la de un suelo tipo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), este resultado se asemeja al estudio realizado por Ruiz (2015, p.47) donde indica que la arcilla estudiada fue de tipo CL (arcilla limosa), está la hace una arcilla impura al contener arena y limo, y para la fabricación de ladrillos de arcilla es muy

buena ya que ayuda mucho en el secado y producto final, otro dato según el diagrama de Holtz y Kovacs la clasifican al material como arcilla illitica, este tipo de arcilla son las más comunes y utilizadas en la fabricación de ladrillos.

## **8.2. ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL**

El análisis térmico diferencial de la arcilla a emplear en la elaboración del ladrillo de acuerdo al análisis termo gravimétrico muestra dos importantes caídas del material, la primera a los 100 ° C y la segunda a 500 ° C, indicando mala estabilidad térmica del material, por otro lado el análisis calorimétrico muestra un intenso pico de absorción térmica entre 800° C y 900° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material, este resultado se asemeja al estudio realizado por Cruz (2010, p.01) donde indica que la arcilla illitica se descompone gradualmente entre los 850° C y 1100° C.

El análisis térmico diferencial del polvo de concha de abanico a emplear en la elaboración del ladrillo de acuerdo al análisis termo gravimétrico muestra una leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700° C, por otro lado el análisis calorimétrico muestra un intenso pico de absorción térmica a 890° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

## **8.3. FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

El ensayo de Fluorescencia de Rayos X a la arcilla nos arrojó la composición química del suelo a emplear en la fabricación del ladrillo.

- El silicio presenta un 43.33 %, este resultado se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.03) donde indica un 49.56 % de sílice, este dato es el esperado ya que se encuentra cerca del rango entre 50-60 %, la cual necesita un ladrillo según Barranzuela (2014, p.16), un exceso de este compuesto produciría poca cohesión en la mezcla que llevaría al agrietamiento de la unidad.

- El hierro presenta un 9.62 %, este resultado se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.03) donde indica un 10.73 % de hierro, este dato es muy elevado según Barranzuela (2014, p.16), que propone valores menores a 7%, con esto llegaría fácilmente a una coloración rojiza a baja temperatura.
- El aluminio presenta un 26.75 %, este resultado no se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.03) donde indica un 10.41 % de aluminio, este dato es el esperado ya que cumple con los parámetros mencionados por Barranzuela (2014, p.16), la cual indica valores mayores a 5%, con esto aumentaríamos la refractariedad del ladrillo.
- El calcio presenta un 1.85 %, este resultado se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.03) donde indica un 3.82 % de calcio, este dato está dentro del rango según Barranzuela (2014, p.16), la cual indica que no debe sobrepasar el 10%, un exceso produciría contracciones internas en el ladrillo, como consecuencia agrietamiento y explosión.

#### **8.4. RELACIÓN AGUA – SUELO**

El suelo estudiado requirió un 25% de agua para los ladrillos patrones, 30% de agua para los ladrillos con 2% de ceniza de concha y 35% de agua para los ladrillos con 5% de ceniza de concha, este resultado no se asemeja con ningún estudio realizado ya que nadie determino la relación agua-suelo añadiendo la ceniza de concha, por otro lado si nos dicen que la mezcla del ladrillo a elaborar debe representar un rango entre el 20 – 25 % de agua respecto al peso total de la mezcla del ladrillo, según Carrasco (2015, p.03).

## 8.5. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- Los ladrillos patrones arrojaron como promedio de 5 muestra el valor de 108.11 kg/cm<sup>2</sup>, este dato cumple con los parámetros establecidos en la norma E-070 clasificándola como ladrillo tipo III la cual menciona una resistencia mínima de 95 kg/cm<sup>2</sup>, este resultado se asemeja al estudio realizado por Carrasco (2015, p.04) donde indica una resistencia de 100 kg/cm<sup>2</sup>, por el contrario no se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.11), donde indica una resistencia de 140 kg/cm<sup>2</sup>, el dato anterior fue más elevados, esto dependió mucho de la arcilla utilizada.
- Los ladrillos experimentales con 2% de ceniza de concha de abanico arrojaron como promedio de 5 muestra el valor de 124.73 kg/cm<sup>2</sup>, este dato cumple con los parámetros establecidos en la norma E-070 clasificándola como ladrillo tipo III la cual menciona una resistencia mínima de 95 kg/cm<sup>2</sup>, este resultado no se asemeja al estudio realizado por Carrasco (2015, p.04) donde indica una resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup> con 3% de ceniza de concha de abanico, tampoco se asemeja al estudio realizado por Díaz (2014, p.11), donde indica una resistencia de 190.14 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sí se puede destacar fue en que en todos los estudio subió la resistencia, en este caso subió un 15.37 % , en el caso de Carrasco un considerablemente aumento del 100 % , por último en el caso de Díaz un 35.81 %.
- Los ladrillos experimentales con 5% de ceniza de concha de abanico arrojaron como promedio de 5 muestra el valor de 91.63 kg/cm<sup>2</sup>, este dato cumple con los parámetros establecidos en la norma E-070 clasificándola como ladrillo tipo II la cual menciona una resistencia mínima de 70 kg/cm<sup>2</sup>, este resultado no se asemeja al estudio realizado por Carrasco (2015, p.04) donde indica una resistencia de 80 kg/cm<sup>2</sup>, este dato es muy bajo según Díaz (2014, p.11), donde indica una resistencia de 170 kg/cm<sup>2</sup>, este último supero a la serie patrón lo cual no ocurrió en mi caso, ni el de Carrasco (2015, p.04).

- Los resultados obtenidos en lo que se refiere resistencia a la compresión presentaron una dispersión considerable, esto a causa de varios factores:

Al tratarse de ladrillos elaborados netamente con procesos artesanales durante todo su periodo de fabricación desde la trituración de la materia prima hasta el horneado, el proceso de moldeado es empírico sin ningún control ni mucho menos maquinas como la extrusora las cuales usan algunas ladrilleras semi-industriales, es por ello que al moldearse con poca presión suelen quedar espacios vacíos dentro del ladrillo crudo, esto causa una baja resistencia, por ello las resistencias de las muestras no presentaron un dato uniforme.

Otro posible factor pudo ser la temperatura de cocción a la que fueron sometidos los ladrillos, estos se quemaron en un horno tipo Hoffman abierto, esta atmosfera al no estar a una temperatura medianamente controlada y por el sitio de colocación de los ladrillos en el horno, cerca de los ductos que transmitieron el calor, podemos también pensar que fácilmente alcanzaron temperaturas sobre los 900 ° C, estas temperaturas según los ensayos de ATD de la arcilla y la concha de abanico estarían fuera de lo ideal, convirtiendo el material del ladrillo en estado amorfo, esto quiere decir que las partículas que conforman el ladrillo no poseen una estructura ordenada.

- Se determinó que a menor dosificación de ceniza de concha de abanico mayor resistencia a la compresión del ladrillo, a mayor dosificación de ceniza de concha de abanico menor resistencia a la compresión del ladrillo.

## **9. CONCLUSIONES**

**9.1.** El material que estamos empleando según los datos de la granulometría contiene un 87.50% entre arcilla -limo y un 12.50 % de arena, presenta un 3.06 % de humedad como promedio de dos muestras, el índice de plasticidad del suelo estudiado presenta un dato de 18.42 %, según el ábaco de Casagrande su clasificación según SUCS es la de un suelo tipo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), según el diagrama de Holtz y Kovacs la clasifican al material como arcilla illítica.

**9.2.** El análisis termo gravimétrico de la arcilla muestra dos importantes caídas del material, la primera a los 100 ° C y la segunda a 500 ° C, por otro lado el análisis calorimétrico muestra un intenso pico de absorción térmica entre 800° C y 900° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

**9.3.** El análisis termo gravimétrico de la concha de abanico muestra una leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica hasta alcanzar los 700° C, por otro lado el análisis calorimétrico muestra un intenso pico de absorción térmica a 890° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

**9.4.** De acuerdo a la composición química de la arcilla, favorece la elaboración del ladrillo por los siguientes componentes: el silicio presenta un 43.33%, el hierro presenta un 9.62%, el aluminio presenta un 26.75%, el calcio presenta un 1.85% y el manganeso que presenta 0.09%.

**9.5.** La relación de agua - suelo es proporcional a la cantidad de ceniza de concha de abanico, ya que con 0% de ceniza de concha se necesitó el 25% de agua, para 2% de ceniza de concha se necesitó el 30% de agua y para 5% de ceniza de concha se necesitó 35% de agua, estos porcentajes se determinó para obtener una mezcla pastosa trabajable.

**9.6.** La resistencia a la compresión del ladrillo patrón fue de 108.11 kg/cm<sup>2</sup>, por otro lado en el caso de los ladrillos adicionados con 2% de ceniza de concha de abanico se logró un aumento con 124.73 kg/cm<sup>2</sup>, por último los ladrillos adicionados con 5% de ceniza de concha de abanico mostraron una baja en la resistencia en comparación de los patrones con un valor de 91.63 kg/cm<sup>2</sup>.

## **10. RECOMENDACIONES**

**10.1.** Se recomienda realizar un estudio y ensayos de suelos también al segundo compuesto del ladrillo propuesto en esta investigación, este sería la tierra de chacra que a causa de recursos no se puede realizar de manera pertinente en esta ocasión.

**10.2.** Se sugiere realizar los ladrillos de arcilla de manera semi-industrial, con esto nos referimos del mezclado, moldeado y quemado, y no de manera artesanal para obtener mejores resultados en las resistencias.

**10.3.** Se sugiere extender esta investigación con la finalidad de encontrar la dosificación idónea entre arcilla, tierra de chacra y ceniza de concha de abanico para la mejor resistencia a la compresión.



## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, D. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín*. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Arquiñigo, W. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huánuco*. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. Tesis de pregrado en Ingeniería civil, Facultad de ingeniería, Universidad de Piura.
- Betancourt, D. (2008). *Utilización del carbonato de calcio como adición mineral en la producción de ladrillos de cerámica roja*. Tesis para optar por el grado de doctor en Ciencias Técnicas, en Facultad de Construcciones, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara.
- Carrasco, L. y Martínez, D. (2015). *Eco ladrillos térmicamente eficientes y resistentes a base de arcilla adicionada con conchas de abanico*. XXIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Trujillo.
- Chamale, L. (2011). *Uso de escoria de mata de níquel en la fabricación de ladrillo tayuyo en forma artesanal*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Díaz, Y. (2014). *Evaluación del uso del carbonato de calcio como aditivo fundente en la producción de adoquines de cerámica roja*. III Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Manabí Portoviejo, Ecuador.
- INDECOPI (2006). *Normas Técnicas Peruanas*. Lima: INDECOPI NTP 399.613-2005; NTP 399.605-2003; NTP 399.621-2004.

- Mamani, R. (2015). *Estudio y formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la ciudad de Cusco*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Materiales, Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad Nacional de San Agustín.
- Mego, A. (2013). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos king kong producidos en el sector de fila alta de Jaén*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de ensayo de materiales*.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y SENCICO (2006). *Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.070 "Albañilería"*. Lima: Grafico El Porvenir S.A.
- Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de Producción (2010). *Estudio diagnóstico de las ladrilleras artesanales en el Perú*.
- Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de Producción (2010). *Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales en el Perú*.
- Rojas, N. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y del ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico Distrito de Santa – Ancash – 2017*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Cesar Vallejo de Chimbote.
- Ruiz, D. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca*. Tesis para optar el título profesional en Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte de Cajamarca.
- Tirado, U. (2015). *Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo.

Zea, N. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales.*

Tesis para optar el título profesional en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería,

Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 12. ANEXOS

# **12.1. CERTIFICADOS DE CALIBRACION**



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO  
(ASTM D422)**

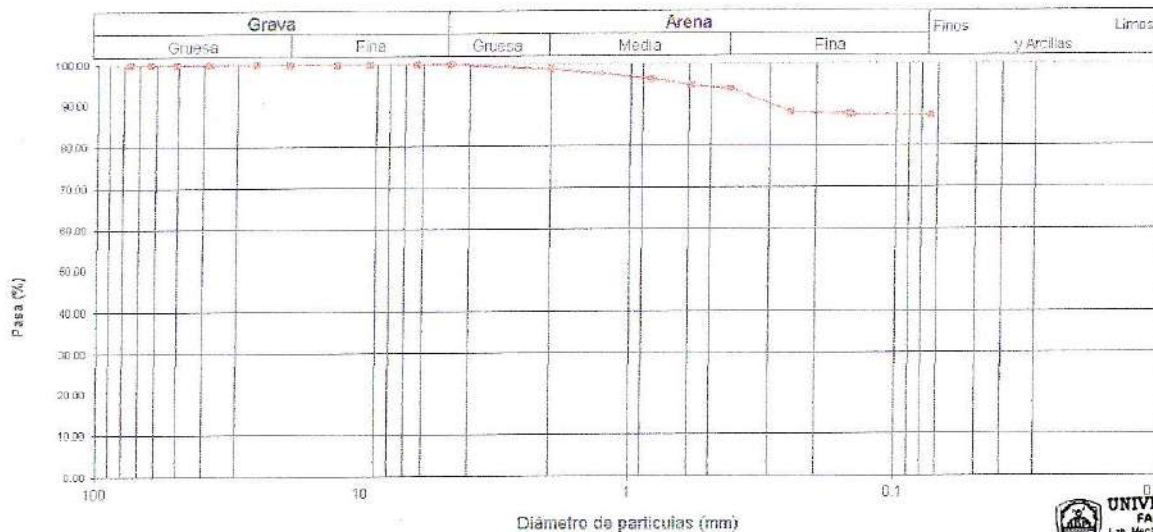
SOLICITA : RONDAN CAHUANA DANIEL ADRIAN  
 PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO EL 2% Y 5%  
 DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : YURACOTO-CARAZ  
 FECHA : 12-03-2020

Peso Seco Inicial	200	gr.
Peso Seco Lavado	25.0	gr.
Peso perdido por lavado	175.0	gr.

CALICATA - 1	
M - 1	
PROF : 1.50	

Tamiz(Apertura)		Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AASHTO
N°	(mm)					
4 1/2"	114.30	0.0	0.0	0.0	100.0	Material lodoso-arenoso Pobre a malo como subgrado A-7.6 Suelo arcilloso
4"	101.60	0.0	0.0	0.0	100.0	
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	0.0	100.0	
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	Valor del índice de grupo (IG): 18 Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas finas Arcilla media estrochada CL
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	Pasa tamiz N° 4 (%) : 100.0 Pasa tamiz N° 200 (%) : 87.5 D60 (mm) : D30 (mm) : D10 (mm) : Cu Cc Límite líquido LL : 44.18 Límite plástico LP : 25.76 Índice plasticidad IP : 18.42
N° 4	4.76	2.0	1.0	1.0	99.0	
N° 10	2.000	5.0	2.5	3.5	96.5	
N° 20	0.840	3.0	1.5	5.0	95.0	
N° 40	0.425	2.0	1.0	6.0	94.0	
N° 60	0.250	11.0	5.5	11.5	88.5	
N° 140	0.106	1.0	0.5	12.0	88.0	
N° 200	0.075	1.0	0.5	12.5	87.5	
< 200		175.0	87.5	100.0	0.0	
Total		200.0			100.0	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**

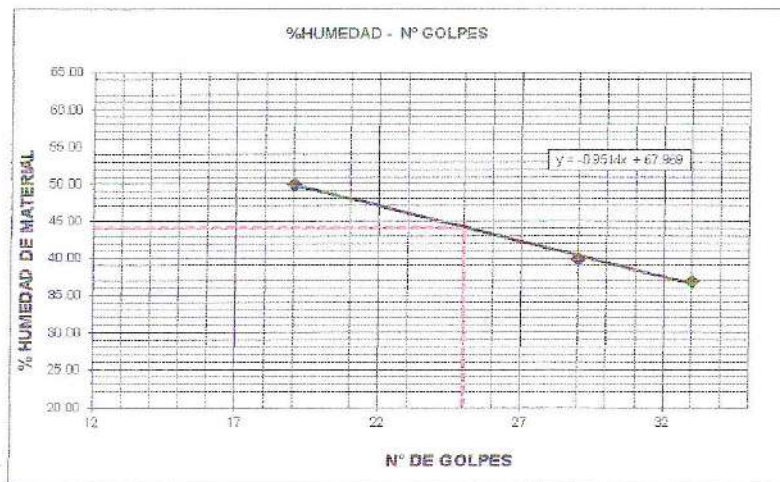




**LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RONDAN CAHUANA DANIEL ADRIAN  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO EL 2% Y 5%  
 DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : YURACOTO-CARAZ  
 FECHA : 12/03/2020

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	48.00	47.00	38.00	28.00	29.00	24.00
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	41.00	39.00	33.00	27.00	27.50	23.00
PESO DE LA TARA (gr.)	22.00	19.00	23.00	23.00	22.00	19.00
PESO DEL AGUA (gr.)	7.00	8.00	5.00	1.00	1.50	1.00
PESO SUELO SECO (gr.)	19.00	20.00	10.00	4.00	5.50	4.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	36.84	40.00	50.00	25.00	27.27	25.00
Nro. DE GOLPES	33	29	19	25.76		



<b>LIMITE LIQUIDO</b> (MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 44.18
<b>LIMITE PLASTICO</b> (MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 25.76
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b> ASTM D-438	
IP :	% 18.43

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFF



Trujillo, 18 de febrero del 2020

**INFORME N° 67 - FEB-20**

Solicitante: Rondan Cahuana Daniel Adrian – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

**1. MUESTRA: Arcilla (1. gr)**

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-67F	44.7 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 44.7 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa



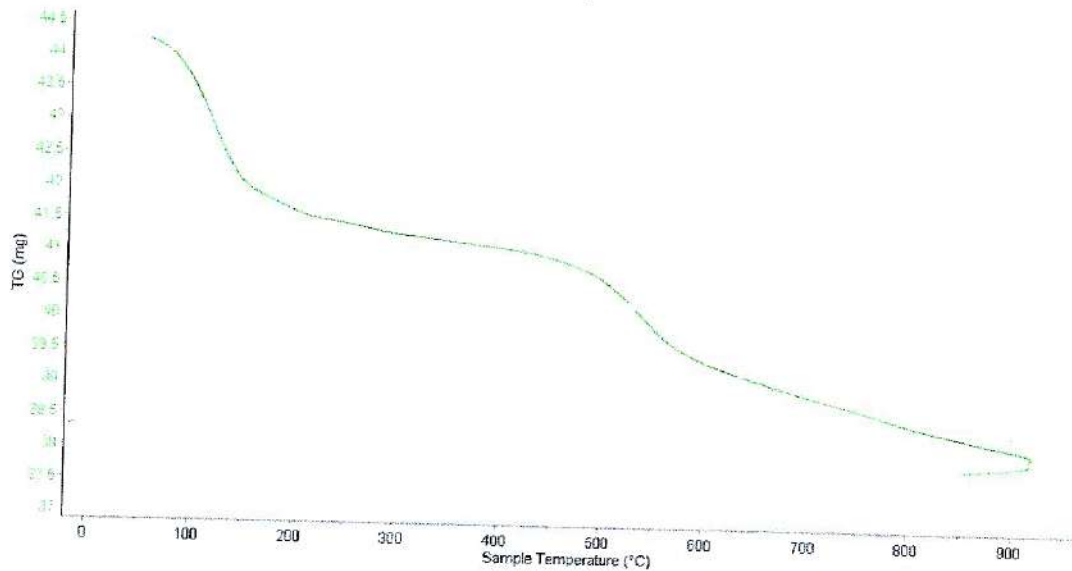


Trujillo, 18 de febrero del 2020

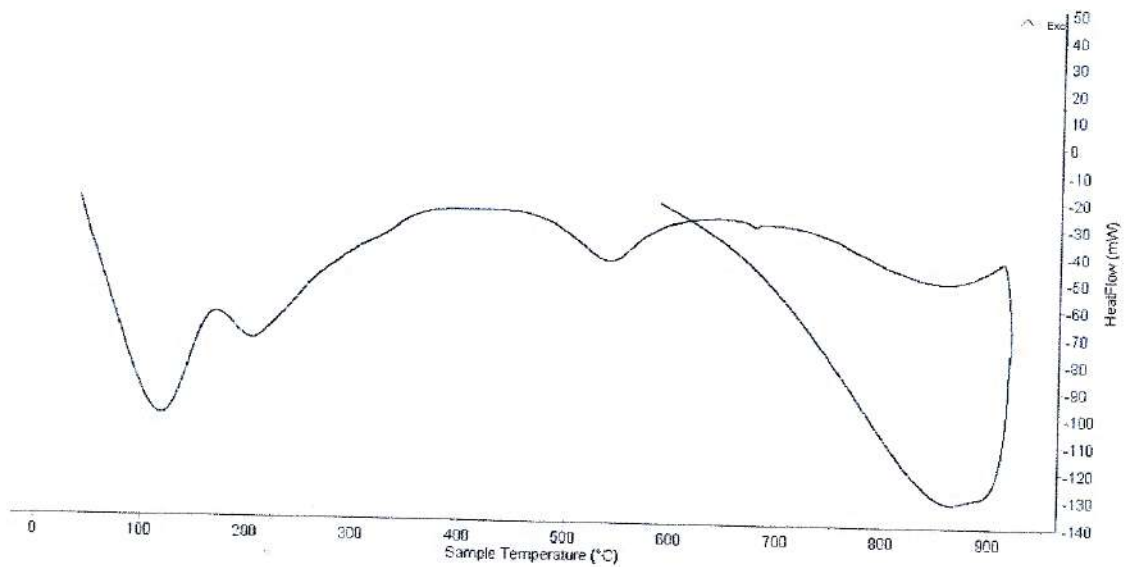
INFORME N° 67 - FEB-20

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD



*[Handwritten signature]*






Trujillo, 18 de febrero del 2020

INFORME N° 67 - FEB-20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis térmico TGA se muestra dos importantes caídas de la masa del material al aumentar de la temperatura, la primera se manifiesta entre 70 y 130°C, y la segunda se da entre 480 y 550; en otros rangos de temperatura la caída de la masa es lenta, el material llega a perder en total aproximadamente 14 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra algunos picos de absorción térmica, la primera a 110°C, la segunda a 200°C, la tercera, a 545°C, y finalmente una banda endotérmica entre 800 y 900 °C lo cual podría suponer cambios estructurales y de las características en el material en cada uno de ellos.

Trujillo, 18 de febrero del 2020

  
JEFATURA  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Trujillo, 18 de febrero del 2020

**INFORME N° 68 - FEB-20**

**Solicitante:** Rondan Cahuana Daniel Adrián – Universidad San Pedro

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....

**1. MUESTRA:** Concha de abanico (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-68F	42 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 42 mg.

**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa



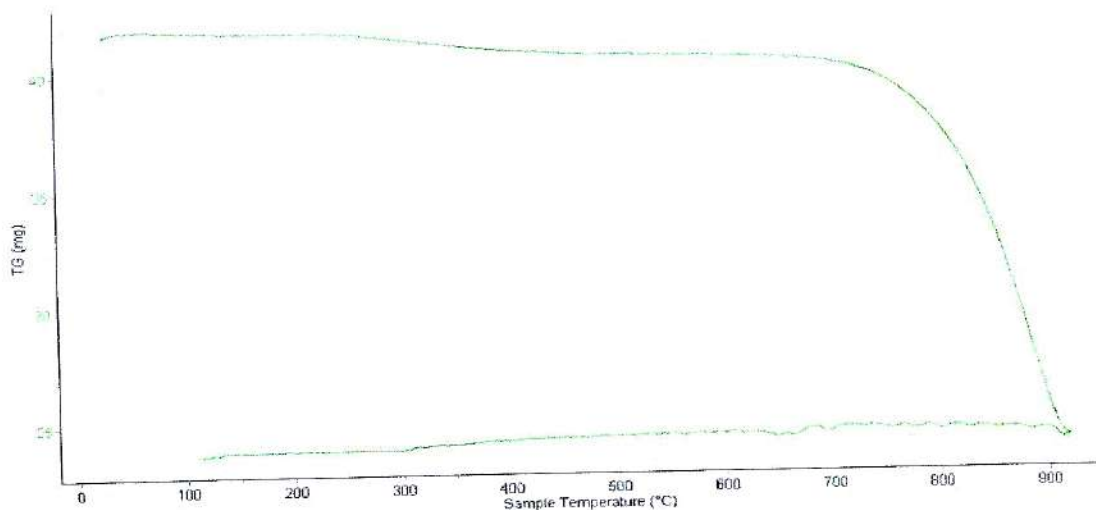


Trujillo, 18 de febrero del 2020

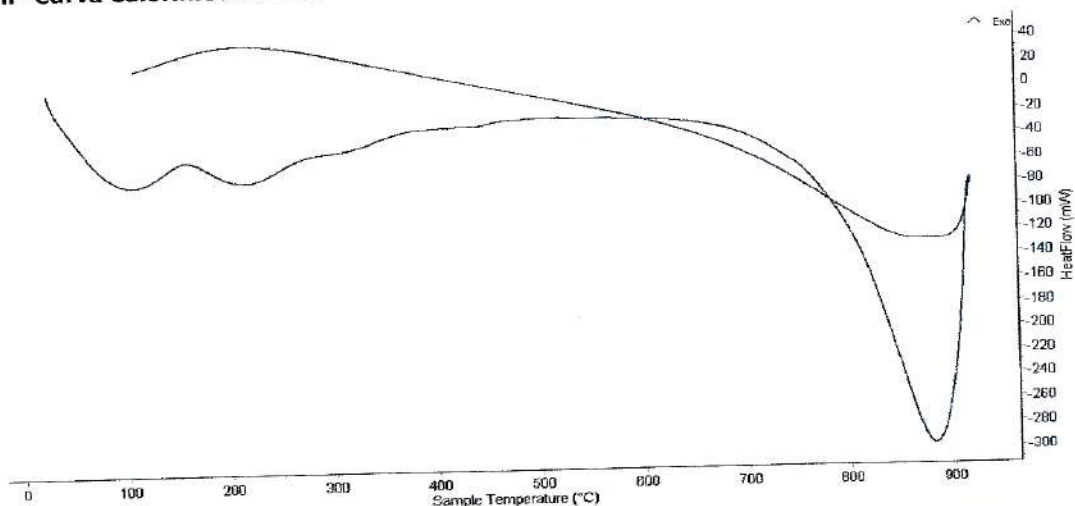
INFORME N° 68 - FEB-20

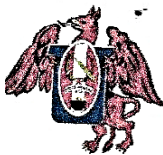
4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD





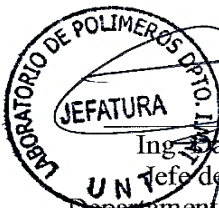
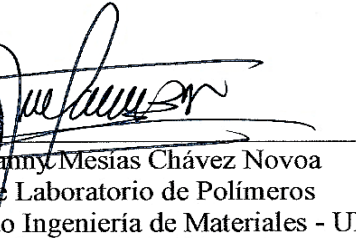
Trujillo, 18 de febrero del 2020

5. CONCLUSION:

INFORME N° 68 - FEB-20

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una muy leve caída del material, indicando buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 43% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 18 de febrero del 2020

  
  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



**INFORME TÉCNICO N° 0212 – 20 – LABICER**

- 1. DATOS DEL SOLICITANTE**
- 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DANIEL ADRIAN RONDAN CAHUANA  
1.2 DNI : 71081806
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
- 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 17 / 02 / 2020  
2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 02 / 2020  
2.3 FECHA DE EMISIÓN : 18 / 02 / 2020
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
- 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
- 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA  
4.2 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO EL 2 % Y 5 % DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.1 °C; Humedad relativa: 65%
- 7. EQUIPOS UTILIZADOS** : Mufia, DAIHAN SCIENTIFIC  
Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS
- 8. RESULTADOS**
- 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**



ANÁLISIS	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Materia volátil	12,17	MUFLA -Temperatura: 800 °C -Tiempo: 2 horas
Silicio, Si	43,33	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup>
Aluminio, Al	26,75	
Hierro, Fe	9,62	
Potasio, K	4,70	
Calcio, Ca	1,85	
Titanio, Ti	0,65	
Azufre, S	0,44	
Fósforo, P	0,26	
Zinc, Zn	0,10	
Manganeso, Mn	0,09	
Plomo, Pb	0,04	

<sup>(1)</sup> Resultados del análisis elemental por fluorescencia de rayos X del Magnesio al Uranio, balanceado al 100% considerando la materia volátil.

## 8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Materia volátil	12,17	MUFLA -Temperatura: 800 °C -Tiempo: 2 horas
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40,44	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X <sup>(1)</sup>
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	30,36	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	8,37	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,22	
Óxido de calcio, CaO	0,73	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0,34	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25	
Óxido de manganeso, MnO	0,06	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0,03	
Óxido de zinc, ZnO	0,02	
Óxido de plomo, PbO	0,01	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental y de la materia volátil.

## 9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.



Bach. Kevin Sulca  
Analista  
LABICER -UNI



Ing. Sebastián Acha de la Cruz  
Jefe de Laboratorio  
Firmado por:  
Ing. Sebastián Lazo Ochoa  
CIP 74236

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

## ANEXO



FIGURA N°1. Muestra analizada de arcilla.



FIGURA N°2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.

## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-PATRON

SOLICITA : BACH: RONDAN CAHUANA DANIEL ADRIAN  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO  
 EL 2% Y EL 5% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 24/06/2020

MATERIAL : LADRILLO (PATRON)

DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23x 13 x 9

11.5 X 13 X 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	PESO ( gr )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura				Area Bruta
PATRON 7 DIAS	11.70	12.50	8.60	146.3	5,654	19,640	134.29
PATRON 7 DIAS	11.50	12.20	8.50	140.3	5,638	15,540	110.76
PATRON 7 DIAS	11.50	12.10	8.60	139.2	5,594	11,270	80.99
PATRON 7 DIAS	11.40	12.40	8.60	141.4	5,507	14,870	105.19
PATRON 7 DIAS	11.50	12.20	8.60	140.3	5,513	15,340	109.34
<b>PROMEDIO</b>							<b>108.11</b>


 UNIVERSIDAD DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA DE MAQUINARIA

  
**Mg. Miguel Solar Jara**  
 JEFE



## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 2%

SOLICITA : BACH:RONDAN CAHUANA DANIEL ADRIAN  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO  
EL 2% Y EL 5% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 24/06/2020

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 23x 13 x 9 11.5 X 13 X 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	PESO ( gr )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura				Area Bruta
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.60	12.70	8.60	147.3	5,654	23,650	160.53
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.40	12.60	8.60	143.6	5,638	21,590	150.31
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.60	12.50	8.50	145.0	5,594	21,100	145.52
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.30	12.50	8.60	141.3	5,507	11,080	78.44
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.40	12.40	8.60	141.4	5,513	12,560	88.85
PROMEDIO							124.73


UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Lab. Mecánica de Suelos y Materiales  
Mg. Miguel Solar Jara

## COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL 5%

**SOLICITA** : BACH:RONDAN CAHUANA DANIEL ADRIAN  
**TESIS** : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN LADRILLO DE ARCILLA ADICIONANDO EL 2% Y EL 5% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO  
**LUGAR** : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
**FECHA** : 24/06/2020

**MATERIAL** : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
**DIMENSIONES DE FORMATO (cm)** : 23x 13 x 9 11.5 X 13 X 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	PESO ( gr )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura				Area Bruta
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.50	12.60	8.50	144.9	5,654	16,610	114.63
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.40	12.40	8.60	141.4	5,638	8,900	62.96
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.70	12.60	8.50	147.4	5,594	16,910	114.71
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.40	12.40	8.60	141.4	5,507	7,260	51.36
EXPERIMENTAL DIAS 7	11.50	12.60	8.60	144.9	5,513	16,590	114.49
<b>PROMEDIO</b>							<b>91.63</b>


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE CALLO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 U.C. Mecánica de Suelos y de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
 JEFE

## **12.2. NORMAS**

---

# **TECNICAS PERUANAS**



**NORMA E.070**

**ALBAÑILERÍA**

**ÍNDICE DE FÓRMULAS Y VALORES DE DISEÑO**

FÓRMULA o VALOR DE DISEÑO	Artículo
Resistencia característica de la albañilería ( $f_m, v_m$ )	13.7
Espesor efectivo mínimo de los muros portantes (t)	19.1a
Esfuerzo axial máximo permitido en los muros portantes	19.1b
Resistencia admisible en la albañilería por carga concentrada coplanar o resistencia al aplastamiento	19.1c
Densidad mínima de muros reforzados	19.2b
Módulo de elasticidad de la albañilería ( $E_m$ )	24.7
Fuerza cortante admisible en los muros ante el sismo moderado	26.2
Fuerza cortante de agrietamiento diagonal o resistencia al corte ( $V_m$ )	26.3
Resistencia al corte mínima del edificio ante sismos severos	26.4
Refuerzo horizontal mínimo en muros confinados	27.1
Carga sísmica perpendicular al plano de los muros	29.6
Momento flector por carga sísmica ortogonal al plano de los muros	29.7
Esfuerzo admisible de la albañilería por flexocompresión	30.7
Esfuerzo admisible de la albañilería en tracción por flexión	30.7
Factores de seguridad contra el volteo y deslizamiento de los cercos	31.6
Resistencia de un tabique ante acciones sísmicas coplanares	33.4

**CAPÍTULO 1  
ASPECTOS GENERALES**

**Artículo 1.- ALCANCE**

1.1. Esta Norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados.

1.2. Para estructuras especiales de albañilería, tales como arcos, chimeneas, muros de contención y reservorios, las exigencias de esta Norma serán satisfechas en la medida que sean aplicables.

1.3. Los sistemas de albañilería que estén fuera del alcance de esta Norma, deberán ser aprobados mediante Resolución del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento luego de ser evaluados por SENCICO.

**Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES**

2.1. Las construcciones de albañilería serán diseñadas por métodos racionales basados en los principios es-

tablecidos por la mecánica y la resistencia de materiales. Al determinarse los esfuerzos en la albañilería se tendrá en cuenta los efectos producidos por las cargas muertas, cargas vivas, sismos, vientos, excentricidades de las cargas, torsiones, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales, etc. El análisis sísmico contemplará lo estipulado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente, así como las especificaciones de la presente Norma.

2.2. Los elementos de concreto armado y de concreto ciclópeo satisfarán los requisitos de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, en lo que sea aplicable.

2.3. Las dimensiones y requisitos que se estipulan en esta Norma tienen el carácter de mínimos y no eximen de manera alguna del análisis, cálculo y diseño correspondiente, que serán los que deben definir las dimensiones y requisitos a usarse de acuerdo con la función real de los elementos y de la construcción.

2.4. Los planos y especificaciones indicarán las dimensiones y ubicación de todos los elementos estructurales, del acero de refuerzo, de las instalaciones sanitarias y eléctricas en los muros; las precauciones para tener en cuenta la variación de las dimensiones producidas por deformaciones diferidas, contracciones, cambios de temperatura y asentamientos diferenciales; las características de la unidad de albañilería, del mortero, de la albañilería, del concreto, del acero de refuerzo y de todo otro material requerido; las cargas que definen el empleo de la edificación; las juntas de separación sísmica; y, toda otra información para la correcta construcción y posterior utilización de la obra.

2.5. Las construcciones de albañilería podrán clasificarse como «tipo resistente al fuego» siempre y cuando todos los elementos que la conforman cumplan los requisitos de esta Norma, asegurando una resistencia al fuego mínima de cuatro horas para los muros portantes y los muros perimetrales de cierre, y de dos horas para la tabiquería.

2.6. Los tubos para instalaciones secas: eléctricas, telefónicas, etc. sólo se alojarán en los muros cuando los tubos correspondientes tengan como diámetro máximo 55 mm. En estos casos, la colocación de los tubos en los muros se hará en cavidades dejadas durante la construcción de la albañilería que luego se rellenarán con concreto, o en los alvéolos de la unidad de albañilería. En todo caso, los recorridos de las instalaciones serán siempre verticales y por ningún motivo se picará o se recortará el muro para alojarlas.

2.7. Los tubos para instalaciones sanitarias y los tubos con diámetros mayores que 55 mm, tendrán recorridos fuera de los muros portantes o en falsas columnas y se alojarán en ductos especiales, o en muros no portantes.

2.8. Como refuerzo estructural se utilizará barras de acero que presenten comportamiento dúctil con una elongación mínima de 9%. Las cuantías de refuerzo que se presentan en esta Norma están asociadas a un esfuerzo de fluencia  $f_y = 412 \text{ MPa}$  ( $4200 \text{ Kg/cm}^2$ ), para otras situaciones se multiplicará la cuantía especificada por  $412/f_y$  (en MPa) ó  $4200/f_y$  (en  $\text{kg/cm}^2$ ).

2.9. Los criterios considerados para la estructuración deberán ser detallados en una memoria descriptiva estructural tomando en cuenta las especificaciones del Capítulo 6

## CAPÍTULO 2 DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

### Artículo 3. DEFINICIONES

3.1. **Albañilería o Mampostería.** Material estructural compuesto por «unidades de albañilería» asentadas con mortero o por «unidades de albañilería» apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

3.2. **Albañilería Armada.** Albañilería reforzada interiormente con varillas de acero distribuidas vertical y horizontalmente e integrada mediante concreto líquido, de tal manera que los diferentes componentes actúen conjuntamente para resistir los esfuerzos. A los muros de Albañilería Armada también se les denomina Muros Armados.

3.3. **Albañilería Confinada.** Albañilería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

3.4. **Albañilería No Reforzada.** Albañilería sin refuerzo (Albañilería Simple) o con refuerzo que no cumple con los requisitos mínimos de esta Norma.

3.5. **Albañilería Reforzada o Albañilería Estructural.** Albañilería armada o confinada, cuyo refuerzo cumple con las exigencias de esta Norma.

3.6. **Altura Efectiva.** Distancia libre vertical que existe entre elementos horizontales de arriostre. Para los muros que carecen de arriostres en su parte superior, la altura efectiva se considerará como el doble de su altura real.

3.7. **Arriostre.** Elemento de refuerzo (horizontal o vertical) o muro transversal que cumple la función de proveer estabilidad y resistencia a los muros portantes y no portantes sujetos a cargas perpendiculares a su plano.

3.8. **Borde Libre.** Extremo horizontal o vertical no arriostrado de un muro.

3.9. **Concreto Líquido o Grout.** Concreto con o sin agregado grueso, de consistencia fluida.

3.10. **Columna.** Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. La columna puede funcionar simultáneamente como arriostre o como confinamiento.

3.11. **Confinamiento.** Conjunto de elementos de concreto armado, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

3.12. **Construcciones de Albañilería.** Edificaciones cuya estructura está constituida predominantemente por muros portantes de albañilería.

3.13. **Espesor Efectivo.** Es igual al espesor del muro sin tarrajeo u otros revestimientos descontando la profundidad de bruñas u otras indentaciones. Para el caso de los muros de albañilería armada parcialmente rellenos de concreto líquido, el espesor efectivo es igual al área neta de la sección transversal dividida entre la longitud del muro.

3.14. **Muro Arriostrado.** Muro provisto de elementos de arriostre.

3.15. **Muro de Arriostre.** Muro portante transversal al muro al que provee estabilidad y resistencia lateral.

3.16. **Muro No Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son, por ejemplo, los parapetos y los cercos.

3.17. **Muro Portante.** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

3.18. **Mortero.** Material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería.

3.19. **Placa.** Muro portante de concreto armado, diseñado de acuerdo a las especificaciones de la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

3.20. **Plancha.** Elemento perforado de acero colocado en las hiladas de los extremos libres de los muros de albañilería armada para proveerles ductilidad.

3.21. **Tabique.** Muro no portante de carga vertical, utilizado para subdividir ambientes o como cierre perimetral.

3.22. **Unidad de Albañilería.** Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular.

3.23. **Unidad de Albañilería Alveolar.** Unidad de Albañilería Sólida o Hueca con alvéolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar el refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de los muros armados.

3.24. **Unidad de Albañilería Apilable:** Es la unidad de Albañilería alveolar que se asienta sin mortero.

3.25. **Unidad de Albañilería Hueca.** Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.26. **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 mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

3.27. **Unidad de Albañilería Tubular (o Pandereta).** Unidad de Albañilería con huecos paralelos a la superficie de asiento.

3.28. **Viga Solera.** Viga de concreto armado vaciado sobre el muro de albañilería para proveerle arriostre y confinamiento.

**Artículo 4.- NOMENCLATURA**

- $A$  = área de corte correspondiente a la sección transversal de un muro portante.
- $A_c$  = área bruta de la sección transversal de una columna de confinamiento.
- $A_{cf}$  = área de una columna de confinamiento por corte fricción.
- $A_n$  = área del núcleo confinado de una columna descontando los recubrimientos.
- $A_s$  = área del acero vertical u horizontal.
- $A_{sf}$  = área del acero vertical por corte fricción en una columna de confinamiento.
- $A_{st}$  = área del acero vertical por tracción en una columna de confinamiento.
- $A_v$  = área de estribos cerrados.
- $d$  = peralte de una columna de confinamiento (en la dirección del sismo).
- $D_b$  = diámetro de una barra de acero.
- $e$  = espesor bruto de un muro.
- $E$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E^c$  = módulo de elasticidad de la albañilería.
- $f_b^m$  = resistencia característica a compresión axial de las unidades de albañilería.
- $f_c$  = resistencia a compresión axial del concreto o del «grout» a los 28 días de edad.
- $f_m^c$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t^c$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_y$  = esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.
- $G_m$  = módulo de corte de la albañilería.
- $h$  = altura de entrepiso o altura del entrepiso agrietado correspondiente a un muro confinado.
- $I$  = momento de inercia correspondiente a la sección transversal de un muro.
- $L$  = longitud total del muro, incluyendo las columnas de confinamiento (sí existiesen).
- $L_m$  = longitud del paño mayor en un muro confinado, ó 0,5 L; lo que sea mayor.
- $L_t$  = longitud tributaria de un muro transversal al que está en análisis.
- $M_e$  = momento flector en un muro obtenido del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $M_u$  = momento flector en un muro producido por el sismo severo.
- $N$  = número de pisos del edificio o número de pisos de un pórtico.
- $N_c$  = número total de columnas de confinamiento.  $N_c \geq 2$ . Ver la Nota 1.
- $P$  = peso total del edificio con sobrecarga reducida según se especifica en la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- $P_g$  = carga gravitacional de servicio en un muro, con sobrecarga reducida.
- $P_c$  = carga vertical de servicio en una columna de confinamiento.
- $P_e$  = carga axial sísmica en un muro obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $P_m$  = carga gravitacional máxima de servicio en un muro, meitada con el 100% de sobrecarga.
- $P_u$  = carga axial en un muro en condiciones de sismo severo.
- $P_t$  = carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal al que está en análisis.
- $s$  = separación entre estribos, planchas, o entre refuerzos horizontales o verticales.
- $S$  = factor de suelo especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $t$  = espesor efectivo del muro.
- $t_n$  = espesor del núcleo confinado de una columna correspondiente a un muro confinado.
- $U$  = factor de uso o importancia, especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $V_c$  = fuerza cortante absorbida por una columna de confinamiento ante el sismo severo.
- $V_e$  = fuerza cortante en un muro, obtenida del análisis elástico ante el sismo moderado.
- $V_{Ei}$  = fuerza cortante en el entrepiso «i» del edificio producida por el sismo severo.
- $V_{ui}$  = fuerza cortante producida por el sismo severo en el entrepiso «i» de uno de los muros.
- $V_m$  = resistencia al corte en el entrepiso «i» de uno de los muros.

- $v_m^c$  = resistencia característica de la albañilería al corte obtenida de ensayos de muretes a compresión diagonal.
- $Z$  = factor de zona sísmica especificado en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.
- $\delta$  = factor de confinamiento de la columna por acción de muros transversales.
- $\delta = 1$ , para columnas de confinamiento con dos muros transversales.
- $\delta = 0,8$ , para columnas de confinamiento sin muros transversales o con un muro transversal.
- $\phi$  = coeficiente de reducción de resistencia del concreto armado (ver la Nota 2).
- $\phi = 0,9$  (flexión o tracción pura).
- $\phi = 0,85$  (corte fricción o tracción combinada con corte-fricción).
- $\phi = 0,7$  (compresión, cuando se use estribos cerrados).
- $\phi = 0,75$  (compresión, cuando se use zunchos en la zona confinada).
- $\rho$  = cuantía del acero de refuerzo =  $A_s / (s.t)$ .
- $\sigma$  = esfuerzo axial de servicio actuante en un muro =  $P_g / (t.L)$ .
- $\sigma_m$  =  $P_m / (t.L)$  = esfuerzo axial máximo en un muro.
- $\mu$  = coeficiente de fricción concreto endurecido – concreto.

**Nota 1:** En muros confinados de un paño sólo existen columnas extremas ( $N_c = 2$ ); en ese caso:  $L_m = L$

**Nota 2:** El factor « $\phi$ » para los muros armados se proporciona en el Artículo 28 (28.3).

**CAPÍTULO 3  
COMPONENTES DE LA ALBAÑILERÍA**

**Artículo 5.- UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

**5.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

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 se refiere esta 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.

d) Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será de 28 días.

**5.2. CLASIFICACIÓN PARA FINES ESTRUCTURALES**

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 1.

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

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

### 5.3. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sísmorresistente.

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

\*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.

### 5.4. PRUEBAS

a) **Muestreo.**- El muestreo será efectuado a pie de obra. Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará 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.

b) **Resistencia a la Compresión.**- Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f_p$ ) se obtendrá restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra.

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.

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

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

### 5.5. ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD

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%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que 12% de absorción. La absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.

c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondientes a la superficie de asentado será 25 mm para el Bloque clase P y 12 mm para el Bloque clase NP.

d) La unidad de albañilería no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

e) 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.

f) La unidad de albañilería no tendrá resquebraaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.

g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

### Artículo 6.- MORTERO

**6.1. DEFINICIÓN.** 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.

### 6.2. COMPONENTES

a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.

b) El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 3. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

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

●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.

**6.3. CLASIFICACIÓN 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 (ver la Tabla 4).

**6.4. PROPORCIONES.** Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la Tabla 4

TIPO	COMPONENTES			USOS
	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

a) Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

b) De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2<sup>a</sup>), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

### Artículo 7.- CONCRETO LÍQUIDO O GROUT

**7.1. DEFINICIÓN.** El concreto líquido o Grout es un material de consistencia fluida que resulta de mezclar cemento, agregados y agua, pudiéndose adicionar cal hidratada normalizada en una proporción que no exceda de 1/10 del volumen de cemento u otros aditivos que no disminuyan la resistencia o que originen corrosión del acero de refuerzo. El concreto líquido o grout se emplea para

rellenar los alvéolos de las unidades de albañilería en la construcción de los muros armados, y tiene como función integrar el refuerzo con la albañilería en un sólo conjunto estructural.

Para la elaboración de concreto líquido o grout de albañilería, se tendrá en cuenta las Normas NTP 399.609 y 399.608.

**7.2. CLASIFICACIÓN.** El concreto líquido o grout se clasifica en fino y en grueso. El grout fino se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos de la unidad de albañilería sea inferior a 60 mm y el grout grueso se usará cuando la dimensión menor de los alvéolos sea igual o mayor a 60 mm.

**7.3. COMPONENTES**

a) Los materiales aglomerantes serán:

- Cemento Portland I, NTP 334.009
- Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
- Una mezcla de cemento Portland o adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002

b) El agregado grueso será confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 5. Se podrá utilizar otra granulometría siempre que los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

MALLA ASTM	% QUE PASA
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
N° 4 (4,75 mm)	10 a 30
N° 8 (2,36 mm)	0 a 10
N° 16 (1,18 mm)	0 a 5

c) El agregado fino será arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3.

d) El agua será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

**7.4. PREPARACIÓN Y FLUIDEZ.** Los materiales que componen el grout (ver la Tabla 6) serán batidos mecánicamente con agua potable hasta lograr la consistencia de un líquido uniforme, sin segregación de los agregados, con un revenimiento medido en el Cono de Abrams comprendido entre 225 mm a 275 mm.

CONCRETO LIQUIDO	CEMENTO	CAL	ARENA	CONFITILLO
FINO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los volúmenes de los aglomerantes	—
GRUESO	1	0 a 1/10	2 1/4 a 3 veces la suma de los aglomerantes	1 a 2 veces la suma de los aglomerantes

**7.5. RESISTENCIA.** El concreto líquido tendrá una resistencia mínima a compresión  $f_c = 3,72 MPa$  ( $40 kg/cm^2$ ). La resistencia a compresión  $f_c$  será obtenida promediando los resultados de 5 probetas, ensayadas a una velocidad de carga de 5 toneladas/minutos, menos 1,3 veces la desviación estándar. Las probetas tendrán una esbeltez igual a 2 y serán fabricadas en la obra empleando como moldes a las unidades de albañilería a utilizar en la construcción, recubiertas con papel filtro. Estas probetas no serán curadas y serán mantenidas en sus moldes hasta cumplir 28 días de edad.

**Artículo 8.- ACERO DE REFUERZO**

8.1. La armadura deberá cumplir con lo establecido en las Norma Barras de Acero con Resaltes para Concreto Armado (NTP 341.031).

8.2. Sólo se permite el uso de barras lisas en estribos y armaduras electrosoldadas usadas como refuerzo horizontal. La armadura electrosoldada debe cumplir con la

norma de Malla de Alambre de Acero Soldado para Concreto Armado (NTP 350.002).

**Artículo 9.- CONCRETO**

9.1. El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a  $17,15 MPa$  ( $75 kg/cm^2$ ) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

**CAPÍTULO 4  
PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION**

**Artículo 10.- ESPECIFICACIONES GENERALES**

La mano de obra empleada en las construcciones de albañilería será calificada, debiéndose supervisar el cumplimiento de las siguientes exigencias básicas:

10.1. Los muros se construirán a plomo y en línea. No se atenderá contra la integridad del muro recién asentado.

10.2. En la albañilería con unidades asentadas con mortero, todas las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero. El espesor de las juntas de mortero será como mínimo 10 mm y el espesor máximo será 15 mm o dos veces la tolerancia dimensional en la altura de la unidad de albañilería más 4 mm, lo que sea mayor. En las juntas que contengan refuerzo horizontal, el espesor mínimo de la junta será 6 mm más el diámetro de la barra.

10.3. Se mantendrá el temple del mortero mediante el reemplazo del agua que se pueda haber evaporado, por una sola vez. El plazo del retemplado no excederá al de la fragua inicial del cemento.

10.4. 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:

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

b) 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 (\*).

(\* *Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (V1, en cm<sup>3</sup>) inicial de agua sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en la bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante un minuto, después de retirar la unidad, se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2, en cm<sup>3</sup>) de agua; la succión normalizada a un área de 200 cm<sup>2</sup>, se obtiene como:  $SUCCION = 200 \frac{(V1 - V2)}{A}$ , expresada en gr/200 cm<sup>2</sup> - min, donde «A» es el área bruta (en cm<sup>2</sup>) de la superficie de asiento de la unidad.*

10.5. Para el asentado de la primera hilada, la superficie de concreto que servirá de asiento (losa o sobrecimiento según sea el caso), se preparará con anterioridad de forma que quede rugosa; luego se limpiará de polvo u otro material suelto y se la humedecerá, antes de asentar la primera hilada.

10.6. No se asentarán más de 1,30 m de altura de muro en una jornada de trabajo. En el caso de emplearse unidades totalmente sólidas (sin perforaciones), la primera jornada de trabajo culminará sin llenar la junta vertical de la primera hilada, este llenado se realizará al iniciarse la segunda jornada. En el caso de la albañilería con unidades apilables, se podrá levantar el muro en su altura total y en la misma jornada deberá colocarse el concreto líquido.

10.7. Las juntas de construcción entre jornadas de trabajos estarán limpias de partículas sueltas y serán previamente humedecidas.

10.8. El tipo de aparejo a utilizar será de sogá, cabeza o el amarre americano, traslapándose las unidades entre las hiladas consecutivas.

10.9. El procedimiento de colocación y consolidación del concreto líquido dentro de las celdas de las unidades,



como en los elementos de concreto armado, deberá garantizar la ocupación total del espacio y la ausencia de cangrejas. No se permitirá el vibrado de las varillas de refuerzo.

10.10. Las vigas peraltadas serán vaciadas de una sola vez en conjunto con la losa de techo.

10.11. Las instalaciones se colocarán de acuerdo a lo indicado en los Artículos 2 (2.6 y 2.7).

#### Artículo 11.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

11.1. Se utilizará unidades de albañilería de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

11.2. La conexión columna-albañilería podrá ser dentada o a ras:

a) En el caso de emplearse una conexión dentada, la longitud de la unidad saliente no excederá de 5 cm y deberá limpiarse de los desperdicios de mortero y partículas sueltas antes de vaciar el concreto de la columna de confinamiento.

b) En el caso de emplearse una conexión a ras, deberá adicionarse «chicotes» o «mechas» de anclaje (salvo que exista refuerzo horizontal continuo) compuestos por varillas de 6 mm de diámetro, que penetren por lo menos 40 cm al interior de la albañilería y 12,5 cm al interior de la columna más un doblez vertical a 90° de 10 cm; la cuantía a utilizar será 0,001 (ver el Artículo 2 (2.8)).

11.3. El refuerzo horizontal, cuando sea requerido, será continuo y anclará en las columnas de confinamiento 12,5 cm con gancho vertical a 90° de 10 cm.

11.4. Los estribos a emplear en las columnas de confinamiento deberán ser cerrados a 135°, pudiéndose emplear estribos con ¾ de vuelta adicional, atando sus extremos con el refuerzo vertical, o también, zunchos que empiecen y terminen con gancho estándar a 180° doblado en el refuerzo vertical.

11.5. Los traslapes del refuerzo horizontal o vertical tendrán una longitud igual a 45 veces el mayor diámetro de la barra traslapada. No se permitirá el traslape del refuerzo vertical en el primer entrepiso, tampoco en las zonas confinadas ubicadas en los extremos de soleras y columnas.

11.6. El concreto deberá tener una resistencia a compresión ( $f'_c$ ) mayor o igual a 17,15 MPa ( $(175 \text{ kg/cm}^2)$ ). La mezcla deberá ser fluida, con un revenimiento del orden de 12,7 cm (5 pulgadas) medida en el cono de Abrams. En las columnas de poca dimensión, utilizadas como confinamiento de los muros en aparejo de soga, el tamaño máximo de la piedra chancada no excederá de 1,27 cm (½ pulgada).

11.7. El concreto de las columnas de confinamiento se vaciará posteriormente a la construcción del muro de albañilería; este concreto empezará desde el borde superior del cimientto, no del sobrecimiento.

11.8. Las juntas de construcción entre elementos de concreto serán rugosas, humedecidas y libre de partículas sueltas.

11.9. La parte recta de la longitud de anclaje del refuerzo vertical deberá penetrar al interior de la viga solera o cimentación; no se permitirá montar su doblez directamente sobre la última hilada del muro.

11.10. El recubrimiento mínimo de la armadura (medido al estribo) será 2 cm cuando los muros son tarrajeados y 3 cm cuando son caravista.

#### Artículo 12.- ALBAÑILERÍA ARMADA

Aparte de los requisitos especificados en el Artículo 10, se deberá cumplir lo siguiente:

12.1. Los empalmes del refuerzo vertical podrán ser por traslape, por soldadura o por medios mecánicos.

a) Los empalmes por traslape serán de 60 veces el diámetro de la barra.

b) Los empalmes por soldadura sólo se permitirán en barras de acero ASTM A706 (soldables), en este caso la soldadura seguirá las especificaciones dadas por AWS.

c) Los empalmes por medios mecánicos se harán con dispositivos que hayan demostrado mediante ensayos que la resistencia a tracción del empalme es por lo menos 125% de la resistencia de la barra.

d) En muros cuyo diseño contemple la formación de rótulas plásticas, las barras verticales deben ser preferentemente continuas en el primer piso empalmándose recién en el segundo piso (\*). Cuando no sea posible evitar el empalme, éste podrá hacerse por soldadura, por medios mecánicos o por traslape; en el último caso, la longitud de empalme será de 60 veces el diámetro de la barra y 90 veces el diámetro de la barra en forma alternada.

(\* Una técnica que permite facilitar la construcción empleando refuerzo vertical continuo en el primer piso, consiste en utilizar unidades de albañilería recortadas en forma de H, con lo cual además, las juntas verticales quedan completamente llenas con grout.

12.2. El refuerzo horizontal debe ser continuo y anclado en los extremos con doblez vertical de 10 cm en la celda extrema.

12.3. Las varillas verticales deberán penetrar, sin doblarlas, en el interior de los alvéolos de las unidades correspondientes.

12.4. Para asegurar buena adhesión entre el concreto líquido y el concreto de asiento de la primera hilada, las celdas deben quedar totalmente libres de polvo o restos de mortero proveniente del proceso de asentado; para el efecto los bloques de la primera hilada tendrán ventanas de limpieza. Para el caso de muros totalmente llenos, las ventanas se abrirán en todas las celdas de la primera hilada; en el caso de muros parcialmente rellenos, las ventanas se abrirán solo en las celdas que alojen refuerzo vertical. En el interior de estas ventanas se colocará algún elemento no absorbente que permita la limpieza final.

12.5. Para el caso de la albañilería parcialmente rellena, los bloques vacíos correspondientes a la última hilada serán taponados a media altura antes de asentarlos, de tal manera que por la parte vacía del alvéolo penetre el concreto de la viga solera o de la losa del techo formando llaves de corte que permitan transferir las fuerzas sísmicas desde la losa hacia los muros. En estos muros, el refuerzo horizontal no atravesará los alvéolos vacíos, sino que se colocará en el mortero correspondiente a las juntas horizontales.

12.6. Para el caso de unidades apilables no son necesarias las ventanas de limpieza; la limpieza de la superficie de asiento se realizará antes de asentar la primera hilada.

12.7. Antes de encofrar las ventanas de limpieza, los alvéolos se limpiarán preferentemente con aire comprimido y las celdas serán humedecidas interiormente regándolas con agua, evitando que esta quede empozada en la base del muro.

12.8. El concreto líquido o grout se vaciará en dos etapas. En la primera etapa se vaciará hasta alcanzar una altura igual a la mitad del entrepiso, compactándolo en diversas capas, transcurrido 5 minutos desde la compactación de la última capa, la mezcla será recompactada. Transcurrida media hora, se vaciará la segunda mitad del entrepiso, compactándolo hasta que su borde superior esté por debajo de la mitad de la altura correspondiente a la última hilada, de manera que el concreto de la losa del techo, o de la viga solera, forme llaves de corte con el muro. Esta segunda mitad también se deberá recompactar. Debe evitarse el vibrado de las armaduras para no destruir la adherencia con el grout de relleno.

12.9. Los alvéolos de la unidad de albañilería tendrán un diámetro o dimensión mínima igual a 5 cm por cada barra vertical que contengan, o 4 veces el mayor diámetro de la barra por el número de barras alojadas en el alvéolo, lo que sea mayor.

12.10. El espesor del grout que rodea las armaduras será 1½ veces el diámetro de la barra y no deberá ser menor de 1 cm a fin de proporcionarle un recubrimiento adecuado a la barra.

12.11. En el caso que se utilice planchas perforadas de acero estructural en los talones libres del muro, primero se colocarán las planchas sobre una capa delgada de mortero presionándolas de manera que el mortero penetre por los orificios de la plancha; posteriormente, se aplicará la siguiente capa de mortero sobre la cual se asentará la unidad inmediata superior. Para el caso de albañilería con unidades apilables las planchas se colocarán adheridas con apóxico a la superficie inferior de la unidad.

12.12. En el caso que se utilice como refuerzo horizontal una malla electrosoldada con forma de escalerilla,

el espaciamiento de los escalones deberá estar modulado de manera que coincidan con la junta vertical o con la pared transversal intermedia del bloque, de manera que siempre queden protegidas por mortero. Las escalerillas podrán usarse como confinamiento del muro sólo cuando el espaciamiento de los escalones coincidan con la mitad de la longitud nominal de la unidad.

**CAPÍTULO 5  
RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA**

**Artículo 13.- ESPECIFICACIONES GENERALES**

13.1. La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f_m$ ) y a corte ( $v_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7.

RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS 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

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

13.2. Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f_m$  y  $v_m$  deberá comprobar-

se mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes. Durante la construcción la resistencia será comprobada mediante ensayos con los criterios siguientes:

a) Cuando se construyan conjuntos de hasta dos pisos en las zonas sísmicas 3 y 2,  $f_m$  será verificado con ensayos de tres pilas por cada 500 m<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.

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

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

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

13.6. Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días. Los prismas podrán ensayarse a menor edad que la nominal de 28 días pero no menor de 14 días; en este caso, la resistencia característica se obtendrá incrementándola por los factores mostrados en la Tabla 8.

	Edad	14 días	21 días
		Muretes	Ladrillos de arcilla
	Bloques de concreto	1,25	1,05
Pilas	Ladrillos de arcilla y Bloques de concreto	1,10	1,00

13.7. La resistencia característica  $f_m$  en pilas y  $v_m$  en muretes (ver Artículo 13 (13.2)) se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

13.8. El valor de  $v_m$  para diseño no será mayor de 0,319

$$\frac{f_m \text{ MPa}}{\sqrt{f_m \text{ Kg cm}^2}} \left( \frac{f_m \text{ Kg cm}^2}{\text{cm}^2} \right)$$

13.9. En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f_b$	PILAS $f_m$	MURETES $v_m$	
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)	
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)	
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)	
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)	
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)	
Concreto	Bloque Tipo P (*)	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)	
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)	
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)	
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)	

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

(\*\*) El valor  $f_b$  se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de  $f_c = 3,72 \text{ MPa}$  (140 kg/cm<sup>2</sup>).

El valor

$f_m$  ha sido obtenido contemplando los coeficientes de corrección por esbeltez del prisma que aparece en la Tabla 10.

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

**CAPÍTULO 6  
ESTRUCTURACIÓN**

Las especificaciones de este Capítulo se aplicarán tanto a la albañilería confinada como a la albañilería armada.

**Artículo 14.- ESTRUCTURA CON DIAFRAGMA RÍGIDO**

14.1. Debe preferirse edificaciones con diafragma rígido y continuo, es decir, edificaciones en los que las losas de piso, el techo y la cimentación, actúen como elementos que integran a los muros portantes y compatibilicen sus desplazamientos laterales.

14.2. Podrá considerarse que el diafragma es rígido cuando la relación entre sus lados no excede de 4. Se deberá considerar y evaluar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y discontinuidades en la losa.

14.3. Los diafragmas deben tener una conexión firme y permanente con todos los muros para asegurar que cumplan con la función de distribuir las fuerzas laterales en proporción a la rigidez de los muros y servirles, además, como arriostres horizontales.

14.4. Los diafragmas deben distribuir la carga de gravedad sobre todos los muros que componen a la edificación, con los objetivos principales de incrementarles su ductilidad y su resistencia al corte, en consecuencia, es recomendable el uso de losas macizas o aligeradas armadas en dos direcciones. Es posible el uso de losas unidireccionales siempre y cuando los esfuerzos axiales en los muros no excedan del valor indicado en el Artículo 19 (19.1.b).

14.5. Los diafragmas formados por elementos prefabricados deben tener conexiones que permitan conformar, de manera permanente, un sistema rígido que cumpla las funciones indicadas en los Artículos 14 (14.1 y 14.2).

14.6. La cimentación debe constituir el primer diafragma rígido en la base de los muros y deberá tener la rigidez necesaria para evitar que asentamientos diferenciales produzcan daños en los muros.

#### Artículo 15.- CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO

El sistema estructural de las edificaciones de albañilería estará compuesto por muros dúctiles dispuestos en las direcciones principales del edificio, integrados por los diafragmas especificados en el Artículo 14 y arriostros según se indica en el Artículo 18.

La configuración de los edificios con diafragma rígido debe tender a lograr:

15.1. Plantas simples y regulares. Las plantas con formas de L, T, etc., deberán ser evitadas o, en todo caso, se dividirán en formas simples.

15.2. Simetría en la distribución de masas y en la disposición de los muros en planta, de manera que se logre una razonable simetría en la rigidez lateral de cada piso y se cumpla las restricciones por torsión especificadas en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente.

15.3. Proporciones entre las dimensiones mayor y menor, que en planta estén comprendidas entre 1 a 4, y en elevación sea menor que 4.

15.4. Regularidad en planta y elevación, evitando cambios bruscos de rigideces, masas y discontinuidades en la transmisión de las fuerzas de gravedad y horizontales a través de los muros hacia la cimentación.

15.5. Densidad de muros similares en las dos direcciones principales de la edificación. Cuando en cualquiera de las direcciones no exista el área suficiente de muros para satisfacer los requisitos del Artículo 19 (19.2b), se deberá suplir la deficiencia mediante pórticos, muros de concreto armado o la combinación de ambos.

15.6. Vigas dinteles preferentemente peraltadas (hasta 60 cm) para el caso en que el edificio se encuentre estructurado por muros confinados, y con un peralte igual al espesor de la losa del piso para el caso en que el edificio esté estructurado por muros armados (\*).

(\* *Este acápite está relacionado con el método de diseño que se propone en el Capítulo 9, donde para los muros confinados se acepta la falla por corte, mientras que en los muros armados se busca la falla por flexión.*

15.7. Cercos y alféizares de ventanas aislados de la estructura principal, debiéndoseles diseñar ante acciones perpendiculares a su plano, según se indica en el Capítulo 10.

#### Artículo 16.- OTRAS CONFIGURACIONES

Si el edificio no cumple con lo estipulado en el Artículo 15, se deberá contemplar lo siguiente:

16.1. Las edificaciones sin diafragmas rígidos horizontales deben limitarse a un piso; asimismo, es aceptable obviar el diafragma en el último nivel de las edificaciones de varios pisos. Para ambos casos, los muros trabajarán fundamentalmente a fuerzas laterales perpendiculares al plano, y deberán arriostarse transversalmente con columnas de amarre o muros ortogonales y mediante vigas soleras continuas.

16.2. De existir reducciones importantes en planta, u otras irregularidades en el edificio, deberá efectuarse el análisis dinámico especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

16.3. De no aislarse adecuadamente los alféizares y tabiques de la estructura principal, se deberán contemplar sus efectos en el análisis y en el diseño estructural.

#### Artículo 17.- MUROS PORTANTES

Los muros portantes deberán tener:

- Una sección transversal preferentemente simétrica.
- Continuidad vertical hasta la cimentación.
- Una longitud mayor ó igual a 1,20 m para ser considerados como contribuyentes en la resistencia a las fuerzas horizontales.

d) Longitudes preferentemente uniformes en cada dirección.

e) Juntas de control para evitar movimientos relativos debidos a contracciones, dilataciones y asentamientos diferenciales en los siguientes sitios:

- En cambios de espesor en la longitud del muro, para el caso de Albañilería Armada
- En donde haya juntas de control en la cimentación, en las losas y techos.
- En alféizar de ventanas o cambios de sección apreciable en un mismo piso.

f) La distancia máxima entre juntas de control es de 8 m, en el caso de muros con unidades de concreto y de 25 m en el caso de muros con unidades de arcilla.

g) Arriostre según se especifica en el Artículo 18

#### Artículo 18.- ARRIOSTRES

18.1. Los muros portantes y no portantes, de albañilería simple o albañilería confinada, serán arriostros por elementos verticales u horizontales tales como muros transversales, columnas, soleras y diafragmas rígidos de piso.

18.2. Los arriostros se diseñarán como apoyos del muro arriostrado, considerando a éste como si fuese una losa sujeta a fuerzas perpendiculares a su plano (Capítulo 10).

18.3. Un muro se considerará arriostrado cuando:

- El amarre o anclaje entre el muro y sus arriostros garantice la adecuada transferencia de esfuerzos.
- Los arriostros tengan la suficiente resistencia y estabilidad que permita transmitir las fuerzas actuantes a los elementos estructurales adyacentes o al suelo.
- Al emplearse los techos para su estabilidad lateral, se tomen precauciones para que las fuerzas laterales que actúan en estos techos sean transferidas al suelo.
- El muro de albañilería armada esté diseñado para resistir las fuerzas normales a su plano.

### CAPÍTULO 7

#### REQUISITOS ESTRUCTURALES MÍNIMOS

##### Artículo 19.- REQUISITOS GENERALES

Esta Sección será aplicada tanto a los edificios compuestos por muros de albañilería armada como confinada.

##### 19.1. MURO PORTANTE

a) **Espesor Efectivo «t».** El espesor efectivo (ver Artículo 3 (3.13)) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3 (19.1a)}$$

$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde «h» es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver Artículo 3 (3.6)).

b) **Esfuerzo Axial Máximo.** El esfuerzo axial máximo ( $\sigma_m$ ) producido por la carga de gravedad máxima de servicio ( $P_m$ ), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L \cdot t} \leq 0,2 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m \quad (19.1b)$$

Donde «L» es la longitud total del muro (incluyendo el peralte de las columnas para el caso de los muros confinados). De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería ( $f'_m$ ), aumentar el espesor del muro, transformarlo en concreto armado, o ver la manera de reducir la magnitud de la carga axial « $P_m$ » (\*).

(\* *La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.*

**c) Aplastamiento.** Cuando existan cargas de gravedad concentradas que actúen en el plano de la albañilería, el esfuerzo axial de servicio producido por dicha carga no deberá sobrepasar a  $0,375 f_m$ . En estos casos, para determinar el área de compresión se considerará un ancho efectivo igual al ancho sobre el cual actúa la carga concentrada más dos veces el espesor efectivo del muro medido a cada lado de la carga concentrada.

## 19.2. ESTRUCTURACIÓN EN PLANTA

**a) Muros a Reforzar.** En las Zonas Sísmicas 2 y 3 (ver la NTE E.030 Diseño Sismorresistente) se reforzará cualquier muro portante (ver Artículo 17) que lleve el 10% ó más de la fuerza sísmica, y a los muros perimetrales de cierre. En la Zona Sísmica 1 se reforzarán como mínimo los muros perimetrales de cierre.

**b) Densidad Mínima de Muros Reforzados.** La densidad mínima de muros portantes (ver Artículo 17) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L_i Z U_i S_i N_i}{A_p \geq 56} \quad (19.2b)$$

Donde: «Z», «U» y «S» corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

«N» es el número de pisos del edificio;  
«L» es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y,  
«t» es el espesor efectivo del muro

De no cumplirse la expresión (Artículo 19 (19.2b)), podrá cambiarse el espesor de algunos de los muros, o agregarse placas de concreto armado, en cuyo caso, para hacer uso de la fórmula, deberá amplificarse el espesor real de la placa por la relación, donde y son los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería, respectivamente.

### Artículo 20.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

Adicionalmente a los requisitos especificados en Artículo 19, deberá cumplirse lo siguiente:

20.1. Se considerará como muro portante confinado, aquél que cumpla las siguientes condiciones:

a) Que quede enmarcado en sus cuatro lados por elementos de concreto armado verticales (columnas) y horizontales (vigas soleras), aceptándose la cimentación de concreto como elemento de confinamiento horizontal para el caso de los muros ubicados en el primer piso.

b) Que la distancia máxima centro a centro entre las columnas de confinamiento sea dos veces la distancia entre los elementos horizontales de refuerzo y no mayor que 5 m. De cumplirse esta condición, así como de emplearse el espesor mínimo especificado en el Artículo 19.1.a, la albañilería no necesitará ser diseñada ante acciones sísmicas ortogonales a su plano, excepto cuando exista excentricidad de la carga vertical (ver el Capítulo 10).

c) Que se utilice unidades de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3).

d) Que todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollen plena capacidad a la tracción. Ver NTE E.060 Concreto Armado y Artículo 11 (11.5).

e) Que los elementos de confinamiento funcionen integralmente con la albañilería. Ver Artículo 11 (11.2 y 11.7).

f) Que se utilice en los elementos de confinamiento, concreto con  $f_c \geq 17,15 MPa$  ( $175 kg/cm^2$ ).

20.2. Se asumirá que el paño de albañilería simple (sin armadura interior) no soporta acciones de punzonamiento causadas por cargas concentradas. Ver Artículo 29 (29.2).

20.3. El espesor mínimo de las columnas y solera será igual al espesor efectivo del muro.

20.4. El peralte mínimo de la viga solera será igual al espesor de la losa de techo.

20.5. El peralte mínimo de la columna de confinamiento será de 15 cm. En el caso que se discontinúen las vigas soleras, por la presencia de ductos en la losa del techo o porque el muro llega a un límite de propiedad, el peralte mínimo de la columna de confinamiento respectiva deberá ser suficiente como para permitir el anclaje de la parte recta del refuerzo longitudinal existente en la viga solera más el recubrimiento respectivo (ver Artículo 11.10).

20.6. Cuando se utilice refuerzo horizontal en los muros confinados, las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,50 cm y terminarán en gancho a 90°, vertical de 10 cm de longitud.

### Artículo 21.- ALBAÑILERÍA ARMADA

Adicionalmente a los requisitos indicados en el Artículo 19, se cumplirá lo siguiente:

21.1. Para dar cumplimiento al requisito en el Artículo 19.2.b, los muros reforzados deberán ser rellenados con grout total o parcialmente en sus alvéolos, de acuerdo a lo especificado en el Artículo 5 (5.3). El concreto líquido debe cumplir con los requisitos de esta Norma, con resistencia a compresión  $f_c \geq 13,72 MPa$  ( $140 kg/cm^2$ ). Ver el Artículo 7 (7.5) y Artículo 12 (12.6).

21.2. Los muros portantes no comprendidos en el Artículo 21 (21.1) y los muros portantes en edificaciones de la Zona Sísmica 1, así como los tabiques, parapetos, podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena en sus alvéolos. Ver el Artículo 12 (12.5).

21.3. Todos los empalmes y anclajes de la armadura desarrollarán plena capacidad a la tracción. Ver el Artículo 12 (12.1 y 12.2).

21.4. La cimentación será hecha de concreto simple o reforzado, con un peralte tal que permita anclar la parte recta del refuerzo vertical en tracción más el recubrimiento respectivo.

## CAPÍTULO 8 ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

### Artículo 22.- DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma se utilizará las siguientes definiciones:

a) **SISMO SEVERO.** Es aquél proporcionado por la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, empleando un coeficiente de reducción de la sollicitación sísmica  $R = 3$ .

b) **SISMO MODERADO.** Es aquél que proporciona fuerzas de inercia equivalentes a la mitad de los valores producidos por el «sismo severo».

### Artículo 23.- CONSIDERACIONES GENERALES

23.1. La Norma establece que el diseño de los muros cubra todo su rango de comportamiento, desde la etapa elástica hasta su probable incursión en el rango inelástico, proveyendo suficiente ductilidad y control de la degradación de resistencia y rigidez. El diseño es por el método de resistencia, con criterios de desempeño. El diseño está orientado, en consecuencia, a proteger a la estructura contra daños ante eventos sísmicos frecuentes (sismo moderado) y a proveer la necesaria resistencia para soportar el sismo severo, conduciendo el tipo de falla y limitando la degradación de resistencia y rigidez con el propósito de limitar el nivel de daños en los muros, de manera que éstos sean económicamente reparables mediante procedimientos sencillos.

23.2. Para los propósitos de esta Norma, se establecen las siguientes consideraciones:

a) El «sismo moderado» no debe producir la fisuración de ningún muro portante.

b) Los elementos de acoplamiento entre muros deben funcionar como una primera línea de resistencia sísmica, disipando energía antes de que fallen los muros de albañilería, por lo que esos elementos deberán conducirse hacia una falla dúctil por flexión.

c) El límite máximo de la distorsión angular ante la acción del «sismo severo» se fija en 1/200, para permitir que el muro sea reparable pasado el evento sísmico.

d) Los muros deben ser diseñados por capacidad de tal modo que puedan soportar la carga asociada a su incursión inelástica, y que proporcionen al edificio una resistencia a corte mayor o igual que la carga producida por el «sismo severo».

e) Se asume que la forma de falla de los muros confinados ante la acción del «sismo severo» será por corte, independientemente de su esbeltez.

f) La forma de falla de los muros armados es dependiente de su esbeltez. Los procedimientos de diseño indicados en el Artículo 28 tienden a orientar el comportamiento de los muros hacia una falla por flexión, con la formación de rótulas plásticas en su parte baja.

#### Artículo 24.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL

24.1. El análisis estructural de los edificios de albañilería se realizará por métodos elásticos teniendo en cuenta los efectos causados por las cargas muertas, las cargas vivas y el sismo. La carga gravitacional para cada muro podrá ser obtenida por cualquier método racional.

24.2. La determinación del cortante basal y su distribución en elevación, se hará de acuerdo a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

24.3. El análisis considerará las características del diafragma que forman las losas de techo; se deberá considerar el efecto que sobre la rigidez del diafragma tienen las aberturas y las discontinuidades en la losa.

24.4. El análisis considerará la participación de aquellos muros no portantes que no hayan sido aislados de la estructura principal. Cuando los muros se construyan integralmente con el alféizar, el efecto de éste deberá considerarse en el análisis.

24.5. La distribución de la fuerza cortante en planta se hará teniendo en cuenta las torsiones existentes y reglamentarias. La rigidez de cada muro podrá determinarse suponiéndolo en voladizo cuando no existan vigas de acoplamiento, y se considerará acoplado cuando existan vigas de acoplamiento diseñadas para comportarse dúctilmente.

24.6. Para el cálculo de la rigidez de los muros, se agregará a su sección transversal el 25% de la sección transversal de aquellos muros que concurren ortogonalmente al muro en análisis ó 6 veces su espesor, lo que sea mayor. Cuando un muro transversal concorra a dos muros, su contribución a cada muro no excederá de la mitad de su longitud. La rigidez lateral de un muro confinado deberá evaluarse transformando el concreto de sus columnas de confinamiento en área equivalente de albañilería, multiplicando su espesor real por la relación de módulos de elasticidad  $E_c / E_m$ ; el centroide de dicha área equivalente coincidirá con el de la columna de confinamiento.

24.7. El módulo de elasticidad ( $E_m$ ) y el módulo de corte ( $G_m$ ) para la albañilería se considerará como sigue:

- Unidades de arcilla:  $E_m = 500 f_m'$
- Unidades Sílico-calcáreas:  $E_m = 600 f_m'$
- Unidades de concreto vibrado:  $E_m = 700 f_m'$
- Para todo tipo de unidad de albañilería:  $G_m = 0,4 E_m$

Opcionalmente, los valores de « $E_m$ » y « $G_m$ » podrán calcularse experimentalmente según se especifica en el Artículo 13.

24.8. El módulo de elasticidad ( $E_c$ ) y el módulo de corte ( $G_c$ ) para el concreto serán los indicados en la NTE E.060 Concreto Armado.

24.9. El módulo de elasticidad para el acero ( $E_s$ ) se considerará igual a 196 000 MPa (2 000 000 kg/cm<sup>2</sup>)

#### Artículo 25.- DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

##### 25.1. Requisitos Generales

a) Todos los elementos de concreto armado del edificio, con excepción de los elementos de confinamiento de los muros de albañilería, serán diseñados por resistencia última, asegurando que su falla sea por un mecanismo de flexión y no de corte.

El diseño se hará para la combinación de fuerzas gravitacionales y las fuerzas debidas al «sismo moderado», utilizando los factores de amplificación de carga y de reducción de resistencia ( $\phi$ ) especificados en la NTE E.060 Concreto Armado. La cimentación será dimensionada bajo condiciones de servicio para los esfuerzos admisibles del suelo y se diseñará a rotura.

b) Los elementos de confinamiento serán diseñados de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 27 (27.2) de esta Norma.

#### Artículo 26.- DISEÑO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA

##### 26.1. Requisitos Generales

a) Para el diseño de los muros confinados ante acciones coplanares, podrá suponerse que los muros son de sección rectangular ( $t, L$ ). Cuando se presenten muros que se intercepten perpendicularmente, se tomará como elemento de refuerzo vertical común a ambos muros (sección transversal de columnas, refuerzos verticales, etc.) en el punto de intersección, al mayor elemento de refuerzo proveniente del diseño independiente de ambos muros.

b) Para el diseño por flexo compresión de los muros armados que tengan continuidad en sus extremos con muros transversales, podrá considerarse la contribución de las alas de acuerdo a lo indicado en 8.3.6. Para el diseño a corte se considerará que la sección es rectangular, despreciando la contribución de los muros transversales.

##### 26.2. Control de Fisuración

a) Esta disposición tiene por propósito evitar que los muros se fisuren ante los sismos moderados, que son los más frecuentes. Para el efecto se considerarán las fuerzas cortantes producidas por el sismo moderado.

b) Para todos los muros de albañilería deberá verificarse que en cada entrepiso se satisfaga la siguiente expresión que controla la ocurrencia de fisuras por corte:

$$V_e \leq 0,55 V_m = \text{Fuerza Cortante Admisible} \quad (26.2)$$

donde: « $V_e$ » es la fuerza cortante producida por el «sismo moderado» en el muro en análisis y « $V_m$ » es la fuerza cortante asociada al agrietamiento diagonal de la albañilería (ver Artículo 26 (26.3)).

##### 26.3. Resistencia al Agrietamiento Diagonal

a) La resistencia al corte ( $V_m$ ) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante las siguientes expresiones:

##### Unidades de Arcilla y de Concreto:

$$V_m = 0,5 v_m' \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

##### Unidades Sílico-calcáreas:

$$V_m = 0,35 v_m' \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0,23 P_g$$

donde:

$v_m'$  = resistencia característica a corte de la albañilería (ver Artículos 13 (13.8 y 13.9)).

$P_g$  = carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida (NTE E.030 Diseño Sismorresistente)

$t$  = espesor efectivo del muro (ver Artículo 3 (3.13))

$L$  = longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)

$\alpha$  = factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e L}{M_e} \leq 1 \quad (26.3)$$

donde: « $V_e$ » es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico; y,  
« $M_e$ » es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico.

##### 26.4. Verificación de la resistencia al corte del edificio

a) Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso «i» y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que:

$$\sum_{mi} \geq V_{Ei} \quad (26.4)$$

b) La sumatoria de resistencias al corte ( $\sum_{mi}$ ) incluirá sólo el aporte de los muros reforzados (confinados o armados) y el aporte de los muros de concreto armado,

sin considerar en este caso la contribución del refuerzo horizontal.

c) El valor « $V_{ei}$ » corresponde a la fuerza cortante actuante en el entrepiso «i» del edificio, producida por el «sismo severo».

d) Cumplida la expresión  $\sum V_{mi} \geq V_{ei}$ , por los muros portantes de carga sísmica, el resto de muros que componen al edificio podrán ser no reforzados para la acción sísmica coplanar.

e) Cuando  $\sum V_{mi}$  en cada entrepiso sea mayor o igual a  $3 V_{ei}$ , se considerará que el edificio se comporta elásticamente. Bajo esa condición, se empleará refuerzo mínimo, capaz de funcionar como arriostres y de soportar las acciones perpendiculares al plano de la albañilería (ver el Capítulo 9). En este paso culminará el diseño de estos edificios ante cargas sísmicas coplanares.

### 26.5. Diseño para cargas ortogonales al plano del muro

a) El diseño para fuerzas ortogonales al plano del muro se hará de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 9.

### 26.6. Diseño para fuerzas coplanares de flexo compresión

a) El diseño para fuerzas en el plano del muro se hará de acuerdo al Artículo 27 para muros de albañilería confinada y al artículo 28 para muros de albañilería armada.

#### Artículo 27.- ALBAÑILERÍA CONFINADA

a) Las previsiones contenidas en este acápite aplican para edificaciones hasta de cinco pisos o 15 m de altura.

b) Para este tipo de edificaciones se ha supuesto que la falla final se produce por fuerza cortante en los entrepisos bajos del edificio. El diseño de los muros debe orientarse a evitar fallas frágiles y a mantener la integración entre el panel de albañilería y los confinamientos verticales, evitando el vaciamiento de la albañilería; para tal efecto el diseño debe comprender:

- la verificación de la necesidad de refuerzo horizontal en el muro;
- la verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores; y,
- el diseño de los confinamientos para la combinación de fuerzas de corte, compresión o tracción y corte fricción.

c) Las fuerzas internas para el diseño de los muros en cada entrepiso «i» serán las del «sismo severo» ( $V_{ei}, M_{ei}$ ), y se obtendrán amplificando los valores obtenidos del análisis elástico ante el «sismo moderado» ( $V_{ei}, M_{ei}$ ) por la relación cortante de agrietamiento diagonal ( $V_{mi}$ ) entre cortante producido por el «sismo moderado» ( $V_{ei}$ ), ambos en el primer piso. El factor de amplificación no deberá ser menor que dos ni mayor que tres:  $2 \leq V_{mi}/V_{ei} \leq 3$ .

$$V_{ei} \leq V_{mi} \quad M_{ei} \leq M_{mi} \quad (27c)$$

#### 27.1. Verificación de la necesidad de colocar refuerzo horizontal en los muros

a) Todo muro confinado cuyo cortante bajo sismo severo sea mayor o igual a su resistencia al corte ( $V_{ei} \geq V_{cr}$ ), o que tenga un esfuerzo a compresión axial producido por la carga gravitacional considerando toda la sobrecarga,  $\sigma_p = P/(L \cdot t)$  mayor o igual que  $0,05 f_m$ , deberá llevar refuerzo horizontal continuo anclado a las columnas de confinamiento.

b) En los edificios de más de tres pisos, todos los muros portantes del primer nivel serán reforzados horizontalmente.

c) La cuantía del acero de refuerzo horizontal será:  $\rho = A_s/(s \cdot t) \geq 0,001$ . Las varillas de refuerzo penetrarán en las columnas de confinamiento por lo menos 12,5 cm y terminarán con gancho a 90° vertical de 10 cm de longitud.

#### 27.2. Verificación del agrietamiento diagonal en los entrepisos superiores

a) En cada entrepiso superior al primero, deberá verificarse para cada muro confinado que:  $V_{mi} \geq V_{ei}$

De no cumplirse esta condición, el entrepiso «i» también se agrietará y sus confinamientos deberán ser diseñados para soportar « $V_{mi}$ », en forma similar al primer entrepiso.

### 27.3. Diseño de los elementos de confinamiento de los muros del primer piso y de los muros agrietados de pisos superiores

#### a) Diseño de las columnas de confinamiento

• Las fuerzas internas en las columnas se obtendrán aplicando las expresiones de la Tabla 11.

COLUMNA	$V_c$ (fuerza cortante)	$T$ (tracción)	$C$ (compresión)
Interior	$\frac{V_{mi} \cdot L_m}{L(N_c - 1)}$	$V_{mi} \cdot \frac{h}{L} - P_c$	$P_c \cdot \frac{V_{mi} \cdot h}{2L}$
Extrema	$1,5 \frac{V_{mi} \cdot L_m}{L(N_c - 1)}$	$F - P_c$	$P_c - F$

Donde:

$M = M_{ui} - 1/2 V_{mi} \cdot h$  («h» es la altura del primer piso).  
 $F = M/L =$  fuerza axial en las columnas extremas producidas por «M».

$N_c =$  número de columnas de confinamiento (en muros de un paño  $N_c = 2$ )

$L_m =$  longitud del paño mayor ó  $0,5 L$ , lo que sea mayor (en muros de un paño  $L_m = L$ )

$P_c =$  es la sumatoria de las cargas gravitacionales siguientes: carga vertical directa sobre la columna de confinamiento; mitad de la carga axial sobre el paño de muro a cada lado de la columna; y, carga proveniente de los muros transversales de acuerdo a su longitud tributaria indicada en el Artículo 24 (24.6).

#### a.1. Determinación de la sección de concreto de la columna de confinamiento

• El área de la sección de las columnas será la mayor de las que proporcione el diseño por compresión o el diseño por corte fricción, pero no menor que 15 veces el espesor de la columna (15 t) en cm<sup>2</sup>.

#### Diseño por compresión

• El área de la sección de concreto se calculará asumiendo que la columna está arriostada en su longitud por el panel de albañilería al que confina y por los muros transversales de ser el caso. El área del núcleo ( $A_n$ ) bordeado por los estribos se obtendrá mediante la expresión:

$$A_n = A_s + \frac{C/A_s f_y}{0,85 \delta f_c} \quad (27.3-a.1)$$

donde:

$\phi = 0,7$  o  $0,75$ , según se utilice estribos cerrados o zunchos, respectivamente

$\delta = 0,8$ , para columnas sin muros transversales

$\delta = 1$ , para columnas confinadas por muros transversales

• Para calcular la sección transversal de la columna ( $A_c$ ), deberá agregarse los recubrimientos (ver Artículo 11 (11.10)) al área del núcleo « $A_n$ »; el resultado no deberá ser menor que el área requerida por corte-fricción « $A_{cf}$ ». Adicionalmente, en los casos que la viga solera se discontinúe, el peralte de la columna deberá ser suficiente como para anclar al refuerzo longitudinal existente en la solera.

#### Diseño por corte fricción ( $V_c$ )

• La sección transversal ( $A_{cf}$ ) de las columnas de confinamiento se diseñará para soportar la acción de corte fricción, con la expresión siguiente:

$$A_{cf} = \frac{V_c}{0,2f_c \phi} \geq A_c \geq 5t \text{ (cm}^2\text{)} \quad (27.3.3\text{-a.1}')$$

donde:  $\phi = 0,85$

### a.2. Determinación del refuerzo vertical

El refuerzo vertical a colocar en las columnas de confinamiento será capaz de soportar la acción combinada de corte-fricción y tracción; adicionalmente, desarrollará por lo menos una tracción igual a la capacidad resistente a tracción del concreto y como mínimo se colocarán 4 varillas para formar un núcleo confinado. El refuerzo vertical ( $A_s$ ) será la suma del refuerzo requerido por corte-fricción y el refuerzo requerido por tracción ( $A_{st}$ ):

$$A_{sf} = \frac{V_c}{f_y \phi} \quad A_{st} = \frac{T}{f_y \phi} \quad (27.3.a.2)$$

$$A_s = A_{sf} + A_{st} \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)}$$

donde: El factor de reducción de resistencia es  $\phi = 0,85$ . El coeficiente de fricción es:  $\mu = 0,8$  para juntas sin tratamiento y  $\mu = 1,0$  para juntas en la que se haya eliminado la lechada de cemento y sea intencionalmente rugosa.

### a.3. Determinación de los estribos de confinamiento

Los estribos de las columnas de confinamiento podrán ser ya sea estribos cerrados con gancho a 135°, estribos de 1/4 de vuelta o zunchos con ganchos a 180°. En los extremos de las columnas, en una altura no menor de 45 cm o 1,5 d (por debajo o encima de la solera, dintel o sobrecimiento), deberá colocarse el menor de los siguientes espaciamientos (s) entre estribos:

$$s_1 = \frac{A_v f_y}{0,3t_n f_c (A_c/A_n - 1)} \quad s_2 = \frac{A_v f_y}{0,12t_n f_c} \quad (27.3.a.3)$$

$$s_3 = \frac{d}{4} \geq 5\text{cm} \quad s_4 = 10\text{cm}$$

Donde «d» es el peralte de la columna, « $t_n$ » es el espesor del núcleo confinado y « $A_v$ » es la suma de las ramas paralelas del estribo.

El confinamiento mínimo con estribos será  $\square 6\text{mm}$ , 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm. Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento.

### b) Diseño de las vigas soleras correspondientes al primer nivel

La solera se diseñará a tracción pura para soportar una fuerza igual a  $T_s$ :

$$T_s = V_{m1} \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_{cs}}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)} \quad (27.3.b)$$

donde:  $\phi = 0,9$   
 $A_{cs}$  = área de la sección transversal de la solera

El área de la sección transversal de la solera ( $A_{cs}$ ) será suficiente para alojar el refuerzo longitudinal ( $A_s$ ), pudiéndose emplear vigas chatas con un peralte igual al espesor de la losa del techo. En la solera se colocará estribos mínimos:  $\square 6\text{mm}$ , 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm.

### 27.4. Diseño de los pisos superiores no agrietados

Las columnas extremas de los pisos superiores deberán tener un refuerzo vertical ( $A_s$ ) capaz de absorber la tracción «T» producida por el momento flector ( $M_{yi} = M_c (V_{mi}/V_{ei})$ ) actuante en el piso en estudio, asociado al instante en que se origine el agrietamiento diagonal del primer entrepiso.

$$F = \frac{M_u}{L} \quad T = F - P_c \geq 0 \quad (27.4.a)$$

$$A_s = \frac{T}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_c}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)}$$

donde  $\phi = 0,9$ .

El área del núcleo ( $A_n$ ) correspondiente a las columnas extremas de confinamiento, deberá diseñarse para soportar la compresión «C». Para obtener el área de concreto ( $A_c$ ), deberá agregarse los recubrimientos al área del núcleo « $A_n$ »:

$$C = P_c + F$$

$$A_n = A_s + \frac{C/\phi - A_s f_y}{0,85\delta f_c} \quad (27.4.b)$$

donde:  $\phi = 0,7$  o  $0,75$ , según se emplee estribos cerrados o zunchos, respectivamente.

$\delta = 0,8$  para columnas sin muros transversales  
 $\delta = 1$  para columnas confinadas para muros transversales

c. Las columnas internas podrán tener refuerzo mínimo.

d. Las soleras se diseñarán a tracción con una fuerza igual a « $T_s$ »:

$$T_s = V_u \frac{L_m}{2L}$$

$$A_s = \frac{T_s}{\phi f_y} \geq \frac{0,1f_c A_{cs}}{f_y} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)} \quad (27.4.d)$$

donde  $\phi = 0,9$

e. Tanto en las soleras como en las columnas de confinamiento, podrá colocarse estribos mínimos:  $\square 1/4$ , 1 @ 5, 4 @ 10, r @ 25 cm.

## Artículo 28.- ALBAÑILERÍA ARMADA

### 28.1. Aspectos Generales

Es objetivo de esta norma el lograr que los muros de albañilería armada tengan un comportamiento dúctil ante sismos severos, propiciando una falla final de tracción por flexión, evitando fallas frágiles que impidan o reduzcan la respuesta dúctil del muro ante dichas solicitaciones. Para alcanzar este objetivo la resistencia de los muros debe satisfacer las verificaciones dadas en el Artículo 28 (28.2a y 28.5) y deberá cumplirse los siguientes requisitos:

a) Todos los muros llevarán refuerzo horizontal y vertical. La cuantía mínima de refuerzo en cualquier dirección será de 0,1%. Las varillas de acero de refuerzo serán corrugadas.

b) El refuerzo horizontal se colocará preferentemente en el eje del muro, alojado en la cavidad horizontal de la unidad de albañilería. El refuerzo horizontal podrá colocarse en la cama de mortero de las hiladas cuando el espesor de las paredes de la unidad permitan que el refuerzo tenga un recubrimiento mínimo de 15 mm.

c) El refuerzo horizontal de los muros se diseñará para el cortante asociado al mecanismo de falla por flexión, es decir para el cortante debido al sismo severo, sin considerar ninguna contribución de la albañilería de acuerdo a lo indicado en el Artículo 20 (20.2).

d) El espaciamiento del refuerzo horizontal en el primer piso de muros hasta de 3 pisos o 12 m de altura en las zonas sísmicas 2 y 3 no excederá de 450 mm y para muros de más de 3 pisos o 12 m no excederá de 200 mm; en la zona sísmica 1 no excederá de 800 mm.

e) El refuerzo horizontal en los muros del primer piso de edificios de 3 o más pisos debe ser continuo sin traslapes. En los pisos superiores o en los muros de edificaciones de 1 y 2 pisos, el refuerzo horizontal no será traslapado dentro de los 600 mm o 0,2L del extremo del muro. La longitud de traslape será la requerida por tracción y los extremos de las barras en el traslape deberán amarrarse. f)

Todos los alvéolos de las unidades que se utilicen en los muros portantes de carga sísmica, de los dos primeros pisos de edificios de 3 ó más pisos, deberán estar

totalmente rellenos de concreto líquido. Para los muros de los pisos superiores podrá emplearse muros parcialmente rellenos, si cumplen con la limitación dada en el Artículo 28 (28.1h).

g) Cuando el esfuerzo último por compresión, resultante de la acción de las cargas de gravedad y de las fuerzas de sismo coplanares, exceda de  $0,3 f_m$ , los extremos libres de los muros (sin muros transversales) se confinarán para evitar la falla por flexocompresión. El confinamiento se podrá lograr mediante planchas de acero estructural inoxidable o galvanizado, mediante estribos o zunchos cuando la dimensión del alvéolo lo permita.

h) Los muros de edificaciones de uno y dos pisos cuyo esfuerzo cortante ante sismos severos no exceda de  $0,5 V_m / A_n$ , donde  $A_n$  es el área neta del muro, podrán ser construidos de albañilería parcialmente rellena. En este caso el refuerzo horizontal se colocará en las hiladas o en el eje del muro cuando las celdas de la unidad sin refuerzo vertical han sido previamente taponeadas.

i) Los muros secundarios (tabiques, parapetos y muros portantes no contabilizados en el aporte de resistencia sísmica) podrán ser hechos de albañilería parcialmente rellena. En estos casos, la cuantía de refuerzo vertical u horizontal no será menor que 0,07%.

j) En las zonas del muro donde se formará la rótula plástica (primer piso), se tratará de evitar el traslape del refuerzo vertical, o se tomará las precauciones especificadas en el Artículo 12 (12.1).

k) Para evitar las fallas por deslizamiento en el muro (cizalle), el refuerzo vertical por flexión se concentrará en los extremos del muro y en la zona central se utilizará una cuantía no menor que 0,001, espaciando las barras a no más de 45 cm. Adicionalmente, en la interfase cimentación - muro, se añadirán espigas verticales de 3/8" que penetre 30 y 50 cm, alternadamente, en el interior de aquellas celdas que carecen de refuerzo vertical.

## 28.2. Resistencia a compresión y flexo compresión en el plano del muro

### a) Suposiciones de diseño

El diseño por flexión de muros sometidos a carga axial actuando conjuntamente con fuerzas horizontales coplanares, se basará en las suposiciones de esta sección y en la satisfacción de las condiciones aplicables de equilibrio y compatibilidad de deformaciones.

- La deformación unitaria en el acero de refuerzo y en la albañilería será asumida directamente proporcional a la distancia medida desde el eje neutro.

- La deformación unitaria máxima de la albañilería,  $\epsilon_s$ , en la fibra extrema comprimida se asumirá igual a 0,002 para albañilería de unidades apilables e igual a 0,0025 para albañilería de unidades asentadas cuando la albañilería no es confinada y de 0,0055 cuando la albañilería es confinada mediante los elementos indicados en el Artículo 28 (28.1g).

- Los esfuerzos en el refuerzo, por debajo del esfuer-

zo de fluencia especificado,  $f_y$ , se tomarán iguales al producto del módulo de elasticidad  $E_s$  por la deformación unitaria del acero. Para deformaciones mayores que la correspondiente a  $f_y$  los esfuerzos en el acero se considerarán independientes de la deformación e iguales a  $f_y$ .

- La resistencia a la tracción de la albañilería será despreciada.

- El esfuerzo de compresión máximo en la albañilería,  $0,85 f_m$ , será asumido uniformemente distribuido sobre una zona equivalente de compresión, limitada por los bordes de la sección transversal y una línea recta paralela al eje neutro de la sección a una distancia  $a = 0,85 c$ , donde  $c$  es la distancia del eje neutro a la fibra extrema comprimida.

- El momento flector  $M_e$  actuante en un nivel determinado se determinará del análisis estructural ante sismo moderado.

- El momento flector y la fuerza cortante factorizado serán  $M_u = 1,25 M_e$  y  $V_u = 1,25 V_e$  respectivamente. La resistencia en flexión, de todas las secciones del muro debe ser igual o mayor al momento de diseño obtenido de un diagrama de momentos modificado, de manera que el momento hasta una altura igual a la mitad de la longitud del muro sea igual al momento de la base y luego se reducirá de forma lineal hasta el extremo superior.

## 28.3. Evaluación de la Capacidad Resistente « $M_n$ »

a) Para todos los muros portantes se debe cumplir que la capacidad resistente a flexión  $M_n$ , considerando la interacción carga axial - momento flector, reducida por el factor  $\phi$  sea mayor o igual que el momento flector factorizado  $M_u$ :

$$\phi M_n \geq M_u$$

el factor de reducción de la capacidad resistente a flexocompresión  $\phi$  se calculará mediante la siguiente expresión:

$$0,65 \leq \phi \leq 0,85 - 0,2 P_u / P_o \leq 0,85 \quad (28.3a)$$

$$\text{Donde } P_o = 0,1 f_m t L$$

b) Para muros de sección rectangular, la capacidad resistente a flexión  $M_n$  podrá calcularse aplicando la fórmula siguiente:

$$M_n = A_s f_y D + P_u L / 2 \quad (28.3b)$$

$$\text{donde: } D = 0,8L$$

$A_s$  = área del refuerzo vertical en el extremo del muro

Para calcular el área de acero «  $A_s$  » a concentrar en el extremo del muro, se deberá utilizar la menor carga axial:  $P_u = 0,9 P_g$ .

Cuando al extremo traccionado concurre un muro perpendicular, el momento flector  $M_u$  podrá ser reducido en  $0,9 P_{gr} L / 2$ , donde  $P_{gr}$  es la carga de gravedad tributaria proveniente del muro transversal.

c) Para muros con secciones no rectangulares, el diseño por flexo compresión podrá realizarse empleando la formulación anterior o mediante la evaluación del Diagrama de Interacción para las acciones nominales

(  $P_n$  vs.  $M_n$  ).

d) Por lo menos se colocará 2  $\phi$  3/8", o su equivalente, en los bordes libres del muro y en las intersecciones entre muros.

e) En la zona central del muro el refuerzo vertical mínimo será el requerido por corte fricción de acuerdo a lo indicado en el Artículo 28 (28.1k).

f) El valor «  $M_n$  » se calculará sólo para el primer piso ( $M_{n1}$ ), debiéndose emplear para su evaluación la máxima carga axial posible existente en ese piso:  $P_u = 1,25 P_m$ , contemplando el 100% de sobrecarga.

## 28.4. Verificación de la necesidad de confinamiento de los extremos libres del muro

a) Se verificará la necesidad de confinar los extremos libres (sin muros transversales) comprimidos, evaluando el esfuerzo de compresión último ( $\sigma_c$ ) con la fórmula de flexión compuesta:

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u y}{I} \quad (28.4)$$

En la que  $P_u$  es la carga total del muro, considerando 100% de sobrecarga y amplificada por 1,25.

b) Toda la longitud del muro donde se tenga  $\sigma_c \geq 0,3 f_m$  deberá ser confinada. El confinamiento se hará en toda la altura del muro donde los esfuerzos calculados con Artículo 28 (28.4), sean mayores o iguales al esfuerzo límite indicado.

c) Cuando se utilice confinamiento, el refuerzo vertical existente en el borde libre deberá tener un diámetro  $D_b \geq /13$ , donde «  $s$  » es el espaciamiento entre elementos de confinamiento.

## 28.5. Resistencia a corte

a) El diseño por fuerza cortante se realizará para el cortante «  $V_{uf}$  » asociado al mecanismo de falla por flexión producido en el primer piso. El diseño por fuerza cortante se realizará suponiendo que el 100% del cortante es absorbido por el refuerzo horizontal. El valor «  $V_{uf}$  » considera un factor de amplificación de 1,25, que contempla el ingreso de refuerzo vertical en la zona de endurecimiento.



b) El valor « $V_{uf}$ » se calculará con las siguientes fórmulas:

**Primer Piso:**  
 $V_{uf1} = 1,25 V_{ui} (M_{n1}/M_{u1})$ .. no menor que  $V_{mi}$

**Pisos Superiores:**  
 $V_{ufi} = 1,25 V_{ui} (M_{ni}/M_{ui})$ .. no mayor que  $V_{mi}$

El esfuerzo de corte  $v_i = V_{uf} / t L$  no excederá de  $0,10 f'_m$  en zonas de posible formación de rótulas plásticas y de  $0,20 f'_m$  en cualquier otra zona.

c) En cada piso, el área del refuerzo horizontal ( $A_{sh}$ ) se calculará con la siguiente expresión:

$$A_{sh} = \frac{V_{uf} \cdot S}{f_y \cdot D} \quad (28.5)$$

donde:

$S$  = espaciamiento del refuerzo horizontal  
 $D = 0,8 L$  para muros esbeltos, donde:  $M_e / (V_e \cdot L) \geq 1$   
 $D = L$  para muros no esbeltos, donde:  
 $M_e / (V_e \cdot L) < 1$

## CAPITULO 9 DISEÑO PARA CARGAS ORTOGONALES AL PLANO DEL MURO

### Artículo 29.- ESPECIFICACIONES GENERALES

29.1. Los muros portantes y los no portantes (cercos, tabiques y parapetos) deberán verificarse para las acciones perpendiculares a su plano provenientes de sismo, viento o de fuerzas de inercia de elementos puntuales o lineales que se apoyen en el muro en zonas intermedias entre sus extremos superior o inferior.

29.2. Para el caso de fuerzas concentradas perpendiculares al plano de muros de albañilería simple, los muros deberán reforzarse con elementos de concreto armado que sean capaces de resistir el total de las cargas y transmitir las a la cimentación. Tal es el caso, por ejemplo, de una escalera, el empuje causado por una escalera cuyo descanso apoya directamente sobre la albañilería, deberá ser tomado por columnas.

Para el caso de muros confinados o muros arriostrados por elementos de concreto, las fuerzas deberán trasladarse a los elementos de arrioste o confinamiento por medio de elementos horizontales, vigas o losa.

29.3. Para el caso de los muros armados, los esfuerzos que generen las acciones concentradas actuantes contra el plano de la albañilería deberán ser absorbidas por el refuerzo vertical y horizontal.

29.4. Cuando se trate de muros portantes se verificará que el esfuerzo de tracción considerando la sección bruta no exceda del valor dado en el Artículo 29 (29.8).

29.5. Los muros o tabiques desconectados de la estructura principal serán diseñados para resistir una fuerza sísmica asociada a su peso, de acuerdo a lo indicado en el capítulo correspondiente de la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

29.6. El paño de albañilería se supondrá que actúa como una losa simplemente apoyada en sus arriostres, sujeta a cargas sísmicas uniformemente distribuidas. La magnitud de esta carga ( $w$ , en  $\text{kg/m}^2$ ) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión:

$$w = 0,8 Z U C_1 \gamma e \quad (29.6)$$

donde:

$Z$  = factor de zona especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

$U$  = factor de importancia especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

$C_1$  = coeficiente sísmico especificado en la NTE E.030. Diseño Sismorresistente

$e$  = espesor bruto del muro (incluyendo tarrajeos), en metros

$\gamma$  = peso volumétrico de la albañilería

29.7. El momento flector distribuido por unidad de longitud ( $M_s$ , en  $\text{kg-m/m}$ ), producido por la carga sísmica « $w$ » (ver Artículo 29 (29.6)), se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$M_s = m \cdot w \cdot a^2 \quad (29.7)$$

donde:

$m$  = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.

$a$  = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 12), en metros.

**TABLA 12  
VALORES DEL COEFICIENTE DE  
MOMENTOS «m» y DIMENSION CRITICA «a»**

CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS							
a = Menor dimensión							
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0 $\infty$
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118 0,125
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS							
a = Longitud del borde libre							
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5 2,0 $\infty$
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128 0,132 0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES							
a = Altura del muro							
m = 0,125							
CASO 4. MURO EN VOLADIZO							
a = Altura del muro							
m = 0,5							

29.8. El esfuerzo admisible en tracción por flexión ( $f'_t$ ) de la albañilería se supondrá igual a:

$$f'_t = \begin{cases} 0,15 \text{ MPa (1,50 kg/cm}^2\text{)} & \text{para albañilería simple} \\ 0,30 \text{ MPa (3,00 kg/cm}^2\text{)} & \text{para albañilería armada rellena de concreto líquido.} \end{cases}$$

29.9. Los arriostres podrán estar compuestos por la cimentación, las columnas de confinamiento, las losas rígidas de techo (para el caso de muros portantes), las vigas soleras (para el caso de cercos, tabiques y parapetos) y los muros transversales.

29.10 Para el análisis y diseño de los elementos de arriostres se emplearán métodos racionales y la armadura que se obtenga por este concepto, no se sumará al refuerzo evaluado ante acciones sísmicas coplanares, sino que se adoptará el mayor valor respectivo.

### Artículo 30.- MUROS PORTANTES

30.1. Los muros portantes de estructuras diafragma-das con esfuerzo de compresión no mayor que  $0,01 f'_m$  se diseñarán de acuerdo al Artículo 31.

30.2. En los muros portantes de edificaciones diafragma-das y que como tales estarán sujetas principalmente a fuerzas coplanares, no se permitirá la formación de fisuras producidas por acciones transversales a su plano, porque éstas debilitan su área de corte ante acciones sísmicas coplanares. Para la obtención del momento flector perpendicular al plano se empleará procedimientos basados en teorías elásticas como se indica en el Artículo 29 (29.7).

Los pisos críticos por analizar son:

- a.- El primer piso, por flexocompresión.
- b.- El último piso, por tracción producida por la flexión

30.3. Los muros portantes confinados, así como los muros portantes armados, arriostrados en sus cuatro bordes, que cumplan con las especificaciones indicadas en Artículo 19 (19.1.a) y Artículo 19 (19.1.b), no necesitarán ser diseñados ante cargas sísmicas perpendiculares al plano de la albañilería, a no ser que exista excentricidad de la carga gravitacional. En este paso culminará el diseño de estos muros.

30.4. Al momento flector producido por la excentricidad de la carga gravitacional « $M_g$ » (si existiese) deberá agregarse el momento generado por la carga sísmica « $M_s$ » (ver Artículo 29 (29.6)), para de esta manera obtener el momento total de diseño  $M_t = M_s + M_g$ , repartido por unidad de longitud.

30.5. El esfuerzo axial producido por la carga gravitacional ( $P_g$ ), se obtendrá como:  $f_a = P_g / L t$

30.6. El esfuerzo normal producido por el momento flector « $M_t$ », se obtendrá como:  $f_m = 6 M_t / t^2$ .

30.7. Se deberá cumplir que:

- a) En el primer piso:  $f_a + f_m \leq 0,25 f'_m$   
 b) En el último piso:  $f'_a + f'_m \leq f'_t$   
 c) En cualquier piso: La compresión resultante será tal que:

$$\frac{f_a + f_m}{F_a + F_m} \leq 0,33 \quad (30.7c1)$$

en la que:

$f_a$  = es el esfuerzo resultante de la carga axial  
 $F_a$  = es el esfuerzo admisible para carga axial

$$F_a = \frac{f'_a \left( \frac{h}{35t} \right)^2}{0,20 f'_m \left[ 1 - \left( \frac{h}{35t} \right) \right]} \quad (30.7c2)$$

$f_m$  = es el esfuerzo resultante del momento flector  
 $F_m$  = es el esfuerzo admisible para compresión por flexión =  $0,40 f'_m$

### Artículo 31.- MUROS NO PORTANTES Y MUROS PORTANTES DE ESTRUCTURAS NO DIAFRAGMADAS

Adicionalmente a las especificaciones indicadas en el Artículo 29, se cumplirá lo siguiente:

31.1. Los muros no portantes (cercos, tabiques y parapetos) podrán ser construidos empleando unidades de albañilería sólida, hueca o tubular; pudiéndose emplear la albañilería armada parcialmente rellena.

31.2. El momento flector en la albañilería ( $M_s$ ) producido por la carga sísmica «w» (ver Artículo 29 (29.6)), podrá ser obtenido utilizando la Tabla 12 o empleando otros métodos como el de líneas de rotura.

31.3. En la albañilería simple el esfuerzo normal producido por el momento flector « $M_s$ », se obtendrá como:  $f_m = 6M_s / t^2$  y no será mayor que  $f'_t = 0,147 MPa$  ( $1,5 Kg / cm^2$ ).

31.4. Los muros no portantes de albañilería armada serán reforzados de tal manera que la armadura resista el íntegro de las tracciones producidas por el momento flector « $M_s$ »; no admitiéndose tracciones mayores de  $8 kg / cm^2$  ( $0,754 MPa$ ) en la albañilería. La cuantía mínima de refuerzo horizontal y vertical a emplear en estos muros será 0,0007 (ver Artículo 2 (2.8)).

31.5. Los arriostramientos serán diseñados por métodos racionales de cálculo, de modo que puedan soportar la carga sísmica «w» (especificada en el Artículo 29 (29.6)) actuante contra el plano del muro.

31.6. La cimentación de los cercos será diseñada por métodos racionales de cálculo. Los factores de seguridad para evitar la falla por volcamiento y deslizamiento del cerco serán 2 y 1,5, respectivamente.

31.7. Están exonerados de las exigencias de arriostramiento los parapetos de menos de 1,00 m de altura, que estén retirados del plano exterior de fachadas, ductos en los techos o patios interiores una distancia no menor de una vez y media su altura.

## CAPITULO 10 INTERACCION TABIQUE DE ALBAÑILERIA- ESTRUCTURA APORTICADA

### Artículo 32.- ALCANCE

32.1. Este Capítulo aplica a los tabiques de albañilería empleados para reforzar pórticos de concreto armado o acero. Puede aplicarse también para los tabiques de cierre y particiones de edificios aporticados, que no teniendo el propósito específico de reforzar al edificio, están adosados a sus pórticos, cuando el proyectista quiera proteger al edificio de efectos que se describen en el Artículo 32 (32.2).

32.2. Cuando un tabique no ha sido aislado del pórtico que lo enmarca, ante las acciones sísmicas se producirá la interacción de ambos sistemas. Este efecto incrementa sustancialmente la rigidez lateral del pórtico y puede generar los siguientes problemas:

- 1) torsión en el edificio.
- 2) concentración de esfuerzos en las esquinas del pórtico
- 3) fractura del tabique.

4) «piso blando», que se presenta cuando un determinado piso está libre de tabiques, mientras que los pisos superiores se encuentran rigidizados por los tabiques.

5) «columnas cortas», donde el parapeto ó alféizar alto (ventanas de poca altura) restringe el desplazamiento lateral de las columnas.

6) Incremento de las fuerzas sísmicas en el edificio.

### Artículo 33.- DISPOSICIONES

33.1. La distorsión angular máxima de cada entrespiso, considerando la contribución de los tabiques en la rigidez, deberá ser menor que 1 / 200. Para atenuar los problemas de interacción tabique-pórtico, se sugiere adicionar al edificio placas de concreto armado que permitan limitar los desplazamientos del entrespiso.

33.2. En esta Norma se propone adoptar como modelo estructural un sistema compuesto por las barras continuas del pórtico de concreto armado, agregando en aquellos paños donde existan tabiques, un puntal diagonal de albañilería (ver el módulo de elasticidad « $E_m$ » en 8.3.7) que trabaje a compresión, en reemplazo del tabique. Opcionalmente, podrá adoptarse otros modelos que reflejen la interacción tabique-pórtico. La sección transversal del puntal será  $b_t$ .

donde:

$t$  = espesor efectivo del tabique

$b$  = ancho equivalente del puntal de albañilería =  $1/4 D$

$D$  = longitud del puntal (o longitud diagonal del tabique)

33.3. La falla de un tabique puede modificar sustancialmente el análisis estructural elástico al desaparecer el efecto de puntal en los tabiques que se agrietan o desploman; por lo tanto, será necesario que los tabiques se comporten elásticamente, incluso ante los sismos severos, y emplear elementos de anclaje que lo conecten a la estructura principal para evitar su volcamiento ante las acciones ortogonales a su plano.

33.4. Tipos de Falla y Resistencias Asociadas en los Tabiques. Los tipos de falla por carga sísmica contenida en el plano del tabique, así como las resistencias (R) respectivas, en condición de rotura del puntal, se presentan a continuación:

#### Nomenclatura

$R$  = resistencia última del puntal de albañilería (en kilogramos)

$L, h, t$  = longitud, altura y espesor del tabique, respectivamente (en centímetros)

$$D = \sqrt{L^2 + h^2}$$

$f_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería (en  $kg/cm^2$ ). Ver la Tabla 9.

$f'_s$  = resistencia última a cizalle de la albañilería =  $4 kg/cm^2$

**a.- Aplastamiento ( $R_c$ ).** Esta falla se presenta en las esquinas del tabique, triturándose los ladrillos. La resistencia última del puntal se calculará como:

$$R_c = 0,12 f'_m D t \quad (33.4a)$$

**b.- Tracción Diagonal ( $R_t$ ).** Esta falla se manifiesta a través de una grieta diagonal en el tabique. La resistencia última del puntal se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_t = 0,85 \sqrt{f'_m} D t \quad (33.4b)$$

**c.- Cizalle ( $R_s$ ).** Este tipo de falla se produce a la mitad de la altura del tabique (junta de construcción) y se caracteriza por ser una grieta horizontal. La resistencia a la rotura del puntal se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{f'_s t D}{1 - 0,4 h/L} \quad (33.4c)$$

33.5. La fuerza de compresión actuante en el puntal, proveniente del análisis sísmico elástico ante el sismo severo, especificado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente, deberá ser menor que la resistencia a la rotura del tabique (contemplando los tres tipos de falla indicados en el Artículo 33 (33.4)).

# **NORMAS DE UNIDADES**

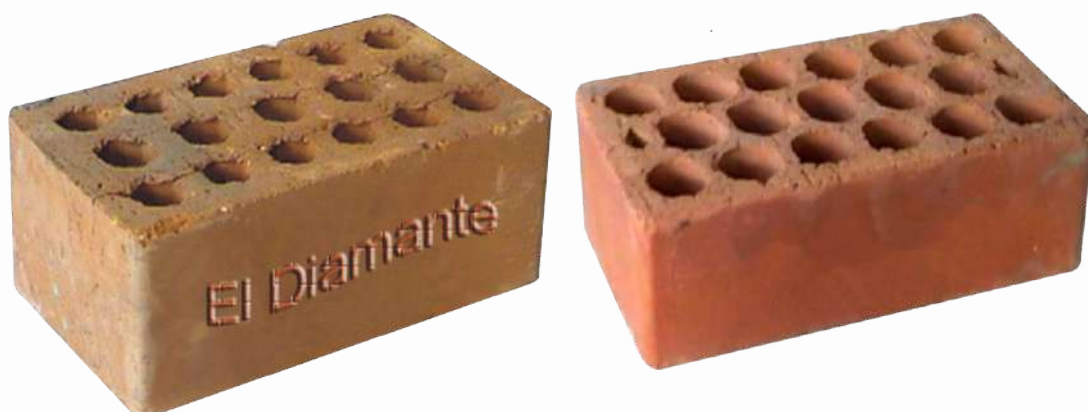
## **NTP 399.613**

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

NTP 399.613  
2005

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú



UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

MASONRY UNITS. Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work

2005-06-14  
1ª Edición



R.0055-2005/INDECOPI-CRT.Publicada el 2005-07-13

Precio basado en 36 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptorios: Absorción, Resistencia a la compresión, eflorescencia, congelamiento y descongelamiento, cambio inicial de absorción, cambio de longitud, módulo de rotura, descuadre, muestreo, tamaño, área de vacíos, distorsión

## ÍNDICE

	página
ÍNDICE	i
PREFACIO	iii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. CAMPO DE APLICACIÓN	2
4. DEFINICIONES	2
5. MUESTREO	2
6. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES	3
7. MÓDULO DE ROTURA	4
8. RESISTENCIA A LA COMPRESION	5
9. ABSORCIÓN	9
10. CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO	12
11. PERÍODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)	15
12. EFLORESCENCIA	19
13. PESO POR UNIDAD DE ÁREA	21
14. MEDIDA DEL TAMAÑO	21
15. MEDIDA DEL ALABEO	22
16. MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD	24
17. CAMBIO INICIAL DE ABSORCIÓN	25
18. MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS	29
19. MEDIDA DE DESCUADRES	32

## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de junio del 2002 a noviembre del 2004, utilizando como antecedente a la norma ASTM C 67:2003 a Standard test methods of sampling and testing clay bricks used in masonry work

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT-, con fecha 2004-12-06, el PNTP 399.613:2004 para su revisión y aprobación siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2005-04-11. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 399.613:2005 **UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería**, 1ª Edición. El 13 de julio del 2005

A.3 Esta Norma Técnica Peruana reemplaza a la NTP 331.018 y NTP 331.019 y fue tomada en su totalidad de la ASTM C 67:2003 La Presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - SENCICO
Presidente	Carlos Pérez Bardález
Secretaria	Gabriela Esparza Requejo

## UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería

### 1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos para el muestreo y ensayo de los ladrillos de arcilla cocida, utilizados en albañilería.

### 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

#### Normas Técnicas Peruanas

- |     |                  |  |
|-----|------------------|--|
| 2.1 | NTP 331.017:2003 | UNIDADES DE ALBAÑILERIA.<br>Ladrillos de arcilla usados en albañilería.<br>Requisitos                        |
| 2.2 | NTP 821.003:1998 | Sistema internacional de unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y de algunas otras unidades |

### 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica para el control de calidad de los ladrillos de arcilla cocida usados como unidades de albañilería.

### 4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las definiciones dadas en la NTP 331.017.

### 5. MUESTREO

**5.1 Selección de los especímenes de prueba:** Para el propósito de la ejecución de los ensayos, el comprador o su representante autorizado, seleccionará unidades enteras que sean representativas del lote al cual pertenecen. Se deberá considerar especímenes representativos del rango completo de colores, texturas, y tamaños, libres de impurezas, limo u otros materiales no asociados con el proceso de fabricación.

**5.2 Número de especímenes:** Para la determinación del módulo de rotura, la resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión y la absorción, se ensayarán como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos; para lotes mayores se tomarán 5 especímenes adicionales, por cada 500 000 unidades. Se podrá tomar mayor número de unidades a criterio del comprador.

**5.3 Identificación:** Se marcará cada espécimen de manera que pueda ser identificado en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del 5 % del área superficial de la(s) cara(s) del espécimen.

## 6. PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

### 6.1 Determinación del peso

6.1.1 **Secado:** Secar los especímenes en un horno ventilado de 110 °C a 115 °C, por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en un intervalo de 2 horas muestren un incremento o pérdida no mayor del 0,2 %.

6.1.2 **Enfriamiento:** Después del secado se enfriarán los especímenes en una cámara a  $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$ , con una humedad relativa entre 30 % y 70 %. Las unidades se almacenarán separadas (no apiladas), libres de corrientes de aire, por un periodo de 4 horas como mínimo, y hasta que la temperatura de la superficie difiera en 2,8 °C de la temperatura de cámara de enfriamiento. No se deberá usar especímenes muy calientes; para cualquier prueba se requiere unidades secas.

Los especímenes permanecerán en la cámara de secado, con las condiciones de humedad y temperatura indicados, hasta el momento de las pruebas.

6.1.2.1 Método alternativo para enfriamiento de los especímenes puede ser el siguiente: almacenar las unidades separadas, no apiladas, en un ambiente ventilado a temperatura de  $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$ , con una humedad relativa entre 30 % y 70 %, por un periodo de 4 horas hasta que la temperatura de la superficie difiera en 2,8 °C de la temperatura del ambiente, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Los especímenes deben permanecer en el ambiente ventilado, con las condiciones de temperatura y humedad indicadas.

### 6.1.3 Determinación del peso e informe

6.1.3.1 Se determinará el peso de 5 especímenes, como mínimo, enteros y secos. La balanza a utilizar tendrá una capacidad no menor de 3 000 g y una aproximación de 0,5 g.

6.1.3.2 En el reporte de los resultados se indicará separadamente el peso de cada unidad y el promedio de todas las 5 unidades ensayadas o más con aproximación a 0,1 g.



**6.2 Eliminación de la silicona de las unidades de ladrillo:** Cualquiera de los polímeros orgánicos de silicona compuesta que se colocan sobre la superficie de los ladrillos, pueden ser eliminados por este proceso: caliente el ladrillo a  $510\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 28\text{ }^{\circ}\text{C}$  en un ambiente ventilado, por un período no menor de 3 horas. La diferencia de temperatura de calentamiento y enfriamiento no excederá los  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

NOTA 1: Dónde se indique las especificaciones individuales de las pruebas, adicionalmente se indicará el detalle de la preparación de los especímenes.

## 7. MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO DE FLEXIÓN)

**7.1 Especímenes de prueba:** Se ensayarán 5 unidades enteras completamente secas (véase 6.1.1).

### 7.2 Procedimiento

**7.2.1** Apoye el espécimen de prueba en su mayor dimensión, salvo que se indique de otra manera (de manera tal que la carga se aplique en la dirección del espesor de la unidad), sobre un tramo no menor a la longitud de la unidad menos 2,5 mm y cargado en el centro del tramo.

Si el espécimen tiene imperfecciones (desniveles o depresiones), colóquelo de tal manera que éstas estén de lado de la compresión. Aplique la carga en la superficie superior del espécimen a través de una plancha de acero de 6 mm de espesor y 40 mm de ancho, y de una longitud por lo menos igual al ancho del espécimen.

**7.2.2** Los apoyos del espécimen de ensayo deberán estar libres para rotar en las direcciones longitudinal y transversal y se deberán ajustar de manera tal que no ejerzan fuerza alguna en esas direcciones.

**7.2.3 Velocidad de prueba:** La velocidad de aplicación de la carga no deberá exceder de 8896 N/m, pero este requerimiento se considera satisfecho si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayo, no es mayor que 1,27 mm / min, inmediatamente antes de aplicar la carga.

### 7.3 Cálculo e informe

7.3.1 El módulo de rotura de cada espécimen se calcula con la expresión que se indica a continuación, con aproximación a 0,01 MPa:

$$S = 3W(l/2 - x)/bd^2$$

Donde:

- S = Módulo de rotura del espécimen en el plano de falla, (Pa)
- W = Máxima carga aplicada con la máquina de prueba, (N)
- l = Distancia entre apoyos (mm)
- b = Ancho neto (cara a cara menos los huecos) del espécimen en el plano de falla, (mm)
- d = Espesor del espécimen en el plano de falla, (mm)
- x = Distancia promedio desde el centro del espécimen hacia el plano de falla, medido en la dirección del paño a lo largo de la línea central de la superficie sometida a tensión, (mm).

7.3.2 El módulo de rotura del lote se determinará como el promedio de los módulos de rotura de los especímenes ensayados, con aproximación a 0,01 MPa.

## 8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

### 8.1 Especimen de prueba

8.1.1 Se ensayarán medias unidades secas (véase 6.1.1), de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud igual a media unidad  $\pm$  25 mm. Si la capacidad de resistencia del espécimen excede la capacidad de la máquina, se podrá ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de  $\frac{1}{4}$  de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de 90 cm<sup>2</sup>.



El espécimen de prueba se obtendrá por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras. Se deberá ensayar como mínimo cinco especímenes.

Eventualmente se podrá utilizar para el ensayo de compresión, unidades enteras, en cuyo caso deberá efectuarse la corrección en el valor promedio de resistencia, mediante un coeficiente que responde a la correlación obtenida en investigaciones de laboratorio. Estos coeficientes se detallan en el anexo A.



## 8.2 Refrentado del espécimen

8.2.1 Todos los especímenes deberán estar preparados según lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2, antes de proceder al refrentado de los mismos.

8.2.2 Si las superficies de contacto del espécimen son ahuecadas o apaneladas, llenar las depresiones con un mortero compuesto por una parte, en peso, de mortero de cemento Portland y dos partes, en peso, de arena, incorpore un aditivo o cloruro de calcio en porcentaje no mayor de 2 %. Dejar reposar los especímenes por lo menos 48 horas antes de aplicar el refrentado. Cuando las cavidades excedan 13 mm, usar un fragmento de ladrillo o una sección de teja o placa metálica como relleno en el núcleo.

Para refrentar los especímenes se aplicarán los procedimientos indicados en los apartados 8.2.3 y 8.2.4.

8.2.3 **Refrentado con yeso:** Cubrir las caras opuestas de contacto del espécimen con goma laca. Una vez completamente secos, cubrir una de las superficies con una capa delgada de yeso calcinado (yeso hemihidrato), que ha sido distribuida sobre una placa no absorbente y aceitada, tal como vidrio o metal procesado. La placa para la superficie de refrentado debe ser plana con margen de 0,08 mm en 400 mm, y suficientemente rígida y apoyada de tal manera que no tenga deformación detectable durante el proceso.

Cúbrase ligeramente con una capa de aceite u otro material apropiado. Repítase esta operación con la otra superficie de contacto de los especímenes. Cuidar de tener las superficies de contacto, así conformadas, aproximadamente paralelas entre sí y perpendiculares al eje vertical del espécimen y que los espesores de refrentado sean

aproximadamente los mismos sin exceder de 3 mm. Se dejará reposar el refrentado por lo menos 24 horas antes de ensayar los especímenes.

NOTA: El yeso calcinado tendrá una resistencia a la compresión a las dos horas de 10 MPa, determinada en cubos de 50 mm.

**8.2.4 Refrentado con azufre:** Usar una mezcla que contenga 40 % a 60 % de azufre y el resto arcilla refractaria de suelo u otro material inerte apropiado, que pase el tamiz normalizado N°100 (150  $\mu$ m) con o sin plastificante. Los requerimientos para las placas de la superficie del refrentado serán las descritas en 8.2.3. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa de superficie para formar un molde rectangular 13 mm más grande en cada dimensión interior del espécimen. Calentar la mezcla de azufre en un recipiente termostáticamente controlado, hasta una temperatura suficiente para mantener la mezcla fluida por un periodo de tiempo razonable después del contacto con la superficie del espécimen a ser cubierto. Cuidar de prevenir sobrecalentamiento justo antes de usarse. Llenar el molde hasta la profundidad de 6 mm con el material de azufre derretido.

**8.2.4.1** Colocar la superficie de la unidad a ser cubierta, rápidamente en el líquido, y sostener el espécimen de manera tal que el eje vertical esté en ángulo recto con la superficie de cobertura. El espesor de las cubiertas serán aproximadamente las mismas. La unidad debe permanecer sin perturbar hasta que se complete la solidificación; permítase que la cubierta se enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes.

### 8.3 Procedimiento

**8.3.1** Ensayar los especímenes de ladrillo sobre su mayor dimensión (esto es la carga será aplicada en la dirección de la profundidad del ladrillo). Centrar los especímenes debajo del apoyo esférico superior con un margen de 2 mm.

**8.3.2** La máquina de ensayo debe satisfacer los requerimientos habituales de práctica que se especifican en la norma ASTM E 4.

**8.3.3** El apoyo superior será un bloque metálico endurecido, asentado esféricamente y firmemente fijo en el centro del cabezal superior de la máquina (rótula). El centro de la rótula se alineará con el centro de la superficie del bloque en contacto con el espécimen. La rótula tendrá libertad de girar en cualquier dirección y su perímetro tendrá.

por lo menos 6 mm libres del cabezal para permitir su uso con especímenes cuyas superficies de contacto no sean exactamente paralelos a la placa. El diámetro de la superficie de contacto será al menos de 130 mm. Usar un bloque de contacto de metal endurecido debajo del espécimen para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina. Las superficies del bloque de apoyo destinadas a contactar los especímenes tendrán una dureza no menor de 60 HRC (HB620). Estas superficies serán planas con una tolerancia de 0,03 mm. Cuando el área de contacto de los bloques apoyados esféricamente no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, colocar una plancha de acero con superficie aplanada con tolerancia de 0,03 mm y con espesor igual a 1/3 de la distancia del extremo del apoyo esférico a la esquina más distante entre el bloque apoyado esféricamente y el espécimen con cobertura. Estas planchas serán de la misma calidad 60 HRC, y tendrán una longitud y ancho que por lo menos exceda 15 mm que la longitud y ancho del espécimen y serán de una dureza similar a los planos de apoyo.

#### 8.3.4 Velocidad de ensayo

Aplicar la carga, hasta la mitad de la máxima carga esperada, con cualquier velocidad adecuada, después de lo cual ajustar los controles de la máquina de manera tal que la carga remanente sea aplicada con una velocidad uniforme en no menos de un minuto ni más de dos minutos.

#### 8.4 Cálculo e informe

8.4.1 Calcúlese la resistencia a la compresión de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,01 MPa:

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

- C = Resistencia a la compresión del espécimen, MPa
- W = Máxima carga en N, indicada por la máquina de ensayo
- A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen ó mm<sup>2</sup>

## 9. ABSORCIÓN

### 9.1 Determinación del peso

9.1.1 La balanza a utilizar tendrá una capacidad no menor a 2 000 g y una aproximación de 0,5 g.

9.2 **Especímenes de prueba:** El espécimen de prueba consistirá en medias unidades, según los requerimientos indicados en 8.1.1. Se ensayarán 5 especímenes.

### 9.3 Prueba de sumersión de 5 y 24 horas

#### 9.3.1 Procedimiento

9.3.1.1 Secar y ventilar los especímenes de prueba en concordancia con lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2 y pesar cada uno de ellos.

9.3.1.2 **Saturación:** Sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura entre 15,5 °C a 30 °C por el tiempo especificado. Retirar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. Pesar todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua.

#### 9.3.2 Cálculo e informe

9.3.2.1 Calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción \%} = 100 (W_s - W_d) / W_d$$

Donde:

$W_d$  = Peso seco del espécimen;

$W_s$  = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría;

9.3.2.2 Calcular el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,1 %.

#### 9.4 Ensayo en caliente de 1, 2 y 5 horas

9.4.1 **Especimen de prueba:** los especímenes serán los mismos que los utilizados en la prueba de 5 horas y 24 horas de sumersión en agua fría, y se utilizarán en el estado de saturación que tengan luego de esa prueba.

#### 9.4.2 Procedimiento

9.4.2.1 Utilizar el espécimen que ha sido sometido a la prueba de sumersión en agua fría y proceder al ensayo de sumersión en agua caliente, según lo indicado en 9.4.2.2.

9.4.2.2 Sumergir el espécimen en agua limpia (potable, agua destilada o agua de lluvia), a temperatura entre 15 °C a 30 °C, de tal manera que el agua circule libremente en todo el espécimen.

Calentar hasta el punto de ebullición en una hora, hervir por el tiempo especificado y luego dejar enfriar a una temperatura entre 16 °C a 30 °C. Secar el espécimen, limpiar el agua superficial con un paño y pesar el espécimen. Pesar todos los especímenes antes de 5 minutos después de retirarlos del agua.

9.4.2.3 Si el tanque está equipado con un vertedero y el agua pasa continuamente a través del depósito, a una temperatura de 16 °C a 30 °C, de tal manera que una circulación completa del agua no toma más de 2 minutos, pesar los especímenes después de una hora.

#### 9.4.3 Cálculo e informe

9.4.3.1 Calcular la absorción de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, debiendo darse el resultado con aproximación a 0,1 %:

$$\text{Absorción \%} = 100 (W_b - W_d) / W_d$$

Donde:

- $W_d$  = Peso seco del espécimen.  
 $W_b$  = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua caliente.

9.4.3.2 El resultado de la prueba de absorción de cada espécimen en agua caliente se dará con una aproximación de 0,1 %.

9.4.3.3 Calcular el promedio de la absorción en agua caliente de todos los especímenes ensayados e informar con una aproximación de 0,1 %.

## 9.5 Coeficiente de saturación

9.5.1 Calcular el coeficiente de saturación de cada espécimen con la expresión que se indica a continuación, debiendo darse los resultados con aproximación a 0,01:

$$\text{Coeficiente de Saturación} = \frac{W_s^2 - W_d}{W_b^5 - W_d}$$

Donde:

- $W_d$  = peso seco del espécimen,  
 $W_s^2$  = peso del espécimen saturado, después de 24 horas de sumersión en agua fría, y  
 $W_b^5$  = peso del espécimen saturado después de 5 horas de sumersión en agua caliente.

9.5.2 El informe del coeficiente de saturación de cada espécimen se dará con una aproximación de 0,01 %.

9.5.3 Calcular el promedio del coeficiente de saturación de todos los especímenes ensayados, e informar con una aproximación de 0,01 %.



## 10. CONGELAMIENTO Y DESCONGELAMIENTO

Este ensayo será aplicable en las regiones del país donde la albañilería esté sometida a ciclos de congelamiento y descongelamiento.

### 10.1 Equipo

10.1.1 Compresora y cámara congeladora de tal diseño y capacidad que la temperatura del aire en la cámara de congelamiento no excederá de  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , una hora después de haber introducido la muestra de ladrillos, inicialmente a una temperatura no mayor de  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

10.1.2 Bandejas y recipientes de metal, poco profundos, con una profundidad de  $38\text{ mm} \pm 13\text{ mm}$  y una adecuada resistencia, de tal modo que conteniendo los especímenes, puedan ser transportadas por un operador.

10.1.3 Balanza: con una capacidad no menor a  $2\ 000\text{ g}$  y una aproximación de  $0,5\text{ g}$ .

10.1.4 Horno de secado: provisto de libre circulación de aire, capaz de mantener una temperatura entre  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

10.1.5 Tanque de descongelamiento: de dimensiones tales que permitan la inmersión completa de los especímenes en su bandeja. Contará con un dispositivo para mantener el agua en el tanque a una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

10.1.6 Cámara de secado: con una temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una humedad relativa entre  $30\%$  y  $70\%$  y libre de corrientes de aire.

10.2 **Especímenes de prueba:** los especímenes de prueba serán medios ladrillos con caras en lo posible planas y paralelas. Si es necesario las caras de los especímenes pueden ser pulidas con una sierra de albañilería; los especímenes estarán libres de astillas. Podrá usarse para este ensayo medio ladrillo remanente del ensayo de flexión o de absorción, sin embargo deberán estar en buen estado sin presentar astillados. Se removerán

las partículas libres adheridas en la superficie, como arena u otro material. Se ensayarán 5 especímenes.

### 10.3 Procedimiento

10.3.1 Secar y enfriar los especímenes como se describe en los apartados 6.1.1 y 6.1.2. Pesar y registrar el peso seco de cada uno.

10.3.2 Examinar cuidadosamente cada espécimen para determinar si hay presencia de rajaduras. Una rajadura se define como una fisura o separación visible por una persona con visión normal a una distancia de 30 cm bajo una iluminación de 50 fc. Marcar cada rajadura con tinta indeleble en toda su longitud.

10.3.3 Sumergir los especímenes de ensayo en el agua del tanque de descongelamiento por  $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$ .

10.3.4 Retirar los especímenes del tanque de descongelamiento y colocarlos en la bandeja de congelamiento con una de sus caras de menor área hacia abajo. Un espacio de por lo menos 25 mm deberá separar los especímenes en la bandeja. Poner suficiente agua en la bandeja de manera tal que cada espécimen tenga por lo menos 13 mm de altura de agua, luego colocar las bandejas con los especímenes en la cámara de congelamiento por  $20 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ .

10.3.5 Remover las bandejas del congelador después del tiempo indicado en el apartado anterior y sumergirlo totalmente incluyendo los especímenes, en el tanque de descongelamiento por  $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$ .

10.3.6 Realizar lo indicado en el apartado 10.3.4 un ciclo cada día, durante una semana de trabajo (05 ciclos consecutivos, 01 ciclo por día). Remover los especímenes de las bandejas y almacenarlos en el cuarto de secado durante  $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ . Los especímenes no se apilarán, debiéndose prever entre ellos un espaciamiento de 25 mm. Seguido de este periodo de secado al aire inspeccionar los especímenes, sumergirlos en el tanque de descongelamiento por  $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$  y luego someterlos nuevamente al ensayo por 05 ciclos, de acuerdo al procedimiento indicado en 10.3.4 y 10.3.5.

Si el laboratorio cuenta con personal disponible los 07 días de la semana, el almacenamiento durante  $44 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$  en la cámara de secado seguido por las  $44 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$  de deshelado después del último ciclo de congelamiento, puede ser omitido. Los especímenes pueden ser sometidos a 50 ciclos de helado y deshelado en 50 días consecutivos. Cuando la semana normal de trabajo de 5 días es interrumpida, poner los especímenes dentro del ciclo de secado pudiendo extenderse el tiempo de secado fuera de lo establecido en esta sección.

10.3.7 Continuar alternadamente el secado e inmersión en agua por  $4 \text{ h} \pm 0,5 \text{ h}$ , luego de los 5 ciclos de congelamiento y deshielo, o el número de ciclos necesarios para completar una semana normal de trabajo, hasta completar 50 ciclos de helado y deshelado. Detener la ejecución del ensayo si el espécimen se ha quebrado o ha perdido más del 3 % de su peso original, según inspección visual.

10.3.8 Después de completar los 50 ciclos o cuando el espécimen ha sido retirado del ensayo a causa de su deterioro, secar y pesar el espécimen como se indica en el apartado 10.3.1.

#### 10.4 Cálculo, análisis, apreciación e informe

10.4.1 **Cálculo:** Calcular la pérdida de peso como un porcentaje del peso seco original del espécimen.

10.4.2 **Análisis:** Examinar el espécimen para detectar las rajaduras (véase 10.3.2) y registrar la presencia de nuevas grietas desarrolladas durante la prueba de helado y deshelado. Medir y registrar la longitud de las nuevas grietas.

10.4.3 **Apreciación:** Se considera que un espécimen ha fallado en el ensayo de congelamiento y deshielo, si:

10.4.3.1 **Pérdida de peso:** Una pérdida de peso mayor que 0,5 %.

10.4.3.2 **Fractura:** El espécimen se ha quebrado en varias fracciones.

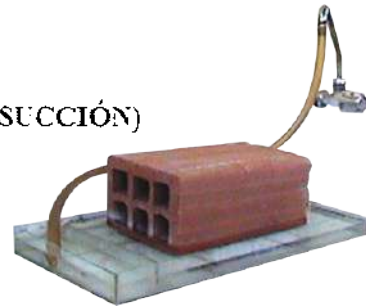
10.4.3.3 **Agrietamiento:** Cuando durante el ensayo se presentan grietas de longitud mayor a la menor dimensión del espécimen.

Si no se presenta ninguna de las tres consideraciones indicadas, se considerará que el espécimen ha pasado la prueba.

10.4.4 **Informe:** El informe deberá indicar si la muestra falló o pasó el ensayo. Cualquier falla será incluida en el informe para su clasificación, así como el número de ciclo en que ésta se produjo.

## 11. PERIODO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN)

### 11.1 Aparatos



11.1.1 **Bandejas y recipientes:** Bandejas y recipientes para agua, con una profundidad no menor de 25 mm, y de largo y ancho tales que la superficie de agua no sea menor de 2 000 cm<sup>2</sup>. La base de la bandeja deberá ser plana cuando está apoyada convenientemente. Las dimensiones no serán menores a 200 mm de largo y 150 mm de ancho.

11.1.2 **Soportes para ladrillos:** Se usarán dos barras de acero no corrosible, de 120 mm a 150 mm de longitud, de sección transversal triangular, semicircular o rectangular, de espesor aproximado de 6 mm. El espesor de las dos barras estará entre 0,03 mm y si las barras tienen sección transversal rectangular su ancho no excederá 2 mm.

11.1.3 **Dispositivos para mantener el nivel de agua constante:** Se deberá incorporar a la bandeja un dispositivo que permita mantener el nivel de agua por encima de los soportes del ladrillo (véase Nota 5), incluyendo los dispositivos para agregar el agua a la bandeja en el momento de retirar los ladrillos. Un método adecuado para controlar el agua que se agrega en la bandeja consiste en: controlar que un ladrillo o medio ladrillo proporcionen un desplazamiento de 3 mm de agua que corresponde a  $\pm 2,5\%$ . Sumergir completamente el ladrillo referencial no más de tres horas.

NOTA 4: Para tener un control exacto del nivel de agua se colocará en el extremo de una de las barras dos alambres de metal rígidos que se proyecten hacia arriba y retornen terminando en los puntos

(3 mm - 0,25 mm) y (3 mm + 0,25 mm) sobre la superficie superior o el borde de la barra. La precisión es posible con el uso de placas de fondo o microscopio micrómetro. Cuando el nivel de agua con respecto de la superficie superior del borde de la barra se ajusta de modo que el punto más bajo de las burbujas de la superficie del agua, sea visto con reflectores de luz y el punto más alto no esté en contacto con el agua, el nivel de agua está dentro de los límites especificados. Cualquier otro método adecuado para mantener una profundidad constante de inmersión puede ser usado si se obtiene un resultado equivalente. Por ejemplo se menciona como otro método adecuado el uso de soportes rígidos móviles con respecto del nivel de agua.

NOTA 5: Un tubo de goma desde un sifón o una alimentación por gravedad, y cerrado por un clip de resorte, proporcionará un control manual adecuado.

11.1.4 **Balanza:** Con una capacidad no menor a 3 000 g y una aproximación de 0,5 g.

11.1.5 **Horno de secado:** Conforme a los requerimientos indicados en el apartado 8.1.4.

11.1.6 **Cámara de temperatura constante:** Mantiene una temperatura de  $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

11.1.7 **Dispositivo de sincronización:** Para la sincronización se puede usar un reloj o un cronómetro, que indicará un tiempo de un minuto con una aproximación a 1 s.

11.2 **Espécimen de prueba:** Se ensayarán 5 ladrillos enteros.

11.3 **Procedimiento**

11.3.1 El período inicial de absorción deberá determinarse mediante el ensayo especificado, secado al horno o secado al aire. Si no se especifica, el tiempo inicial de absorción podrá ser determinado por una prueba de secado al horno. Secar y enfriar los especímenes de prueba en concordancia con los procedimientos indicados en los apartados 11.3.1.1 o 11.3.1.2. Completar el procedimiento de ensayo en concordancia con los apartados 11.3.2, 11.3.3 y 11.3.4.

NOTA 6: No hay correlación entre el valor del periodo inicial de absorción en ambiente aireado y al horno. Los métodos de prueba proporcionan diferente información.

**11.3.1.1 Secado al horno.** Procedimiento: Secar y enfriar los especímenes de prueba según lo indicado en los apartados 6.1.1 y 6.1.2.

**11.3.1.2 Secado en ambiente aireado:** Almacenar las unidades no apiladas, con separación entre ellas, en un cuarto ventilado, a temperatura entre  $24\text{ °C} \pm 8\text{ °C}$  con una humedad relativa entre 30 % y 70 % por un periodo de 4 horas, con una corriente de aire generada por un ventilador eléctrico, por un periodo no menor de dos horas. Continúe hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de dos horas muestren un incremento o pérdida no mayor de 0,2 % desde la última pesada del espécimen.

**11.3.2** Medir con una aproximación de 1,27 mm la longitud y el ancho de la superficie plana del espécimen de prueba, para unidades rectangulares, o determinar el área que estará en contacto con el agua para unidades de otras formas, con métodos adecuados similares al propuesto. Pesar el espécimen con una aproximación de 0,5 g.

**11.3.3** Ajuste la posición de la bandeja de la prueba de absorción, de manera tal que el fondo de la misma esté nivelado, debiéndose comprobar con un nivel de burbuja y fije el ladrillo referencial saturado encima de los soportes. Agregar agua hasta que el nivel de la misma sea de  $3\text{ mm} \pm 0,25\text{ mm}$  sobre los soportes.

Cuando el espécimen de prueba sea retirado, la profundidad del agua deberá ser de  $3\text{ mm} \pm 0,25\text{ mm}$  más la profundidad de los soportes. Después de retirar el ladrillo referencial, sujetar el espécimen de prueba sobre los soportes, contando como tiempo cero el momento de contacto del ladrillo con el agua. Durante el periodo de contacto,  $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$ , se mantendrá el nivel de agua entre los límites prescritos agregando agua si se requiere. Al final del tiempo de  $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$ , retirar el espécimen y secar el agua superficial con un paño húmedo y volver a pesar el espécimen con aproximación de 0,5 g. El secado del agua superficial se hará dentro de los 10 segundos siguientes luego de retirar el espécimen del agua, y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 min.

NOTA 7: Coloque el ladrillo en contacto con el agua rápidamente, pero sin salpicar. Fije el ladrillo en posición con un movimiento oscilante, para evitar atrapar aire en la superficie inferior. De preferencia pruebe el ladrillo con las depresiones en contacto con la superficie del agua. Pruebe el ladrillo moldeado con la cara superficial rugosa hacia abajo.

#### 11.4 Cálculo e informe

11.4.1 La diferencia en el peso, en g, entre el peso inicial y final es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) no difiere más de  $\pm 2,5\%$  de  $200\text{ cm}^2$ , reportar el incremento de peso de cada espécimen con una aproximación a 0,1 g, como el índice inicial de absorción en un minuto.

11.4.2 Si el área del espécimen difiere en más de  $\pm 2,5\%$  de  $200\text{ cm}^2$ , se corregirá el peso mediante la ecuación que se indica a continuación, con una aproximación a 0,1 g:

$$X = \frac{200W}{LB}$$

Donde:

- X : Diferencia de pesos corregida, sobre la base de  $200\text{ cm}^2$ .
- W : Diferencia de pesos del espécimen (g).
- L : Longitud del espécimen (cm).
- B : Ancho del espécimen (cm).

11.4.3 Informar como la absorción inicial en 1 minuto el resultado de la succión corregida del espécimen (X), con aproximación a 0,1 g.

11.4.4 Si el espécimen de prueba es un ladrillo común, calcular el área neta y sustituir por LB en la ecuación dada en 11.4.2. Reportar la diferencia de peso corregida como la absorción inicial en un minuto.

11.4.5 Si el espécimen no es prismático, calcular el área neta mediante un método geométrico adecuado y sustituir LB en la ecuación dada en 11.4.2.

11.5 Calcular y reportar el promedio de la absorción inicial de todos los especímenes ensayados, con aproximación a  $0,1\text{ g/min}/200\text{ cm}^2$ .

11.6 Incluir en el informe si para secar los especímenes se utilizó el horno de secado (en concordancia con lo indicado en 11.3.1.1) o secado al aire (en concordancia con lo indicado en el apartado 11.3.1.2).

## 12. EFLORESCENCIA

### 12.1 Aparatos

**12.1.1 Bandejas y contenedores:** Bandeja hecha de metal resistente a la corrosión u otro material que no genere sales solubles al ponerse en contacto con agua destilada que contenga cenizas de ladrillo. La bandeja será de dimensiones tales que provea no menos de 25 mm de profundidad de agua.

La bandeja deberá proveer un área tal que el total del volumen de agua sea grande en comparación con la cantidad de agua evaporada cada día, se dispondrá de un aparato adecuado para mantener un nivel constante de agua en la bandeja.

**12.1.2 Cámara de secado:** De acuerdo con los requisitos estipulados en el apartado 10.1.6.

**12.1.3 Horno de secado:** Conforme con lo estipulado en el apartado 10.1.4.

### 12.2 Especímenes de ensayo

**12.2.1** Los especímenes consistirán en 10 ladrillos enteros.

**12.2.2** Los 10 especímenes se distribuirán en 5 pares, de manera tal que los especímenes de cada par tengan la misma apariencia tanto como sea posible.

**12.3 Preparación de los especímenes:** Remover con una brocha todo polvo que esté adherido y que puede ser erróneamente considerado como eflorescencia. Secar los especímenes y enfriarlos como se prescribe en los apartados 6.1.1 y 6.1.2.



## 12.4 Procedimiento

12.4.1 Colocar un espécimen de cada uno de los 5 pares, con un extremo parcialmente sumergido en agua destilada en aproximadamente 25 mm, por 7 días en el cuarto de secado. Cuando varios especímenes se ensayan en el mismo contenedor, separar cada uno de los especímenes con un espaciamiento no menor de 50 mm.

NOTA 8: No debe ensayarse especímenes de diferentes fuentes de manera simultánea en el mismo contenedor, porque especímenes con cantidades considerables de sales solubles pueden contaminar los especímenes que están libres de ellos.

NOTA 9: Vaciar y limpiar las bandejas después de cada ensayo.

12.4.2 Almacenar el segundo espécimen de cada uno de los cinco pares en el cuarto de secado, sin contacto con el agua.

12.4.3 Al terminar los siete días inspeccionar el primer conjunto de especímenes y luego secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas.

12.5 **Examen y clasificación:** Después de secado, examinar y comparar cada par de especímenes, observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen, desde una distancia de 3 metros, bajo una iluminación de 538,2 lm/m<sup>2</sup>, según un observador de visión normal. Si ninguna diferencia es notoria bajo estas condiciones, indicar la clasificación como "No eflorescente". Si se observa una diferencia perceptible debido a la eflorescencia bajo estas condiciones, indicar la clasificación como "Eflorescente". Registrar el aspecto y distribución de la eflorescencia.

## 12.6 Precisión y desviación

No existe ninguna información sobre precisión o desviación sobre el método de ensayo por eflorescencia, debido a que el resultado no es cuantitativo.

### 13. PESO POR UNIDAD DE ÁREA

**13.1 Aparatos:** Una balanza sensible, del rango del 0,2 % del peso del espécimen más pequeño.

**13.2 Espécimen de prueba:** Pesar 5 tejas de arcilla estructural enteras y secas (véase 5.4.1).

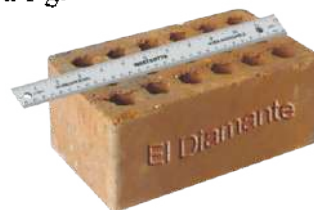
#### 13.3 Cálculo e informe

**13.3.1** Calcular el peso por unidad de área de un espécimen dividiendo su peso total en kg, entre el área promedio en  $m^2$  de las dos caras de la unidad según se coloca normalmente en una pared.

**13.3.2** Reportar los resultados de manera separada para cada unidad, así como el promedio de todas las unidades ensayadas, con aproximación a 1 g.

### 14. MEDIDA DEL TAMAÑO

**14.1 Aparatos:** Se medirán las unidades individualmente con una regla de acero graduada, de 30 cm, con divisiones de un milímetro, o un calibrador que tenga una escala de 25 mm a 300 mm, y que tenga cabezales paralelos. Para medir ladrillos, bloques de albañilería o tejas de mayor dimensión se usarán reglas de acero o calibradores de aproximación y tamaño requeridos.



**14.2 Especímenes de ensayo:** Medir 10 unidades enteras y secas. Estas unidades serán representativas de cada lote, e incluirán los extremos de los rangos de color y tamaño, según se determina por una inspección visual del cargamento (los mismos especímenes pueden ser usados para determinar la eflorescencia y otras propiedades).

**14.3 Medidas individuales ancho, longitud y altura:** Medir el ancho a través de los dos extremos y en ambas caras, desde el punto medio de los bordes que limitan las

caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm y registre como ancho el promedio de las medidas, con una aproximación de 0,5 mm.

Medir la altura a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que limitan las caras. Registre estas cuatro medidas con una aproximación de 1 mm, y registrar como altura su promedio con una aproximación de 0,5 mm. Usar el aparato descrito en 14.1. Repetir el ensayo con el mismo método cuando sea necesario.

14.4 Reportar el promedio del ancho, largo y alto de cada espécimen ensayado, con aproximación a 1 mm.

## 15. MEDIDA DEL ALABEO

### 15.1 Aparatos

15.1.1 Varilla de acero con borde recto.

15.1.2 Regla o cuña de medición: Una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1 mm, o alternativamente una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo, el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm. Véase Figura 1.

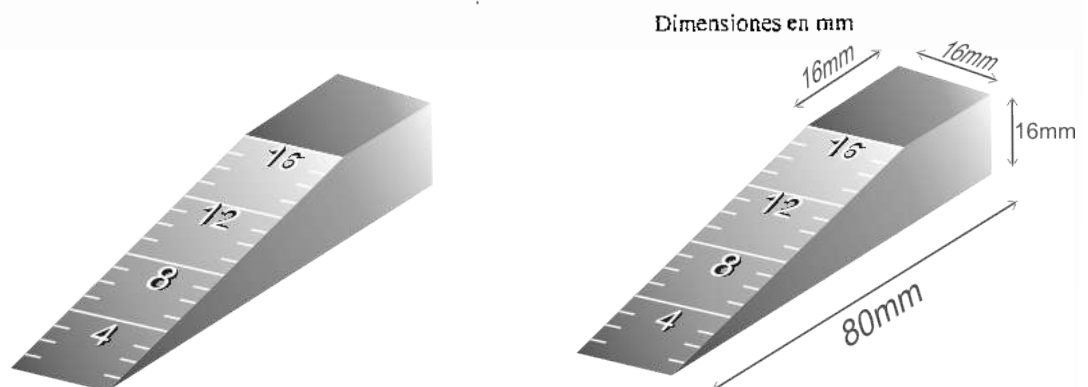


FIGURA 1 – Cuña para medir el alabeo

15.1.3 Superficie plana de acero o vidrio, no menor de 300 mm x 300 mm y plana en el rango de 0,025 mm.

15.2 **Especímenes:** Usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño.

15.3 **Preparación de los especímenes:** Los especímenes se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una brocha el polvo adherido a las superficies.

#### 15.4 Procedimiento

15.4.1 **Superficies cóncavas:** En los casos en que la distorsión a ser medida corresponda a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie.

15.4.2 **Bordes cóncavos:** Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde y es cóncava, colocar la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Seleccionar la distancia más grande desde el borde del espécimen a la varilla con borde recto. Usando la regla de acero o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm, y registrarla como la distorsión cóncava del borde.

#### 15.4.2 Superficies convexas

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, colocar el espécimen con la superficie convexa en contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.

**15.4.4 Bordes convexos:** Cuando la distorsión a ser medida es la de un borde convexo, colocar la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Seleccionar la distancia más grande del borde del espécimen a la varilla. Usando la regla de acero o cuña, medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión convexa del borde.

## 16. MEDIDA DEL CAMBIO DE LONGITUD

**16.1 Aparatos:** Para medir la longitud del espécimen se usará un micrómetro o un dispositivo de medida apropiado, graduado para leer con incrementos de 0,001 mm, fijado sobre un apoyo adecuado para sostener el espécimen de tal manera que se pueda obtener resultados reproducibles. Deben tomarse provisiones para permitir el cambio de posición del micrómetro sobre su varilla montante, a fin de dar cabida a grandes variaciones en el tamaño del espécimen. La base del soporte y el extremo del micrómetro deberán tener una depresión cónica que acepte una bola de acero de 6,35 mm. Debe proveerse un instrumento referencial apropiado, para verificar el dispositivo de medida.

**16.2 Preparación del espécimen:** Remover los extremos de especímenes con texturas profundas, hasta el nivel de ellas, cortando perpendicularmente a la longitud del espécimen. Perforar en cada extremo del espécimen con un perforador carbonado de 6,35mm. Perforar en la intersección de las 2 diagonales de la respectiva cara. Colocar la bola de acero de 6,35 mm en estas depresiones, fijándolas en su lugar con un cemento de aluminato cálcico. Se puede aplicar cualquier método equivalente para establecer la longitud referencial.

**16.3 Procedimiento:** Marcar el espécimen para su identificación y medir con aproximación de 0,001 mm en un ambiente controlado y hacer medidas subsecuentes en el mismo ambiente controlado, a  $\pm 0,5$  °C y  $\pm 5$  % de humedad relativa. Registrar la temperatura y humedad relativa. Colocar una marca referencial al espécimen para su orientación en el dispositivo de medida. Verificar el dispositivo de medida con el instrumento de referencia antes de cada serie de medidas.

**16.4 Informe:** Cuando se ha ensayado más de un espécimen, calcular y reportar el promedio del cambio de longitud de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0,001 mm. El reporte deberá incluir los registros individuales así como el registro de la temperatura y humedad relativa del laboratorio.

## 17. CAMBIO INICIAL DE ABSORCIÓN (SUCCIÓN) – PRUEBA DE CAMPO

**17.1 Alcances:** Este método de ensayo está orientado a servir como un medio volumétrico para la determinación del cambio inicial de absorción (IRA) de cualquier tamaño de ladrillo, cuando la determinación por peso, descrita en el capítulo 11 de esta NTP, no es viable.

Este método de ensayo se aplica para evaluar la necesidad de humedecer el ladrillo. Este método de ensayo se realiza con especímenes tomados en campo sin modificar su contenido de humedad, por lo tanto, el IRA determinado por este método puede diferir del IRA determinado por el método de ensayo de laboratorio según el capítulo 11, el cual requiere secar los especímenes.

### 17.2 Aparatos

**17.2.1 Bandeja de ensayo de absorción:** Una bandeja rectangular, impermeable, construida de material no corrosible, con una base rígida y chata con una profundidad interna del orden de 38 mm el largo y el ancho interior de la bandeja deberá exceder al largo y al ancho del ladrillo ensayado por un mínimo de 72 mm pero no más de 127 mm.

**17.2.2 Soportes para el ladrillo:** Dos barras rectangulares no corrosibles, con 6,4 mm en altura y ancho y con una longitud igual al ancho interno de la bandeja menos 25 mm. Los soportes para el ladrillo pueden ser colocados en la base de la bandeja, justo antes del ensayo puede fijarse permanentemente en dicha base. El espacio entre los soportes debe ser del orden de 100 mm menor que la longitud del ladrillo ensayado. Un dispositivo que indique el nivel de agua requerido puede adjuntarse permanentemente en el extremo de los apoyos para el ladrillo, o suspenderse desde la parte superior de la bandeja Figura 2 (a) y (b). Cualquier dispositivo de precisión equivalente para controlar el nivel de agua requerido, 3 mm sobre los apoyos para el ladrillo, puede ser utilizado en el lugar señalado en la Figura. 2.

**17.2.3 Dispositivo de tiempo:** Un dispositivo adecuado de tiempo que indique el tiempo de 1 minuto con aproximación de 1 segundo.

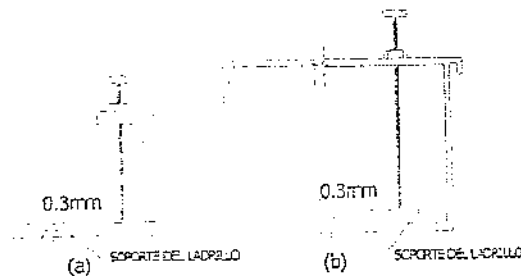


FIGURA 2 – Indicadores del nivel de agua

17.2.4 **Botella deformable:** Una botella de plástico deformable, con una capacidad de 100 ml (botella de lavado tipo Guth).

17.2.5 **Un cilindro graduado:** Un cilindro graduado de medición, de plástico o vidrio, con capacidad de 100 ml.

### 17.3 Especímenes de ensayo

Seleccionar 6 ladrillos enteros, de conformidad con lo indicado en 5.1.

### 17.4 Procedimiento

17.4.1 Sumergir completamente un espécimen de ladrillo en un contenedor, por dos horas.

17.4.2 Medir con aproximación de 2 mm, el largo y el ancho de 5 especímenes remanentes, en la superficie que estará en contacto con el agua. Si los especímenes de ensayo están perforados, determinar el área de las perforaciones en el medio de la superficie.

17.4.3 Prehumedecer y dejar secar la bandeja de absorción y colocarla sobre una superficie plana y nivelada.

17.4.4 Retirar el espécimen prehumedecido del contenedor, removiendo el agua de la superficie y colocar el espécimen sobre los apoyos para ladrillo de la bandeja. Agregar el agua en la bandeja hasta que el agua alcance un nivel de 3 mm sobre los apoyos para ladrillo. (En el caso de estar usándose un indicador de punta de nivel de agua, poner agua en la bandeja hasta que el agua haga un contacto mínimo). Remover el ladrillo prehumedecido e inclinar suficientemente el ladrillo de manera que una de las esquinas sirva como punto de goteo del agua que escurre de su superficie para retornar a la bandeja. Una sacudida ligera puede ser necesaria para hacer que caiga la última gota. Colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en el contenedor de agua.

17.4.5 Utilizando el cilindro graduado llenar la botella deformable con 100 ml de agua exactamente.

17.4.6 Colocar el primer espécimen de ensayo cuadrándolo sobre los apoyos para ladrillo, contando como tiempo cero el momento que el ladrillo contacte con el agua. Al término de  $1\text{min} \pm 1\text{ seg}$  retirar el espécimen de ensayo del agua e inclinar suficientemente el ladrillo de manera tal que una de las esquinas sirva como punto de goteo del agua que escurre de su superficie para retornar a la bandeja. Una sacudida ligera puede ser necesaria para hacer que caiga la última gota.

17.4.6.1 Continuar colocando los especímenes remanentes de ensayo dentro de la bandeja, de la misma manera hasta que los 5 especímenes sean ensayados. Durante el ensayo agregar agua a la bandeja, utilizando la botella deformable para mantener el nivel de agua aproximadamente constante a 3mm de profundidad. Volver a llenar la botella deformable con 100 ml de agua cuando esté vacía registrando cada llenada.

17.4.6.2 Después que el último espécimen es ensayado colocar el ladrillo prehumedecido nuevamente en la bandeja, restaurando el nivel original de agua con agua de la botella deformable.

NOTA 10: Colocar el ladrillo en contacto con el agua rápidamente pero sin derramar. Colocar el ladrillo en posición con un movimiento rotatorio para evitar el atrapado de aire bajo su superficie.



17.4.7 Utilizando el cilindro graduado medir el volumen de agua remanente en la botella deformable.

### 17.5 Cálculo e informe

17.5.1 El número de llenadas más la primera botella completamente llena, multiplicado por 100 ml, menos el volumen de agua remanente en la botella deformable, es el total del volumen de agua medido en mililitros, absorbido por los 5 especímenes.

$$V_t = 100(n+1) - V_r$$

Donde:

- $V_t$  : Volumen total de agua absorbido por todos los especímenes ensayados, ml
- $n$  : Número de llenadas de la botella deformable
- $V_r$  : Volumen de agua remanente en la botella deformable, ml

17.5.2 Cuando el promedio del área de la superficie neta en contacto con el agua (suma de áreas de superficie neta dividida entre el número de especímenes) difiera para muestra dada en  $\pm 5 \text{ cm}^2$  o menos de  $195 \text{ cm}^2$ , informar como IRA (campo), en g/minuto/ $195 \text{ cm}^2$ , el volumen total de agua absorbida dividida entre 5, el número de especímenes de ensayo.

$$IRA(\text{Field}) = \frac{V_t}{5}$$

17.5.3 Si el promedio de la superficie neta en contacto con el agua difiere en más de  $\pm 5 \text{ cm}^2$  de  $195 \text{ cm}^2$ , calcular el volumen equivalente en un minuto para  $195 \text{ cm}^2$  de superficie como sigue:

$$V_c = \frac{30V_t}{A_n} \quad \text{o} \quad V_c = \frac{195V_t}{A_n}$$

Donde:

- $V_c$  : Volumen promedio de agua absorbida por un espécimen, corregido sobre la base de  $195 \text{ cm}^2$  de superficie, ml  
 $A_n$  : Suma de las áreas de superficie netas en contacto con el agua de todos los especímenes ensayados  $\text{cm}^2$

17.5.4 **Informe:** Informar el volumen corregido ( $V_c$ ) como el IRA (campo) en  $\text{g}/\text{min}/195\text{cm}^2$ .

17.6 **Precisión y desviación:** A la fecha no se dispone de datos suficientes para una declaración de precisión y sesgo.

## 18. MEDIDA DEL ÁREA DE VACÍOS EN UNIDADES PERFORADAS

### 18.1 Aparatos

18.1.1 Regla de acero o calibradores: según dispuesto en el apartado 14.1.

18.1.2 Cilindro graduado: un cilindro de vidrio con capacidad de 500 ml.

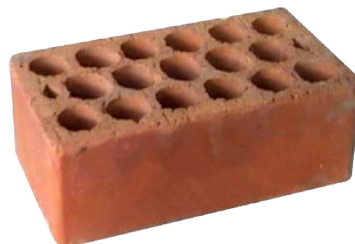
18.1.3 Papel: una hoja de papel con superficie dura no menor de 610 mm x 610 mm.

18.1.4 Arena: 500 ml de arena limpia y seca.

18.1.5 Varilla de acero con borde recto.

18.1.6 Superficie chata: una superficie limpia, seca, chata, lisa y nivelada.

18.1.7 Escobilla: de cerda suave.



18.1.8 Felpudo de neopreno: una esponja de neopreno celulada de 610 mm x 610 mm y 6 mm de espesor.

18.1.9 Balanza: véase 11.1.4.

**18.2 Especímenes de prueba:** Se usará una muestra de 10 unidades seleccionada según lo descrito para la determinación del tamaño (pueden ser utilizadas las muestras tomadas para la determinación del tamaño).

**18.3 Preparación de las muestras:** Ensayar los especímenes tal cual se reciben, únicamente se eliminará con la escobilla las partículas de polvo u otras adheridas a las superficies.

#### **18.4 Procedimiento**

18.4.1 Medir y registrar la longitud, el ancho y altura del espécimen tal como se describe en el procedimiento para determinación del tamaño.

18.4.2 Sobre la superficie chata apoyar la esponja de neopreno y sobre ella extender la hoja de papel. Sobre el papel colocar el espécimen a ser ensayado (perforaciones verticales).

18.4.3 Rellenar las perforaciones con arena, permitiendo que la arena caiga libremente. Utilizando la varilla de acero con borde recto nivelar la arena en las perforaciones. Con la escobilla, remover todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.

18.4.4 Levantar el espécimen posibilitando que la arena de las perforaciones caiga sobre las hojas de papel.

18.4.5 Transferir la arena de la hoja de papel a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0,5 g.

18.4.6 Con una porción separada de arena, llenar un cilindro de 500 ml hasta la graduación de 500 ml, posibilitando que la arena caiga de manera natural y sin agitar ni vibrar el cilindro. Transferir esta arena a la balanza, pesando y registrando con aproximación de 0,5 g.

### 18.5 Cálculo e informe

18.5.1 Determinar el volumen de arena contenido en el espécimen de ensayo como sigue:

$$V_s = \frac{500ml}{S_c} \times S_u$$

Donde:

- $V_s$  : Volumen de arena contenida en el espécimen de ensayo.
- $S_c$  : Peso, en g de 500 ml de arena contenida en el cilindro graduado.
- $S_u$  : Peso en g de la arena contenido en el espécimen de ensayo.

18.5.2 Determinar el porcentaje de vacíos como sigue:

$$\% \text{Área vacíos} = \frac{V_s}{V_u} \times \frac{1}{16,4} \times 100$$

Donde:

- $V_s$  : Volumen de arena determinado en 18.5.1, ml
- $V_u$  : Longitud x ancho x profundidad registrada en 18.5.1,  $cm^3$

18.5.3 Informar, como el porcentaje de área de vacíos, el resultado de la ecuación dada en 18.5.2, para cada espécimen, con una aproximación a 1 %.

19. MEDIDA DE LA DEFORMACIÓN DEL ENCUADRE EN ESQUINAS

19.1 Aparatos

19.1.1 Regla de acero o calibrador: según se describe en el apartado 14.1.

19.1.2 Escuadra de carpintero de acero.

19.2 Procedimiento

19.2.1 Colocar un brazo de la escuadra de carpintero adyacente a lo largo del espécimen ubicado de soga. Alinear el brazo de la escuadra paralelamente al brazo del espécimen teniendo las esquinas de la cara del espécimen en contacto con el brazo de la escuadra. Ubicar la escuadra paralela a la cara del espécimen a ser expuesta a 6 mm de ella. Véase Figura 4.

19.2.2 Medir la desviación del ángulo de  $90^\circ$  en cada esquina de la cara expuesta del espécimen. Registrar la medida con aproximación de 1 mm para cada esquina. Véase Figura 3.



FIGURA 3 – Medida de descuadres



FIGURA 4 – Ubicación de la escuadra

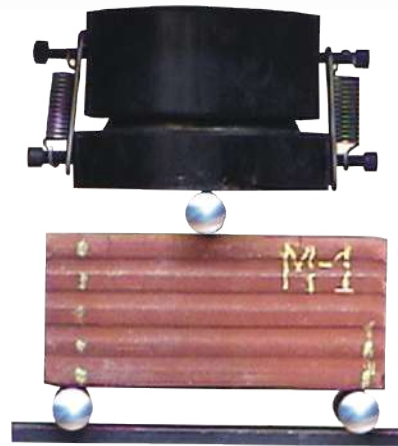
## 20. MÓDULO DE ROTURA

20.1 **Especímenes de prueba:** Los especímenes de ensayo consistirán de unidades enteras (véase 6.1.1). Se ensayarán cinco de tales especímenes.

### 20.2 Procedimiento

20.2.1 Ensayar unidades que han sido secadas de conformidad con lo prescrito en el apartado 6.1.1.

20.2.2 A menos que se especifique y se informe de otra manera, apoyar el espécimen de ensayo sobre su base (esto es, aplicar la carga en la dirección de la altura del espécimen. La carga debe aplicarse en el centro del tramo, con aproximación de 2 mm de dicho centro. Si el espécimen tiene cavidades o depresiones, colocar el espécimen de manera tal que las cavidades o depresiones estén en sus caras inferiores. Los apoyos para los especímenes serán barras de acero sólido de  $12,7 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  de diámetro, colocadas a  $13 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  de cada extremo. La longitud de cada apoyo será por lo menos igual al ancho del espécimen. Véase Figura 5.



**FIGURA 5 - Aplicación de la carga**

20.2.3 Aplicar la carga sobre la superficie superior del espécimen a través de una plancha de soporte de acero de 6 mm de espesor y 40 mm de ancho y con una longitud por lo menos igual al ancho del espécimen.

20.2.4 **Velocidad de ensayo:** La velocidad de carga no excederá las 8 896 N minuto, este requerimiento puede considerarse como satisfecho si la velocidad del cabezal móvil de la máquina de ensayos inmediatamente antes de aplicarse la carga, no es mayor que 1,3 mm minuto.

### 20.3 Informe

20.3.1 Registrar las dimensiones del espécimen y la longitud del tramo de carga.

20.3.2 Registrar la carga de rotura transversal  $P$ , para cada espécimen con aproximación a 1 N.

20.3.3 Calcular y registrar la carga de rotura por unidad de ancho de cada espécimen como  $p = P/w$  por cada unidad, N/mm. Registrar el promedio de las cargas de rotura por unidad de ancho para todos los especímenes ensayados, considerándole como la carga de rotura del lote.

**22. ANTECEDENTE**

ASTM C 67:2003a

Standard test methods for sampling and testing  
brick and structural clay tile



ANEXO A  
(INFORMATIVO)

En relación al ensayo de eflorescencia, se calculará el peso por unidad de área de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$W_u = \frac{nW_d}{A_{fa1} + A_{fa2}} \quad (1)$$

donde:

- $W_u$ : peso por unidad de área del espécimen ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- $n$ : número de caras del espécimen (2 para el caso de ladrillos)
- $W_d$ : peso seco del espécimen (kg)
- $A_{fa1}$ : área de la cara final del espécimen ( $\text{m}^2$ )
- $A_{fa2}$ : área de la cara posterior del espécimen ( $\text{m}^2$ )

El reporte debe incluir los resultados del cálculo de la ecuación (1) separadamente para cada unidad, y el promedio de los especímenes ensayados.

**12.3. PANEL**

---

**FOTOGRAFICO**



Foto 01. Extracción de arcilla de un yacimiento en una ladrillera del pueblo de Yuracoto, Caraz.



Foto 02. Extracción de tierra de chacra de un yacimiento en una ladrillera del pueblo de Tamborreal, Santa.



Foto 03. Recolección de conchas de abanico desvalvadas en el mercado del muelle artesanal de Chimbote.



Foto 04. Triturado y molienda de las valvas de la concha de abanico usando un batan de piedra rustico y una piedra pesada.



Foto 05. Ensayo de límite líquido al suelo arcilloso en el instrumento copa de Casagrande del laboratorio de Suelo.



Foto 06. Ensayo de límite plástico al suelo arcilloso usando una base de vidrio limpia para formar cilindros.



Foto 07. Mi persona usando correctamente los EPP, pesando polvo de concha de abanico para ensayo de análisis térmico diferencial.



Foto 08. Mi persona visitando el laboratorio de polímeros en la Universidad Nacional de Trujillo para realizar el ensayo de Análisis Térmico Diferencial.

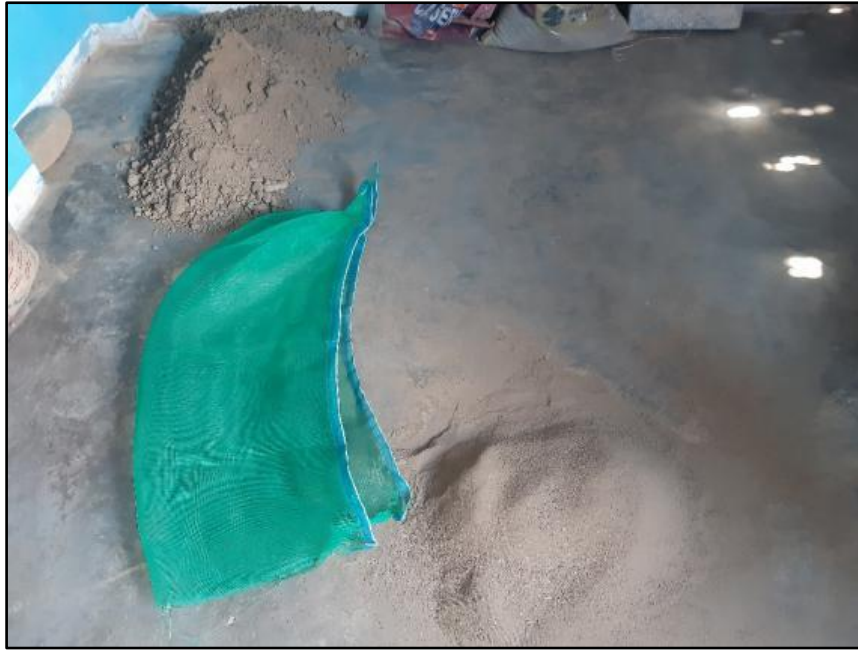


Foto 09. Cernido de arcilla previamente molido con un batan, el cernido se hizo con una malla mosquitera equivalente a un tamiz #20.



Foto 10. Pesado de materiales según dosificación usando una balanza de capacidad de 5 kg.



Foto 11. Vertido de agua en la depresión que se hizo en la mezcla de arcilla y tierra del ladrillo.



Foto 12. Molde o gavera de madera de  $\frac{1}{2}$ " de grosor, de dimensiones según norma para ladrillos King Kong las cuales es de 23 x 13 x 9 cm.



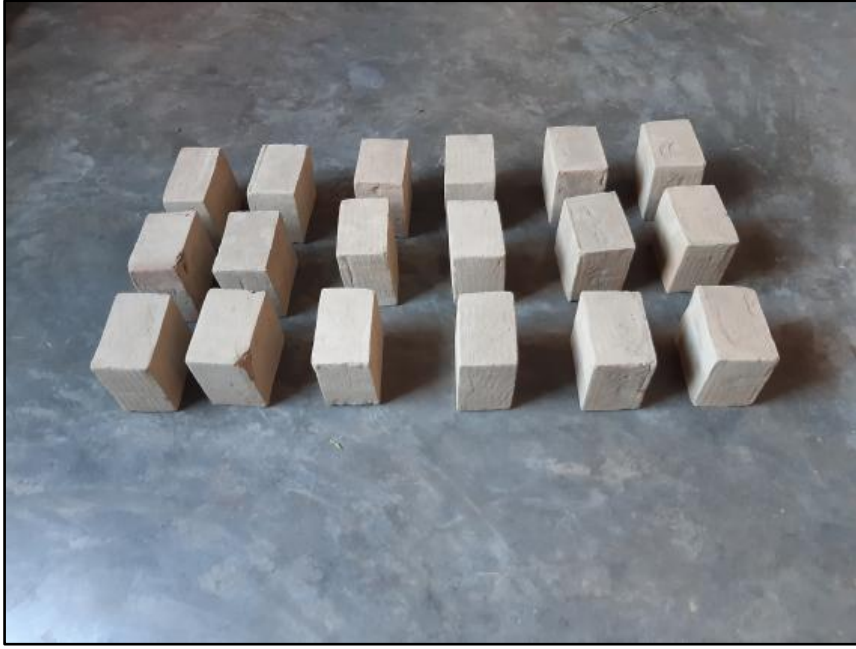


Foto 13. Ladrillos crudos secos partidos a la mitad listos para proceder con la cocción en el horno.



Foto 14. Colocación de los ladrillos patronos y experimentales que serán sometidos a cocción en el horno.

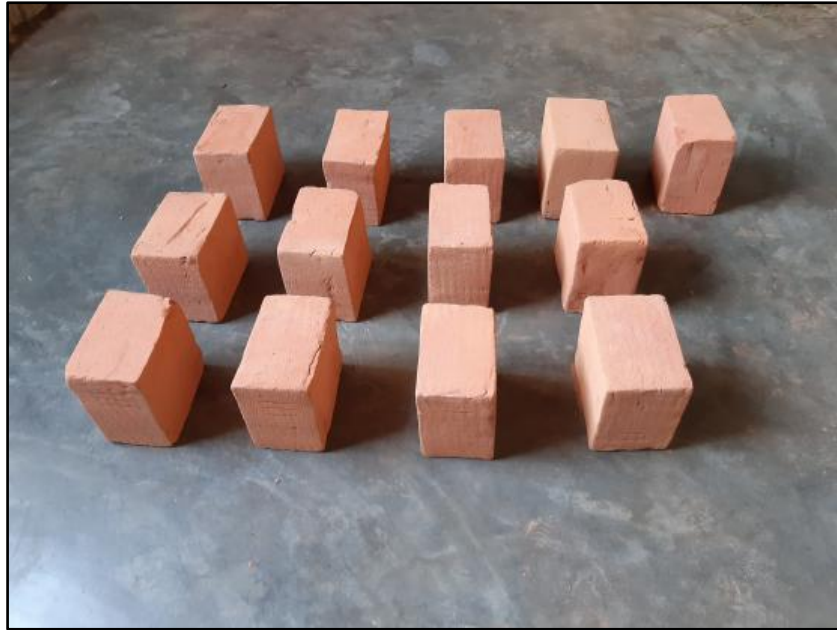


Foto 15. Ladrillos de arcilla cocidos recién salidos del horno presto para rotular y lijar las imperfecciones.



Foto 16. Ladrillos de arcilla debidamente rotulados sometidos a cargas en la compresora hidráulica del laboratorio.