



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL

Autor:

Nayaret Patricia Rojas Poémape

Asesor:

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda

Línea de Investigación:

Administración y Seguridad en la Construcción

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2017

## PÁGINA DEL JURADO

Los miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis Titulada “**Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017**”, la misma que debe ser defendida por la tesista aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil, **Rojas Poémape Nayaret Patricia**.

Nuevo Chimbote, 29 de Noviembre del 2017.

---

Dr. Rigoberto Cerna Chávez

PRESIDENTE

---

Mgtr. Erika Magaly Mozo Castañeda

SECRETARIO

---

Bach. Sheila Mabel Legendre Salazar

VOCAL

## DEDICATORIA

A Dios, mi creador supremo quien me guía, ayuda, cuida y dirige por el camino de luz y de paz, para seguir su mandato y ser mejor persona cada día, dándome las fuerzas necesarias para no rendirme en momentos de angustia.

A mis padres, Ciro Rojas Meza y Gladys Poémape Carpio, mis grandes ejemplos de lucha y superación, que siempre velan por mí, me apoyan en todo momento y me demuestran el amor de familia que es lo primordial; forjadores de mi educación, principios y valores, por quienes estudio día a día para ser su gran orgullo y así culminar mis objetivos y cumplir mis metas trazadas.

Así como también a mis padrinos William Curi Ramos y Eliana Antón Ramos, quienes desde que asumieron su compromiso de ser mis padrinos, no dudaron en brindarme su apoyo incondicional en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por permitirme estar con salud y bienestar para cumplir con cada uno de los objetivos planteados al realizar el presente proyecto.

A mis padres Ciro Rojas Meza y Gladys Poémape Carpio, por comprenderme y apoyarme en todo momento, por el tiempo y brindarme los recursos financieros invertidos en el transcurso de éste proyecto.

A la Universidad César Vallejo - Sede Chimbote, por ser la institución que me ayudó a consolidar mis conocimientos en el ámbito de la Carrera de Ingeniería Civil, la cual me enseñó todo lo necesario para ser un profesional de éxito.

Así mismo, la elaboración de esta investigación se lo debo a mi docente metodólogo, el Dr. Rigoberto Cerna Chávez quien me orientó y brindó sus enseñanzas en cada una de las clases brindadas, así como también, en gran medida a mi asesora temática, la Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda, quien con su paciencia, estímulo, enseñanza y tiempo me asesoró para la realización de este trabajo.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, NAYARET PATRICIA ROJAS POÉMAPE con DNI N° 70606726, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verás y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Nuevo Chimbote, 29 de Noviembre del 2017



---

Nayaret Patricia Rojas Poémape  
DNI N° 70606726

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Cumpliendo con las disposiciones vigentes establecidas por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, someto a vuestro criterio profesional la evaluación del presente trabajo de investigación titulado: “Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017”, con el objetivo de realizar una comparación de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico.

En el primer capítulo se desarrolla la Introducción que abarca la realidad problemática, antecedentes, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación y objetivos de la presente tesis de investigación.

En el segundo capítulo se describe la metodología de la investigación, es decir el diseño de la investigación, variables y su Operacionalización, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos que se empleó y su validez y confiabilidad realizada por tres jueces expertos en la materia.

En el tercer capítulo se expondrán los resultados obtenidos de la comparación realizada de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico dada por la tesista para dar solución al problema presentado.

En el cuarto capítulo, se discutirán los resultados llegando a conclusiones objetivas y recomendaciones para las futuras investigaciones.

Asimismo, el presente estudio es elaborado con el propósito de obtener el título profesional de Ingeniería Civil y realizar la comparación de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico,

Con la convicción que se me otorgara el valor justo y mostrando apertura a sus observaciones, agradezco por anticipado las sugerencias y apreciaciones que se brinde a la presente investigación.

La Autora

## ÍNDICE

Carátula.....	i
Página Del Jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria De Autenticidad .....	v
Presentación.....	vi
Índice .....	vii
Índice De Tablas .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I.INTRODUCCIÓN.....	11
II.MÉTODO.....	39
2.1. Diseño de investigación.....	40
2.2. Variables, operacionalización .....	41
2.3. Población y muestra .....	43
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	45
2.5. Método de análisis de datos.....	46
2.6. Aspectos éticos .....	47
III. Resultados.....	48
IV. Discusiones.....	70
V. Conclusiones.....	74
VI. Recomendaciones .....	76
Referencias Bibliográficas .....	77
Anexos .....	80
Anexo 01. Autorización.....	81
Anexo 02. Matriz de Consistencia .....	83
Anexo 03. Instrumentos validados.....	86
Anexo 04. Matriz del Instrumento .....	95
Anexo 05. Certificados de Calibración.....	97
Anexo 06. Plano de Ubicación de la ladrillera Jhossepy.....	115
Anexo 07. Normas Técnicas.....	117

Anexo 08. Proceso de elaboración de la unidad de albañilería artesanal con escoria de horno eléctrico en la ladrillera Jhossepy. ....	173
Anexo 09. Panel fotográfico.....	177

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Número de muestras .....	43
Tabla 02. Población y muestra .....	44
Tabla 03. Ensayo De Resistencia a la Compresión (Ladrillo Patrón).....	48
Tabla 04. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo Patrón) .....	49
Tabla 05. Ensayo de Absorción (Ladrillo Patrón).....	50
Tabla 06. Ensayo de Alabeo (Ladrillo Patrón) .....	51
Tabla 07. Ensayo De Resistencia a la Compresión (Ladrillo 5% - escoria) .....	52
Tabla 08. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 5% - escoria) .....	53
Tabla 09. Ensayo de Absorción (Ladrillo 5% - escoria) .....	54
Tabla 10. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 5% - escoria) .....	55
Tabla 11. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 10% - escoria) .....	56
Tabla 12. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 10% - escoria) .....	57
Tabla 13. Ensayo de Absorción (Ladrillo 10% - escoria) .....	58
Tabla 14. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 10% - escoria) .....	59
Tabla 15. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 15% - escoria). ....	60
Tabla 16. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 15% - escoria) .....	61
Tabla 17. Ensayo de Absorción (Ladrillo 15% - escoria) .....	62
Tabla 18. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 15% - escoria) .....	63
Tabla 19. Cuadro comparativo de resistencia a la compresión del ladrillo patrón y el ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico .....	64
Tabla 20. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.....	64
Tabla 21. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.....	65
Tabla 22. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.....	65
Tabla 23. Charla de Sensibilización.....	66

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017”, se desarrolló entre los meses de abril y diciembre del presente año, con el propósito de analizar comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando 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. Se realizó la comparación de estas unidades de albañilería mediante la ejecución de ensayos de resistencia a la compresión, variabilidad dimensional, absorción y alabeo.

Las variables independientes evaluadas fueron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanal y las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos adicionando escoria de horno eléctrico, teniendo como diseño de investigación no experimental, y el tipo de investigación descriptiva-comparativa.

La población de la presente investigación fueron las unidades de ladrillos de arcilla artesanal y ladrillos de arcilla con escoria, contando con una muestra de 80 unidades de albañilería de acuerdo a la Norma Itintec 331.019.

Utilizándose como instrumentos los protocolos establecidos según el Laboratorio de Mecánica de Suelos GEOMG S.A.C., mediante el cual se pudo realizar cada uno de los ensayos ejecutados.

Concluyendo, que los ladrillos de arcilla fabricados con escoria de horno eléctrico, de acuerdo a la Norma E 070 y la Norma Itintec 331.017, 331.018 y 331.019 mejoran cada una de sus propiedades al compararlas con los ladrillos patrones que fabrican en la ladrillera Jhossepy, sobre todo, aumentando su resistencia a la compresión.

Palabras claves: ladrillo artesanal, escoria, clasificación, propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos.

## **ABSTRACT**

The present research work, entitled "Comparative analysis of the properties of clay brick and brick by adding electric furnace slag - District of Santa - Ancash - 2017", was developed between the months of April and December of this year, with the purpose of comparatively analyzing the properties of clay brick and brick by adding electric furnace slag, manufactured in Santa district, in the Jhossepy brickyard, knowing its production process, as well as analyzing the finished product in the laboratory GEOMG SAC to determine its properties. The comparison of these masonry units was made by performing tests of compressive strength, dimensional variability, absorption and warping.

The independent variables evaluated were the physical and mechanical properties of artisanal clay bricks and the physical and mechanical properties of the bricks, adding electric furnace slag, having as non-experimental research design, and the type of descriptive-comparative research.

The population of the present investigation was the units of handmade clay bricks and slag clay bricks, with a sample of 80 masonry units according to Itintec Standard 331.019.

The protocols established by the Soil Mechanics Laboratory GEOMG S.A.C. were used as instruments, through which each of the executed trials could be determined.

Concluding, that the clay bricks made with electric kiln slag, according to the Standard E 070 and the Itintec Standard 331,017, 331,018 and 331,019, improve each one of their properties when compared with the standard bricks that they make in the Jhossepy brick, on all, increasing its resistance to compression.

Keywords: brick, scoria, classification, physical and mechanical properties of bricks.

## **I. INTRODUCCIÓN:**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

Según Frías, Sánchez y Uría (2001, p.79), en países como España, la producción del acero genera considerables cantidades de residuos industriales que representan entre el 15 al 20% de la producción total de acero, los cuales son llevados y depositados en vertederos generando así múltiples problemas económicos y medioambientales a todos los sectores involucrados. Se han realizado diversos estudios para encontrar distintas vías de reutilización, teniendo como prioridad ser usado como árido de reciclado. Es por ello que en el sector de la construcción es de suma importancia generar información y métodos donde se tenga como iniciativa utilizar subproductos industriales que en muchos lugares están como desechos o simplemente ya no le encuentran un adecuado uso.

En el Perú, la investigación que realizó Quispe (2011, p.7); nos dio a conocer la informalidad que existe en muchas obras de construcción lo cual se ve reflejado en la falta de asistencia profesional de un ingeniero Civil que guie y capacite a los trabajadores a tener la responsabilidad de desempeñar su actividad laboral de manera segura sin exponer su vida y salud, así como también, a trabajar con calidad aplicando siempre el correcto proceso constructivo, ya que en las ladrilleras en donde se producen artesanalmente ladrillos de arcilla, no cumplen con parámetros ni normas establecidas para elaborar el producto. Tal es el caso del Distrito de Santa en donde existen diversas ladrilleras que elaboran artesanalmente ladrillos de arcilla, los cuales son distribuidos a ferreterías aledañas o hacia el lugar en donde serán empleados.

En Chimbote, Siderperú es la empresa siderúrgica dedicada netamente a la fabricación y comercialización de productos de acero de alta calidad contando con un Alto Horno y hornos eléctricos, así como también con una moderna colada continua que en conjunto aseguran su total operatividad produciendo así un subproducto que es la escoria obtenida de los desechos

de los hornos eléctricos utilizándolos mayormente como materiales para la elaboración de cementos siderúrgicos.

Debido a la informalidad y a los problemas medioambientales que presentaron las ladrilleras al fabricar ladrillos de arcilla, es que nació la idea de crear una alternativa que opte por utilizar un producto que proviene del desecho del acero, escoria de horno eléctrico, el cual mediante adiciones en porcentajes al ladrillo de arcilla los mejoró y reforzó y de esta manera se está contribuyendo a reducir la contaminación medioambiental como también a dar una mejora a la calidad de los materiales de construcción.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

Ésta investigación es inédita, la misma que no presentó antecedentes en cuanto a la relación de variables en estudio, sin embargo existieron investigaciones con las mismas variables de forma independiente. Es por ello, que surgió la necesidad de una recopilación de antecedentes de la presente investigación, las cuales se presentan a continuación: A nivel internacional, Nicola, (2008, p.143), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Escuela Politécnica Nacional, Quito, con su investigación denominada “Utilización de escorias y polvos de acería en la producción de bloques y adoquines”, la cual tuvo como objetivo investigar el beneficio obtenido al agregar escorias y polvos de acería en la preparación del hormigón a ser utilizado en la fabricación de adoquines y bloques huecos de hormigón, por lo tanto, el presente proyecto estuvo regido bajo el tipo de investigación experimental. En dicha investigación se concluyó que la utilización de escorias en la fabricación de bloques huecos de hormigón aumenta su resistencia a la compresión, por consecuencia se necesita menos cantidad de cemento que los bloques comunes, esto significa un ahorro de cemento y de dinero en el proceso de producción. Debido a que los bloques de escoria no cumplen la normativa del Ministerio del Ambiente, solo se fabricarán bloques huecos de hormigón para paredes divisoras exteriores con revestimiento e interiores con o sin revestimiento, y así estos

no estarán en contacto con el suelo, ni el agua. También tuvo como conclusión que los metales pesados que contienen las escorias no fueron encapsulados o retenidos al utilizarlas en la fabricación de bloques, al contrario, aumentó el contenido de metales pesados. También descubrió que la utilización de escorias en la fabricación de adoquines aumenta su resistencia a la compresión. Pero debido a que los adoquines hechos con escorias tienen un alto contenido de metales pesados, no se debe fabricar adoquines con escorias, ya que estos estarían en contacto con el suelo y expuestos a la lluvia, esto causaría un daño al medio ambiente. Así como también concluyó que los polvos de acería utilizados en pequeñas cantidades en la fabricación de bloques para aliviamientos de losas de hormigón armado, aumenta o mantiene su resistencia a la compresión. Debido al contenido de metales pesados, se diseñaron estos bloques para que cumplan los requisitos de la clasificación de bloques huecos de hormigón para aliviamientos de losas de hormigón armado. De esta manera se asegura que estos bloques al estar colocados en las losas, estarán completamente aislados del suelo y por último concluyó que la escoria triturada presenta una disminución de la porción soluble en ácido del árido fino menor del 25%, por lo tanto cumple con lo que especifica la norma INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1483).

Así mismo, Fernández (2015, p.93), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, con su investigación denominada “Estudio Preliminar del Uso de Áridos Siderúrgicos como lastre de los molinos de viento”, la cual tuvo como objetivo realizar un estudio preliminar para mostrar la viabilidad técnica de la utilización de la escoria negra procedente de la fusión de las acerías de horno eléctrico como lastre en los molinos de viento. Esto se realizó con el fin de mostrar que el material no conllevará problemas para la estructura del mástil del molino y que los aspectos técnicos y ambientales no supondrán un problema. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación descriptiva

comparativa. Finalmente, en la investigación se concluyó afirmando en líneas generales que la utilización de la escoria negra es viable como lastre para molinos de viento sumergidos en el mar, por lo tanto es interesante profundizar en el estudio de la escoria negra para tal aplicación porque aunque dando menos prestaciones que el producto natural, el hecho de valorizar un residuo le aporta un plus para reutilizar el residuo con tal fin. Así mismo concluyó que la caracterización de las escorias no ha dado como resultado que la densidad de partícula de escoria negra va desde 3,69 a 3,85 Ton/m<sup>3</sup>. La absorción obtenida ha estado entre 2,13% y 5,36%, mientras que los lastres utilizados actualmente rondan el 0,3%. Esta diferencia se debe a la cavernosidad en los granos de la escoria y no a la absorción propiamente dicha. También el precio de la escoria negra es mucho menor el precio de los productos de alta densidad manufacturados del mineral de hierro. Así como también concluyó que la composición química ha sido esperada, destacando la presencia de óxidos de hierro, de calcio y de magnesio que forman un 75% del total de elementos que componen la escoria. Y por último, concluyó que en cuanto a la comprobación de que si la muestra de escoria cumple con la normativa vigente en Catalunya sobre lixiviación para ser considerada como valorizable, cabe decir que con los resultados obtenidos podemos decir que sí excepto en el contenido de Cromo y Zinc. Ya que se analizó a su vez la lixiviación que provoca la escoria en agua de mar, con los valores obtenidos podemos asegurar que la escoria lixivía menos en agua de mar que en agua pura.

Del mismo modo, Sepúlveda (2006, p.93), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Químico, en la Universidad de Chile, con su investigación denominada "Utilización de Escorias de Fundición para la Producción de Compuestos de Hierro", la cual tuvo como objetivo realizar el diseño conceptual de un proceso de producción de compuestos de hierro a partir de escorias de fundición. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación correlacional. Finalmente, en la investigación se concluyó que

es posible obtener compuestos de hierro a partir de escorias de fundición. Para la obtención de dichos compuestos de hierro se plantearon dos metodologías, las cuales permiten obtener distintos productos de hierro que pueden ser utilizados en el mercado. La primera metodología para la obtención de compuestos de hierro es a través de la cristalización, vía saturación con ácido sulfúrico de la solución rica obtenida de una etapa previa de lixiviación de la escoria con ácido sulfúrico. La segunda metodología propuesta corresponde a la precipitación de compuestos de hierro con hidróxido de sodio a partir de una solución rica en hierro proveniente de una etapa de lixiviación de escoria de fundición, la cual fue lixiviada con soluciones de ácido sulfúrico menos concentrado que en la etapa de cristalización. Por tal motivo, fue posible obtener una forma alternativa de uso de escorias de fundición de cobre. El poder llevar este proceso productivo a escala industrial implicaría un gran aporte al medio ambiente, pues se reducirían en un porcentaje la contaminación producida por la escoria de fundición, que actualmente crece día a día, y también significaría un aporte a las fundiciones que actualmente generan escoria y la acumulan, pues generarían un subproducto con valor económico que mejoraría los ingresos de las empresas.

Así como también Santacruz (2016, p.92), en su tesis para optar al Título de Magister en Ingeniería Ambiental, en la Universidad Nacional de Colombia, con su investigación denominada “Viabilidad técnica y ambiental de la utilización de una escoria de fundición como reemplazo parcial de arcilla en ladrillos cerámicos”, la cual tuvo como objetivo estudiar la viabilidad técnica y ambiental de la utilización de una escoria de fundición secundaria de plomo como reemplazo parcial de arcilla en la fabricación de ladrillos cerámicos. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación experimental. En dicha investigación se concluyó que la escoria de fundición secundaria de plomo objeto de investigación tiene contenidos importantes de óxidos de hierro, los cuales le confieren al residuo potencial colorante al ser incorporado en productos cerámicos. Otro componente en cantidades apreciables contenido

en la escoria es el sodio, en forma de carbonatos y sulfatos, que genera en la escoria características fundentes que puede generar un efecto sinterizador durante la cocción de cerámicos fabricados con adición de este residuo. Concluyó también que un elemento a controlar, no sólo por la incorporación del residuo en materiales de construcción, sino para el manejo general de la escoria, es el plomo, el cual se encuentra en la escoria en cantidades que oscilan entre el 2 y 6% aproximadamente concluyó que la maduración de la escoria genera una reducción del potencial hidrógeno (pH) y posiblemente la oxidación de sus componentes a estados más estables; con ello el residuo alcanza una mayor estabilidad (inmovilización) del plomo y el arsénico. La escoria antes del proceso de maduración, posee carácter peligroso por lixiviación de plomo y arsénico, y se encuentra apenas bajo el límite de peligrosidad por corrosividad (potencial Hidrógeno  $\geq 12,5$ ), incluso en algunas muestras alcanza a sobrepasar dicho límite. Y por último concluyó que los ensayos demostraron la viabilidad técnica de incorporar hasta 15% de escoria en pastas para la fabricación de ladrillos estructurales de perforación horizontal. La contracción de secado, absorción de agua y resistencia a la compresión se vieron mejoradas en los ladrillos preparados con escoria, en todas las temperaturas evaluadas (900 a 1050°C), en relación con los ladrillos control (sin adición de escoria). Pese a que la contracción de cocido en los ladrillos adicionados con el residuo aumentó con respecto a los controles, no se presentaron deformaciones que sugieran defectos por dicha característica.

Siendo de suma importancia recopilar información a nivel nacional, Hernández (1993, p.142), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, con su investigación denominada "Comportamiento Estructural de la Mampostería, construida con ladrillos de concreto de 14 x 14 x 29, de fabricación artesanal", la cual tuvo como objetivo conocer el comportamiento de la albañilería, mediante el ensayo de Pilas y muretes, así como también conocer el comportamiento de muros a escala natural sometidos a carga

lateral. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación experimental correlacional.

En dicha investigación se concluyó que la curva esfuerzo-deformación de los muros sujetos a carga lateral en forma casi general es un diagrama aproximadamente trilineal, es decir tres tramos rectos con diferentes pendientes cada uno. También concluyó que se considera necesario contar con ensayos de muros a escala natural con carga lateral cíclica que permitan determinar diversos parámetros en la etapa inelástica, tales como: Efecto de la carga dinámica, ductilidad, degradación de la resistencia, degradación de la rigidez e índice de la disipación de la energía.

Así mismo Barranzuela (2014, p.95), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad de Piura, con su investigación denominada "Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura", la cual tuvo como objetivo identificar el proceso de producción de las unidades fabricadas en el departamento de Piura y establecer los resultados obtenidos referente a las propiedades evaluadas. Obteniendo como resultados, los valores de resistencia a la compresión de estas unidades, que oscilan entre 50 kg/cm<sup>2</sup> y 70kg/cm<sup>2</sup>, presentando también una uniformidad, clasificándose así como tipo I y tipo II, de acuerdo a la Norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerándose así, que estas unidades artesanales son óptimas para su uso en construcciones de exigencias mínimas y de tipo moderado; así mismo estas unidades de albañilería artesanales presentan gran porcentaje de eflorescencia, a su vez se ha observado que tanto los ladrillos artesanales como semi-industriales deben ser saturados antes de su uso.

Del mismo modo Angles (2014, p.93), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Federico Villareal- Lima, con su investigación denominada "Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla", la cual tuvo como objetivo investigar experimentalmente

las propiedades de ambos ladrillos para clasificarlos según la Norma Técnica de Edificación E.070 para comparar el comportamiento a carga sísmica de dos muros confinados, uno con ladrillos de arcilla y otro con ladrillos de concreto. Así como también evaluar y comparar el costo de un muro de albañilería para cada variante y determinar la resistencia de la albañilería de concreto con fin de incorporar este resultado en la Norma E.070.

Lo que concluyó que los muros confinados se encuentran limitadas por la poca cantidad de especímenes ensayados, pero, aun así, constituyen un indicio del buen comportamiento sísmico que se obtuvo en los muros confinados hechos con los dos tipos de ladrillos analizados. También concluyó que la resistencia a compresión ( $f'_m$ ) fue similar tanto para las pilas construidas con ladrillos de arcilla como para las hechas con ladrillos de concreto. Y por último concluyó que el peso volumétrico de la albañilería hecha con ladrillos de concreto (2.2ton/m<sup>3</sup>) fue 22% mayor que la correspondiente a la albañilería hecha con ladrillos de arcilla (1.8 ton/m<sup>3</sup>). Esto debe preverse cuando se opta por usar ladrillos de concreto en una edificación, ya que al aumentar el peso del edificio, se incrementará la fuerza cortante sísmica. Cabe resaltar que estas conclusiones son válidas sólo para materiales semejantes a los estudiados en este proyecto.

Teniendo antecedentes locales como los de Espinoza y Morales (2013, p.130), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional Del Santa, con su investigación denominada “Mejoramiento de las características físico mecánicas de las unidades de albañilería artesanal, ladrillo de cemento, con escoria de horno eléctrico como adición en el proceso de fabricación en Nuevo Chimbote”, la cual tuvo como objetivo la evaluación física mecánica de unidades de albañilería artesanal, ladrillos de cemento producidos en Nuevo Chimbote, siendo comparadas con las características obtenidas en ladrillos de cemento utilizando escoria de horno eléctrico como adición en el proceso de fabricación. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación correlacional.

En dicha investigación se concluyó que, las unidades de albañilería artesanal, ladrillos de cemento, elaborados con escoria como adición en un 20.3% aumenta la resistencia a la compresión en un 10.04%. Las unidades de albañilería artesanal, ladrillos de cemento, elaborados con escoria como agregado en un 50% aumenta la resistencia a la compresión en un 165.5%. Los ladrillos de Cemento fabricados actualmente, clasifican como unidades huecas de clase I según la Norma Técnica E-0.70. La escoria de horno eléctrico empleada como adición o agregado solo mejora las características mecánicas y densidad de las unidades. Y por último que la escoria negra de hornos eléctricos no contribuye a la eflorescencia de las unidades.

Así mismo Quispe (2016, p.116), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Cesar Vallejo, con su investigación denominada “Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa – Ancash - 2016”, la cual tuvo como objetivo determinar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa, así como también determinar la variabilidad dimensional y alabeo de los ladrillos macizos de arcilla fabricados artesanalmente en la localidad de Santa y proponer mejoramiento de técnicas de fabricación de los ladrillos macizos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa. En dicha investigación se concluyó que en la ladrillera Andrea y La Huaca, demuestran que tienen un elevado porcentaje de variación dimensional; por lo tanto las unidades evaluadas son aceptables para la albañilería de uso moderado; mientras que al ser sometido al ensayo de alabeo; presentaron un alabeo mínimo de acuerdo a la Norma E.070 y la Norma Itintec (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) 331.017, estando dentro del rango permisible. Así como también concluyó que el proceso de fabricación de los ladrillos en ambas ladrilleras es netamente artesanal, lo cual genera que las unidades de albañilería no cumplan con las Normas Itintec (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas

Técnicas) y la Norma E.070, así también como un porcentaje de 15% a 20% de su producción terminada, está constituido por ladrillos crudos, quemados o rajados. En general se ha concluido que las ladrilleras evaluadas, no cumplen totalmente con los requerimientos mínimos establecidos por la Norma E.070 y la Norma Itintec (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) 331.017. Clasificando los ladrillos elaborados por la ladrillera Andrea en Tipo II, y a los ladrillos elaborados por la ladrillera La Huaca en Tipo I.

Así mismo Barrantes (2016, p.40), en su tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Cesar Vallejo, con su investigación denominada “Efecto del Uso de Cascarillas de Arroz en las Propiedades Físicas: Variabilidad Dimensional, Succión, Alabeo y Propiedades Mecánicas: Resistencia a la Compresión del Ladrillo Ecológico”, la cual tuvo como objetivo determinar el efecto del uso de cascarillas de arroz óptimo sobre las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico. Por lo tanto se siguió un diseño de investigación no experimental porque se estudiará el efecto que causa el uso de cascarillas de arroz agregándole un 5%, 10%, 15% de volumen de agregado grueso en relación para un diseño de mezcla y correlacional porque observaremos cómo influye la adición de la cascarillas de arroz sobre las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo ecológico agregándole un 5%, 10% y 15% los cuales reforzará el ladrillo ecológico empleando estos ensayos como la resistencia a la compresión, Variabilidad dimensional, succión y alabeo. En dicha investigación se concluyó que de acuerdo a los ensayos de variación dimensional entre el ladrillo patrón con una dosificación 1:1/4:3 en pie<sup>3</sup> agregándole porcentajes de 5% 10% y 15% de cascarilla de arroz con respecto al volumen de agregado grueso, la muestra de 12 ladrillos es de tipo I. De acuerdo a los datos obtenidos en ladrillo patrón el máximo alabeo obtenido es de 3.16mm clasificándolo como un ladrillo tipo IV. El valor de succión obtenido en el ladrillo con 5% de cascarilla de arroz es de 39.521 gr/200cm<sup>2</sup>-min. Debido a los resultados de

succión en los ladrillos de 5% 10% y 15% de cascarillas de arroz es mayor al especificado por la norma, lo cual se debe por la porosidad que presentan las unidades de albañilería, debido a estos resultados sería necesario humedecer las unidades antes de asentarlas con el fin de que estas no absorban el agua de la mezcla. El ladrillo con un 15% de cascarilla de arroz nos da una  $F'c$  de 28.04kg/cm<sup>2</sup> que según la norma no clasifica en ningún tipo de ladrillo por lo que es conveniente eliminarlo.

### **1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

#### **1.3.1. LADRILLOS DE ARCILLA**

##### **1.3.1.1. DEFINICIÓN**

Moreno (1981, p.1), manifiesta que los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser regulares y de fácil manejo.

La Norma Técnica Peruana 331.017 (1978, p.2) denomina al ladrillo como “la unidad de albañilería fabricada con arcilla, esquistos arcillosos, o sustancias terrosas similares de ocurrencia natural, conformada mediante moldeo, prensado o extrusión y sometida a un tratamiento con calor a temperaturas elevadas (quema).”

##### **1.3.1.2. CARACTERÍSTICAS**

Gallegos y Cassabone (2005, p.75), coinciden con la idea que, para considerar adecuado a un ladrillo, debe cumplir con los requerimientos de estar bien moldeado y tener lados paralelos, caras planas en su figura, bordes y ángulos agudos, ser poroso (sin exceso), para lograr adherirse fácilmente al mortero, no conteniendo sales solubles para no dar lugar a la eflorescencia,

poseer sonido metálico al ser golpeado con un martillo u otro objeto similar. También debe mostrar una geometría homogénea y compacta, sin estar cocido en exceso ya que produciría cambios en su apariencia mostrándose brillante, con deformaciones y grietas.

El Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.070 Albañilería (2006, p.298), nos señala que como característica, un buen ladrillo no debe presentar materias extrañas de su composición ni en sus superficies o en su interior. Tampoco presentará resquebrajaduras, hendiduras o grietas ni algún defecto similar que afecte su durabilidad y/o resistencia.

#### 1.3.1.3. CLASIFICACIÓN

Según la Norma Técnica Peruana 331.017 (1978, p.2), los ladrillos de arcilla se clasifican en:

**Ladrillo macizo**, es el ladrillo que presenta en cualquier sección paralela a la superficie de asiento un área neta que equivale al 75% o más de área bruta de la misma sección.

**Ladrillo perforado**, es el ladrillo que presenta en cualquier sección paralela a la superficie de asiento un área neta que equivale a menos del 75% del área bruta de la misma sección.

**Ladrillo tubular**, es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

#### 1.3.1.4. PROPIEDADES

##### a) MECÁNICAS

Según la Norma Técnica Peruana, Itintec 331.017 (1978, p. 5), las propiedades mecánicas de los ladrillos de arcilla son:

##### **Resistencia a la compresión:**

“Una de las principales propiedades del ladrillo que define el nivel de calidad estructural que posee, así como el nivel de

resistencia que tiene la unidad de albañilería a la intemperie u otra causa de deterioro.”

Según la Norma Técnica Peruana 399.613 (2005, p.5) nos dice que se ensayarán medias unidades secas, 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  $90 \text{ cm}^2$ .

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.

La Norma Técnica Peruana 399.613 (2005, p.8), también nos dice que para la velocidad de ensayo, se debe 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.

La fórmula que se indicará a continuación dada por la Norma Técnica Peruana 399.613 (2005, p.8), calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen, debiendo darse los resultados con aproximación a  $0,01 \text{ MPa}$ .

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

C: Resistencia a la compresión del espécimen.

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 o mm<sup>2</sup>.

**El ensayo de prismas – pilas:** Según Gallegos y Casabonne, (2005, p. 202) es la propiedad realizada para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería, la cual consiste en colocar una pila de unidades de albañilería asentadas una sobre otra, con ayuda del mortero.

Según la Norma E.070, (2006, p.26), los prismas, son elaborados con la misma consistencia del mortero y humedad que poseen los ladrillos en una construcción, se utiliza el mismo espesor de juntas, siendo esta resistencia característica ( $f'm$ ) en pilas, la que se obtiene restando el valor promedio de la muestra ensayada menos la desviación estándar.

$$f_m = P_{max} / A_b$$

Donde:

$f_m$  : Resistencia a compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>).

$P_{max}$ : Carga máxima que resiste la pila (kg).

$A_b$  : Área bruta transversal a la fuerza (cm<sup>2</sup>).

La resistencia a compresión se calculará con la siguiente expresión:

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

Donde:

$f_m$ : Resistencia promedio a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

f'm: Resistencia característica a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

σ : Desviación Estándar.

**Densidad:** Según la Norma Itintec 331.017, (1978, p. 6), es la propiedad que mediante ensayos se establece la relación existente entre la densidad de la unidad de albañilería y sus otras propiedades; puesto que si la unidad presenta una mayor densidad, mejor será su resistencia y tendrá una perfección geométrica óptima. Así mismo, la densidad es considerada como criterio que permite fácilmente, mediante la realización de ensayos, evaluar la calidad en la que se encuentra el ladrillo.

$$D = \frac{G3}{V}$$

Donde:

D : Densidad

G3 : Peso seco al horno.

V : Volumen.

#### b) FÍSICAS

Según la Norma Técnica Peruana, Itintec 331.017 (1978, p. 5), las propiedades físicas de los ladrillos de arcilla son:

**Variabilidad dimensional:** Es el resultado de la imperfección geométrica en la construcción de albañilería manifestada en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes; a mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. Las dimensiones de la unidad, se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), en centímetros. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de

juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15% por cada incremento de 3 mm el espesor de la junta de mortero.

Según la Norma Técnica Peruana, 399.613 (2005, p.21), 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.

La Norma Técnica Peruana, 399.613 (2005, p.21), también nos dice que se debe medir 10 unidades enteras secas. Estas unidades serán representativas de cada lote, e incluirán los extremos de los rangos de color y tamaño.

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Donde:

V : Variabilidad dimensional (%)

ME: Medida especificada por el fabricante (mm)

MP: Medida promedio (mm)

**Alabeo:** según la Norma Itintec 331.017, (1978, p. 5), es la “propiedad que permite determinar la deformación curvilínea que presentan las unidades de albañilería en la superficie de sus caras, siendo cóncavo o convexo; donde establece que a un mayor alabeo, mayor será el espesor de las juntas de mortero; y hasta se puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad”.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.613 (2005, p.22), Los aparatos para realizar este ensayo, puede ser con una regla graduada de acero con divisiones desde un extremo, de 1mm, o con 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 1mm.



**FIGURA 1: CUÑA PARA MEDIR EL ALABEO**

Según la Norma Técnica Peruana 339.613 (2005, p.22), en este ensayo, se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo. Posteriormente se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm registrándose el valor obtenido, su fórmula es la lectura de la cuña, en milímetros multiplicado por 100 y el resultado sobre la diagonal del ladrillo, en milímetros. La tolerancia de alabeos según la flecha en el centro o extremo de una arista o diagonal de cualquier cara del ladrillo no superará a los valores siguientes:

Para la calidad 1 es de 2 mm, para la calidad 2 es de 3 mm, para la calidad 3 es de 5 mm. La concavidad en ladrillos se caracteriza por una curva en el entorno superior de un punto

en la cara inferior o superior del ladrillo en el que la tangente no la atraviesa. Se dice que dicha curva, en el punto dado, presenta una concavidad hacia el lado donde no se encuentra la tangente.

La convexidad en ladrillos se caracteriza por una curva o una superficie, es la zona que se asemeja al exterior de una circunferencia o una superficie esférica; es el concepto opuesto a la concavidad.

Según la Norma Técnica Peruana 339.613 (2005, p.23), se debe usar como especímenes las 10 unidades seleccionadas para determinar el tamaño, los cuales se ensayarán tal cual se los recibe, únicamente se eliminará con una brocha el polvo adherido a las superficies.

**Absorción:** Según la Norma Itintec 331.017, (1978, p. 7) es la propiedad que indica la diferencia que existe entre el peso de la unidad mojada y el peso de la unidad seca, la cual es expresada en porcentaje con respecto al peso de la unidad seca.

Según la Norma Técnica Peruana 339.613 (2005, p.9), se ensayarán 5 unidades. Primero se procede a secar y ventilar los especímenes de prueba y pesar cada uno de ellos. Luego sumergir parcialmente el espécimen de agua limpia a temperatura entre 15,5 °C a 30 °C) por el tiempo de 24 horas. 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. La fórmula dada por la Norma Técnica Peruana 339.613 (2005, p.9), es la siguiente:

$$A = \frac{P_S - P_{SECO}}{P_{SECO}} * 100$$

Dónde:

A : Absorción (%)

P.S : Peso saturado (g)

P.SECO : Peso seco (g)

**Succión:** Es la propiedad que según la Norma Itintec 331.017, (1978, p. 8), no es considerada como requisito fundamental para la clasificación de la unidad de albañilería debido a que todo ladrillo excede el límite permisible; pero es incluido para aquellas unidades de albañilería que eventualmente no necesiten ser saturadas con agua.

**Eflorescencia:** Definida por la Norma Itintec 331.017, (1978, p.8), como la propiedad que permite determinar la medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles que contiene el ladrillo luego de ser humedecido; visualizándose comúnmente en la apariencia de los muros de albañilería; pese a ello la eflorescencia no es considerada como requisito para la clasificación del ladrillo, pero es recomendable ejecutarla cuando se trate de acabados de ladrillo visto o en caso que la albañilería sea sometida a humedad intensa y constante.

#### 1.3.1.5. TIPOS

De acuerdo a la Norma Itintec 331.017, (1978, p. 2-3), en sus propiedades estructurales, el ladrillo se clasificará en, Tipo I, resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas. Tipo II, resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas. Tipo III, resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de

albañilería de uso general. Tipo IV, resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas. Tipo V, resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

#### 1.3.1.6. DIMENSIONES

Las medidas están de acuerdo a la Norma Itintec 331.017, (1978, p.5), con las cuales se trabajarán que serán de 9 cm de alto, 13 cm de ancho y 23 cm de largo.

#### 1.3.1.7. PROCESO DE FABRICACIÓN

De acuerdo a la Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, (2010, p.3-9), nos dice para la elaboración de ladrillos de arcilla existen ocho procedimientos:

El primer procedimiento es la extracción de arcilla y tierras, que se realiza en la zona de producción, extrayéndose por excavación en forma manual de canteras o chacras. El material conforme es extraído, se lleva en camiones transportándolo a la zona donde están ubicados los hornos de cocción.

El segundo procedimiento es la mezcla que se realiza manualmente, culminando las labores de labranza, se utiliza una pala o lampa, preparando así las fosas de mezclado. La premezcla de arcilla y arena humedecidas se elabora amasando con ayuda de manos y pies hasta lograr su homogeneidad, luego, se deja la masa reposando hasta el día siguiente para lograr de ésta manera que los terrones más pequeños de arcilla se deshagan y la mezcla sea más consistente adquiriendo la textura requerida para su moldeo o

labranza. Se retiran manualmente las impurezas de arcilla y tierra como raíces de plantas, restos de arbustos y piedras.

El tercer procedimiento es el moldeo o labranza en donde la mezcla se moldea para darle la forma de la unidad de albañilería requerida, las cuales pueden ser sólidos o huecos. Se emplean moldes metálicos o de madera llamados gaveras; donde sus dimensiones varían de un artesano a otro y de una región a otra. La arena fina es utilizada para desmoldar, roseándose al interior de los moldes para luego introducir la mezcla y posteriormente realizar su retiro, siendo más rápido y fácil su desmolde. También se realiza el moldeo de briquetas, las cuales están compuestas de carbón en polvo y arcilla, siendo utilizadas como combustible para el proceso de cocción de los ladrillos; estas briquetas pueden ser cilíndrico pequeño con un solo agujero en el centro o cilíndrico grande con varios agujeros en todo el cuerpo; así como también pueden ser rectangulares con las mismas dimensiones de los ladrillos.

Como cuarto procedimiento está el secado, en donde las unidades crudas recién moldeadas, son llevadas a los tendales, los cuales son espacios abiertos donde se realiza el secado de las unidades, aprovechando la acción natural del sol y el viento. Este proceso es realizado hasta que el ladrillo crudo pierde un 13% de humedad aproximadamente; el cual se realiza entre cinco a siete días, dependiendo del clima. A partir del tercer o cuarto día, las unidades crudas son giradas hacia las caras expuestas para un secado homogéneo, raspando las caras que están en contacto con el suelo para evitar que la tierra se adhiera al ladrillo. Para finalizar el proceso, los ladrillos son colocados apilándose uno encima de otro para su secado final.

Como quinto procedimiento es la carga del horno en donde las unidades ya secas se van acomodando a lo largo del horno siguiendo la continuidad de la ventana de aireación. Las briquetas de carbón son colocadas en la base del horno, donde primero se colocan los ladrillos enteros simulando una parrilla y encima son colocadas las briquetas de carbón en tres o más capas. Debajo de esta parrilla está el canal del malecón donde se coloca la leña para el encendido.

A la altura de la parte superior de los lados de la bóveda, se colocan briquetas de carbón en una disposición apropiada una al lado de otra a casi todo lo largo y ancho de la sección del horno para conseguir un frente de fuego horizontal. Sobre la bóveda armada como malecón de encendido, los ladrillos son colocados en capas horizontales sucesivas transversalmente respecto a la anterior (en ángulo de 90 grados), descansando sobre su lado más largo hasta llenar toda la altura del horno. En los techos abovedados se realiza el mismo proceso pero siguiendo la forma de la bóveda; el armado también se puede realizar de otra forma, el cual consiste en colocar un ladrillo a lo largo seguido de un ladrillo a lo ancho, y así sucesivamente; dejando una separación de ladrillo a ladrillo de tres a cinco milímetros para que el aire y los gases calientes puedan transportarse y permitir que el fuego y el calor del el proceso de cocción llegue a todos los extremos del horno. Este proceso demora dependiendo el tamaño y la capacidad del horno.

El sexto procedimiento es la cocción el cual es realizado artesanalmente en su totalidad de acuerdo al criterio de cada maestro hornero. Este proceso está dividido en dos partes, el primero es el encendido iniciándose cuando las briquetas se encienden en su totalidad, se sella el horno y solo se dejan

pequeñas aberturas en las esquinas superiores para que se pueda visualizar el avance. Luego inicia el segundo proceso de quemado donde se trata de mantener el fuego encendido para que logre la cocción requerida hasta la parte superior del horno.

Luego, como séptimo procedimiento, está la descarga del horno, que se realiza una vez culminado el proceso de cocción, donde las ventanas de ventilación del horno se abren poco a poco logrando así que las unidades cocidas se enfríen. El enfriamiento puede durar de cuatro a seis días, realizándose por acción de las corrientes de aire, para luego proceder con la descarga de los ladrillos, la cual demora un día menos que el tiempo que es utilizado en cargar estas unidades.

Por último, el octavo procedimiento es la clasificación y despacho en donde los ladrillos son descargados y apilados alrededor del horno, para luego ser clasificados de acuerdo al resultado de la cocción, cumpliendo satisfactoriamente con las características requeridas, coloración rojiza intensa, sonido metálico, duros, compactos, uniformes en sus dimensiones y presentar superficies lisas; siendo medianamente cocidos, con un color menos rojizo; y en crudos las unidades que no han logrado cocerse óptimamente, las cuales se vuelven a cocer; a su vez las otras unidades son adquiridas por los compradores, con precios de acuerdo a su clasificación.

## 1.3.2. ESCORIA DE HORNOS ELÉCTRICOS

### 1.3.2.1. DEFINICIÓN

Según Espinoza y Morales (2013, p. 64), es el residuo del acero que se desecha de los Hornos Eléctricos, siendo llevado a las Canchas de Acería por no cumplir con las condiciones de uso para

obtener una máxima desulfuración dentro del proceso de fabricación. El exceso contenido de FeO (Óxido de Hierro) en la escoria, la baja basicidad ( $\text{CaO/SiO}_2$ ) < 3.0, y el exceso contenido de SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silicio), hacen inútil su utilización en procesos de Reducción y Afino.

#### 1.3.2.2. PROCESAMIENTO

Según CEDEX (2011, p. 4), el proceso de fabricación del acero, tanto común como especial, en las acerías de horno de arco eléctrico se compone de dos etapas: una primera denominada metalurgia primaria o fusión, donde se produce la fusión de las materias primas que se realiza en hornos de arco eléctrico y la segunda denominada metalurgia secundaria o afino del baño fundido que se inicia en el horno eléctrico y finaliza en el horno cuchara. La materia prima empleada para la fabricación de acero en horno de arco eléctrico es la chatarra de hierro dulce o acero. Como elementos auxiliares se pueden cargar también pequeñas cantidades de fundición, de material de hierro y de ferroaleaciones. La etapa de fusión incluye una serie de fases como la oxidación, dirigida a eliminar impurezas. Al final de todas estas fases se extraen las escorias negras.

#### 1.3.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Según Espinoza y Morales (2013, p. 64), la apariencia de una escoria está condicionada por varios factores presentes en el proceso mismo de fundición, de los cuales provienen diferentes características como son: Vidriosa y delgada pues presenta un alto contenido de SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silicio), siendo necesaria mucha cal para el proceso en acero. Quebradiza, frágil y gruesa es la escoria con mucha cantidad de cal, no reactiva.

#### 1.3.2.4. TIPOS

##### a) ESCORIA NEGRA

CEDEX (2011, p. 4) explica que mediante el proceso de fusión en el horno de arco eléctrico se obtiene acero líquido y, nadando sobre su superficie, escoria negra, que se extrae por una de las puertas del horno. La composición química de la escoria está condicionada por el tipo de chatarra utilizada, el control de las variables de operación, etc.

Tras la extracción de la escoria de horno, su enfriamiento puede hacerse de diferentes formas:

La escoria se vierte directamente al suelo y se enfría con agua para que pueda ser recogida y transportada en camiones, presentando un aspecto muy poroso, de tamaño relativamente pequeño y en estado vítreo.

Otra de las formas es que se puede verter en un cono de fundición que se coloca debajo de la piqueta del horno eléctrico. La escoria comienza a enfriarse en el cono y se vierte en una fosa donde se enfría. La escoria obtenida presenta un aspecto menos poroso que la anterior y es más cristalina.

También otra forma es que se vierte un cono de fundición que se deja enfriar. En este caso el enfriamiento es el más lento, y una vez fría se saca del cono. La escoria obtenida es muy compacta, con pocos poros, dura y muy cristalina”

##### b) ESCORIA BLANCA:

“Las escorias blancas, procedentes de la fase de afino, se caracterizan por su contenido en metales pesados como cromo, zinc o plomo (inferior 1%) y el reducido tamaño de sus partículas”. (CEDEX, 2011, p.5)

#### 1.3.2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESCORIA NEGRA:

Según CEDEX, (2011, p. 4), se tiene como propiedades físicas de la escoria negra:

Tamaño: En árido grueso es de 4.76 – 25.0 mm y árido fino 0 – 4.76mm.

Densidad Aparente: Es la relación de masa y volumen en que se considera el volumen macizo de las partículas más el volumen de poros y huecos. Su densidad Aparente en árido grueso es de 3.35 Mg/m<sup>3</sup> y en árido fino es de 3.7 Mg/m<sup>3</sup>.

Absorción: Es la masa de agua necesaria para llevar un material pétreo del estado seco al estado saturado superficialmente seco. La absorción en árido grueso es de 3.29% y en árido fino es de 2.84%.

Porosidad: Es la propiedad por el cual todos los cuerpos poseen en el interior de su masa espacios que se llaman poros o espacios intermoleculares. La porosidad en el árido grueso es de 10.5%

Desgaste de Los Ángeles: Es para estimar el efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, su baja resistencia estructural. El Desgaste de Los Ángeles en árido grueso es de 20%.

#### 1.3.2.6. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESCORIA BLANCA:

Se tiene como propiedades físicas de la escoria blanca una Densidad de 2.65 Mg/m<sup>3</sup> y Superficie Específica de 2064 (CEDEX, 2011, p.5).

#### 1.3.2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ESCORIA NEGRA:

La composición química de la escoria según CEDEX, 2011, p.5, está condicionada por el tipo de chatarra utilizada, el control de las variables de operación, etc. Pueden considerarse como

representativos los porcentajes recogidos; Óxido de Calcio (CaO) 22 – 60%, Óxido de Silicio (SiO<sub>2</sub>) 11 – 37 %, Óxido de Hierro (FeO) 0.5 – 4%, Óxido Ferroso (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 38%, Óxido de Magnesio (MgO) 4 – 12%, Óxido de Cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 1 – 8%, Óxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) 0.6 - 2%, Óxido de Manganeseo (MnO) 1 – 4%, + Óxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 2 – 8% y Óxido de Fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>6</sub>) 0 – 0.2%.

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el resultado del análisis comparativo de las propiedades de los ladrillos de arcilla artesanal y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017?

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La justificación para la presente investigación es que se realizó con el propósito de que los fabricantes de ladrillos artesanales de arcilla, tengan en cuenta que el producto que elaboran, no cuenta con un certificado de calidad que avale su adecuada fabricación, por lo que manifiesta un gran déficit a la calidad para la población que adquiere el producto. Este tema contribuirá a la utilización de nuevos residuos como aditivos o agregados en los materiales de construcción de una forma segura y razonable logrando una mejora competitiva en productores de ladrillo de arcilla artesanal ampliando su mercado a nuevos sectores de la población generando así, el aprovechamiento de recursos con fines de una economía sostenible.

Teniendo como alternativa la utilización de la escoria en los ladrillos de arcilla artesanal, se pretende mitigar con los problemas medioambientales de las ladrilleras informales, contribuyendo así a emplear la escoria para un beneficio social, y así evitar el almacenamiento inadecuado de ésta en la Empresa SIDERPERU - GERDAU.

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.6.1. Objetivo General**

Analizar comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

Determinar las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión; y las propiedades físicas: variabilidad dimensional, absorción y alabeo de los ladrillos de arcilla.

Determinar las propiedades mecánicas; resistencia a la compresión y las propiedades físicas; variabilidad dimensional, absorción y alabeo del ladrillo obtenido después de haber añadido la escoria en un 5%, 10% y 15%, con respecto a los antecedentes obtenidos.

Realizar una charla de capacitación al personal de la ladrillera Jhossepy, a fin de mejorar su proceso de elaboración del ladrillo de arcilla artesanal.

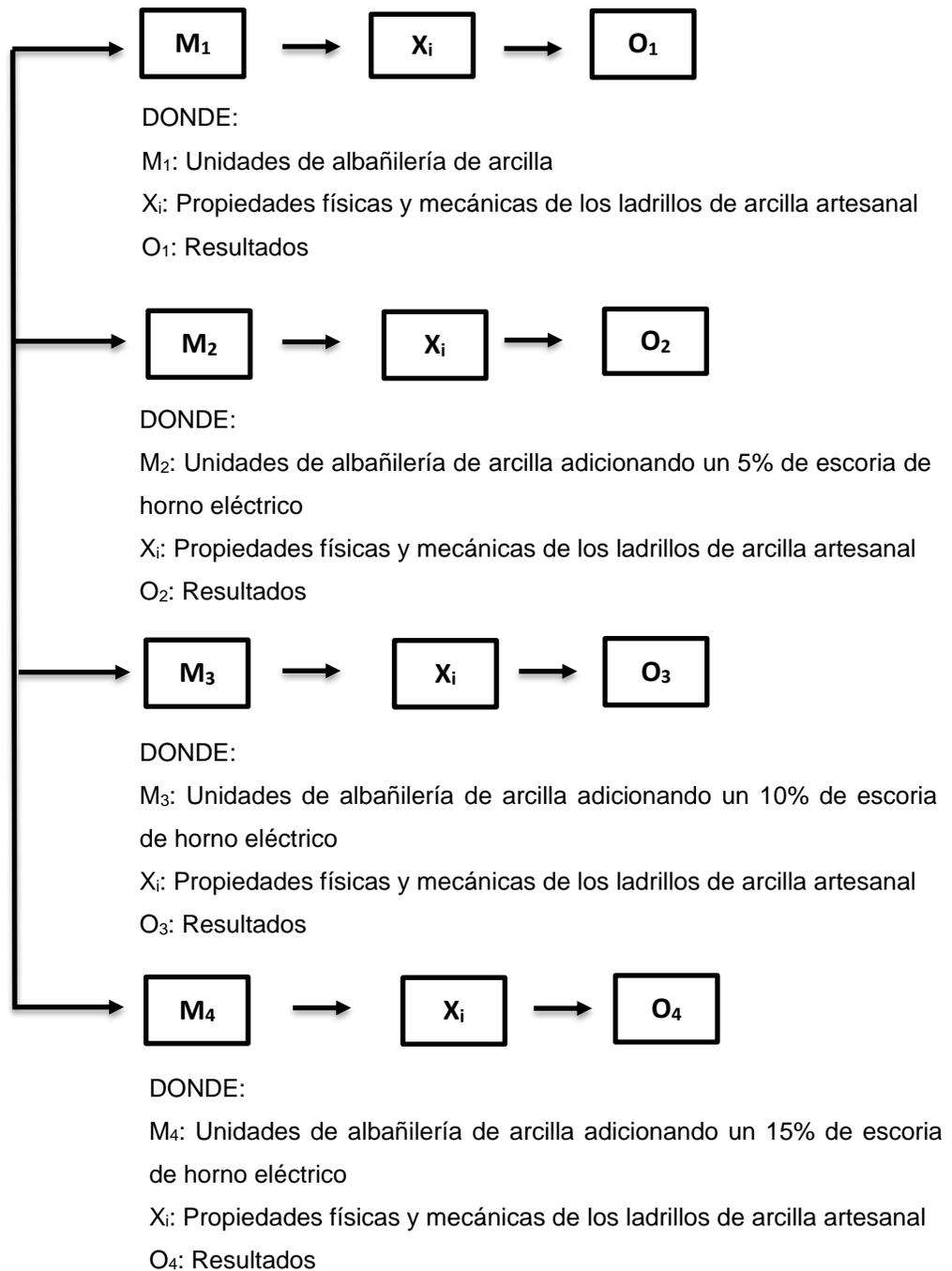
## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de Investigación**

#### 2.1.1. Diseño de Investigación

La presente es una investigación (descriptiva-comparativa); descriptiva porque según Tresierra (2000, p.5), nos dice que el investigador tomó varias muestras y realizará en cada una de ellas observaciones y también es comparativa, pues Tresierra (2000, p.5), nos indica que las muestras obtenidas se analizaron y compararon para ver si son iguales, diferentes o semejantes. Ésta técnica se empleó dado que se presentan 2 variables independientes, la primera variable que son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanal, y la segunda variable que son las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos adicionando escoria de horno eléctrico.

#### 2.1.2. Tipo de Estudio



## 2.2. Variables, Operacionalización:

### 2.2.1. Variables:

Primera Variable Independiente: Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanal.

Segunda Variable Independiente: Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos adicionando escoria de horno eléctrico.

### 2.2.2. Operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VI (1): PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS DE ARCILLA ARTESANAL	PROPIEDADES MECÁNICAS: Son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro (Materiales 2017, p.1).	Se analizaron las propiedades mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanal ya elaborados, realizando ensayos de resistencia a la compresión de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.	PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la compresión	Nominal
	PROPIEDADES FÍSICAS: Son aquellas cualidades que son mensurables en un sistema físico, que pueden cambiar sin alterar su composición (Materiales 2017, p.1).	Se analizaron las propiedades físicas de los ladrillos de arcilla artesanal ya elaborados, realizando ensayos de variabilidad dimensional, absorción y alabeo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.	PROPIEDADES FÍSICAS	Variabilidad dimensional	Nominal
				Absorción	Razón
				Alabeo	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
VI (2): PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO	PROPIEDADES MECÁNICAS: Son las características inherentes, que permiten diferenciar un material de otro (Materiales 2017, p.1).	Una vez ya elaboradas las unidades de albañilería en la ladrillera Jhossepy, adicionando un 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico, fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión, variabilidad dimensional, absorción y alabeo bajo los protocolos de la Norma Técnica Peruana E.070 Albañilería.	PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la compresión	Nominal	
	PROPIEDADES FÍSICAS: Son aquellas cualidades que son mensurables en un sistema físico, que pueden cambiar sin alterar su composición (Materiales 2017, p.1).		PROPIEDADES FÍSICAS:	PROPIEDADES FÍSICAS	Variabilidad dimensional	Nominal
					Absorción	Razón
				Alabeo	Razón	

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

Según Arias (2006, p.81), población es el conjunto finito o infinito de los elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio.

La población fue conformada por las unidades de ladrillos artesanales de arcilla y ladrillos de arcilla con escoria. Teniendo como dimensiones: 23 cm de largo, 13 cm de ancho y 9 cm de alto, según las características dadas por la norma Itintec 331.017 (1978, p.5).

### 2.3.2. Muestra

Según la Norma Itintec 331.019 (1978, p.1), la muestra es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote con la finalidad de obtener la información necesaria que permite apreciar las características de ese lote.

Sólo se aceptarán para la realización de ensayos los lotes que satisfagan las condiciones generales indicadas en la Norma de Requisitos. Se escogerán ladrillos enteros que sean representativos del lote del cual fueron seleccionados.

Según la Norma Itintec 331.019 (1978, p.2), nos indica que para cada lote de 50000 ladrillos se realizará la secuencia "A" de ensayos, y en ésta secuencia "A" nos especifica que para los ensayos de Variabilidad Dimensional y Alabeo se analizan 10 unidades de ladrillos, para resistencia a la compresión se tienen 5 unidades de ladrillos y para absorción son 5 unidades de ladrillos.

**Tabla N° 01. Número de muestras.**

ENSAYOS	SECUENCIA "A"
DIMENSIONES Y ALABEO	10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	5
ABSORCIÓN	5

(Fuente: Norma Itintec 331.019, 1982, p. 2)

Mediante el siguiente cuadro se detallarán los porcentajes de adiciones de escoria empleados para el ladrillo de arcilla, así como también los ensayos realizados para cada uno de ellos.

Tabla N°02. Población y muestra

UNIDADES DE LADRILLOS	PROPIEDADES MECÁNICAS	PROPIEDADES FÍSICAS		
	Resistencia a la Compresión	Variabilidad Dimensional y Alabeo	Absorción	
LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA 0% DE ESCORIA	5	10	5	
LADRILLO ADICIONANDO 5% DE ESCORIA	5	10	5	
LADRILLO ADICIONANDO 10% DE ESCORIA	5	10	5	
LADRILLO ADICIONANDO 15% DE ESCORIA	5	10	5	
Total de unidades	20	40	20	<b>80</b>



Fuente: Elaboración Propia.

Para analizar el ladrillo sin ningún porcentaje de adición de escoria, se tomaron 5 unidades para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, 10 unidades para realizar la variabilidad dimensional y el alabeo; y 5 unidades para realizar el ensayo de absorción.

Para analizar el ladrillo con el 5% de adición de escoria, se tomaron 5 unidades para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, 10 unidades para realizar la variabilidad dimensional y el alabeo; y 5 unidades para realizar el ensayo de absorción.

Para analizar el ladrillo con el 10% de adición de escoria, se tomaron 5 unidades para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, 10 unidades para realizar la variabilidad dimensional y el alabeo; y 5 unidades para realizar el ensayo de absorción.

Para analizar el ladrillo con el 15% de adición de escoria, se tomaron 5 unidades para realizar el ensayo de resistencia a la compresión, 10 unidades para realizar la variabilidad dimensional y el alabeo; y 5 unidades para realizar el ensayo de absorción.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### 2.4.1. Técnica de recolección de datos

La técnica seleccionada que determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla adicionando escoria de horno eléctrico fabricados artesanalmente en el distrito de Santa, fue la observación, pues se recogieron datos obtenidos en el laboratorio mediante uso de protocolos de acuerdo a la norma usada.

### 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se usaron protocolos de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas E.070 Albañilería, Norma Itintec 331.017 y la Norma Técnica Peruana 399.613, las cuales nos indican los procedimientos correspondientes para realizar correctamente un ensayo de un ladrillo.

### 2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento

No requirió validación por juicio de expertos debido a que son formatos estandarizados según las Normas Técnicas Peruanas E.070 Albañilería, Itintec 331.017, 331.018, 331.019.

## **2.5. Método de análisis de datos**

Fue descriptivo porque mediante cuadros de doble entrada, se procesaron los resultados obtenidos en el laboratorio mediante protocolos y se realizaron los respectivos ensayos determinando los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla artesanales; bajo la Norma E.070 y la Norma Itintec 331.017.

## **2.6. Aspectos éticos**

En aspectos éticos, el investigador asumió el compromiso de presentar con total veracidad y confiabilidad, los resultados obtenidos.

En el estudio de investigación, se garantiza autenticidad y originalidad en el desarrollo y recopilación de la información sin haber duplicidad de resultados.

# **III. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos de arcilla (Patrón)

En el desarrollo del presente, como objetivos específicos se muestran los resultados de los ensayos realizados al ladrillo de arcilla artesanal (Patrón).

##### 3.1.1. Propiedades mecánicas

##### a) Resistencia a la Compresión

Tabla N°03. Ensayo De Resistencia a la Compresión (Ladrillo Patrón)

<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA PATRÓN</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>				
IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (cm.)			ÁREA BRUTA
ESPECIMEN	L	A	H	(cm <sup>2</sup> )
1	21.10	11.57	8.32	244.13
2	21.00	11.70	8.23	245.70
3	21.10	11.92	8.33	251.51
4	21.25	11.92	8.42	253.30
5	21.15	11.75	8.38	248.51
<b>COMPRESIÓN DE UNIDADES</b>				
IDENTIFICACIÓN	P max.	f' b - BRUTA	SEGÚN NTP ITINTEC 331.017	
ESPECIMEN	(Kg.)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo = 60 daN/cm <sup>2</sup>	
1	20897.28	85.60	Sí cumple	
2	22444.00	91.35	Sí cumple	
3	22112.21	87.92	Sí cumple	
4	21731.74	85.79	Sí cumple	
5	22121.15	89.01	Sí cumple	
<b>PROMEDIO</b>		<b>87.93 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sí cumple</b>	

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°03 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla patrón a las cuales se les realizó el ensayo de resistencia a la compresión, presentando como resultado un 87.93 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.1.2. Propiedades físicas

#### a) Variabilidad Dimensional

Tabla N°04. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo Patrón)

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL DEL LADRILLO</b>															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V: VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)            ME: MEDIDA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE (cm)            MP: MEDIDA PROMEDIO (cm)</p>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	13	9
ME															
L	A	H													
23	13	9													
<b>LADRILLO PATRÓN, 10 UNIDADES</b>															
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	21.10	21.15	21.10	21.25	21.15	<b>21.15</b>									
Ancho (cm)	11.77	11.70	11.92	11.92	11.75	<b>11.81</b>									
Altura (cm)	8.32	8.43	8.53	8.42	8.54	<b>8.45</b>									
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	21.35	21.25	21.16	21.31	21.28	<b>21.27</b>									
Ancho (cm)	11.87	11.71	11.89	11.93	11.72	<b>11.82</b>									
Altura (cm)	8.40	8.64	8.49	8.48	8.39	<b>8.48</b>									
<b>Promedio Final Longitud</b>		<b>Promedio Final Ancho</b>		<b>Promedio Final Altura</b>											
<b>21.21</b>		<b>11.82</b>		<b>8.46</b>											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>		<b>SEGÚN NTP ITINTEC 331.017</b>													
<b>V.D. (%) - Longitud</b>	<b>7.78</b>	15 cm = ±4		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Ancho</b>	<b>9.09</b>	15 cm = ±6		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Altura</b>	<b>5.96</b>	10 cm = ±8		Sí cumple											

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°04 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla patrón a las cuales se les realizó el ensayo de variabilidad dimensional, presentando como resultado que en su largo presenta 7.78%, en su ancho 9.09% y su altura 5.96%.

**b) Absorción**

Tabla N°05. Ensayo de Absorción (Ladrillo Patrón)

$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} \times 100$ <p>A: Absorción (%)  P.S: Peso saturado (g)  P.SECCO: Peso seco (g)</p>				
<b>ABSORCIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA PATRÓN, 5 UNIDADES</b>				
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)	SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017
	Psumergido (Gr)	Pseco (Gr)		No mayor que 22%
1	4071.10	3560.50	<b>14.34</b>	Sí cumple
2	4197.00	3678.90	<b>14.08</b>	Sí cumple
3	3945.50	3361.80	<b>17.36</b>	Sí cumple
4	4288.30	3789.50	<b>13.16</b>	Sí cumple
5	4218.80	3674.10	<b>14.77</b>	Sí cumple
<b>PROMEDIO (%)</b>			<b>14.74</b>	<b>Sí cumple</b>

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°05 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla patrón, a las cuales se les realizó el ensayo de absorción, presentando como resultado un 14.74%.

c) Alabeo

Tabla N°06. Ensayo de Alabeo (Ladrillo Patrón)

ALABEO EN LADRILLOS DE ARCILLA				
LADRILLO DE ARCILLA PATRÓN, 10 UNIDADES				
MUESTRA	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
	mm.		mm.	
1	1	-	3	-
2	1	-	-	-
3	1	-	3	-
4	2	-	3	-
5	1	-	3	-
6	2	-	2	-
7	2	-	3	-
8	1	-	-	-
9	1	-	-	-
10	2	-	3	-
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.40</b>	<b>0.00</b>	<b>2</b>	<b>0.00</b>

SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017			
<b>Promedio Final Cóncavo</b>	<b>1.7 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple
<b>Promedio Final Convexo</b>	<b>0.00 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°06 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla patrón a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, presentando un resultado cóncavo que tiene 0.60mm y como resultado convexo no presenta.

### 3.2. Propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos de arcilla con 5% de Escoria de horno eléctrico

En el desarrollo del presente, como objetivos específicos se muestran los resultados de los ensayos realizados al ladrillo de arcilla artesanal con 5% de escoria de horno eléctrico.

### 3.2.1. Propiedades mecánicas

#### a) Resistencia a la compresión

Tabla N°07. Ensayo De Resistencia a la Compresión (Ladrillo 5% - escoria)

<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA, 5 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>				
IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (cm.)			ÁREA BRUTA
ESPECIMEN	L	A	H	(cm <sup>2</sup> )
1	22.82	12.71	8.80	290.04
2	22.87	12.86	8.76	294.11
3	22.87	12.83	8.67	293.42
4	22.82	12.78	8.84	291.64
5	22.88	12.87	8.83	294.47
<b>COMPRESIÓN DE UNIDADES</b>				
IDENTIFICACIÓN	P max.	f' b - BRUTA	SEGÚN NTP ITINTEC 331.017	
ESPECIMEN	(Kg.)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo = 60 daN/cm <sup>2</sup>	
1	29113.69	100.38	Sí cumple	
2	27319.61	92.89	Sí cumple	
3	30593.86	104.27	Sí cumple	
4	28217.64	96.76	Sí cumple	
5	29559.73	100.38	Sí cumple	
<b>PROMEDIO</b>		<b>98.93 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sí cumple</b>	

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°07 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla con el 5% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de resistencia a la compresión, presentando como resultado un 98.93 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.2.2. Propiedades físicas

#### a) Variabilidad Dimensional

Tabla N°08. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 5% - escoria)

VARIABILIDAD DIMENSIONAL DEL LADRILLO															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V: VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)            ME: MEDIDA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE (cm)            MP: MEDIDA PROMEDIO (cm)</p>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	13	9
ME															
L	A	H													
23	13	9													
LADRILLO DE ARCILLA, 5 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO, 10 UNIDADES															
DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.									
Longitud (cm)	22.82	22.97	22.87	22.82	22.88	<b>22.87</b>									
Ancho (cm)	12.83	12.86	12.85	12.88	12.87	<b>12.86</b>									
Altura (cm)	8.80	8.76	8.87	8.74	8.73	<b>8.78</b>									
DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.									
Longitud (cm)	22.74	22.81	22.77	22.84	22.81	<b>22.79</b>									
Ancho (cm)	12.85	12.87	12.89	12.87	12.82	<b>12.86</b>									
Altura (cm)	8.75	8.72	8.89	8.82	8.77	<b>8.79</b>									
Promedio Final Longitud		Promedio Final Ancho		Promedio Final Altura											
<b>22.83</b>		<b>12.86</b>		<b>8.79</b>											
VARIABILIDAD DIMENSIONAL		SEGÚN NTP ITINTEC 331.017													
V.D. (%) - Longitud	<b>0.73</b>	15 cm = ±4		Sí cumple											
V.D. (%) - Ancho	<b>1.08</b>	15 cm = ±6		Sí cumple											
V.D. (%) - Altura	<b>2.39</b>	10 cm = ±8		Sí cumple											

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°08 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla con el 5% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de variabilidad dimensional, presentando como resultado que presenta un largo de 0.73%, un ancho 1.08% y una altura 2.39%.

**b) Absorción**

Tabla N°09. Ensayo de Absorción (Ladrillo 5% - escoria)

$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} \times 100$ <p>A: Absorción (%)                      P.S: Peso saturado (g)                      P.SECCO: Peso seco (g)</p>				
<b>ABSORCIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA CON 5% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)	SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017
	Psumergido(Gr)	Pseco (Gr)		No mayor que 22%
1	4189.50	3795.30	10.39	Sí cumple
2	4792.20	4242.60	12.95	Sí cumple
3	4394.70	3911.20	12.36	Sí cumple
4	4318.70	3822.00	13.00	Sí cumple
5	4453.40	3966.80	12.27	Sí cumple
<b>PROMEDIO (%)</b>			<b>12.19</b>	<b>Sí cumple</b>

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
 Elaboración Propia

La tabla N°09 muestra que se analizaron 5 unidades de albañilería de arcilla con el 5% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de absorción, presentando como resultado un 12.19%.

**c) Alabeo**

Tabla N°10. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 5% - escoria)

<b>ALABEO EN LADRILLOS DE ARCILLA</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA, 5 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>CARA A</b>		<b>CARA B</b>	
	<b>CONCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>	<b>CONCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>
	<b>mm.</b>		<b>mm.</b>	
<b>1</b>	-	2	1	-
<b>2</b>	-	1	1	-
<b>3</b>	-	2	1	-
<b>4</b>	-	1	2	-
<b>5</b>	-	1	1	-
<b>6</b>	-	1	1	-
<b>7</b>	-	1	1	-
<b>8</b>	-	1	1	-
<b>9</b>	-	2	2	-
<b>10</b>	-	1	1	-
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>0.00</b>

		<b>SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017</b>	
<b>Promedio Final Cóncavo</b>	<b>0.60 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple
<b>Promedio Final Convexo</b>	<b>0.65 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°10 muestra que se analizaron 10 unidades de albañilería de arcilla con el 5% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, presentando un resultado cóncavo que tiene 0.60mm y como resultado convexo tiene 0.65mm.

**3.3. Propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos de arcilla con 10% de Escoria de horno eléctrico**

En el desarrollo del presente, como objetivos específicos se muestran los resultados de los ensayos realizados al ladrillo de arcilla artesanal con 10% de escoria de horno eléctrico.

### 3.3.1. Propiedades mecánicas

#### a) Resistencia a la compresión

Tabla N°11. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 10% - escoria)

<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA, 10 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>				
IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (cm.)			ÁREA BRUTA
ESPECIMEN	L	A	H	(cm <sup>2</sup> )
1	22.80	12.87	8.83	293.44
2	22.82	12.70	8.64	289.81
3	22.73	12.86	8.76	292.31
4	22.84	12.77	8.83	291.67
5	22.79	12.88	8.79	293.54
<b>COMPRESIÓN DE UNIDADES</b>				
IDENTIFICACIÓN	P max.	f <sup>b</sup> - BRUTA	SEGÚN NTP ITINTEC 331.017	
ESPECIMEN	(Kg.)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo = 60 daN/cm <sup>2</sup>	
1	34094.60	116.19	Sí cumple	
2	33662.47	116.15	Sí cumple	
3	34032.01	116.43	Sí cumple	
4	30866.05	105.83	Sí cumple	
5	33001.86	112.43	Sí cumple	
<b>PROMEDIO</b>		<b>113.40 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sí cumple</b>	

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°11 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla con el 10% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de resistencia a la compresión, presentando como resultado un 113.40 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.3.2. Propiedades físicas

#### a) Variabilidad Dimensional

Tabla N°12. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 10% - escoria)

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL DEL LADRILLO</b>															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V: VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)            ME: MEDIDA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE (cm)            MP: MEDIDA PROMEDIO (cm)</p>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	13	9
ME															
L	A	H													
23	13	9													
<b>LADRILLO ARCILLA - 10% DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO, 10 UNIDADES</b>															
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	22.70	22.78	22.87	22.85	22.89	<b>22.82</b>									
Ancho (cm)	12.80	12.70	12.83	12.77	12.78	<b>12.78</b>									
Altura (cm)	8.83	8.74	8.86	8.73	8.89	<b>8.81</b>									
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	22.88	22.74	22.87	22.86	22.79	<b>22.83</b>									
Ancho (cm)	12.85	12.79	12.88	12.87	12.87	<b>12.85</b>									
Altura (cm)	8.89	8.87	8.79	8.87	8.82	<b>8.85</b>									
<b>Promedio Final Longitud</b>		<b>Promedio Final Ancho</b>		<b>Promedio Final Altura</b>											
<b>22.82</b>		<b>12.81</b>		<b>8.83</b>											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>		<b>SEGÚN NTP ITINTEC 331.017</b>													
<b>V.D. (%) - Longitud</b>	<b>0.77</b>	15 cm = ±4		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Ancho</b>	<b>1.43</b>	15 cm = ±6		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Altura</b>	<b>1.90</b>	10 cm = ±8		Sí cumple											

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
 Elaboración Propia

La tabla N°12 muestra a las 10 unidades de ladrillos de arcilla con el 10% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de variabilidad

dimensional, presentando como resultado que en su largo tiene 0.77%, en su ancho 1.43% y su altura 1.90%.

**b) Absorción**

Tabla N°13. Ensayo de Absorción (Ladrillo 10% - escoria)

$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} \times 100$ <p>A: Absorción (%)                      P.S: Peso saturado (g)                      P.SECO: Peso seco (g)</p>				
<b>ABSORCIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA CON 10% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)	SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017
	Psumergido(Gr)	Pseco (Gr)		No mayor que 22%
<b>1</b>	4785.80	4327.90	<b>10.58</b>	Sí cumple
<b>2</b>	4725.60	4269.20	<b>10.69</b>	Sí cumple
<b>3</b>	4810.30	4305.00	<b>11.74</b>	Sí cumple
<b>4</b>	4756.30	425430	<b>11.80</b>	Sí cumple
<b>5</b>	4751.90	4266.50	<b>11.38</b>	Sí cumple
<b>PROMEDIO (%)</b>			<b>11.24</b>	<b>Sí cumple</b>

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
 Elaboración Propia

La tabla N°13 muestra que se analizaron 5 unidades de albañilería de arcilla con el 10% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de absorción, presentando como resultado un 11.24%.

c) Alabeo

Tabla N°14. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 10% - escoria)

ALABEO EN LADRILLOS DE ARCILLA				
LADRILLO DE ARCILLA, 10 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO				
MUESTRA	CARA A		CARA B	
	CONCAVO	CONVEXO	CONCAVO	CONVEXO
	mm.		mm.	
1	-	1	2	-
2	-	1	1	-
3	-	1	2	-
4	-	1	1	-
5	-	1	1	-
6	-	2	1	-
7	-	1	1	-
8	-	1	1	-
9	-	-	1	-
10	-	1	-	-
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>1</b>	<b>1.1</b>	<b>0.00</b>

		SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017	
<b>Promedio Final Cóncavo</b>	<b>0.55 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple
<b>Promedio Final Convexo</b>	<b>0.50 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°14 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla con el 10% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, presentando un resultado cóncavo que tiene 0.55mm y como resultado convexo tiene 0.50mm.

### 3.4. Propiedades mecánicas y físicas de los ladrillos de arcilla con 15% de Escoria de horno eléctrico

En el desarrollo del presente, como objetivos específicos se muestran los resultados de los ensayos realizados al ladrillo de arcilla artesanal con 15% de escoria de horno eléctrico.

### 3.4.1. Propiedades mecánicas

#### a) Resistencia a la compresión

Tabla N°15. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 15% - escoria)

<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA, 15 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>				
IDENTIFICACIÓN	DIMENSIONES (cm.)			ÁREA BRUTA
ESPECIMEN	L	A	H	(cm <sup>2</sup> )
1	22.89	12.73	8.72	291.39
2	22.87	12.83	8.87	293.42
3	22.72	12.89	8.83	292.86
4	22.88	12.78	8.77	292.41
5	22.79	12.84	8.88	292.62
<b>COMPRESIÓN DE UNIDADES</b>				
IDENTIFICACIÓN	P max.	f'b - BRUTA	SEGÚN NTP ITINTEC 331.017	
ESPECIMEN	(Kg.)	(kg/cm <sup>2</sup> )	Mínimo = 60 daN/cm <sup>2</sup>	
1	38338.40	131.57	Sí cumple	
2	40895.41	139.37	Sí cumple	
3	39029.81	133.27	Sí cumple	
4	40343.08	137.97	Sí cumple	
5	39887.11	136.31	Sí cumple	
<b>PROMEDIO</b>		<b>135.70 (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Sí cumple</b>	

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°15 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla con el 15% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de resistencia a la compresión, presentando como resultado un 135.70 Kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.4.2. Propiedades físicas

#### a) Variabilidad Dimensional

Tabla N°16. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 15% - escoria)

<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL DEL LADRILLO</b>															
$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V: VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)            ME: MEDIDA ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE (cm)            MP: MEDIDA PROMEDIO (cm)</p>				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ME</th> </tr> <tr> <th>L</th> <th>A</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>1</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>			ME			L	A	H	23	1	9
ME															
L	A	H													
23	1	9													
<b>LADRILLO ARCILLA - 15% DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO, 10 UNIDADES</b>															
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>	<i>M5</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	22.89	22.87	22.82	22.78	22.83	<b>22.84</b>									
Ancho (cm)	12.73	12.83	12.89	12.88	12.84	<b>12.83</b>									
Altura (cm)	8.82	8.87	8.83	8.77	8.88	<b>8.83</b>									
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>M6</i>	<i>M7</i>	<i>M8</i>	<i>M9</i>	<i>M10</i>	<i>Prom.</i>									
Longitud (cm)	22.78	22.89	22.81	22.86	22.85	<b>22.84</b>									
Ancho (cm)	12.84	12.73	12.82	12.79	12.78	<b>12.79</b>									
Altura (cm)	8.89	8.79	8.81	8.79	8.81	<b>8.82</b>									
<i>Promedio Final Longitud</i>		<i>Promedio Final Ancho</i>		<i>Promedio Final Altura</i>											
<b>22.84</b>		<b>12.81</b>		<b>8.83</b>											
<b>VARIABILIDAD DIMENSIONAL</b>		<b>SEGÚN NTP ITINTEC 331.017</b>													
<b>V.D. (%) - Longitud</b>	<b>0.70</b>	15 cm = ±4		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Ancho</b>	<b>1.44</b>	15 cm = ±6		Sí cumple											
<b>V.D. (%) - Altura</b>	<b>1.93</b>	10 cm = ±8		Sí cumple											

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°16 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla con el 15% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de variabilidad dimensional, presentando un resultado en su largo de 0.70%, en su ancho 1.44% y su altura 1.93%.

## b) Absorción

Tabla N°17. Ensayo de Absorción (Ladrillo 15% - escoria)

$A = \frac{(Ps - Psec)}{Psec} \times 100$ <p>A: Absorción (%) P.S: Peso saturado (g) P.SECO: Peso seco (g)</p>				
<b>ABSORCIÓN EN LADRILLOS</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA CON 15% ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
MUESTRA	PESO		ABSORCIÓN (%)	SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017
	Psumergido(Gr)	Pseco (Gr)		No mayor que 22%
1	4483.30	4055.10	10.56	Sí cumple
2	4388.70	3988.00	10.05	Sí cumple
3	4067.30	3715.20	9.48	Sí cumple
4	4167.90	3854.40	8.13	Sí cumple
5	4287.10	3906.60	9.74	Sí cumple
<b>PROMEDIO (%)</b>			<b>9.59</b>	<b>Sí cumple</b>

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C

Elaboración Propia

La tabla N°17 muestra a las 5 unidades de albañilería de arcilla con el 15% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de absorción, presentando como resultado un 9.59%.

**c) Alabeo**

Tabla N°18. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 15% - escoria)

<b>ALABEO EN LADRILLOS DE ARCILLA</b>				
<b>LADRILLO DE ARCILLA, 15 % DE ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>CARA A</b>		<b>CARA B</b>	
	<b>CONCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>	<b>CONCAVO</b>	<b>CONVEXO</b>
	<b>mm.</b>		<b>mm.</b>	
1	-	1	-	2
2	1	-	-	1
3	-	1	1	-
4	-	-	1	1
5	1	-	-	1
6	1	-	1	-
7	-	1	-	1
8	-	1	1	-
9	1	-	1	-
10	-	1	-	1
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>

		<b>SEGÚN LA NTP ITINTEC 331.017</b>	
<b>Promedio Final Cóncavo</b>	<b>0.45 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple
<b>Promedio Final Convexo</b>	<b>0.60 mm</b>	Hasta 10mm máximo.	Sí cumple

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°18 muestra a las 10 unidades de albañilería de arcilla con el 15% de escoria de horno eléctrico, a las cuales se les realizó el ensayo de alabeo, presentando un resultado cóncavo que tiene 0.45mm y como resultado convexo tiene 0.60mm.

**3.5. Análisis Comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico**

De acuerdo a los resultados obtenidos por los ensayos de resistencia a la compresión, variabilidad dimensional, absorción y alabeo, siendo propiedades

mecánicas y físicas, se realiza el siguiente cuadro comparativo mostrado a continuación:

**3.5.1. Cuadro comparativo de resistencia a la compresión con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico**

Tabla N°19. Cuadro comparativo de resistencia a la compresión con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico

	Ladrillo Patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo con 5% E.H.E. (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo con 10% E.H.E. (kg/cm <sup>2</sup> )	Ladrillo con 15% E.H.E. (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Promedio R.C</b>	87.93	98.93	113.40	135.70

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°19 muestra la comparación realizada con los resultados obtenidos del laboratorio al realizar el ensayo de resistencia a la compresión con el ladrillo patrón y el ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

**3.5.2. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico**

Tabla N°20. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico

EN %	Ladrillo Patrón (cm)	Ladrillo con 5% E.H.E. (cm)	Ladrillo con 10% E.H.E. (cm)	Ladrillo con 15% E.H.E. (cm)
<b>Largo</b>	7.78	0.73	0.77	0.70
<b>Ancho</b>	9.09	1.08	1.43	1.44
<b>Alto</b>	5.96	2.39	1.90	1.93

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°20 muestra la comparación realizada con los resultados obtenidos del laboratorio al realizar el ensayo de variabilidad dimensional con el ladrillo patrón y el ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

### 3.5.3. Cuadro comparativo de absorción con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico

Tabla N°21. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

	Ladrillo Patrón (Gr)	Ladrillo con 5% E.H.E. (Gr)	Ladrillo con 10% E.H.E. (Gr)	Ladrillo con 15% E.H.E. (Gr)
Absorción (%) Promedio	14.74	12.19	11.24	9.59

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°21 muestra la comparación realizada con los resultados obtenidos del laboratorio al realizar el ensayo de absorción con el ladrillo patrón y el ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

### 3.5.4. Cuadro comparativo de alabeo con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico

Tabla N°22. Cuadro comparativo de variabilidad dimensional con respecto al ladrillo patrón, ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

	Ladrillo Patrón (mm)	Ladrillo con 5% E.H.E. (mm)	Ladrillo con 10% E.H.E. (mm)	Ladrillo con 15% E.H.E. (mm)
Cóncavo	1.70	0.60	0.55	0.45
Convexo	0.00	0.65	0.50	0.60

FUENTE: Laboratorio GEOMG.S.A.C  
Elaboración Propia

La tabla N°22 muestra la comparación realizada con los resultados obtenidos del laboratorio al realizar el ensayo de alabeo con el ladrillo patrón y el ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico.

### 3.5.5. Charla de Sensibilización

En base a las preguntas de la encuesta realizada a los trabajadores de la ladrillera Jhossepy, es que se presentan los siguientes resultados:

TABLA N°23. ¿Qué le pareció los contenidos de la charla?

ITEMS	CRITERIOS				TOTAL
	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	POCO SATISFECHO	MUY POCO SATISFECHO	
¿Qué le pareció los contenidos de la charla?	2	5	0	0	7
	29%	71.43%	0%	0%	100%

FUENTE: Resultados obtenidos de la charla realizada  
Elaboración Propia

La tabla N°23 muestra el porcentaje del cuestionario realizado, donde el 29% respondieron que se encuentran muy satisfechos con la charla de sensibilización, mientras que el 71.43% están satisfechos con los contenidos de la charla de sensibilización.

TABLA N°24. ¿Los temas de la charla contribuyeron a mejora los problemas medioambientales y económicos?

ITEMS	CRITERIOS				TOTAL
	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	POCO SATISFECHO	MUY POCO SATISFECHO	
¿Los temas de la charla contribuyeron a mejora los problemas medioambientales y económicos?	0	7	0	0	7
	0%	100%	0%	0%	100%

FUENTE: Resultados obtenidos de la charla realizada  
Elaboración Propia

La tabla N°24 muestra el porcentaje del cuestionario realizado, donde el 100% respondieron que se encuentran satisfechos con los temas de la charla de sensibilización para mejora los problemas medioambientales y económicos.

TABLA N°25. ¿Cree que los contenidos de la charla son importantes en la elaboración de los ladrillos?

ITEMS	CRITERIOS				TOTAL
	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	POCO SATISFECHO	MUY POCO SATISFECHO	
¿Cree que los contenidos de la charla son importantes en la elaboración de los ladrillos?	4	1	2	0	7
	57.14%	14%	29%	0%	100%

FUENTE: Resultados obtenidos de la charla realizada  
Elaboración Propia .

La tabla N°25 muestra el porcentaje del cuestionario realizado, donde el 57.14% respondieron que se encuentran muy satisfechos al creer que los contenidos de la charla de sensibilización son importantes en la elaboración de ladrillos, mientras que el 29% están poco satisfechos al creer que los

contenidos de la charla de sensibilización son importantes en la elaboración de ladrillos.

TABLA N°26. ¿Considera usted que la realización de la charla ha sido necesaria?

ITEMS	CRITERIOS				TOTAL
	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	POCO SATISFECHO	MUY POCO SATISFECHO	
¿Considera usted que la realización de la charla realizada ha sido necesaria?	6	1	0	0	7
	85.71%	14%	0%	0%	100%

FUENTE: Resultados obtenidos de la charla realizada  
Elaboración Propia

La tabla N°26 muestra el porcentaje del cuestionario realizado, donde el 85.71% respondieron que se encuentran muy satisfechos al considerar que la realización de la charla ha sido necesaria, mientras que el 14% están satisfechos al considerar también que la realización de la charla ha sido necesaria.

TABLA N°27. ¿Estaría de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales?

ITEMS	CRITERIOS				TOTAL
	MUY SATISFECHO	SATISFECHO	POCO SATISFECHO	MUY POCO SATISFECHO	
¿Estaría de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales?	4	1	1	1	7
	57.14%	14%	14%	14%	100%

FUENTE: Resultados obtenidos de la charla realizada  
Elaboración Propia

La tabla N°27 muestra el porcentaje del cuestionario realizado, donde el 57.14% respondieron que se encuentran muy satisfechos al estar de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales, mientras que el 14% están muy poco satisfechos al estar de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales

#### IV. DISCUSIONES

En las siguientes líneas se dará a conocer la discusión de los resultados obtenidos de la investigación, las cuales fueron comparadas y contrastadas con el marco teórico presentado por la tesista así como también con las normas técnicas establecidas.

Se tiene la tabla N°03. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo Patrón), que presenta un resultado de 87.93 Kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de 60 daN/cm<sup>2</sup>. Asimismo, éste resultado se asemeja al estudio realizado por Barranzuela (2014, p.95) donde indica que los valores de resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla artesanal oscilan entre 50 kg/cm<sup>2</sup> y 70kg/cm<sup>2</sup>. Del mismo modo, se tiene la tabla N°04. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo Patrón), que presenta una longitud del 7.78%, corroborando con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 4$ , presenta un ancho del 9.09%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 6$ . Y por último presenta una altura del 5.96%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 8$ .

Seguidamente, se tiene la tabla N°05. Ensayo de Absorción (Ladrillo Patrón), la cual presenta una absorción de 14.74%, ratificando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor no mayor que el 22%.

También, se tiene la tabla N°06. Ensayo de Alabeo (Ladrillo Patrón), que presenta una deformación cóncava de 1.7mm y una deformación convexa de 0.00mm cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de hasta 10mm máximo.

Se tiene la tabla N°07. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 5% - escoria), que presenta un resultado de 98.93 Kg/cm<sup>2</sup>, corroborando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da

un valor mínimo de 60 daN/cm<sup>2</sup>. Del mismo modo, se tiene la tabla N°08. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 5% - escoria), la cual tiene como resultado que el ladrillo, presenta una longitud de 0.73%, reafirmando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 dando un valor mínimo de  $\pm 4$ . Presenta un ancho de 1.08%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 6$ . Y por último presenta una altura de 2.39%, confirmando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de  $\pm 8$ . Del mismo modo, se tiene la tabla N°09. Ensayo de Absorción (Ladrillo 5% - escoria), que presenta una absorción de 12.19%, ratificando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor no mayor que el 22%.

Por otro lado, se tiene la tabla N° 10. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 5% - escoria), que presenta una deformación cóncava de 0.60mm y una deformación convexa de 0.65mm, reafirmando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de hasta 10mm máximo. Se tiene la tabla N° 11. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 10% - escoria), que muestra un resultado de 113.40Kg/cm<sup>2</sup>, corroborando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 dando un valor mínimo de 60 daN /cm<sup>2</sup>. Del mismo modo, se tiene la tabla N° 12. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 10% - escoria), que presenta una longitud del 0.77%, corroborando con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de  $\pm 4$ . Presenta un ancho del 1.43%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de  $\pm 6$ . Y por último presenta una altura del 1.90%, reafirmando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de  $\pm 8$ .

Así mismo, se tiene la tabla N° 13. Ensayo de Absorción (Ladrillo 10% - escoria), que presenta una absorción de 11.24%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor no mayor que el 22%.

También, se tiene la tabla N° 14. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 10% - escoria), que presenta una deformación cóncava de 0.55mm, reafirmando con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de de hasta 10mm máximo. Así como también tiene una deformación convexa de 0.50mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de hasta 10mm máximo.

Por otro lado, se tiene la tabla N° 15. Ensayo de Resistencia a la Compresión (Ladrillo 15% - escoria), que muestra el resultado de 135.70Kg/cm<sup>2</sup>, reafirmando los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de 60 daN /cm<sup>2</sup>. Asimismo reafirmando con los resultados del ensayo realizado por Espinoza y Morales (2013, p.130) donde da a conocer que al adicionar un 20.3% de escoria aumenta la resistencia a la compresión en un 10.04%.

Del mismo modo, se tiene la tabla N° 16. Ensayo de Variabilidad Dimensional (Ladrillo 15% - escoria), que presenta una longitud del 0.70%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 4$ . Así mismo presenta un ancho del 1.44%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 6$ . Y por último presenta una altura del 1.93%, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor mínimo de  $\pm 8$ . Así también reafirmo lo expuesto por Santacruz (2016, p.92), donde concluyó que la adición del 15% de escoria no presentaron deformaciones que sugieran defectos por dicha característica.

Del mismo modo, se tiene la tabla N° 17. Ensayo de Absorción (Ladrillo 15% - escoria), que presenta una absorción de 9.59%, ratificando con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que da un valor no mayor que el 22% el cual debe cumplir. Así también reafirmo lo expuesto por Santacruz (2016, p.92), donde concluyó que los ensayos demostraron la viabilidad técnica de incorporar hasta 15% de escoria en pastas para la fabricación de ladrillos por lo que no presenta mucha absorción de agua.

Por último, se tiene la tabla N° 18. Ensayo de Alabeo (Ladrillo 15% - escoria), presentando una deformación cóncava de 0.45mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de de hasta 10mm máximo. También tiene una deformación convexa de 0.60mm, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma técnica peruana ITINTEC 331.017 que nos da un valor mínimo de hasta 10mm máximo.

## V. CONCLUSIONES

1. La resistencia a la compresión del ladrillo patrón de arcilla es de 87.93 Kg/cm<sup>2</sup> a diferencia del ladrillo con adición de escoria del 15% que presenta una mayor resistencia a la compresión de 135.70 Kg/cm<sup>2</sup>, debido a que la escoria contiene un alto porcentaje de Óxido de Calcio (CaO) 22 – 60% y de Óxido Ferroso (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 38% lo cual hacen que la resistencia sea elevada.
2. La variabilidad dimensional del ladrillo patrón de arcilla presenta una longitud de 7.78%, un ancho de 9.09%, y una altura de 5.96%, a diferencia del ladrillo con adición de escoria del 15% que presenta una menor variación de longitud de 0.70%, un ancho de 1.44%, y una altura de 1.93%, por lo que con la escoria no presenta cambios notables en sus medidas.
3. La absorción del ladrillo patrón de arcilla es de 14.74%, a diferencia del ladrillo con adición de escoria del 15% que presenta una menor absorción de 9.59%, siendo la escoria un material poroso por lo que no absorbe mucha agua.
4. El alabeo cóncavo del ladrillo patrón de arcilla es de 1.7mm, y el alabeo convexo es de 0.00mm, a diferencia del ladrillo con adición de escoria del 15% que presenta un menor alabeo cóncavo de 0.45mm, pero si modifica su alabeo convexo de 0.60mm. por lo cual la escoria hace que no presente mayor deformación.
5. El resultado del ensayo de la resistencia a la compresión del ladrillo patrón es de 87.93 Kg/cm<sup>2</sup>, en la variabilidad dimensional tuvo una longitud del 7.78%, un ancho del 9.09% y una altura del 5.96%, del ensayo de absorción se tuvo un resultado de 14.74% y del alabeo, un resultado cóncavo de 1.7mm.
6. Se obtuvieron dentro de las propiedades mecánicas las siguientes resistencias con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: 98.93 Kg/cm<sup>2</sup>, 113.40 Kg/cm<sup>2</sup> y 135.70 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Así también dentro de las propiedades físicas en el ensayo de variabilidad dimensional se obtuvieron los siguientes resultados con el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: una longitud de 0.73%, un ancho de 1.08%, y una altura de 2.39%, longitud del 0.77%, un ancho del 1.43% y una altura del 1.90%, longitud del 0.70%, un ancho del 1.44%, y una

altura del 1.93% respectivamente. Del mismo modo 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 el 5%, 10% y 15% de escoria de horno eléctrico: concavidad de 0.60mm y convexidad de 0.65mm, concavidad de 0.55mm y convexidad de 0.50mm, concavidad de 0.45mm y convexidad de 0.60mm respectivamente.

7. Realizada la charla se pudo determinar que de las 7 personas encuestadas que trabajan en la ladrillera Jhossepy, 6 personas se encuentran de acuerdo a que se trabaje empleando los parámetros dados por la norma y también adicionando la escoria en los ladrillos que elaboran, y sólo 1 persona no se encuentra de acuerdo. Contando con el 90% de encuestados que se encuentran satisfechos con la charla brindada con el tema presentado por la tesista.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al dueño de la ladrillera Jhossepy a mejorar su proceso de elaboración de ladrillos de arcilla artesanal, trabajando de acuerdo a los parámetros que la norma E- 070 Albañilería y la ITINTEC 331.017, 331.018, 331.019 para la obtención de un mejor producto. Así como también a tomar en cuenta el estudio realizado para obtener un ladrillo mucho más mejorado.
- Se recomienda al dueño, fabricante de ladrillos artesanales de la zona, a formalizar legalmente su ladrillera para tener acceso a licitaciones en obras públicas y privadas; así como estar en constante capacitación para lograr desarrollar un trabajo óptimo.
- Se recomienda al Gerente Comercial de la empresa Siderperú Gerdau, a darle un mejor uso a toda la escoria que desechan y tienen acumulada en las canchas de acería. Quizá mediante la creación de convenios con las ladrilleras, se pueda llegar a acuerdos para beneficios comunes de ambas partes.
- Se sugiere a los futuros investigadores, a realizar más estudios de las ladrilleras artesanales del distrito de Santa, con la finalidad de tener conocimiento de todas las ladrilleras de la zona y así poder tener un registro de sus características y procesos de fabricación. Del mismo modo, también se les sugiere realizar estudios sobre la materia prima que se utiliza en esta zona para la fabricación de ladrillos, así como también hacer ladrillos perforados.
- Una probable desventaja para los ladrillos con adición de escoria sería el incremento de la densidad, debido a las características físicas de la escoria, sin embargo, tendría un funcionamiento adecuado en el primer nivel de las construcciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGLES Pari, Paola Diana. Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008, 96 pp.

BARRANTES Ravello, Diego Dahlin. Efecto del Uso de Cascarillas de Arroz sobre propiedades físicas: Variabilidad Dimensional, Succión y Alabeo y Mecánicas: Resistencia a la Compresión del Ladrillo Ecológico. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2016, 80 pp.

BARRANZUELA Lescano, Joyce. Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura, 2014. 87 pp.

CEDEX [en línea]. España: “Escoria de Acería de Horno de Arco Eléctrico” 2011 [fecha de consulta: 25/04/2016]. Disponible en: <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/BFF81F23-BDB7-4B5B-85AA7ABD2974A42/119856/ESCORIASDEHORNOALTO.pdf>

ESPINOZA Matumay, Santiago y MORALES Ávila, Edwin. Mejoramiento de las características físico mecánicas de las unidades de albañilería artesanal, ladrillo de cemento, con escoria de horno eléctrico como adición en el proceso de fabricación en Nuevo Chimbote. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional Del Santa, 2013, 130pp.

FERNÁNDEZ Ruiz, Alejandro. Estudio Preliminar del Uso de Áridos Siderúrgicos como lastre de los molinos de viento. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2015. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/25759/tesis\\_alejandro\\_fernandez\\_ruiz.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/25759/tesis_alejandro_fernandez_ruiz.pdf)

FRÍAS Moisés, SANCHEZ Isabel, URÍA Alejandro. Estudio de la Inestabilidad en escorias negras de horno de arco eléctrico. Tesis (Título profesional de Ingeniero

Civil), Madrid. Instituto Eduardo Torroja (CSIC), 2001. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/viewFile/328/376>

GALLEGOS, Héctor y CASABONNE, Carlos. Albañilería estructural. 3ª ed. Perú: Fondo editorial PUCP. 2005.]  
ISBN 9972-42-754-4

HERNANDEZ Francia, Feliciano. Comportamiento Estructural de la Mampostería, construida con ladrillos de concreto de 14 x 14 x 29, de fabricación artesanal. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería 1993. Disponibilidad en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1894/1/hernandez\\_ff.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1894/1/hernandez_ff.pdf).

LOZADA, José. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Tic's y Sociedad [en línea]. Diciembre 2014. [Fecha de Consulta: 22/04/2017]. Disponible en: <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>

MINISTERIO de la Producción. Guía de Buenas Prácticas para Ladrilleras Artesanales. 69p. 2010.

NICOLA Granja, Sara. Utilización de escorias y polvos de acería en la producción de bloques y adoquines. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2008. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/955/1/CD-1416.pdf>

Norma Técnica Peruana E.070. Albañilería. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo de 2016.

Norma Itintec 331.017 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, Lima, Perú, octubre de 1978.

Norma Itintec 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, Lima, Perú, octubre de 1978.

Norma Itintec 331.019. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción, Lima, Perú, octubre 1982.

Norma Técnica Peruana 399.613. Unidades de Albañilería, métodos de muestreo y ensayos de ladrillos de arcilla usados en albañilería. INDECOPI-CRT, Lima, Perú, 13 de Julio de 2005.

Quispe Cerna, Melina Raquel. Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa – Ancash – 2016. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2016, 116 pp.)

SANTACRUZ Torres, Jessica. Viabilidad técnica y ambiental de la utilización de una escoria de fundición como reemplazo parcial de arcilla en ladrillos cerámicos. Tesis (Título de Magister en Ingeniería Ambiental). Colombia: Universidad Nacional de Colombia 2016. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/54357/1/Tesis%20Repositorio.pdf>

SEPÚLVEDA Estay, Consuelo. Utilización de Escorias de Fundición para la Producción de Compuestos de Hierro. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil). Chile: Universidad De Chile, 2006. Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104445/sepulveda\\_c.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104445/sepulveda_c.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

SAN BARTOLOMÉ, Angel. Construcciones de albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural. Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. Primera edición. Octubre 1994. [Fecha de consulta 28 de mayo 2017]. Disponible en: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/constr\\_albanileria.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/constr_albanileria.pdf)

ISBN 84-8390-965-0



**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

# ANEXOS

---

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**



# **Anexo 01: Autorización**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



Nuevo Chimbote, 26 de Julio 2017

CARTA N° 210-2017/EIC-CH-UCV

SR. EVER LUIS HERRERA DÍAZ  
PROPIETARIO DE LA LADRILLERA JHOSSEPY

Presente.-  
De mi consideración:

Por medio del presente, es grato dirigirme a Usted a fin de saludarla muy cordialmente a nombre de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, con RUC: 20164113532, con dirección en la Urb. Los Portales Mza. H Lt. 1 distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash y a la vez presentarle a la Srta. **ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA**, alumna de esta Escuela y Universidad.

La Srta. **ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA**, está realizando la tesis **"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO, DISTRITO DE SANTA, ANCASH - 2017"**, solicitamos pueda brindarle las facilidades para su investigación en los siguientes aspectos:

- Autorización para acudir a su espacio de trabajo y poder elaborar ladrillos artesanales añadiendo escoria de horno eléctrico.

Seguro de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil



Recibido: 01/08/17

**CAMPUS CHIMBOTE**  
Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires  
Av. Central Nuevo Chimbote  
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



# **Anexo 02: Matriz de consistencia**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**

**TÍTULO:**

Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico - Distrito de Santa – Ancash  
– 2017

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Administración y Seguridad en la Construcción

**DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

Debido a la informalidad y a los problemas medioambientales que presentan las ladrilleras para elaborar ladrillos de arcilla, es que nace la idea de crear una alternativa que opta por utilizar un producto que proviene del desecho del acero, escoria de horno eléctrico, el cual mediante adiciones en porcentajes al ladrillo de arcilla los mejorará y reforzará y de esta manera se contribuirá a reducir la contaminación medioambiental como también mejorar la calidad de los materiales de construcción.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>¿Cuál es el resultado del análisis comparativo de las propiedades de los ladrillos de arcilla artesanal y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017?</p>	<p><b>General:</b>  Analizar comparativamente las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017.</p> <p><b>Específicos:</b>  Determinar las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión; y las propiedades físicas: variabilidad dimensional, absorción y alabeo de los ladrillos de arcilla.  Determinar las propiedades mecánicas; resistencia a la compresión y las propiedades físicas; variabilidad dimensional, absorción y alabeo del ladrillo obtenido después de haber añadido la escoria en un 5%, 10% y 15%, con respecto a los antecedentes obtenidos.  Realizar una charla de capacitación al personal de la ladrillera Jhossepy, a fin de mejorar su proceso de elaboración del ladrillo de arcilla artesanal.</p>	<p><b>Propiedades Mecánicas:</b>  Resistencia a la compresión</p> <p><b>Propiedades Físicas:</b>  Variación Dimensional  Absorción  Alabeo</p>	<p>Protocolos</p>



# **Anexo 03: Instrumentos Validados**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**

## OFICINA ACADÉMICA DE INVESTIGACIÓN

### **Estimado Validador:**

Me es grato dirigirme a Usted, a fin de solicitarle su inapreciable colaboración como experto para validar la ficha técnica, el cual será aplicado en la ladrillera Jhossepy, Distrito de Santa, Ancash, seleccionada, por cuanto considero que sus observaciones y subsecuentes aportes serán de utilidad.

El presente instrumento tiene como finalidad recoger información directa para la investigación que se realiza en los actuales momentos, titulado: “Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017”.

Esto como objeto de presentarla como requisito para obtener el título profesional de Ingeniería Civil.

Para efectuar la validación del instrumento, Usted deberá leer cuidadosamente cada enunciado y sus correspondientes alternativas de respuesta, en donde se pueden seleccionar una, varias o ninguna alternativa de acuerdo al criterio personal y profesional del actor que corresponda al instrumento. Por otra parte se le agradece cualquier sugerencia relativa a redacción, contenido, pertinencia y congruencia u otro aspecto que se considere relevante para mejorar el mismo.

Gracias por su aporte.

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Luis ENRIQUE MELENDEZ CALVO, titular  
del DNI N° 18041053, de profesión INGENIERO CIVIL,  
ejerciendo actualmente como ASESOR EXTERNO,  
en la Institución UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Cuestionario), a los efectos de su aplicación al personal que estudia en: **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.**

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			X	
Amplitud de conocimiento			X	
Redacción de ítems			X	
Claridad y precisión			X	
Pertinencia			X	

En Nuevo Chimbote, a los 11 días del mes de OCTUBRE del 2017

  
Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Coloque en cada casilla la letra correspondiente al aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente      B = Bueno      M = Mejorar      X = Eliminar      C = Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

	PREGUNTAS	RESPUESTAS	OBSERVACIONES
<b>CHARLA DE SENSIBILIZACIÓN</b>			
1	¿Qué le pareció los contenidos de la charla?	B	
2	¿Los temas de la charla contribuyen a mejorar los problemas medioambientales y económicos?	B	
3	¿Cree que los contenidos de la charla son importantes en la elaboración de los ladrillos?	B	
4	¿Considera usted que la realización de la charla realizada ha sido necesaria?	B	
5	¿Estaría de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales?	B	

Evaluated by:

Nombre y Apellido: Luis ENRIQUE MELENDEZ CALVO

DNI: 18041053

Firma: 

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, Quevedo Hara Elena choro, titular  
del DNI N° 41414954, de profesión Ingeniero Civil,  
ejerciendo actualmente como Docente Universitario,  
en la Institución Universidad César Vallejo.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Cuestionario), a los efectos de su aplicación al personal que estudia en: **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de conocimiento			✓	
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia			✓	

En Nuevo Chimbote, a los 11 días del mes de Octubre del 2017



Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Coloque en cada casilla la letra correspondiente al aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente      B = Bueno      M = Mejorar      X = Eliminar      C = Cambiar

Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

	PREGUNTAS	RESPUESTAS	OBSERVACIONES
<b>CHARLA DE SENSIBILIZACIÓN</b>			
1	¿Qué le pareció los contenidos de la charla?	B	
2	¿Los temas de la charla contribuyen a mejorar los problemas medioambientales y económicos?	B	
3	¿Cree que los contenidos de la charla son importantes en la elaboración de los ladrillos?	B	
4	¿Considera usted que la realización de la charla realizada ha sido necesaria?	B	
5	¿Estaría de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales?	B	

Evaluado por:

Nombre y Apellido: Elena Charo Quevedo Haro

DNI: 41414954

Firma: 

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

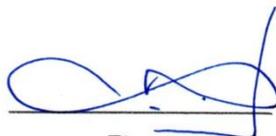
Yo, VICTOR ROLANDO ROJAS SILVA, titular  
del DNI N° 33264718, de profesión INGENIERO CIVIL,  
ejerciendo actualmente como DOCENTE,  
en la Institución UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación del Instrumento (Cuestionario), a los efectos de su aplicación al personal que estudia en: **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	EXCELENTE
Congruencia de ítems			✓	
Amplitud de conocimiento			✓	
Redacción de ítems			✓	
Claridad y precisión			✓	
Pertinencia			✓	

En Nuevo Chimbote, a los 11 días del mes de OCTUBRE del 2017



Firma

## JUICIO DE EXPERTO SOBRE LA PERTINENCIA DEL INSTRUMENTO

### INSTRUCCIONES

Coloque en cada casilla la letra correspondiente al aspecto cualitativo que le parece que cumple cada ítem y alternativa de respuesta, según los criterios que a continuación se detallan.

E = Excelente      B = Bueno      M = Mejorar      X = Eliminar      C = Cambiar

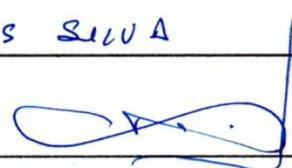
Las categorías a evaluar son: Redacción, contenido, congruencia y pertinencia. En la casilla de observaciones puede sugerir el cambio o correspondencia.

	PREGUNTAS	RESPUESTAS	OBSERVACIONES
<b>CHARLA DE SENSIBILIZACIÓN</b>			
1	¿Qué le pareció los contenidos de la charla?	✓ B	
2	¿Los temas de la charla contribuyen a mejorar los problemas medioambientales y económicos?	✓ B	
3	¿Cree que los contenidos de la charla son importantes en la elaboración de los ladrillos?	✓ B	
4	¿Considera usted que la realización de la charla realizada ha sido necesaria?	✓ B	
5	¿Estaría de acuerdo en emplear la escoria como adición en la elaboración de ladrillos artesanales?	✓ B	

Evaluado por:

Nombre y Apellido: VICTOR EDUARDO ROJAS SILVA

DNI: 33264718

Firma: 



**CHARLA INFORMATIVA**

**REGISTRO DE PARTICIPANTES**

**PROYECTO:** "Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla y el ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico – Distrito de Santa – Ancash – 2017"

N°	NOMBRES Y APELLIDOS	EDAD	SEXO		DATOS REFERENCIALES	FIRMA
			F	M		
1	Carlos Suarez Loyaga	67		X	DIRECCIÓN: San Luis G-3-Santa DNI: 08303171	
2	Juan Alberto Rodriguez Pariz	52		X	DIRECCIÓN: San Luis Az.F Lt-15. DNI: 82938316	
3	ADO REUL PASUCAR RODRIGUEZ	28		X	DIRECCIÓN: Az H Lt-3 SAN LUIS -SANTA DNI: 80262327	
4	Huio Alberto Dominguez Arellano	32		X	DIRECCIÓN: Az I Lt-7 - SAN LUIS - SANTA DNI: 18252635	
5	Julio Zelada Lopez	48		X	DIRECCIÓN: San Luis Mz I Lt. 5 Santa DNI: 32935599	
6	ZOMEL DIAZ SALINAS	52		X	DIRECCIÓN: San Luis Mz I Lt. 5 DNI: 32872141	
7	Belisario Herrera Torde	51		X	DIRECCIÓN: Santa Hig.A, Lt.04. Santa DNI: 3288813	
8					DIRECCIÓN: DNI:	



**UCV**  
UNIVERSIDAD  
CÉSAR VALLEJO

# **Anexo 04: Matriz del Instrumento**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	PREGUNTAS ITEMS	CRITERIO ESCALA VALORATIVA
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS	PROPIEDADES MECÁNICAS	Resistencia a la Compresión	<p>La resistencia a la compresión de las unidades de arcilla cumplen con lo establecido en la Norma Técnica ITINTEC 331.017</p> $C = \frac{W}{A}$ <p>C: Resistencia a la Compresión del espécimen  W: Máxima carga N, indicada por la máquina de ensayo  A: Promedio del área bruta de las superficies de contacto del espécimen</p>	Mínimo = 60 daN/cm <sup>2</sup>
		Variabilidad dimensional	<p>La variabilidad dimensional de las unidades de arcilla cumple con lo establecido en la Norma Técnica ITINTEC 331.017.</p> $V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$ <p>V : Variabilidad dimensional (%)  ME: Medida especificada por el fabricante (mm)  MP: Medida promedio (mm)</p>	<p>Altura hasta 10 cm = ±8</p> <p>Ancho hasta 15 cm = ±6</p> <p>Largo a más de 15 cm = ±4</p>
	PROPIEDADES FÍSICAS	Absorción	<p>La absorción de las unidades de arcilla cumple con lo establecido en la Norma Técnica ITINTEC 331.017.</p> $A = \frac{P_s - P_{SECO}}{P_{SECO}} * 100$ <p>A: Absorción (%)  PS: Peso saturado (g)  PSECO: Peso seco (g)</p>	Absorción no mayor que 22%.
		Alabeo	<p>El alabeo de las unidades de arcilla cumple con lo establecido en la Norma Técnica ITINTEC 331.017.</p> $A = \frac{L \times 100}{D}$ <p>A = Alabeo en %  L = Lectura de la cuña, en milímetros  D = Lectura diagonal del ladrillo , en milímetros</p>	Hasta 10mm máximo.



# **Anexo 05: Certificados de Calibración**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**

**Proyecto** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"

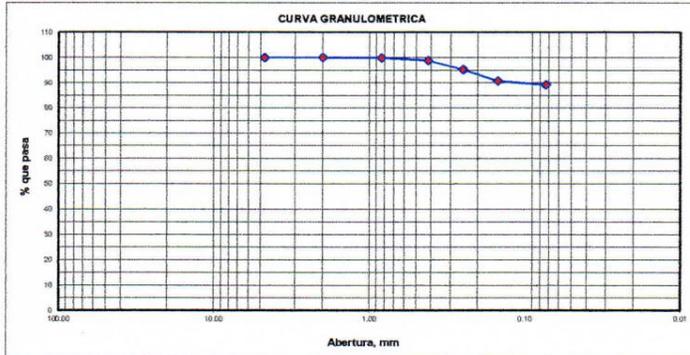
**Solicita** : TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA **Fecha** : 17/08/2017

**Departamento** : ANCASH **Provincia** : SANTA

**Muestra** : Terreno Natural **Distrito** : NVO. CHIMBOTE

## 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

<b>Peso Inicial Seco, [gr]</b>	1744.90		
<b>Peso Lavado y Seco, [gr]</b>	186.50		
<b>Mallas</b>	<b>Abertura [mm]</b>	<b>Peso Retenido [grs]</b>	<b>% Pasa</b>
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.60	99.97
N° 20	0.840	1.20	99.90
N° 40	0.420	18.30	98.85
N° 60	0.250	62.40	95.27
N° 100	0.150	79.60	90.71
N° 200	0.074	24.40	89.31
< N° 200		1558.40	



## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

### A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		10	17	28
1. No de Golpes		18	22	28
2. Peso Tara, [gr]		21.640	22.690	22.750
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		59.340	52.450	56.140
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		53.020	47.580	50.870
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	6.320	4.870	5.270
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	31.380	24.890	28.120
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)X100	20.14	19.57	18.74

### B. LIMITE PLASTICO

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		2	7	15
1. Peso Tara, [gr]		22.530	20.590	26.490
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		29.410	28.310	35.810
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		28.470	27.330	34.610
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	0.940	0.980	1.200
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	5.940	6.740	8.120
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	15.825	14.540	14.778

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		21.80
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		95.10
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		93.20
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	1.90
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	71.40
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)X100	2.66

## RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (N°4" < Diam < 3/4")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	10.69%
Arena Gruesa (No.10 < Diam < No.4)	0.03%
Arena Media (No.40 < Diam < No.10)	1.12%
Arena Fina (No.200 < Diam < No.40)	9.54%
<b>Finos (Diam &lt; No.200)</b>	<b>89.31%</b>
Limite Líquido	19.29%
Limite Plástico	15.05%
Índice Plástico	4.24%
Contenido de Humedad	2.66%
Clasificación SUCS	CL-ML



Realizado por: H.L.D.  
Revisado por: M.T.J.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68736

<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 13/09/2017

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
 Fecha Inicio Ensayo : 13/09/2017  
 Fecha Final Ensayo : 13/09/2017

IDENTIFICACION		DIMENSIONES (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	P max	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
ESPECIMEN		L	A	H	BRUTA	(Kg)	BRUTA
1	M-1 (0%) - LADRILLO DE ARCILLA	21.10	11.57	8.32	244.13	20897.28	85.60
2	M-2 (0%) - LADRILLO DE ARCILLA	21.00	11.70	8.23	245.70	22444.00	91.35
3	M-3 (0%) - LADRILLO DE ARCILLA	21.10	11.92	8.33	251.51	22112.21	87.92
4	M-4 (0%) - LADRILLO DE ARCILLA	21.25	11.92	8.42	253.30	21731.74	85.79
5	M-5 (0%) - LADRILLO DE ARCILLA	21.15	11.75	8.38	248.51	22121.15	89.01
<b>PROMEDIO</b>							<b>87.93</b>

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta, en kg/cm2



  
**GEOMG S.A.C.**  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
 CIP N° 68738

**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 13/09/2017

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
Fecha Inicio Ensayo : 13/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 13/09/2017

IDENTIFICACION		DIMENSIONES (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	P max	f'b (kg/cm <sup>2</sup> )
ESPECIMEN		L	A	H	BRUTA	(Kg)	BRUTA
1	M-1 (5%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.82	12.71	8.80	290.04	29113.69	100.38
2	M-2 (5%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.87	12.86	8.76	294.11	27319.61	92.89
3	M-3 (5%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.87	12.83	8.67	293.42	30593.86	104.27
4	M-4 (5%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.82	12.78	8.84	291.64	28217.64	96.76
5	M-5 (5%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.88	12.87	8.83	294.47	29559.73	100.38
PROMEDIO							98.93

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta, en kg/cm<sup>2</sup>

GEOMG S.A.C.  
  
Ing. Jorge B. Morillo Trujillo  
CIP N° 68736



**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 13/09/2017

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria

Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa

Fecha Inicio Ensayo : 13/09/2017

Fecha Final Ensayo : 13/09/2017

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	P max	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
	L	A	H	BRUTA	(Kg)	BRUTA
1 M-1 (10%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.80	12.87	8.83	293.44	34094.60	116.19
2 M-2 (10%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.82	12.70	8.64	289.81	33662.47	116.15
3 M-3 (10%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.73	12.86	8.76	292.31	34032.01	116.43
4 M-4 (10%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.84	12.77	8.83	291.67	30866.05	105.83
5 M-5 (10%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.79	12.88	8.79	293.54	33001.86	112.43
<b>PROMEDIO</b>						<b>113.40</b>

f<sub>b</sub>: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta, en kg/cm<sup>2</sup>

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 13/09/2017

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (ASTM C-39)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossep - Santa  
 Fecha Inicio Ensayo : 13/09/2017  
 Fecha Final Ensayo : 13/09/2017

	IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm <sup>2</sup> )	P max	f <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
		L	A	H	BRUTA	(Kg)	BRUTA
1	M-1 (15%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.89	12.73	8.72	291.39	38338.40	131.57
2	M-2 (15%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.87	12.83	8.87	293.42	40895.41	139.37
3	M-3 (15%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.72	12.89	8.83	292.86	39029.81	133.27
4	M-4 (15%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.88	12.78	8.77	292.41	40343.08	137.97
5	M-5 (15%) - LADRILLO DE ARCILLA + ESCORIA	22.79	12.84	8.88	292.62	39887.11	136.31
<b>PROMEDIO</b>							<b>135.70</b>

f<sub>b</sub>: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta, en kg/cm2

  
 GEOMG S.A.C.  
 Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 11/09/2017

## ENSAYO DE DIMENSIONES EN UNIDAD DE LADRILLO NORMA E 0.70 ALBAÑILERÍA

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Longitud (cm)	21.10	21.15	21.10	21.25	21.15	21.15
B	Ancho (cm)	11.77	11.70	11.92	11.92	11.75	11.81
C	Altura (cm)	8.32	8.43	8.53	8.42	8.54	8.45

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6 -10)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.
A	Longitud (cm)	21.35	21.25	21.16	21.31	21.28	21.27
B	Ancho (cm)	11.87	11.71	11.89	11.93	11.72	11.82
C	Altura (cm)	8.40	8.64	8.49	8.48	8.39	8.48

G	Promedio Final Longitud						21.21
H	Promedio Final Ancho						11.82
I	Promedio Final Altura						8.46

### VARIABILIDAD DIMENSIONAL

G	V.D. (%) - Longitud						7.78
H	V.D. (%) - Ancho						9.09
I	V.D. (%) - Altura						5.96

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 11/09/2017

## ENSAYO DE DIMENSIONES EN UNIDAD DE LADRILLO NORMA E 0.70 ALBAÑILERÍA

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Longitud (cm)	22.82	22.97	22.87	22.82	22.88	22.87
B	Ancho (cm)	12.83	12.86	12.85	12.88	12.87	12.86
C	Altura (cm)	8.80	8.76	8.87	8.74	8.73	8.78

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6-10)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.
A	Longitud (cm)	22.74	22.81	22.77	22.84	22.81	22.79
B	Ancho (cm)	12.85	12.87	12.89	12.87	12.82	12.86
C	Altura (cm)	8.75	8.72	8.89	8.82	8.77	8.79

G	Promedio Final Longitud						22.83
H	Promedio Final Ancho						12.86
I	Promedio Final Altura						8.79

### VARIABILIDAD DIMENSIONAL

G	V.D. (%) - Longitud						0.73
H	V.D. (%) - Ancho						1.08
I	V.D. (%) - Altura						2.39

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Norillo Trujillo  
C.N. N° 68738



**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 11/09/2017

## ENSAYO DE DIMENSIONES EN UNIDAD DE LADRILLO NORMA E 0.70 ALBAÑILERÍA

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Longitud (m)	22.70	22.78	22.87	22.85	22.89	22.82
B	Ancho (m)	12.80	12.70	12.83	12.77	12.78	12.78
C	Altura (m)	8.83	8.74	8.86	8.73	8.89	8.81

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6 -10)  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.
A	Longitud (m)	22.88	22.74	22.87	22.86	22.79	22.83
B	Ancho (m)	12.85	12.79	12.88	12.87	12.87	12.85
C	Altura (m)	8.89	8.87	8.79	8.87	8.82	8.85

G	Promedio Final Longitud						22.82
H	Promedio Final Ancho						12.81
I	Promedio Final Altura						8.83

### VARIABILIDAD DIMENSIONAL

G	V.D. (%) - Longitud						0.77
H	V.D. (%) - Ancho						1.43
I	V.D. (%) - Altura						1.90

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68736



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 11/09/2017

## ENSAYO DE DIMENSIONES EN UNIDAD DE LADRILLO NORMA E 0.70 ALBAÑILERÍA

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
 Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
 Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.
A	Longitud (m)	22.89	22.87	22.82	22.78	22.83	22.84
B	Ancho (m)	12.73	12.83	12.89	12.88	12.84	12.83
C	Altura (m)	8.82	8.87	8.83	8.77	8.88	8.83

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6 - 10)  
 Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
 Fecha Final Ensayo : 11/09/2017

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.
A	Longitud (m)	22.78	22.89	22.81	22.86	22.85	22.84
B	Ancho (m)	12.84	12.73	12.82	12.79	12.78	12.79
C	Altura (m)	8.89	8.79	8.81	8.79	8.81	8.82

G	Promedio Final Longitud	22.84
H	Promedio Final Ancho	12.81
I	Promedio Final Altura	8.83

### VARIABILIDAD DIMENSIONAL

G	V.D. (%) - Longitud	0.70
H	V.D. (%) - Ancho	1.44
I	V.D. (%) - Altura	1.93

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

  
**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA -ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESIS: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 12/09/2017

## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE SÓLIDOS (ASTM C-125)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 12/09/2017

Item	Descripción	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso de Material Sumergido (24 Horas)	4071.10	4197.00	3945.50	4288.30	4216.80
B	Peso de Material Seco en Horno (gr.)	3560.50	3678.90	3361.80	3789.50	3674.10
C	Absorción (100x(A-B)/B)	14.34	14.08	17.36	13.16	14.77
D	Promedio (%)	14.74				

Nota : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

# GEOMG S.A.

GEOMG S.A.C.  
  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 12/09/2017

## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE SÓLIDOS (ASTM C-125)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 12/09/2017

Item	Descripción	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso de Material Sumergido (24 Horas)	4189.50	4792.20	4394.70	4318.70	4453.40
B	Peso de Material Seco en Horno (gr.)	3795.30	4242.60	3911.20	3822.00	3966.80
C	Absorción (100x(A-B)/B)	10.39	12.95	12.36	13.00	12.27
D	Promedio (%)	12.19				

Nota : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morilla Trujillo  
CIP N° 68738

**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESIS: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 12/09/2017

## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE SÓLIDOS (ASTM C-125)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 12/09/2017

Item	Descripción	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso de Material Sumergido (24 Horas)	4785.80	4725.60	4810.30	4756.30	4751.90
B	Peso de Material Seco en Horno (gr.)	4327.90	4269.20	4305.00	4254.30	4266.50
C	Absorción (100x(A-B)/B)	10.58	10.69	11.74	11.80	11.38
D	Promedio (%)	11.24				

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.

S.A.C.



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Cortés Trujillo  
CIE N° 68738

**PROYECTO** : TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"  
**SOLICITA** : TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA  
**UBICACIÓN** : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash  
**FECHA** : 12/09/2017

## ENSAYO DE ABSORCIÓN DE SÓLIDOS (ASTM C-125)

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa  
Fecha Inicio Ensayo : 11/09/2017  
Fecha Final Ensayo : 12/09/2017

Item	Descripción	M1	M2	M3	M4	M5
A	Peso de Material Sumergido (24 Horas)	4483.30	4388.70	4067.30	4167.90	4287.10
B	Peso de Material Seco en Horno (gr.)	4055.10	3988.00	3715.20	3854.40	3906.60
C	Absorción (100x(A-B)/B)	10.56	10.05	9.48	8.13	9.74
D	Promedio (%)	9.59				

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESIS: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 12/09/2017

## ENSAYO DE ALABEO A UNIDADES DE LADRILLO

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossep - Santa (1 - 5)  
 Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	1	1	1	2	1	1.20	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	3	0	3	3	3	2.40	
C	Alabeo Convexo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	1.80						
F	Promedio Convexo	0.00						

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla (patrón)  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossep - Santa (6 - 10)  
 Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	2	2	1	1	2	1.60	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	2	3	0	0	3	1.60	
C	Alabeo Convexo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	1.60						
F	Promedio Convexo	0.00						

G	Promedio Final Cóncavo	1.70						
H	Promedio Final Convexo	0.00						

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

  
**Ing. Jorge E. Morillo Trujillo**  
 CIP N° 68738



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 12/09/2017

## ENSAYO DE ALABEO A UNIDADES DE LADRILLO

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	1	1	1	2	1	1.20	
C	Alabeo Convexo Cara A	2	1	2	1	1	1.40	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	0.60						
F	Promedio Convexo	0.70						

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 5% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6 - 10)  
Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	1	1	1	2	1	1.20	
C	Alabeo Convexo Cara A	1	1	1	2	1	1.20	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	0.60						
F	Promedio Convexo	0.60						

G	Promedio Final Cóncavo	0.60						
H	Promedio Final Convexo	0.65						

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge El Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESIS: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 13/09/2017

## ENSAYO DE ALABEO A UNIDADES DE LADRILLO

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossep - Santa (1 - 5)  
 Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	2	1	2	1	1	1.40	
C	Alabeo Convexo Cara A	1	1	1	1	1	1.00	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	0.70						
F	Promedio Convexo	0.50						

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 10% de Escoria  
 Procedencia del Material : Ladrillera Jhossep - Santa (6 - 10)  
 Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	0	0	0	0	0	0.00	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	1	1	1	1	0	0.80	
C	Alabeo Convexo Cara A	2	1	1	0	1	1.00	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	0	0	0	0	0.00	
E	Promedio Cóncavo	0.40						
F	Promedio Convexo	0.50						

G	Promedio Final Cóncavo	0.55						
H	Promedio Final Convexo	0.50						

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

  
  
**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

<b>PROYECTO</b>	: TESIS: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL LADRILLO ARTESANAL DE ARCILLA Y EL LADRILLO ADICIONANDO ESCORIA DE HORNO ELÉCTRICO - DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"
<b>SOLICITA</b>	: TESISISTA: ROJAS POEMAPE NAYARET PATRICIA
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash
<b>FECHA</b>	: 13/09/2017

## ENSAYO DE ALABEO A UNIDADES DE LADRILLO

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (1 - 5)  
Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M1	M2	M3	M4	M5	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	0	1	0	0	1	0.40	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	0	0	1	1	0	0.40	
C	Alabeo Convexo Cara A	1	0	1	0	0	0.40	
D	Alabeo Convexo Cara B	2	1	0	1	1	1.00	
E	Promedio Cóncavo						0.40	
F	Promedio Convexo						0.70	

Material : Ladrillo Artesanal de Arcilla + 15% de Escoria  
Procedencia del Material : Ladrillera Jhossepy - Santa (6 - 10)  
Dimensiones del Formato (cm) : 23.0 x 13.0 x 9.0

ITEM	DESCRIPCIÓN	M6	M7	M8	M9	M10	Prom.	
A	Alabeo Cóncavo Cara A	1	0	0	1	0	0.40	
B	Alabeo Cóncavo Cara B	1	0	1	1	0	0.60	
C	Alabeo Convexo Cara A	0	1	1	0	1	0.60	
D	Alabeo Convexo Cara B	0	1	0	0	1	0.40	
E	Promedio Cóncavo						0.50	
F	Promedio Convexo						0.50	

G	Promedio Final Cóncavo						0.45	
H	Promedio Final Convexo						0.60	

**Nota** : Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
C.P. N° 68738





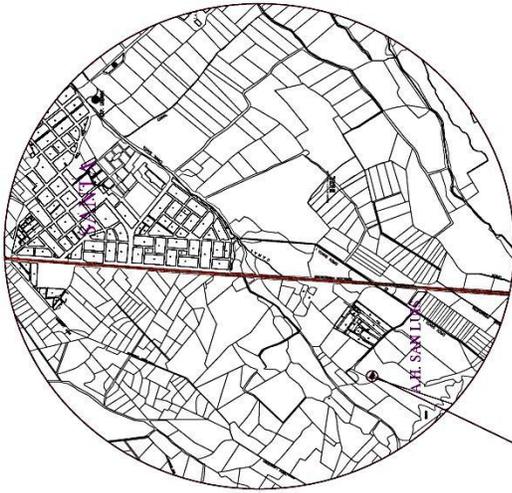
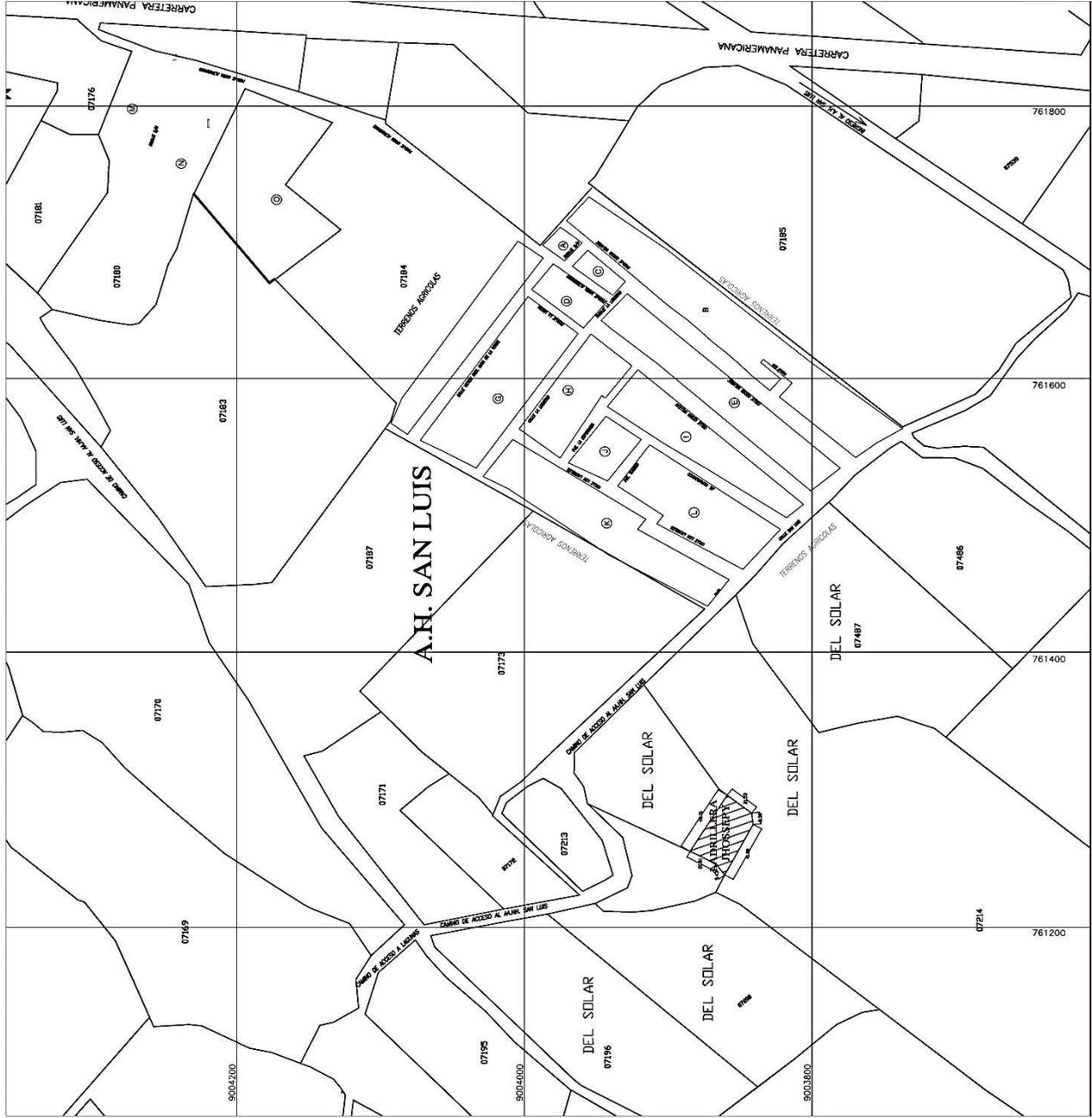
# **Anexo 06: Plano de Ubicación**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
Escala: 1/20000

DATOS DEL TERRENO	
PERÍMETRO	150.4807
ÁREA (m <sup>2</sup> )	1285.2496

Esc. Gráfica



**UCV**  
UNIVERSIDAD CECILIA VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN  
COMERCIO

Proyecto: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DEL  
LUGAR PARA LA UBICACIÓN DEL PROYECTO DE  
ADICIONANDO ESCUELA DE HORNO ELÉCTRICO -  
DISTRITO DE SANTA - ANCASH - 2017"

Ubicación: A.H. SAN LUIS - SANTA - ANCASH  
DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

Plano: UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Autor: EST. ING. CIVIL  
POULAS POEMAPE NAVARET PATRICIA

Asesor: ING. ERIKA MUGAY Y MOTO CUSTANEDA  
INGENIERO  
ING. CECILIA GONZÁLEZ ESCOBEDO

Escala: INDICADA  
Fecha: DICIEMBRE - 2017

A-01

**PLANO DE UBICACIÓN**  
Escala: 1/2000



# **Anexo 07: Normas Técnicas**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**



**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. solo 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 o 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 o 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.
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E_s$  = 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.
- $f_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_v$  = 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 (si existiesen).
- $L_m$  = longitud del paño mayor en un muro confinado, o  $0,5 L$ ; 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, metrada 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.

- $v_m$  = 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 =  $P_g / (t.L)$ .
- $\sigma_m$  =  $P_g^s / (t.L)$  = 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 proporcióna 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 DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P <sup>(1)</sup>	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

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

**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.
- $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto.
- $E_s$  = 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.
- $f_m$  = resistencia característica a compresión axial de la albañilería.
- $f_t$  = esfuerzo admisible a tracción por flexión de la albañilería.
- $f_v$  = 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 (si existiesen).
- $L_m$  = longitud del paño mayor en un muro confinado, o  $0,5 L$ ; 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, metrada 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.

- $v_m$  = 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 =  $P_g / (t.L)$ .
- $\sigma_m$  =  $P_g^s / (t.L)$  = 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 proporcióna 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 $f_b^m$ 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

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  $f_c = 13,72 MPa (40 kg/cm^2)$ . 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 la 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 sílico-calceño: 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:  $SUCCION = 200 (V1 - V2) / A$ , 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 asentará 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,

# NORMAS TÉCNICAS

## ITINTEC 331.017

### ORIGEN

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual  
INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

### NORMA TECNICA PERUANA

<b>PERU NORMA TECNICA NACIONAL</b>	<b>ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería Requisitos</b>	<b>ITINTEC 331.017 Octubre, 1978.</b>
--	--	---

### 1. NORMAS A CONSULTAR

- ITINTEC 331.018** Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo.
- ITINTEC 331.019** Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción.
- ITINTEC 821.003** Sistema Internacional de Unidades y recomendaciones para el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades.

### 2. OBJETO

2.1 La presente norma establece las definiciones, clasificación, condiciones generales y requisitos que debe cumplir el ladrillo de arcilla, usado en albañilería.

### 3. DEFINICIONES

#### 3.1 Materia Prima

**3.1.1 Arcilla.-** Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 °C.

**3.1.2 Esquisto arcilloso.-** Es la arcilla estratificada en capas finas, sedimentadas y consolidadas, con un clivaje muy marcado paralelo a la estratificación.

**3.1.3 Arcilla superficial.-** Es la arcilla estratificada no consolidada que se presenta en la superficie.

#### 3.2 Manufactura

**3.2.1 Artesanal.-** Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera a los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad.

**3.2.2 Industrial.-** Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. El ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad.

### 3.3 Designación

Es la manera elegida para denominar el ladrillo de acuerdo a sus características.

**3.3.1** El ladrillo se designará por su tipo (ver 4.0), por su sección (macizo, perforado o tubular, ver 3.4) y por sus dimensiones (ver 3.5), largo (cm) x ancho (cm) y alto (cm).

Ejemplo.- Un ladrillo sin huecos que cumple con los requisitos para "Tipo III - macizo - 24 x 14 x 10"; y si se usa de canto "Tipo III - macizo - 24 x 10 x 14".

### 3.4 Ladrillo

Es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno.

**3.4.1 Ladrillo macizo.-** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección.

**3.4.2 Ladrillo perforado.-** Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección.

**3.4.3 Ladrillo tubular.-** Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

### 3.5 Dimensiones y áreas

**3.5.1 Dimensiones especificadas.-** Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

**3.5.2 Dimensiones.-** Dimensiones reales que tiene el ladrillo.

**3.5.3 Largo.-** Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

**3.5.4 Ancho.-** Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

**3.5.5 Alto.-** Es la dimensión perpendicular a la superficie de asiento del ladrillo.

**3.5.6 Área bruta.-** Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

**3.5.7 Área neta.-** Es el área bruta menos el área de los vacíos.

## 4. CLASIFICACION

El ladrillo se clasificará en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades (Ver Tabla 1 y Tabla 2).

**4.1 Tipo I.-** Resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

**4.2 Tipo II.-** Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

**4.3 Tipo III.-** Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

**4.4 Tipo IV.-** Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

**4.5 Tipo V.-** Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

## 5. CONDICIONES GENERALES

El ladrillo Tipo III, Tipo IV, y Tipo V deberá satisfacer las siguientes condiciones generales. Para el ladrillo Tipo I y Tipo II estas condiciones se consideran como recomendaciones.

**5.1** El ladrillo no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior, tales como gujarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.

**5.2** El ladrillo estará bien cocido, tendrá un color uniforme y no presentará vitrificaciones. Al ser golpeado con un martillo u objeto similar producirá un sonido metálico.

**5.3** El ladrillo no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad y/o resistencia.

**5.4** El ladrillo no tendrá excesiva porosidad, ni tendrá manchas o vetas blanquesinas de origen salitroso o de otro tipo.

## 6. REQUISITOS

**6.1 Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.-** El ladrillo ensayado mediante los procedimientos descritos en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 1.

**TABLA 1.- REQUISITOS OBLIGATORIOS:** Variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y densidad.

TIPO	VARIACION DE LA DIMENSION (1) (máx. en %)			ALABEO (2) (máx. en mm)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (mínima daN/cm <sup>2</sup> )	DENSIDAD (mínimo en g/cm <sup>3</sup> )
	NORMA TECNICA NACIONAL ITINTEC 331.018					
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativamente	± 8	± 6	± 4	10	Sin limite	1,50
					60	Sin limite
II Alternativamente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1,60
					70	1,55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1,60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1,65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1,70

**NOTA 1.-** La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a la dimensiones especificadas.

**NOTA 2.-** El alabeo se aplica para concavidad o convexidad.

**6.2 Absorción y coeficiente de saturación.-** El ladrillo ensayado mediante el procedimiento descrito en la Norma ITINTEC 331.018 Elementos de Arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Métodos de ensayo, deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la Tabla 2.

**TABLA 2.- REQUISITOS COMPLEMENTARIOS:** Absorción y coeficiente de saturación.

TIPO	ABSORCION (máx. en %)	COEFICIENTE DE SATURACION (máximo) (2)
I	Sin Límite	Sin Límite
II	Sin Límite	Sin Límite
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

**NOTA 1.-** El ensayo de absorción máxima sólo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.

**NOTA 2.-** El ensayo de coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

**6.3 Durabilidad.-** La tabla 3 indica el tipo de ladrillo a emplearse según la condición de uso y la condición de intemperismo a que se encontrará sometida la construcción de albañilería.

**TABLA 3.-** Tipo de ladrillo en función de condiciones de uso e intemperismo.

CONDICION DE USO	CONDICION DE INTEMPERISMO		
	BAJO	MODERADO	SEVERO
Para superficies que no están en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Cualquier Tipo	Tipos II, III, IV y V.	Tipos IV y V.
Para superficies en contacto directo con lluvia intensa, terreno o agua.	Tipos III, IV y V.	Tipos IV y V.	Ningún tipo.

**NOTA 1.-** La condición de intemperismo está asociada al índice de degradación. Este tiene un valor de 99 para las regiones de degradación baja, de 100 a 499 para las regiones de degradación moderada y de 500 o más para las regiones de degradación severa.

**NOTA 2.-** La definición de índice de degradación se incluye en el apéndice A.

## ANTECEDENTES

\* Proyecto de investigación 3120

“Investigación del ladrillo de arcilla fabricado en el Perú para la elaboración de la Norma Técnica Nacional”.

\* Proyecto de Norma Técnica, resultado de la Investigación.

\* Normas Extranjeras ASTM (EE UU), ISO (Internacional), NF (Francesa), INDITECNOR (Chilena), INEN (Ecuatoriana), IRAM (Argentina), ABNT (Brasilera), UNIT (Uruguay), ICONTEC (Colombiana), BSI (Inglesa), SABS (Sud Africana).

## APENDICE "A"

### PROPIEDADES DEL LADRILLO DE ARCILLA EN RELACION A SU UTILIZACION EN ALBAÑILERIA

Para la elaboración de la NORMA TECNICA NACIONAL PARA EL LADRILLO DE ARCILLA EN ALBAÑILERIA se ha tenido en cuenta, principalmente, aquellos requisitos del ladrillo que afectan el comportamiento, la calidad y las propiedades de las construcciones de albañilería. En este contexto es imprescindible tener en cuenta que si bien existe relación entre las propiedades del ladrillo y las de la albañilería, estas propiedades en ningún modo son idénticas, ya que se trata, en realidad, de dos materiales distintos.

Consecuentemente, se ha considerado necesario incluir en este Apéndice "A" una explicación sucinta acerca de la relación entre las propiedades de ambos materiales; en particular se analiza aquellas propiedades materia de la Norma, pero también se evalúan aquellas otras que, aunque no están normadas, pueden influir en la calidad de la albañilería y que por lo tanto, deberán formar parte de las especificaciones de construcción.

Los criterios que permitieron definir los requisitos y ensayos que debían incluirse en la norma y aquellos que podían quedar sólo como recomendación, se establecieron en base a los resultados de la investigación y ensayo de ladrillos típicos producidos en 31 ladrilleras representativas ubicadas en 14 departamentos del Perú.

Adicionalmente, se consideró necesario incluir en la norma sólo aquellas propiedades y ensayos, cuya medición es compatible con los recursos técnicos o facilidades de laboratorio con que se cuenta en las diferentes localidades del país. Esta decisión se refleja en los requisitos de clasificación para cada tipo.

#### A.1 GEOMETRIA: VARIACION DE DIMENSIONES O ALABEO.

En términos generales ningún ladrillo conforma perfectamente con sus dimensiones especificadas. Existen diferencias de largo, de ancho y alto, así como deformaciones de la superficie asimilables a concavidades o convexidades. El efecto de estas imperfecciones geométricas en la construcción de albañilería se manifiesta en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes. A mayores imperfecciones mayores espesores de juntas.

El mortero cumple en la albañilería dos funciones, la primera es separar los ladrillos de modo tal de absorber las irregularidades de estos y, la segunda, es pegar los ladrillos de modo tal que la albañilería no sea un conjunto de piezas sueltas, sino un todo. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 12 mm es adecuado y suficiente. Cuando las imperfecciones del ladrillo exceden los valores indicados para el Tipo IV el espesor de la junta tiene que ser necesariamente mayor de 12 mm. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15% por cada incremento de 3 mm el espesor de la junta de mortero.

En resumen, las imperfecciones geométricas del ladrillo inciden en la resistencia de la albañilería. A más y mayores imperfecciones menor resistencia de la albañilería.

Adicionalmente, resulta obvio que el aspecto de la albañilería se deteriora con imperfecciones crecientes en el ladrillo.

#### A.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION.

La resistencia a la compresión de la albañilería ( $f_m$ ) es su propiedad más importante. En términos generales, define no sólo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie o a cualquier otra causa de deterioro. Los principales componentes de la resistencia a la compresión de la albañilería son: la resistencia a la compresión del ladrillo ( $f_b$ ), la perfección geométrica del ladrillo, la calidad de mortero empleado para el asentado de ladrillo y la calidad de mano de obra empleada.

De todos los componentes anteriormente citados, los pertinentes a una norma de ladrillo son la resistencia a la compresión y la geometría del ladrillo. En el acápite 1 de este Apéndice "A" se ha explicado la influencia de la perfección geométrica del ladrillo, queda por precisar la relación de la resistencia a la compresión del ladrillo con la de la albañilería.

Se estima que la resistencia a la compresión de la albañilería, representada por la prueba a rotura de un prisma normalizado, es del 25% al 50% de la resistencia a la compresión del ladrillo. Los valores más bajos (25%) corresponden a condiciones de construcción y calidad de mortero bajas y los más altos (50%) representan el límite superior de la albañilería obtenible con un determinado ladrillo en condiciones óptimas.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la forma de falla a compresión es diferente en la prueba del prisma de albañilería que en la prueba del ladrillo. En el primer caso la falla ocurre por una combinación de compresión axial y tracción lateral (causada por el escurrimiento del mortero de las juntas), mientras que en la prueba del ladrillo la falla ocurre por aplastamiento o corte.

Finalmente, para mantener la coherencia de la clasificación la Norma relaciona, para cada Tipo de ladrillo, la resistencia a la compresión con la perfección geométrica y con las otras propiedades exigibles. De este modo se asegura la normalización de un ladrillo que puede ser empleado en diseños más exigentes y en construcciones con un mejor control, en otras palabras con más eficiencia y economía.

### **A.3 DENSIDAD.**

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre la densidad del ladrillo y sus otras propiedades. A mayor densidad mejores propiedades de resistencia y de perfección geométrica.

Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor de la densidad como un criterio que permite de una manera simple, mediante ensayos fáciles de efectuar prácticamente en cualquier lugar, evaluar la calidad de ladrillo con que se cuenta.

### **A.4 MODULO DE RUPTURA.**

Se ha dicho que la propiedad característica de la albañilería es su resistencia a la compresión. Cuando un prisma de albañilería es sometido a una carga de compresión la primera falla ocurre al rajarse verticalmente los ladrillos, como consecuencia de la tracción lateral ocasionada por la tendencia del mortero a fluir lateralmente y escapar de entre los mismos. Consecuentemente, al aumentar la resistencia a la tracción del ladrillo se aumenta también la resistencia a la compresión de la albañilería.

El módulo de ruptura es una medida aproximada de la resistencia a la tracción del ladrillo.

Esta propiedad no ha sido considerada como requisito para la clasificación del ladrillo en virtud de haberse establecido que su valor está relacionado con la resistencia a la compresión y en razón de que la información cuantitativa que ella proporciona acerca de la albañilería no puede establecerse.

Sin embargo, se recomienda la medición del módulo de ruptura cuando se trata de ladrillos tipo IV y tipo V ya que permitirá una mejor selección del ladrillo que se propone emplear.

A manera de referencia se indica a continuación el valor mínimo aproximado obtenible para cada tipo de ladrillo:

<b>TIPO</b>	<b>MODULO DE RUPTURA (daN/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>I</b>	<b>6</b>
<b>II</b>	<b>7</b>
<b>III</b>	<b>8</b>
<b>IV</b>	<b>9</b>
<b>V</b>	<b>10</b>

## **A.5 ABSORCION MAXIMA.**

La absorción máxima del ladrillo es considerada como una medida de su impermeabilidad. Los valores indicados como máximos en la Norma se aplican a condiciones de uso en que se requiera utilizar el ladrillo en contacto constante con agua o con el terreno, sin recubrimiento protector.

Tal es el caso de cisternas, jardineras y albañilería de ladrillo visto en zonas muy lluviosas.

## **A.6 COEFICIENTE DE SATURACION.**

El coeficiente de saturación es considerado como una medida de la durabilidad del ladrillo cuando se encuentra sometido a la acción de la intemperie.

El coeficiente de saturación es la relación que existe entre la absorción del ladrillo (cuando se le sumerge en agua un número de horas determinado) y la absorción máxima de ladrillo (medida luego de 5 horas de ebullición). A mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo y consecuentemente inferior su resistencia a la intemperie. Así un ladrillo con un coeficiente de saturación menor de 0,8 es poco absorbente y es utilizable para cualquier clima o condición de intemperismo, y un ladrillo con un coeficiente de saturación de 1 es muy absorbente y sólo es utilizable cuando se protege de la intemperie mediante recubrimiento adecuado.

Este criterio de resistencia al intemperismo ha sido incorporado en la Norma para asegurar la adecuada durabilidad de la construcción de albañilería cuando existen condiciones de uso e intemperismo particularmente exigentes.

## **A.7 INDICE DE DEGRADACION.**

El efecto de la exposición a la intemperie en los ladrillos tiene que ver con el "índice de degradación" que equivale al producto de la cifra del promedio anual de días de ciclo de congelamiento y el promedio anual de precipitación invernal (en pulgadas), definidos de la siguiente forma:

Un día de ciclo de congelamiento es cualquier día en el cual la temperatura del aire pasa por encima o por debajo de 0°C. El número promedio de días de ciclo de congelamiento en un año puede ser considerado como igual a la diferencia entre el número medio de días durante los cuales la temperatura máxima fue de 0°C o menos.

La precipitación invernal es la suma, en pulgadas de la precipitación media mensual corregida que ocurre durante el período entre la primera helada temprana en el otoño y la fecha normal de la última helada temprana de la primavera. La precipitación invernal para cualquier período es igual a la precipitación total menos un décimo de la caída total de nieve, hielo o granizo. La precipitación para cualquier porción del mes se obtiene haciendo el prorrateo.

La región de degradación severa tiene un índice de degradación de 500 ó más. La región de degradación moderada tiene un índice de degradación de 100 ó 499. La región de degradación insignificante tiene índices de degradación de 99 ó menos.

Para evaluar las condiciones de intemperismo se seleccionaron las ciudades de Huancavelica y Puno y se utilizó la información disponible del SENAMHI de los últimos 5 años. Para estas ciudades se obtuvo un índice de degradación de 210 y 250 respectivamente, concluyéndose que en el país las áreas urbanas no se presentan en zonas con intemperismo severo. Sin embargo se ha dejado abierta en la Norma la posibilidad de que se requiera edificar en zonas con intemperismo severo empleando ladrillo.

## A.8 SUCCION.

Está demostrado que con ladrillos que tienen una succión excesiva no se logra, usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas entre el mortero y el ladrillo. El mortero, debido a la rápida pérdida de parte del agua que es absorbida por el ladrillo, se deforma y endurece no logrando un contacto completo e íntimo con la cara del siguiente ladrillo. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

Se considera que para succiones mayores de 20 gramos por minuto en un área de 200 cm<sup>2</sup> es requisito indispensable que los ladrillos se saturen antes de su uso.

De las pruebas realizadas se ha obtenido los siguientes valores según los tipos de ladrillo:

TIPO	MODULO DE RUPTURA (daN/cm <sup>2</sup> )
I	61
II	66
III	53
IV	No se obtuvo valores
V	38

Al obtenerse valores de succión promedio sustancialmente mayores que el límite indicado, se concluye que es indispensable que todo el ladrillo de arcilla se sature con agua inmediatamente antes de asentarlos, la forma de efectuar esta operación dependerá de la retentividad del mortero a emplearse.

Esta propiedad no está normada como requisito ya que todo el ladrillo investigado excede el límite; sin embargo se incluye la prueba de succión para aquellos ladrillos de arcilla que eventualmente puedan no requerir el tratamiento de saturado con agua.

## A.9 EFLORESCENCIA.

En el contexto de la Norma, la eflorescencia es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando éste es humedecido. La objeción principal a la eflorescencia es su efecto sobre la apariencia de la albañilería; sin embargo puede ocurrir sí las sales que se cristalizan se encuentran en cantidad importante que la presión que estos cristales ejerzan al crecer causen rajaduras y disgregación de la albañilería. Esta posibilidad debe analizarse en el caso en que la muestra sometida al ensayo sea calificada como "eflorescida".

No obstante que esta propiedad no está normada como requisito se recomienda realizarla en los casos en que se trate de acabados de ladrillo visto o cuando la albañilería se encontrará sometida a humedad intensa y constante.

## APENDICE "B"

### EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Teniendo en cuenta que las unidades empleadas en la presente Norma están conforme con la Norma Técnica ITINTEC 821.003 "Sistema Internacional de unidades y recomendaciones par el uso de sus múltiplos y algunas otras unidades" cuyo uso no esta generalizado por la existencia de unidades empleadas tradicionalmente en documentos de estudio y equipos, se hace necesario la inclusión de la tabla de equivalencias siguiente:

### EQUIVALENCIAS DE UNIDADES SI CON UNIDADES TRADICIONALES

Unidades SI	Otras Unidades del SI	Unidades Tradicionales
Pa (pascal) *	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup>	0,10 kgf/m <sup>2</sup>
N (newton) *	1 N = 1 kg m/s <sup>2</sup>	0,10 kgf
100 Pa	1 N/dm <sup>2</sup>	0,10 kgf/dm <sup>2</sup>
10 000 Pa	1 N/cm <sup>2</sup>	0,10 kgf/cm <sup>2</sup>
1 000 000 Pa	1 daN/cm <sup>2</sup> = 10 N/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup>
1 MPa	1 000 000 Pa	10 kgf/cm <sup>2</sup>
1 MPa	100 N/cm <sup>2</sup>	10 kgf/cm <sup>2</sup>
0,1 MPa	10 N/cm <sup>2</sup>	1 kgf/cm <sup>2</sup>

\* Unidades Derivadas SI aprobadas

# NORMAS TÉCNICAS

ITINTEC 331.019

## ORIGEN

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual  
INDECOPI COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

## NORMA TECNICA PERUANA

<b>PERU NORMA TECNICA NACIONAL</b>	<b>ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA Ladrillos de Arcilla usados en Albañilería Requisitos</b>	<b>ITINTEC 331.019 Octubre, 1982</b>
--	--	--

## 1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 331.017 Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos

## 2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece el procedimiento para el muestreo y recepción de los ladrillos de arcilla usados en albañilería.

## 3. DEFINICIONES

3.1 **Partida.-** Es el conjunto de unidades de albañilería que motivan una transacción comercial.

3.2 **Lote.-** Es el subconjunto de ladrillos de la misma forma y tamaño fabricados en condiciones similares de producción.

3.3 **Muestra.-** Es el grupo de ladrillos extraídos al azar del lote con la finalidad de obtener la información necesaria que permite apreciar las características de ese lote.

3.4 **Espécimen.-** Es cada una de las unidades en donde se deben aplicar los métodos de ensayo.

3.5 **Unidades de albañilería.-** Son, para efectos de la presente Norma, las unidades (macizas, perforadas y tubulares), fabricadas para construir muros al disponerlas convenientemente y que deben cumplir los requisitos de durabilidad, resistencia y otros requisitos relacionados con las condiciones de uso y el material que las constituyen.

## 4. INSPECCION Y RECEPCION

**4.1 Muestra.-** Sólo se aceptarán para la realización de ensayos los lotes que satisfagan las condiciones generales indicadas en la Norma de Requisitos. Se escogerán ladrillos enteros que sean representativos del lote del cual fueron seleccionados.

### 4.2 Número de muestras

**4.2.1** Para cada lote de 50 000 ladrillos o fracción se realizará la secuencia “A” de ensayos.

**4.2.2** Para los lotes en exceso de 50 000 ladrillos, se realizará la secuencia “A” para los primeros 50 000 y la secuencia “B” de ensayos, por cada grupo adicional de 100 000 ladrillos o fracción.

**TABLA 1.- Número de muestras**

ENSAYOS	SECUENCIA “A”	SECUENCIA “B”
Dimensiones y alabeo	10	5
Resistencia a la compresión	5	3
Densidad	5	3
Módulo de rotura	5	3
Absorción y absorción máxima	5	3
Succión	5	3
Eflorescencia	10	8

**NOTA.-** Los ensayos de módulo de rotura, succión y eflorescencia no formarán parte de los requerimientos para la clasificación del ladrillo. Es recomendable su ejecución para los fines que se indican en el Apéndice “A” de la Norma Técnica 331.017.

**4.3 Identificación.-** Se marcará cada espécimen de manera que se le pueda identificar en cualquier momento. Las marcas no cubrirán más del 5% de la superficie del espécimen.

**4.4 Recepción.-** Se considera que el lote de ladrillos satisface la presente Norma, si el promedio de los valores resultantes de los ensayos cumplen con la siguiente ecuación:

- Cuando se especifica límite inferior  $X \geq I + \sigma$
- Cuando se especifica límite superior  $X \leq S - \sigma$

donde:

- X** es el promedio de los valores obtenidos en el ensayo.
- I** es el límite inferior dado por la Norma de Requisitos.
- S** es el límite superior dado por la Norma de Requisitos.
- $\sigma$**  es la medida de dispersión (desviación standard).

## 5. ANTECEDENTES

\* 5.1 Proyecto de investigación 3116

“Investigación del ladrillo de arcilla fabricado en el Perú para la elaboración de la Norma Técnica Nacional”.

\* 5.2 ANSI/ASTM C 67-66 Standard methods of sampling and testing brick (Estados Unidos).

\* 5.3 NF P 13-301-74 Briques creuses de terre cuite (Francia).

\* 5.4 Nch 169.Of.73 Ladrillos cerámicos. Clasificación y Requisitos (Chile).

\* 5.5 INEN 292-1977 Ladrillos cerámicos. Muestreo.

\* 5.6 IRAM 12518/55 Ladrillos cerámicos comunes (Argentina). \*

5.7 IRAM 12532/60 Ladrillos cerámicos huecos (Argentina).

\* 5.8 ABNT 648-75 Ladrillos cerámicos nao esmaltados (Brasil). \* 5.9 ICONTEC 451 Ladrillos cerámicos (Colombia).

\* 5.10 BSI 3921-74 Clay bricks and blocks.

\* 5.11 SABS 589-1971 Hollow clay building blocks. \*

5.12 SABS 227-1970 Burn clay masonry units.

# **NORMAS DE UNIDADES**

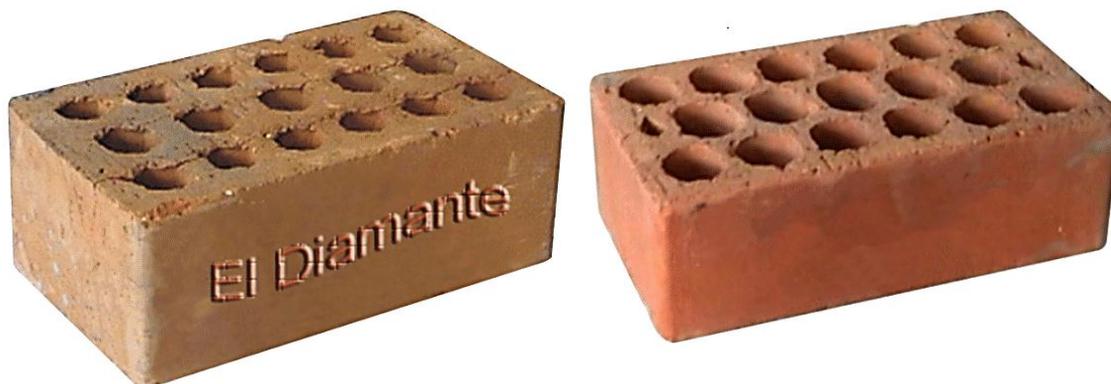
## **NTP 399.613**

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

Descriptores: 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 °C ± 8 °C, con una humedad relativa entre 30 % y 70 %. Las unidades se almacenarán separadas (no apiladas), libres de corrientes de aire, por un periodo de 4 horas como mínimo, 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 °C ± 8 °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 Espécimen 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 HCR, 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  $\text{ó mm}^2$ .

## 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. Pesarse 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.

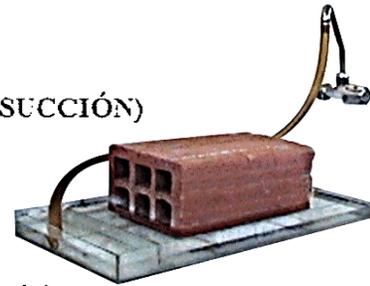
10.4.3.3 **Agrietamiento:** Cuando durante el ensayo se presentan grietas de longitud mayor a la menor dimensión del espécimen.

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 °C ± 2 °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 período 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:

$$X = 200W / LB$$

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  $0,1\text{ g}/\text{min}/200\text{ cm}^2$ .

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 espécimenes 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.

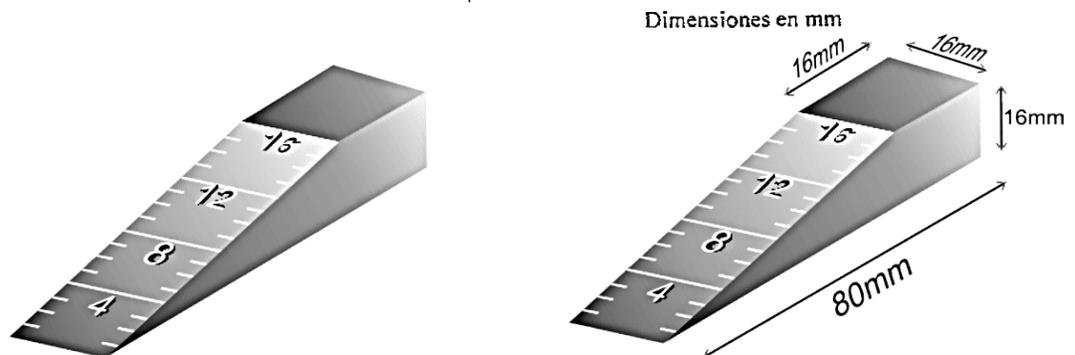


FIGURA 1 – Cuña para medir el alabeo

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

Quando 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.

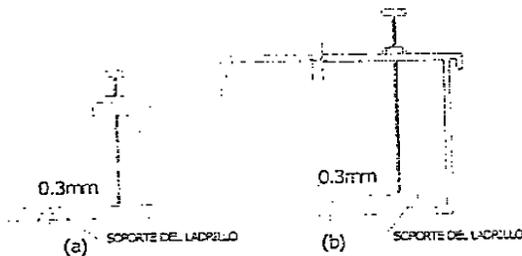


FIGURA 2 – Indicadores del nivel de agua

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  $1\text{min} \pm 1$  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 entrapado 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.

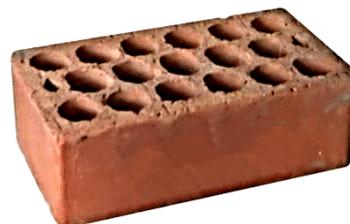
18.1.3 Papel: una hoja de papel con superficie dura no menor de 610 mm x 610 mm.

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**

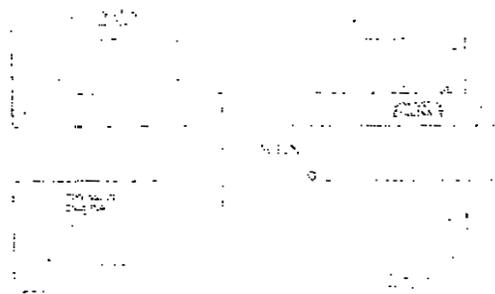
19.1.1 Regla de acero o calibrador: según se describe en el apartado 14.1.

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° 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.

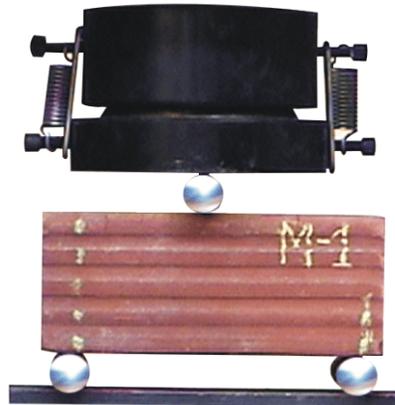


FIGURA 5 - Aplicación de la carga

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:

$$W_a = \frac{nW_d}{A_{fa1} + A_{fa2}} \quad (1)$$

donde:

- $W_a$ : 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.



# **Anexo 08:**

## **Proceso de elaboración de la unidad de albañilería artesanal con escoria de horno eléctrico en la ladrillera Jhossepy**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**

Se realizó el proceso de elaboración de la siguiente manera:

- Se solicitó a la empresa SIDERPERÚ GERDAU la cantidad de 5 Kg. de escoria de horno eléctrico. Luego se procedió a moler manualmente la escoria para tamizarlo por la malla N°100.
- Una vez obtenida la escoria tamizada se procedió a pesar la muestra en cantidades de 150 gr., 300 gr. y 450 gr. para los porcentajes de adición del 5%, 10% y 15% respectivamente. y cada muestra se colocó en una bolsa para luego ser añadida en la elaboración del ladrillo.

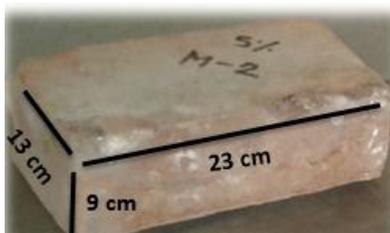


- Se extrajo de los lugares de producción (chacras) en Santa, el material de arcilla y tierras por excavación manual. Así mismo conforme fue extraído, se llevó en camiones transportándolo a la zona donde están ubicados los hornos de cocción.



- Se realizó la premezcla de la tierra arcillosa y arena humedecidas amasando con ayuda de manos y pies hasta lograr su homogeneidad, luego, se dejó la masa reposando hasta el día siguiente para lograr que los terrones más pequeños de arcilla se deshagan y la mezcla sea más consistente adquiriendo la textura requerida para su moldeo. Se retiraron las impurezas de arcilla y tierra como raíces de plantas, restos de arbustos y piedras.

- Al día siguiente se realizó el moldeo del material ya reposado, amasando y añadiendo 0,40 kg. de agua, 1.40 kg. arena fina y la escoria de horno eléctrico de acuerdo a los pesos de las adiciones. Se empleó un molde de



madera llamado gavera; siendo sus dimensiones de 23 cm de largo x 9 cm de ancho x 13 cm de alto. Se empleó arena fina como desmoldante, roseándose al interior del molde para luego introducir la mezcla y posteriormente

realizar su retiro siendo más fácil y rápido

- Una vez ya realizadas las unidades crudas recién desmoldadas, se procedió al secado, en donde fueron llevadas a los tendales, los cuales son espacios abiertos donde se realiza el secado de las unidades, aprovechando la acción natural del sol y el viento. Este proceso se realizó hasta que el ladrillo crudo pierda un 13% de humedad aproximadamente; el cual se realizó en cinco días. A partir del tercer día, las unidades crudas fueron giradas hacia las caras expuestas para un secado homogéneo, raspando las caras que están en contacto con el suelo para evitar que la tierra se adhiera al ladrillo. Para finalizar el proceso, los ladrillos se colocaron apilándose uno encima de otro para su secado final.



- Una vez ya secadas las unidades se acomodaron a lo largo del horno siguiendo la continuidad de la ventana de aireación. Las briquetas de carbón se colocaron en la base del horno, donde primero se colocaron los ladrillos enteros simulando una parrilla y encima se colocaron las briquetas de carbón en tres capas. Debajo de esta parrilla está el canal del malecón donde se colocó la leña para el encendido.
- Así mismo se procedió a la cocción realizada artesanalmente en su totalidad. Primero fue el encendido total de las briquetas, se selló el horno y sólo se dejaron pequeñas aberturas en las esquinas superiores para que se pueda visualizar el avance. Luego se inició el proceso de quemado donde se trata de mantener el fuego encendido para que logre la cocción requerida hasta la parte superior del horno por 5 días.
- Transcurridos los 5 días de cocción, se procedió a la descarga del horno donde las ventanas de ventilación del horno se abrieron poco a poco logrando así que las unidades cocidas se enfríen. El enfriamiento duró 5 días, realizándose por acción de las corrientes de aire, luego se procedió a la descarga de los ladrillos.

- Por último, se realizó la clasificación y despacho en donde los ladrillos son descargados y apilados alrededor del horno, para luego ser clasificados de acuerdo al resultado de la cocción, cumpliendo satisfactoriamente con las características requeridas.

**Tabla N° 28. Materia prima para la fabricación de 1 ladrillo artesanal**

<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CANTIDAD (Kg/ladrillo)</b>
Tierra arcillosa	3,08
Arena fina	1,40
Agua	0,40

De acuerdo al trabajo realizado en campo, se determinaron las cantidades mostradas y se le adicionaron a la mezcla el 5% 10% y 15% de escoria de horno eléctrico con respecto al peso.



# **Anexo 09: Panel Fotográfico**

**DISTRITO: SANTA**

**PROVINCIA: SANTA**

**REGIÓN: ANCASH**

**DICIEMBRE - 2017**



Fotografía 01: Mezcla en reposo, luego de haber sido preparada.



Fotografía 02: Tesista Nayaret Rojas Poemape, realizando el proceso de fabricación de ladrillos añadiendo escoria.



Fotografía 03: Tesista Nayaret Rojas Poémape, mostrando las adiciones de escoria de horno eléctrico según los porcentajes a trabajar



Fotografía 04: Gavera utilizada para la fabricación de los ladrillos



Fotografía 05: Tesista Nayaret Rojas Poémape, adicionando los porcentajes de escoria de horno eléctrico en la mezcla de cada ladrillo.



Fotografía 06: Tesista Nayaret Rojas Poémape, amasando la mezcla del ladrillo junto con la escoria de horno eléctrico según sus porcentajes.



Fotografía 07: Colocando la mezcla del ladrillo en la gavero de un solo golpe



Fotografía 08: Desmolde de ladrillos en los tendales para su respectivo secado



Fotografía 09: Tesista Nayaret Rojas Poémape mostrando los ladrillos realizados, colocados en los tendales para su respectivo secado



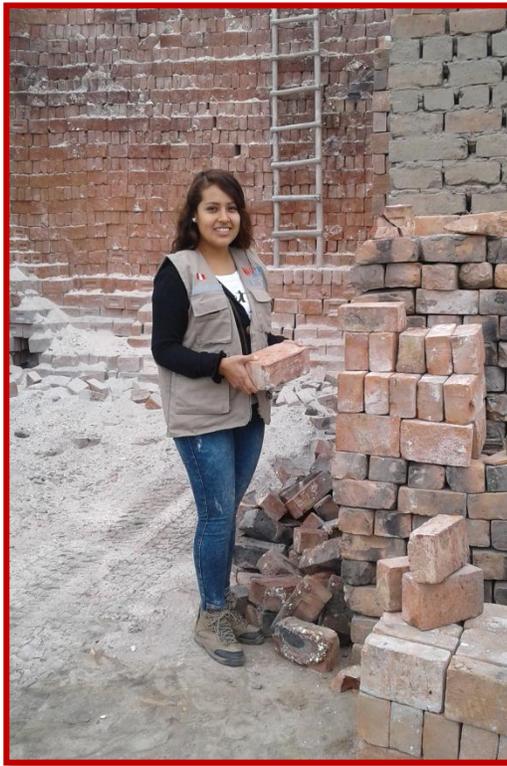
Fotografía 10: Tesista Nayaret Rojas Poémape mostrando los ladrillos realizados, colocados en los tendales para su respectivo secado



Fotografía 11: Acomodo y llenado de los ladrillos al horno



Fotografía 12: Inicio del proceso de quemado de los ladrillos en el horno



Fotografía 13: Tesista Nayaret Rojas Poémape mostrando los ladrillos realizados con escoria de horno eléctrico, después de su cocción



Fotografía 14: Tesista Nayaret Rojas Poémape, seleccionando y marcando cada ladrillo con su porcentaje de adición para su respectivo ensayo



Fotografía 15: Tesista Nayaret Rojas Poémape, realizando el ensayo de Resistencia a la Compresión del ladrillo



Fotografía 16: Muestra del ladrillo con el 5% de escoria de horno eléctrico antes y después de haber sido sometido a fuerza de compresión



Fotografía 17: Muestra del ladrillo con el 10% de escoria de horno eléctrico antes y después de haber sido sometido a fuerza de compresión



Fotografía 18: Muestra del ladrillo con el 15% de escoria de horno eléctrico antes y después de haber sido sometido a fuerza de compresión



Fotografía 19: Tesista Nayaret Rojas Poémape, marcando las muestras del ladrillo patrón y del ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria para realizar el ensayo de Variabilidad Dimensional



Fotografía 20: Tesista Nayaret Rojas Poémape, utilizando el vernier para realizar el ensayo de Variabilidad Dimensional de cada muestra del ladrillo patrón y del ladrillo con el 5%, 10% y 15% de escoria



Fotografía 21: Unidades de albañilería marcadas de acuerdo a sus porcentajes de adición, para realizar el ensayo de absorción



Fotografía 22: Tesista Nayaret Rojas Poémape, pesando las muestras antes de ser sumergidas en agua



Fotografía 23: Tesista Nayaret Rojas Poémape, sumergiendo en agua durante 24 horas a los ladrillos con adición de porcentaje para el ensayo de absorción



Fotografía 24: Tesista Nayaret Rojas Poémape, sacando del lavatorio los ladrillos después de haberlos sumergido en agua durante 24 horas, luego se procedió a secarlos superficialmente con un trapo



Fotografía 25: Unidades de albañilería secadas superficialmente con un trapo y listas para pesarlas



Fotografía 26: Tesista Nayaret Rojas Poémape, pesando y anotando los resultados de cada uno de los ladrillos después de haber sido sumergidos por 24 horas en agua.



Fotografía 27: Tesista Nayaret Rojas Poémape realizando el ensayo de alabeo en las caras del ladrillo con ayuda de una cuña metálica graduada al milímetro y una regla de 30cm



Fotografía 28: Hornos de la ladrillera Jhossepy - Santa



Fotografía 29: Tesista Nayaret Rojas Poémape entregando los folletos de información en la ladrillera Jhossepy



Fotografía 30: Trabajador de la ladrillera Jhossepy firmando la lista de asistencia a la charla.



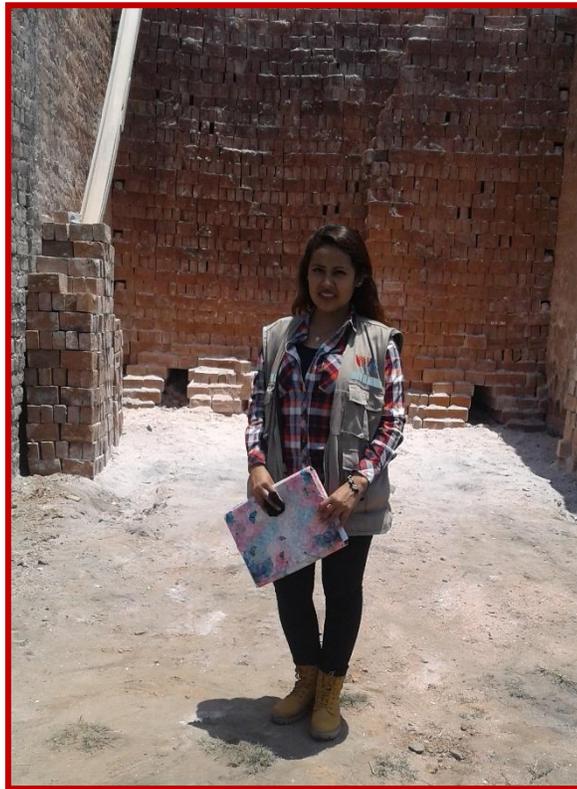
Fotografía 31: Trabajador de la ladrillera Jhossepy mostrando los folletos de información en la charla.



Fotografía 32: Tesista Nayaret Rojas Poémape mostrando los materiales empleados en charla



Fotografía 33: Trabajador de la ladrillera Jhossepy firmando la lista de asistencia a la charla.



Fotografía 34: Tesista Nayaret Rojas Poémape en los hornos de cocción de la ladrillera Jhossepy.