

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
SEDE JAÉN**



**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE
LADRILLOS DE CONCRETO FABRICADOS ARTESANALMENTE EN LA
CIUDAD DE CUTERVO.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

BACHILLER: César Cubas Luna

ASESOR: Mag.Ing. Héctor Pérez Loaiza

JAÉN – CAJAMARCA - PERÚ

2017

COPYRIGHT © 2017 by
CÉSAR CUBAS LUNA
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

Dedico este trabajo al creador por haberme dado la vida y demostrarme su amor infinito.

A mis padres por su apoyo incondicional y por ser forjadores de buenos sentimientos, valores, lo cual me han ayudado a seguir adelante.

A todos mis hermanos porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis educadores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por el conocimiento que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante mi camino, por haberme dado fuerza y valor para seguir adelante.

A mis padres y hermanos quienes siempre han sido mi apoyo fundamental para poder llegar a cumplir mis metas trazadas.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por inculcar el amor al estudio.

Al Mag. Ing. Héctor Pérez Loaiza, por su valiosa guía y asesoramiento durante la elaboración de este proyecto.

A Sheyla por su ayuda, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con ella.

INDICE

Ítem	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE.....	v
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	4
2.1.1. Internacional.....	4
2.1.2. Nacional.....	5
2.1.3. Local.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1. El ladrillo – orígenes y desarrollo.....	6
2.2.2. La industria ladrillera en el Perú.....	7
2.2.3. Clasificación de las unidades de albañilería.....	7
2.2.4. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	11
2.2.5. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	11
2.2.6. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	11
2.2.7. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	12
2.2.8. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	12
2.2.9. Unidad de albañilería.....	13
2.2.10. Características generales. (NORMA E.070).....	13
2.2.11. Clasificación para fines estructurales (NORMA E.070).....	14
2.2.12. Limitaciones en su aplicación (NORMA E.070).....	14
2.2.13. Pruebas (NORMA E.070).....	15
2.2.14. Aceptación de la unidad (NORMA E.070).....	16
2.2.15. Propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.017, 1978).....	17
2.2.16. Métodos de ensayos para determinar las propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.018, 1978).....	18
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	24
CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1. Ubicación geográfica.....	26

3.1.1 Datos geográficos de la localidad en estudio.....	26
3.2. Identificación de ladrilleras y sus muestras.....	27
3.3. Materiales muestras y equipos.....	29
3.4. Procedimiento.....	29
3.4.1. Fase de gabinete.....	29
3.4.2. Trabajo en campo.....	29
3.4.3. Trabajo de laboratorio.....	33
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	46
4.1. Evaluación de Las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo	46
4.1.1. Variación dimensional.....	46
4.1.2. Alabeo.....	52
4.1.3. Absorción.....	54
4.1.4. Absorción máxima.....	55
4.1.5. Coeficiente de saturación.....	58
4.1.6. Peso específico.....	60
4.1.7. Resistencia a la compresión.....	62
4.1.8. Succión.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones	67
5.2. Recomendaciones	69
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS.....	70
ANEXO A: FIGURAS.....	72

RESUMEN

En la ciudad de Cutervo no se cuenta con estudios que garantice la calidad de su uso de ladrillos de concreto para fines estructurales por eso el presente estudio se realiza con el objetivo de Determinar las Propiedades Físico - Mecánicas del ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo, mediante ensayos de laboratorio de variación dimensional, alabeo, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, densidad, resistencia a la compresión y succión; teniéndose como referencia las Normas Técnicas Peruanas, específicamente la Norma E.070 del RNE NTP 331.017, ITINTEC 331.017 que especifican los índices de calidad mínimos de las unidades de albañilería para ser usado en la diversas construcciones.

Los especímenes ensayos fueron de tres ladrilleras representativas de la ciudad L-01(Cerviladrillos El Oscar), L-02(Wilmer Guivar), L-03 (María Pérez) fabricantes de ladrillos artesanales de concreto de igual dimensión (25 x 15 x10cm).

Luego de realizar los ensayos a los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 los resultados obtenidos de las propiedades son los siguientes: variación dimensional en el largo es 0.07%, 0.07% y 0.16%, en el ancho es 0.11%, 0.18% y 0.13% y en el alto es de 5.05%, 4.69% y 5.15%, alabeo 0.80mm, 0.79mm y 0.79mm, absorción 9.77%,9.47% y 9.28%,absorción máxima 14.50%,14.59% y 14.21%,coeficiente de saturación 0.67, 0.65 y 0.65, peso específico 1.93g/cm³, 1.94g/cm³ y 1.94 g/cm³, resistencia a la compresión a la compresión de 52.44kg/cm², 48.25 kg/cm² y 51.59 kg/cm² y finalmente succión de 26.19g, 28.31g y 26.65g respectivamente.

Los resultados a la resistencia característica a compresión (f'_b) Para las ladrilleras L-01, L-02 y L-03 de las unidades, arrojan valores de 52.44 Kg/ cm², 48.25 Kg/cm², 51.59 Kg/cm² respectivamente los cuales clasifican a L-01y L-03 como Ladrillo clase I, en cambio L-02 no clasifican según la Norma E.070 del RNE.

Palabras claves: Ladrillo artesanal de concreto, propiedades físico-mecánicas, resistencia a la compresión, densidad, variación dimensional y alabeo.

ABSTRACT

In the city of Cutervo there are no studies that guarantee the quality of its use of concrete bricks for structural purposes. Therefore, the present study is carried out with the objective of Determining the Physical - Mechanical Properties of concrete bricks manufactured in the city Of Cutervo, through laboratory tests of dimensional variation, warping, absorption, maximum absorption, coefficient of saturation, density, resistance to compression and suction; Having as reference the Peruvian Technical Standards, specifically the Standard E.070 of the RNE NTP 331.017, ITINTEC 331.017 which specify the minimum quality indices of the masonry units to be used in the various constructions.

The test specimens were made by three representative bricks of the city L-01 (Cerviladriillos El Oscar), L-02 (Wilmer Guivar), L-03 (María Pérez) manufacturers of concrete bricks of the same dimension (25 x 15 x 10cm).

After performing the tests on the concrete bricks of L-01, L-02 and L-03 the results obtained from the properties are as follows: dimensional variation in the length is 0.07%, 0.07% and 0.16%, in the Width is 0.11%, 0.18% and 0.13% and in the high is 5.05%, 4.69% and 5.15%, warpage 0.80mm, 0.79mm and 0.79mm, absorption 9.77%, 9.47% and 9.28%, maximum absorption 14.50% 14.59% and 14.21%, saturation coefficient 0.67, 0.65 and 0.65, specific weight 1.93 g / cm³, 1.94 g / cm³ and 1.94 g / cm³, compressive compression strength of 52.44 kg / cm², 48.25 kg / cm² and 51.59 kg / cm² and finally suction of 26.19g, 28.31g and 26.65g respectively.

The results to the characteristic compressive strength (f'_b) For the Bricks L-01, L-02 and L-03 of the units, yield values of 52.44 Kg / cm², 48.25 Kg / cm², 51.59 Kg / cm² respectively Which classify L-01 and L-03 as Class I Bricks, while L-02 do not classify according to RNE Standard E.070.

Key words: Handmade concrete brick, physical-mechanical properties, compressive strength, density, dimensional variation and warping.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En el Perú, gran parte de las empresas dedicadas a esta labor la han realizado de manera artesanal con un inadecuado control del proceso de fabricación, de los equipos y de la materia prima, ocasionando que el producto terminado no posea características y propiedades físico-mecánicas adecuadas.

Las empresas ladrilleras de la ciudad de Cutervo no controlan el proceso de fabricación desde el momento de la extracción del material de cerro, la materia prima no se selecciona ni es sometida a un control granulométrico.

La calidad de los ladrillos siempre ha constituido una preocupación a cuanto profesional participa en la industria de la construcción, debido principalmente a que el ladrillo presenta anomalías como: baja resistencia a compresión, unidades de ladrillo con dimensiones irregulares, superficies no uniformes, etc.

En primer capítulo, se presenta la introducción el cual se describe el contexto y el problema, la justificación, los alcances y los objetivos de la investigación, hipótesis.

En el segundo capítulo, El marco teórico, que incluye los antecedentes teóricos de la investigación; además las bases teóricas que servirán como sustento y por último la definición de términos básicos los cuales constituyen términos relacionados con las variables de la investigación.

En el tercer capítulo se describen las metodologías y se muestran los resultados de: variación dimensional, alabeo, absorción, absorción máxima, coeficiente de saturación, peso específico, resistencia a la compresión y succión.

En el cuarto capítulo se explica y discute los resultados obtenidos, siguiendo la secuencia de los objetivos planteados.

En el quinto capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos en la investigación.

Planteamiento del problema.

En la Ciudad de Cutervo, y en todo el país las construcciones de edificaciones se realizan usando unidades de albañilería, y que muchas veces las unidades usadas son fabricadas de manera artesanal en las mismas regiones, por lo que la mayoría de fábricas ladrilleras artesanales no garantizan los parámetros mínimos de calidad de dichas unidades que se hallan plasmadas en el RNE (Norma E. 070).

Formulación del problema.

¿Los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo cumplen con las propiedades Físico – Mecánicas como exige la norma?

Justificación de la investigación

La investigación se justifica por la necesidad de conocer si los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo, departamento de Cajamarca, cumplen con ciertos estándares y parámetros de calidad estipulados en el RNE (Norma E.070), debido a la gran demanda de dichas unidades por el incremento en el sector construcción, por consiguiente esto ha generado la instalación de distintas empresas ladrilleras, pero no aseguran contar con la capacidad técnica necesaria para producir unidades de ladrillo de concreto y que garanticen parámetros mínimos de calidad; por lo tanto al realizar el siguiente estudio estaremos brindando la información a toda la población de Cutervo y localidades cercanas si dichas unidades cumplen o no cumplen con los estándares de calidad mínimos para ser usados en la construcción formal de sus viviendas.

Los resultados obtenidos servirán para plantear recomendaciones si fuera el caso, y que sirva de base para futuros trabajos de investigación.

Objetivo general

El objetivo principal fue determinar las propiedades Físicas y mecánicas del ladrillo de concreto fabricados en la ciudad de Cutervo.

Objetivos específicos.

Determinar las propiedades físicas como: peso específico, variación dimensional y alabeo de las unidades de ladrillo de concreto, determinar la resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo de concreto y comparar los resultados obtenidos al finalizar el estudio con datos del RNE (Norma E. 070).

Hipótesis.

Los ladrillos de concreto fabricado artesanalmente en la ciudad de Cutervo no cumplen con los valores que exige la normatividad vigente.

Alcances

La presente tesis tiene como fin principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto, elaborado con agregados de la cantera del cerro Ilucán, cemento Quisqueya.

Dar a conocer a los estudiantes de Ingeniería, empresas constructoras, productoras de ladrillos y sociedad en general las propiedades físicas y mecánicas.

Limitaciones

La presente investigación se limita solo a estudiar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto.

El uso de la unidad de albañilería para fines estructurales se limita solamente para la construcción hasta 2 pisos de acuerdo a la norma E.070, por ser un ladrillo solido artesanal y encontrarse en la zona sísmica 3.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Realizada la revisión bibliográfica para la presente investigación, se encontró que existen antecedentes en los siguientes ámbitos:

2.1.1. Internacional

Ortiz Herrera, L. A. (2012), manifiesta que el proceso de fabricación de los ladrillos es manual, no existe un proceso de control ni de calidad estricto, por lo general el personal que participa son los miembros de la familia. La materia prima para la elaboración del ladrillo, es tomada con frecuencia de los cauces de los ríos y arroyos sin ningún control, siendo también aprovechadas las tierras y arcillas de los lugares donde decidan asentarse los ladrilleros, sin importar si se trata de un banco de materiales adecuados, ya que no existe un estudio de impacto ambiental.

Los combustibles empleados con mayor frecuencia a nivel nacional son la madera, aserrín, combustible y aceites gastados, además de diésel, basura doméstica y algunos hornos más modernos emplean gas natural o gas LP. Los hornos utilizados en las principales zonas productoras del país son rudimentarios, con baja eficiencia energética.

El esquema de comercialización de los productores ladrilleros es muy similar en cada uno de los estados de la república mexicana. Los productores que tienen escasez de recursos para comercializar, es decir, que no tienen infraestructura de transporte, contactos con casas constructoras o consumidores finales, ni habilidades empresariales para las ventas, recurren a los intermediarios o “coyotes”.

2.1.2. Nacional.

Aguirre Gaspar, DR. (2004), manifestó que el proceso de elaboración de las unidades en la región Central Junín es totalmente artesanal. En cuanto al alabeo, las unidades de la misma forma clasifican como unidades del tipo IV y V, por lo que se asume que las juntas serán las recomendadas (10 mm @ 15 mm); así mismo, se asume que con estas juntas la resistencia en compresión y corte podrían ser adecuadas.

Según los resultados de resistencia a compresión de las unidades f'_{b} , los valores de las 4 zonas dan un valor promedio de 39.41 kg/cm²; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm² recomendado en la propuesta de norma E.070.2004.

Angles Pari, P.D. (2008), concluye que para fines estructurales, los ladrillos de arcilla clasificaron como tipo V (de alta durabilidad y resistencia) en cambio los ladrillos de concreto clasificaron como tipo IV, debido a que su resistencia a compresión (f'_{b}) no superó la mínima resistencia especificada para clasificar como tipo V. Sin embargo, esto no es condicionante como para que los ladrillos de concreto puedan ser empleados en edificios de pisos en la zona sísmica 3.

2.1.3. Local.

Mego Barboza, A. (2013), en su investigación concluye que Las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos King-Kong del sector Fila Alta no cumplen con lo que establece la norma E-070 del RNE

Los resultados de resistencia a compresión de los ladrillos f'_{cb} , dan un valor promedio de 39,81 kg/cm²; resultado que no se aproxima al mínimo de 50 kg/cm² de la norma E-070.2004.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. El ladrillo – orígenes y desarrollo

El ladrillo constituyó el principal material de la construcción en las antiguas Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los habitantes de Jericó en Palestina fabricaban ladrillos desde hace unos 9000 años. Los constructores sumerios y babilonios levantaron palacios y ciudades amuralladas, con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos, al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con ladrillos, a menudo recubiertos de mármol (Molina, SA; Vizcaíno, AM. y Ramírez, FD.2007).

El ladrillo ya era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones prehispánicas. En regiones secas construían casas de ladrillos de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los mayas y otros pueblos fueron construidas con ladrillos revestidos de piedra. Pero fue en España donde por influencia musulmana, el uso del ladrillo alcanzó más difusión, sobre todo en Castilla, Aragón y Andalucía. El ladrillo industrial, fabricado en enormes cantidades, sigue siendo un material de construcción muy versátil. Existen tres clases: ladrillo de fachada o exteriores, cuando es importante el aspecto; el ladrillo común, hecho de arcilla de calidad inferior destinado a la construcción; y el ladrillo refractario, que resiste temperaturas muy altas y se emplea para fabricar hornos (Molina, SA; Vizcaíno, AM. y Ramírez, FD.2007).

Hasta principios del siglo XIX prácticamente todos los ladrillos se moldeaban a mano y a la manera tradicional, pero del mismo modo que otros sectores fueron mecanizados, los ingenieros y fabricantes se centraron en la búsqueda de sistemas mecánicos para la fabricación de ladrillos con la esperanza de reducir costo e incrementar la producción (Molina, SA; Vizcaíno, AM. y Ramírez, FD.2007).

2.2.2. La industria ladrillera en el Perú

La industria ladrillera formal tiene abiertos dos flancos de lucha; por un lado tiene que espabilarse para hacer frente a los nuevos sistemas constructivos que limitan el uso de sus productos y, por el otro, debe lidiar con que el 27% del mercado opere en la total informalidad. Cada año las empresas informales del sector producen 957.451 toneladas de ladrillos, lo que representa un movimiento aproximado de S/.106 millones, monto del que no se descuentan el Impuesto General a las Ventas, a la renta o utilidades, tributos que sí aportan al fisco las empresas formales. Pero la evasión de impuestos y el subempleo no son las únicas características de la informalidad ladrillera, ya que esta también viene de la mano del incumplimiento de las normas ambientales y de calidad (Mendoza Martínez, S. 2010).

2.2.3. Clasificación de las unidades de albañilería

a. Para fines estructurales

a.1. Unidades solidas o macizas

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería solida maciza, a la unidad 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.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería solida o maciza, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 75% del área bruta en el mismo plano (figura 1).

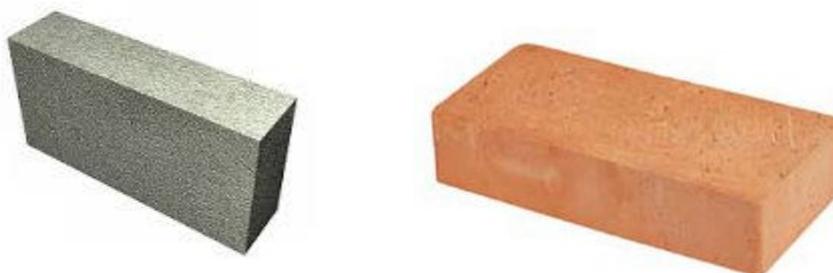


Figura 1. Ladrillos solidos

a.2. Unidades huecas o perforadas

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 70% del área bruta en el mismo plano.

De acuerdo a la NTP 331.017, se denomina unidad de albañilería hueca o perforada, a la unidad cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área menor al 75% del área bruta en el mismo plano (figura 2).

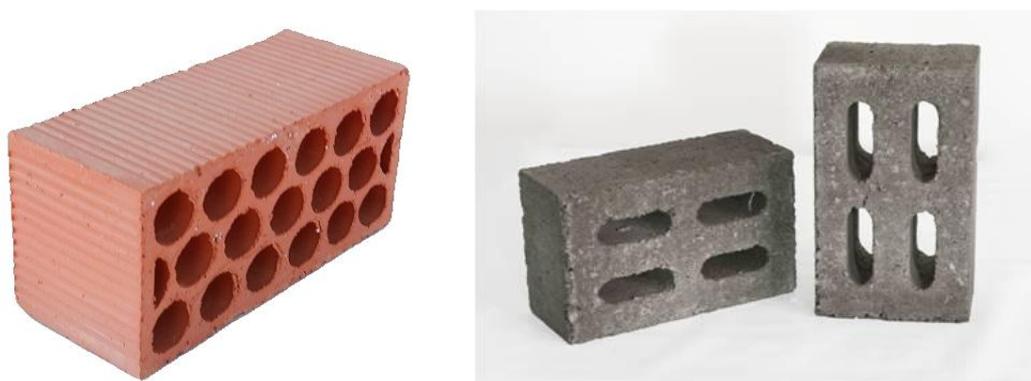


Figura 2. Ladrillos perforados

a.3. Unidades alveolares

De acuerdo a la NTE-070 del RNE, se denomina unidad de albañilería alveolar, a la unidad sólida o hueca con alveolos o celdas de tamaño suficiente como para alojar refuerzo vertical. Estas unidades son empleadas en la construcción de muros armados (figura 3).



Figura 3. Ladrillos alveolares

a.4. Unidades tubulares

La Normativa peruana, tanto la NTE-070 del RNE como la NTP 331.017 coinciden en denominar a la unidad de albañilería tubular o pandereta, a la unidad con huecos paralelos a la superficie de asiento (figura 4).



Figura 4. Ladrillos tubulares

b. De acuerdo a sus propiedades

b.1. Según la NTP 331.017

Los ladrillos se clasifican por resistencia, indicando en su clasificación un número que representa la resistencia a la compresión en MPa. Se tienen 4 tipos, tal como sigue:

Tipo 21: Para uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

Tipo 17: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia al frío y a la penetración de la humedad.

Tipo 14: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

Tipo 10: Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

b.2. Según la NTE.070 del RNE

Aunque el criterio principal es la resistencia a la compresión, esta clasificación incluye otros parámetros como la variación dimensional, la absorción y alabeo. Según esto, se proponen 5 clases denominados con números romanos, siendo el de clase I el de menor calidad y capacidad resistente.

Tipo I: Estos ladrillos tienen una resistencia y durabilidad muy bajas; son aptos para ser empleados bajo condiciones de exigencia mínimas (viviendas de 1 o 2 pisos), evitando el contacto directo con la lluvia o el suelo.

Tipo II: En esta categoría clasifican los ladrillos que tienen baja resistencia y durabilidad; son aptos para usarse en condiciones de servicio moderadas (no deben estar en contacto directo con lluvia, agua o el suelo).

Tipo III: Son ladrillos de mediana resistencia y durabilidad; aptos para ser usados en construcciones sujetas a condiciones de bajo intemperismo.

Tipo IV: Estos ladrillos son de alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio moderado. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio moderado, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

Tipo V: Estos ladrillos son de muy alta resistencia y durabilidad; aptos para ser usados bajo condiciones de servicio rigurosas. Pueden estar sujetos a condiciones de servicio riguroso, en contacto con lluvias intensas, suelo y agua.

2.2.4. Manufactura (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

a) 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, siendo este tipo de ladrillo al cual se centra el estudio.

b) 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.

2.2.5. Tipos de ladrillo (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

a) 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.

b) 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.

c) Ladrillo tubular. Es el ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asiento.

2.2.6. Dimensiones y áreas (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

A) Dimensiones especificadas. Son las dimensiones a las cuales debe conformarse el ladrillo de acuerdo a su designación.

B) Dimensiones. Dimensiones reales que tiene el ladrillo.

Largo. Es la mayor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

Ancho. Es la menor dimensión de la superficie de asiento del ladrillo.

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

C) Área bruta. Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por su ancho.

D) Área neta. Es el área bruta menos el área de los vacíos.

2.2.7. Clasificación (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

El ladrillo se clasifica en cinco tipos de acuerdo a sus propiedades:

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.

2.2.8. Condiciones generales (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

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:

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

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.

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

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

2.2.9. Unidad de albañilería

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 su forma regular y fácil su manejo.

2.2.10. Características generales. (Norma E.070)

- a) Se denomina ladrillo a aquella unidad cuyas dimensiones permitan que pueda ser manipulada con una sola mano; y bloque, a aquella que requiera de ambas manos para su manipulación.
- b) Las unidades de albañilería pueden tener como materia prima a la arcilla, sílice-cal o al concreto.
- c) Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, tubulares o alveolares y pueden 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.

2.2.11. Clasificación para fines estructurales (Norma E.070)

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 ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P ⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP ⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

2.2.12. Limitaciones en su aplicación (Norma E.070)

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

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

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

2.2.13. Pruebas (Norma E.070)

a) Muestreo

Por cada lote compuesto por hasta 50 millares de unidades se seleccionará al azar una muestra de 10 unidades, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones y de alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción.

b) Resistencia a la compresión

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se realizará los ensayos de laboratorio, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 y 339.604.

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

c) Variación dimensional

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

d) Alabeo

Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicada en la Norma NTP 399.613 (figura 05).

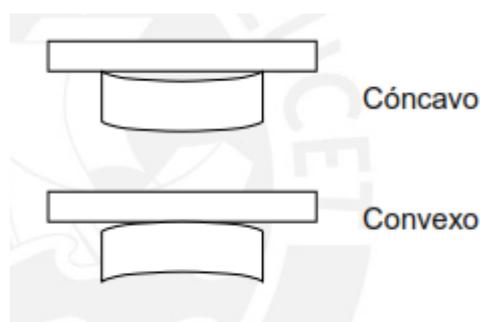


Figura 5. Alabeo cóncavo y convexo

e) Absorción

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.1613.

2.2.14. Aceptación de la unidad (Norma E.070)

- a) Si la muestra presentase más de 20% de dispersión en los resultados (coeficiente de variación), para unidades producidas industrialmente, o 40% para unidades producidas artesanalmente, se ensayara otra muestra y de persistir esa dispersión de resultados, se rechazará el lote.
- b) La absorción de las unidades de arcilla y sílico calcáreas no será mayor que 22%. El bloque de concreto clase, tendrá una absorción no mayor que el 12% de absorción. La a absorción del bloque de concreto NP, no será mayor que 15%.
- c) El espesor mínimo de las caras laterales correspondiente a la superficie de asentado será 25 mm para bloque clase P y 12 mm para bloque clase NP.
- d) La unidad de albañilería no tendrá materiales extrañas en sus superficies o en su interior, tales como guijarros conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea.
- e) La unidad de albañilería de arcilla estará bien cocida, tendrá un color uniforme y no presentara verificaciones. Al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá el sonido metálico.
- f) La unidad de albañilería no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia.
- g) La unidad de albañilería no tendrá manchas o betas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo.

2.2.15. Propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.017, 1978)

A) Geometría: variación 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.

B) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de la albañilería (f'_{cb}) 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'_{cb}), la perfección geométrica del ladrillo.

C) Peso específico

A partir de ensayos realizados se ha establecido que existe una relación estrecha entre el peso específico del ladrillo y sus otras propiedades. Consecuentemente, se ha decidido emplear en la Norma el valor del peso específico 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.

2.2.16. Métodos de ensayos para determinar las propiedades del ladrillo de arcilla (NTP ITINTEC 331.018, 1978)

A) Variación de dimensiones

Aparato

Una regla graduada al milímetro, de preferencia de acero inoxidable, de 300 mm de longitud o un calibrador de mordazas paralelas provistas de una escala graduada entre 10 mm y 300 mm y con divisiones correspondientes a 1 mm.

Muestra

Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019.

Procedimiento

Se mide en cada espécimen el largo, ancho y alto, con la precisión de 1 mm. Cada medida se obtiene como promedio de las cuatro medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.

Expresión de resultados.

Las dimensiones Largo x Ancho x Altura se tomaron como el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes.

Según San Bartolomé A., 2004, la variación dimensional (en porcentaje) de cada arista de la unidad de albañilería se obtendrá como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100 (coeficiente de variación), como se muestra en la ecuación 1. Este tipo de ensayo se efectuó en una muestra representativa de 10 unidades en cada una de las ladrilleras seleccionadas.

$$V(\%) = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

σ = desviación estándar.

x = dimensión promedio.

B) Alabeo

Aparatos

Dos cuñas de acero graduadas a medio milímetro.

Muestra

Estará constituida por ladrillos secos enteros obtenidos según la Norma ITINTEC 331.019. Pueden usarse los mismos ladrillos usados en la determinación de dimensiones.

Procedimiento

Según el alabeo se presenta como concavidad o convexidad, seguir el procedimiento que para cada caso se detalla a continuación en las dos caras mayores del ladrillo.

Medición de concavidad

Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo.

Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima.

Se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido

Medición de convexidad

Se emplea alternativamente uno de los procedimientos siguientes:

Se coloca al borde recto de la regla sea sobre una diagonal o bien sobre dos aristas opuestas de una de las caras mayores de ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida

Expresión de resultados

Se indica el promedio de los valores correspondientes a concavidad y/o convexidad obtenidos en milímetros enteros.

C) Resistencia a la compresión

Aparatos

Máquinas empleadas en el laboratorio para ensayos de compresión, debiendo estar provista para la aplicación de la carga de un rodillo de metal endurecido de asiento esférico y solidario con el cabezal superior de la máquina.

El centro de la superficie del casquete esférico debe coincidir con el centro de la superficie del bloque que se pone en contacto con el espécimen. Dicho bloque se mantiene inmóvil en su asiento esférico, pero puede girar libremente en cualquier dirección. El diámetro de la superficie del bloque de apoyo debe ser como mínimo de 12,5 cm.

Sobre la mordaza inferior, bajo el espécimen, se coloca una plancha metálica de una dureza Rockwell C 60 (número Brinell 620) cuya desviación con respecto a un plano horizontal no sea mayor de 0,03 mm.

Si el área del bloque de apoyo es menor que la cara del espécimen que debe estar en contacto con él, debe intercalarse una plancha de acero que cumpla iguales condiciones de horizontalidad que la descrita en el párrafo anterior y cuyo espesor sea por lo menos igual a un tercio de la distancia entre el punto de contacto del rodillo y la arista más alejada del espécimen.

Muestra

Estará constituida por ladrillos secos. La forma de muestreo está especificada en la Norma ITINTEC 331.019.

Recubrimiento de la muestra

Si las caras del espécimen presentan irregularidades se rellenan con una capa de cemento Portland, que se dejará fraguar 24 horas, antes de aplicar el recubrimiento, por medio de uno de los dos procedimientos que se detallan a continuación.

a) Recubrimiento de yeso

Se cubre ambas caras opuestas del espécimen con solución alcohólica de goma laca, dejándolas secar perfectamente.

Se aplica una capa delgada de pasta de yeso cocido extendiéndola hasta obtener una superficie plana y uniforme.

Se repite el procedimiento en la otra cara del espécimen.

Se comprueba de que ambas caras sean aproximadamente paralelas y se espera por lo menos 2 h, antes de efectuar el ensayo.

b) Recubrimiento con azufre

Se usa una mezcla que contenga 40% a 60% de azufre en polvo (en masa) completándose con arcilla refractaria cocida u otro material inerte apropiado que pasa por el tamiz ITINTEC N° 100 (149 m)

Se usa un recipiente de aproximadamente la misma medida del ladrillo y de 1,25 cm de profundidad.

Se aceita ligeramente el molde y se vierte 0,5 cm de azufre calentado y fluido.

Se coloca inmediatamente sobre el líquido la superficie del ladrillo que se va a recubrir, sosteniendo el espécimen de tal manera que el recubrimiento sea uniforme.

Procedimiento

Se coloca el espécimen con una de sus caras mayores sobre el apoyo de la máquina y se hace descender el vástago solidario al cabezal, maniobrando suavemente la rótula hasta obtener un contacto perfecto sobre la cara superior del espécimen, asegurando que el eje de la misma coincida con el eje longitudinal del espécimen.

Se aplica la carga cuidando que la velocidad del cabezal de la máquina no sea mayor de 1,27 mm/min.

Expresión de resultados

Se calcula la resistencia a compresión con la siguiente ecuación:

$$f'b = \frac{P}{A} \quad (2)$$

En donde:

$f'b$: es la resistencia a la compresión del ladrillo en Kgf/cm².

P: es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en Kg -f.

A: es el promedio de las áreas brutas superior e inferior del espécimen en cm².

Así mismo, para determinar el módulo de elasticidad de la unidad E_b se hará uso de la ecuación 3, según Sahlin (1971), ello con el afán de comparar posteriormente con el módulo de elasticidad de la albañilería.

$$E_b = 300 \cdot f'b \quad (3)$$

Se indica como resistencia a la compresión del lote de ladrillos el promedio de los valores obtenidos para cada muestra en kg-f/cm² enteros.

D) Peso específico

Aparatos

Balanza con capacidad no menor de 2 kg y que permita efectuar pesadas con una precisión de 0,5 g.

Recipiente de agua que pueda contener las muestras completamente sumergidas.

Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Muestra

Estará constituida por ladrillos secos enteros, obtenidos según Norma ITINTEC 331.019.

Procedimiento

Se calientan los especímenes en el horno entre 110°C y 115°C y se pesan luego de enfriarlos a temperatura ambiente. Se repite el tratamiento hasta que no se tenga variaciones en el peso obteniéndose G3.

Para enfriar los especímenes se recomienda colocarlos sin amontonarlos en un espacio abierto con libre circulación de aire, manteniéndolos a temperatura ambiente durante 4 horas.

Se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua destilada hirviendo, disponiéndolo de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 3 h en ebullición.

Se pesa el espécimen sumergido (G 2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido.

Se retira el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa (G 1).

Expresión de resultados

El volumen del espécimen será:

$$V = G1 - G2 \quad (4)$$

En donde:

V: es el volumen (cm³)

G 1: es la masa del espécimen saturado (3 horas de ebullición) (g)

G 2: es la masa del espécimen saturado sumergido (g)

G 3: es la masa del espécimen seco (g)

El peso específico será:

$$D = \frac{G3}{V} \quad (5)$$

En donde:

D: es peso específico del espécimen (g/cm³).

Se indica peso específico al lote de ladrillos del promedio de los valores obtenidos para cada espécimen en g/cm³ con dos decimales.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

A) Albañilería

Material estructural compuesto por “unidades de albañilería” asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (RNE, 2010).

B) Unidad de Albañilería

Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular. (RNE, 2010).

C) Muestra

Una muestra es una parte o una porción de un producto que permite conocer la calidad del mismo. La parte extraída de un conjunto que se considera como una porción representativa de él también recibe el nombre de muestra

D) Peso específico

El peso específico es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen.

E) Succión

Es la velocidad inicial con la que el ladrillo toma agua por capilaridad, medida en gramos de agua absorbidos por cada cm^2 de superficie puesta en contacto con el agua en un minuto.

F) Absorción

Es la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación

Cantidad de agua que absorbe el ladrillo cerámico mediante inmersión total, durante 24 h.

G) Saturación

Se refiere al contenido de agua del ladrillo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la localidad de Cutervo de distrito de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Geográficamente el distrito de Cutervo Limita por el norte con la provincia de Jaén; por el este con el Departamento de Amazonas; por el sur con la provincia de chota y; por el oeste con la Departamento de Lambayeque

La presente investigación se realizó durante los meses de Julio a Octubre del 2016.

3.1.1 Datos geográficos de la localidad en estudio

La tabla 3 presenta los datos geográficos de la localidad de Cutervo.

Tabla 3. Ubicación geográfica de la localidad en estudio.

Localización	
Departamento	Cajamarca
Provincia	Cutervo
Distrito	Cutervo
Localidad	Cutervo
Coordenadas UTM	741365m E;9294200m N
Altitud	2637 m.s.n.m

<https://es.wikipedia.org/wiki/Cutervo>



Figura 6. Imagen satelital de Cutervo.

Fuente: google earth

3.2. Identificación de ladrilleras y sus muestras

Realizada la localización y zonificación de las ladrilleras, se procedió a registrarse. En la tabla 4 se muestra las ladrilleras seleccionadas para el presente estudio.

Tabla 4. Empresas ladrilleras

COD.	LADRILLERA	LOCALIDAD
L-01	OSCAR CHUPICAHUA	CUTERVO
L-02	WILMER GUIVAR	CUTERVO
L-03	MARIA PEREZ	CUTERVO

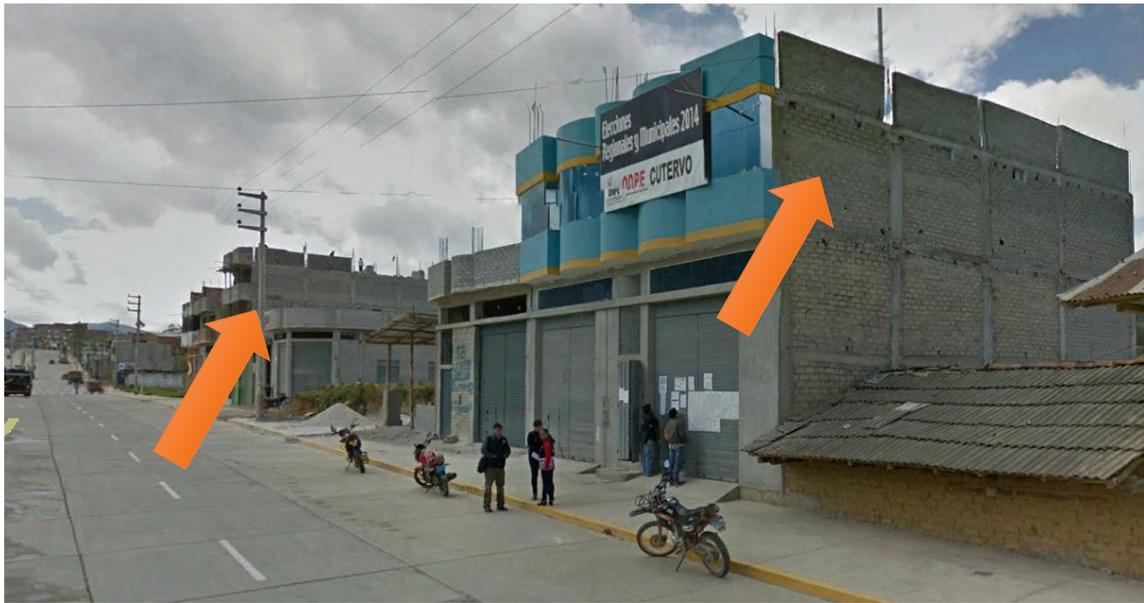


Figura 7. Vista de la utilización de ladrillo de concreto en avenida Salomón Vilches Murga



Figura 8. Imagen utilización de ladrillo de concreto en la construcción de una Vivienda

3.3. Materiales muestras y equipos

- ✓ Ladrillos de concreto.
- ✓ Computadora.
- ✓ Software: Microsoft office (Excel, Word), AutoCAD 2014.
- ✓ Cámara digital.
- ✓ GPS.
- ✓ Regla metálica milimetrada.
- ✓ Máquina de ensayo a la compresión.

3.4. Procedimiento

3.4.1. Fase de gabinete

Con los resultados de los ensayos de las propiedades físico-mecánicas del ladrillo de concreto de la ciudad de Cutervo se procedió a procesar la información obtenida al realizar los ensayos.

3.4.2. Trabajo en campo.

Visita para el reconocimiento y zonificación del lugar, obtener las muestras de unidades de albañilería para el estudio.



Figura 9. Lugar del moldeado de los ladrillos de concreto



Figura 10. Almacenamiento de ladrillos de concreto

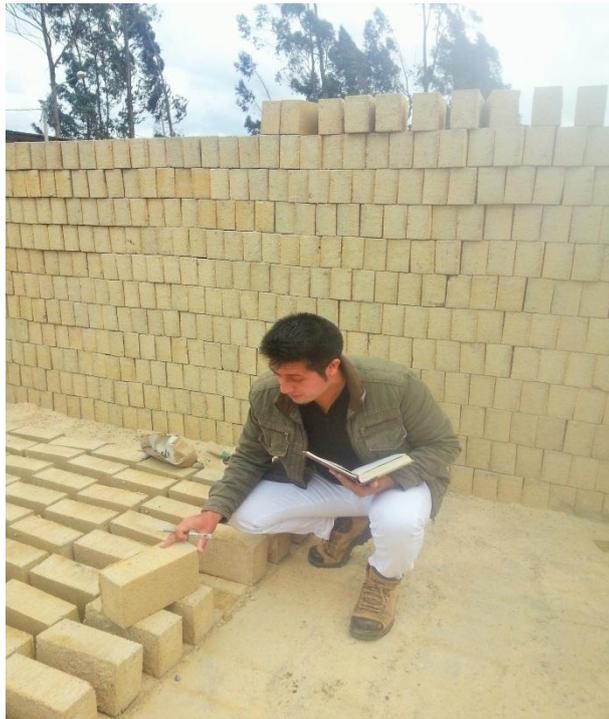


Figura 11. Unidades de ladrillo de concreto.

Se visitó la ladrillera artesanal “CERVILADRILLOS EL OSCAR” la cual produce un ladrillo de concreto de 25 x 15 x 10cm, los fabricantes desconocen las propiedades de sus unidades, su fabricación se debe a la disposición de la materia prima y la necesidad para la construcción de viviendas para la población (figura 12).



Figura 12. Visita a SERVILADRILLOS EL OSCAR.

La ladrillera del señor “WILMER GUIVAR” produce ladrillo artesanal de concreto de las mismas dimensiones de la ladrillera anterior, sus unidades no cuentan con un estudio que garanticen para la construcción (figura 13).



Figura 13. Unidades de ladrillo de concreto de Wilmer Guivar.

En la ladrillera artesanal de concreto de la señora “MARIA PEREZ” produce un ladrillo de 25 x 15 x 10cm, cuya ladrillera tiene mayor producción de la provincia (tabla 5), su fabricación se realiza en tres partes diferentes de la ciudad, sus especímenes son elaborados sin ningún estudio (figura 14,15).

Tabla 5. Producción de ladrillos

Ladrillera	Producción semanal
L-01	5000
L-02	4000
L-03	9000



Figura 14. Fabricación del ladrillo de concreto de María Pérez.



Figura 15. Unidades de ladrillo de concreto de María Pérez.

3.4.3. Trabajo de laboratorio.

Se realizaron los ensayos para la determinación de las propiedades de los ladrillos de concreto que serán utilizados como un material para la construcción en la ciudad, los cuales estarán de acuerdo a normas, los ensayos realizados fueron:

Variación dimensional

Alabeo

Absorción

Absorción máxima

Peso específico

Resistencia a la compresión

Succión

Procedimiento De Ensayos

a. Variación dimensional (Norma ITINTEC 331.018.)

a.1. Materiales

Regla graduada al milímetro.

a.2. Muestra

10 especímenes de ladrillos de concreto secos de cada ladrillera.

a.3. Procedimiento

Consistió en medir con una regla graduada al milímetro, el largo, ancho y alto, a la mitad de las aristas que limita cara cara (figura 16)



Figura 16. Medición de ladrillos para variación dimensional

a.4. Expresión de resultados

Se calculó el promedio el promedio se las 4 medidas de las dimensiones obtenidas de las 10 muestras; se calcula la desviación estándar, para luego calcular la variación dimensional que se expresa en porcentaje.

$$V(\%) = \frac{DE - MP}{DE} \times 100 \quad (6)$$

En donde

V = Variación de dimensión

DE = Dimensiones de fabricación, (mm).

MP = Medida promedio en cada dimensión, (mm).

b. Ensayo de alabeo (NTP 399.613)

b.1. Materiales

02 Regla graduada de acero.

Superficie plana para la colocación la unidad.

b.2. Muestra

Utilizamos 10 ladrillos de concreto para cada fábrica ladrillera.

b.3. Procedimiento

Medición de la concavidad.

Se colocó la regla diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida (figura 17), se escogió la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto y usando la regla graduada de acero se midió esta distancia con una aproximación de 1 mm, y se registró como una distorsión cóncava.



Figura 17. Medición del alabeo cóncavo

Medición de la convexidad.

Se colocó el espécimen con la superficie convexa fue necesario acomodar la regla metálica hasta que los valores de alabeo registrados en los dos extremos fueran iguales. Usando la regla de acero, se midió la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 2 esquinas más desfavorables.

c. Ensayo de absorción (NTP 399.613)

c.1. Materiales

Horno de secado

Balanza

Depósito o recipiente para el agua

c.2. Muestra

Se ensayaron 5 unidades por cada ladrillera de acuerdo a la norma estipulada.

c.3. Procedimiento del ensayo

Los ladrillos se secaron en el horno a una temperatura de 110°C (figura 18) y se pesaron a las 24 horas (figura 19). Se registró el peso reiteradas veces hasta que no haya variaciones.

Se dejó enfriar los especímenes durante 04 horas y luego se introdujo a un embace lleno de agua durante 24 horas (figura 20). Luego se retiraron los

especímenes y se secó el agua superficial con una franela (figura 21) y por último se pesó el espécimen.



Figura 18. Secado de las muestras en horno



Figura 19. Pesado de las unidades de ladrillo



Figura 20. Ladrillos introducidos en agua 24horas



Figura 21. Secado superficial con franela

c.4.Calculo

Se calculó la absorción para cada ladrillo de cada ladrillera mediante la siguiente formula.

$$\text{Absorcion}\% = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (7)$$

Dónde:

W_d = Peso seco del ladrillo (g).

W_s = peso saturado del espécimen, después de 24 horas de sumersión en agua fría (g).

d. Ensayo de absorción máxima (NTP 399.613)

d.1.Muestra

Se utilizaron los mismos especímenes del ensayo de absorción, después de ser sometidos a la prueba de 24 horas de sumersión en agua fría.

d.2.Procedimiento

Este ensayo consistió en sumergir el espécimen en agua limpia (potable), y Calentar hasta el punto de ebullición en una hora, luego se dejó hervir por 5 horas transcurrido este tiempo se pone a enfriar a una temperatura entre 16 °C a 30 °C (figura 22).

Una vez fríos se sacaron de la sumersión y se limpió el agua superficial con un paño y se pesó. Todos los especímenes se pesaron antes de 5 minutos después de retirarlos del agua (figura 23).



Figura 22. Muestra en ebullición 5 horas



Figura 23. Secado superficial y peso después de ebullición

d.3.Cálculo

Se calculó la absorción para cada ladrillo de cada ladrillera mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Absorcion}\% = \frac{W_b - W_d}{W_d} \times 100 \quad (8)$$

Dónde:

W_d = Peso seco del ladrillo (g).

W_b = peso saturado del espécimen, después de 05 horas de sumersión en agua caliente (g).

e. Coeficiente de saturación

Para calcular el coeficiente de saturación se utilizaron los resultados obtenidos en absorción y absorción máxima y se remplazaron en la expresión:

$$\text{Coeficiente de saturación} = \frac{(W_s - W_d)}{(W_b - W_d)} \quad (9)$$

Dónde:

W_d = Peso seco del ladrillo (g).

W_s = peso saturado del espécimen, después de 24 horas de sumersión en agua fría (g).

W_b = peso saturado del espécimen, después de 05 horas de sumersión en agua caliente (g).

f. Peso específico (ITINTEC 331.018)

f.1. Materiales

Balanza

Recipiente grande (utilizamos una tina)

Hilo de pescar

Tubo

Cocina

Olla para hervir el agua

f.2. Muestra

Utilizamos 5 unidades de ladrillo por fabricante.

f.3. Procedimiento

Se pesaron los ladrillos completamente secos (G3). Luego se colocaron los especímenes en un recipiente lleno de agua potable hirviendo, manteniéndolos durante 3h en ebullición (figura 24).

Se dejó enfriar hasta una temperatura entre 16°C a 30°C para luego pesarlos cuando estén sumergidos (G2), equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido (figura 25).

Se retiró el espécimen del recipiente secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesó (G1) (figura 26).



Figura 24. Peso y 3 horas de ebullición de muestras



Figura 25. Peso de espécimen sumergido en suspensión



Figura 26. Secado superficial y peso después de sumersión

f.4. Cálculo

El volumen del ladrillo se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$V = G1 - G2 \quad (10)$$

Dónde:

V = volumen, (cm³).

G1 = masa del espécimen saturado (3 horas de ebullición), (g).

G2 = masa del espécimen saturado sumergido, (g).

El peso específico será:

$$D = \frac{G3}{V} \quad (11)$$

Dónde:

D = es peso específico del espécimen, (gr/cm³).

G3 = es la masa del espécimen seco, (g).

V = volumen, (cm³).

g. Resistencia a la compresión (NTP 399.613)

g.1. Equipo

Prensa para rotura de especímenes de concreto.

g.2. Muestra

05 unidades de ladrillos de concreto por cada una de las ladrilleras.

g.3. Refrentado con yeso

Se aplicó una capa delgada de pasta de cemento: yeso (1:4), extendiéndolo por las dos caras de contacto hasta obtener una superficie plana y nivelada. Luego se esperó que seicara para proseguir con el ensayo (figura 27).



Figura 27. Refrentado con yeso las caras de contacto

g.4.Procedimiento

Se midió el ancho y el largo del espécimen para calcular el área (figura 28).

Luego se llevó el espécimen a la máquina de compresión, el ladrillo se colocó entre dos placas de acero para que la carga aplicada se distribuya uniformemente en el área de contacto. Registrándose la carga que hace fallar el espécimen (figura 29).



Figura 28. Medida del espécimen para el ensayo a la compresión



Figura 29. Especimen en la máquina de compresión

g.4.Calculo

Se calcula la resistencia a la compresión de cada espécimen con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{W}{A} \quad (12)$$

Dónde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (Kg/cm²).

W = Máxima carga, indicada por la máquina de ensayo (Kg).

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, (cm²).

Luego se calculó la desviación estándar para encontrar la resistencia característica de la muestra con las siguientes expresiones.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(C_i - C)^2}{n - 1}} \quad (13)$$

$$f'b = C - \sigma \quad (14)$$

Dónde:

σ = Desviación estándar

C_i = Resistencia a la compresión de cada espécimen, (kg/cm²)

C = Resistencia a la compresión promedio de la muestra, (kg/cm²),

n = número de ladrillos ensayados

h. Ensayo de succión (NTP 399.613)

h.1.Materiales y equipos

- ✓ Horno de secado
- ✓ Bandeja para agua, de superficie plana.
- ✓ Soportes de ladrillo (02 barras de acero de 20 cm)
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Cronómetro

h.2.Muestra

Se ensayaron 05 ladrillos de concreto de cada ladrillera.

h.3.Procedimiento

Para realizar el ensayo se pesaron las unidades secas.

Se toman medidas con precisión milimétrica del largo y ancho de las caras de las unidades que estuvieron en contacto con el agua (figura 30).

Se marcó 01 cm de la parte inferior del ladrillo para entrar en contacto con el agua (figura 31).

En la bandeja nivelada con agua se colocaron las muestras en las barras de apoyo hasta el nivel marcado y se tomó el tiempo de 1 min en contacto con

el agua, luego de esto se retiró, se secó superficialmente la parte mojada y finalmente se pesó (figura 32).



Figura 30. Medidas de las unidades ensayadas a succión



Figura 31. Parte del ladrillo en contacto con el agua



Figura 32. Peso del espécimen después de 1 min sumergido

h.3.Cálculo

El área de contacto de la muestra es mayor a 200 cm², por lo tanto el ensayo se tiene que corregir con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{200W}{LB} \quad (15)$$

Dónde:

W = Diferencia de pesos del espécimen, (g).

L = Largo promedio de la superficie de contacto, (cm).

B = Ancho promedio de la superficie de contacto, (cm).

S = Succión Normalizada en 200 cm²

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Evaluación de Las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de concreto fabricados artesanalmente en la ciudad de Cutervo

4.1.1. Variación dimensional

Se toma el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes para el cálculo de la variación dimensional.

En la tabla 6 se presentan los resultados de variación dimensional respecto a las dimensiones de fabricación de los ladrillos de concreto, las variaciones dimensionales promedio de la L-01 son, para el largo, ancho y alto de 0.16mm o 0.07%, 0.26mm o 0.11% y 5.08mm o 5.05% respectivamente.

Tabla 6. Variación dimensional de los ladrillos de la ladrillera 01

Esp.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)
O-01	250.38	0.38	0.15	150.00	0.00	0.00	94.63	5.38	5.38
O-02	250.13	0.13	0.05	149.75	0.25	0.10	94.25	5.75	5.75
O-03	249.75	0.25	0.10	150.38	0.38	0.15	95.50	4.50	4.50
O-04	250.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	96.00	4.00	4.00
O-05	250.13	0.13	0.05	149.75	0.25	0.10	94.50	5.50	5.50
O-06	249.75	0.25	0.10	150.13	0.13	0.05	94.50	5.50	5.50
O-07	250.00	0.00	0.00	149.25	0.75	0.30	95.50	4.50	4.50
O-08	249.88	0.13	0.05	149.50	0.50	0.20	94.88	5.13	5.13
O-09	249.88	0.13	0.05	150.00	0.00	0.00	94.75	5.25	5.25
O-10	249.75	0.25	0.10	149.63	0.38	0.15	95.00	5.00	5.00
Prom.	249.96	0.16	0.07	149.84	0.26	0.11	94.95	5.05	5.05

Se toma el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes para el cálculo de la variación dimensional.

En la tabla 7 se presentan los resultados de variación dimensional respecto a las dimensiones de fabricación de los ladrillos de concreto, las variaciones dimensionales promedio de la L-02 son para el largo, ancho y alto de 0.18mm o 0.07%, 0.26mm o 0.18% y 4.69mm o 4.69 respectivamente.

Tabla 7. Variación dimensional de los ladrillos de la ladrillera 02

Esp.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)
W-01	250.00	0.00	0.00	149.63	0.38	0.25	95.75	4.25	4.25
W-02	249.88	0.13	0.05	149.25	0.75	0.50	95.38	4.63	4.63
W-03	249.88	0.13	0.05	149.75	0.25	0.17	95.00	5.00	5.00
W-04	250.38	0.38	0.15	149.75	0.25	0.17	95.88	4.13	4.13
W-05	250.13	0.13	0.05	149.88	0.13	0.08	95.50	4.50	4.50
W-06	250.13	0.13	0.05	149.50	0.50	0.33	93.63	6.38	6.38
W-07	250.25	0.25	0.10	150.13	0.13	0.08	95.75	4.25	4.25
W-08	250.00	0.00	0.00	149.88	0.13	0.08	95.38	4.63	4.63
W-09	250.38	0.38	0.15	149.88	0.13	0.08	95.38	4.63	4.63
W-10	249.75	0.25	0.10	150.00	0.00	0.00	95.50	4.50	4.50
Prom.	250.08	0.18	0.07	149.76	0.26	0.18	95.31	4.69	4.69

Se toma el promedio de 4 medidas (en milímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes para el cálculo de la variación dimensional.

En la tabla 8 se presentan los resultados de variación dimensional respecto a las dimensiones de fabricación de los ladrillos de concreto, las variaciones dimensionales promedio de la L 03 son para el largo, ancho y alto de 0.39mm o 0.16%, 0.19mm o 0.13% y 5.15mm o 5.15% respectivamente.

Tabla 8. Variación dimensional de los ladrillos de la ladrillera 03

Esp.	Largo (mm)			Ancho (mm)			Alto (mm)		
	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)	prom	var.(mm)	var. (%)
M-01	249.63	0.38	0.15	149.38	0.63	0.42	96.50	3.50	3.50
M-02	250.63	0.63	0.25	149.88	0.13	0.08	93.75	6.25	6.25
M-03	250.13	0.13	0.05	149.38	0.63	0.42	95.00	5.00	5.00
M-04	249.88	0.13	0.05	150.00	0.00	0.00	95.00	5.00	5.00
M-05	250.00	0.00	0.00	150.13	0.13	0.08	93.88	6.13	6.13
M-06	250.75	0.75	0.30	150.00	0.00	0.00	94.75	5.25	5.25
M-07	250.38	0.38	0.15	149.63	0.38	0.25	96.13	3.88	3.88
M-08	249.38	0.63	0.25	150.00	0.00	0.00	94.50	5.50	5.50
M-09	250.63	0.63	0.25	150.00	0.00	0.00	94.75	5.25	5.25
M-10	249.75	0.25	0.10	150.00	0.00	0.00	94.25	5.75	5.75
Prom.	250.11	0.39	0.16	149.84	0.19	0.13	94.85	5.15	5.15

Figura 33 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en milímetros de las variaciones dimensionales para los ladrillos de concreto de la L-01 con los rangos máximos que establece la NTP 331.017.

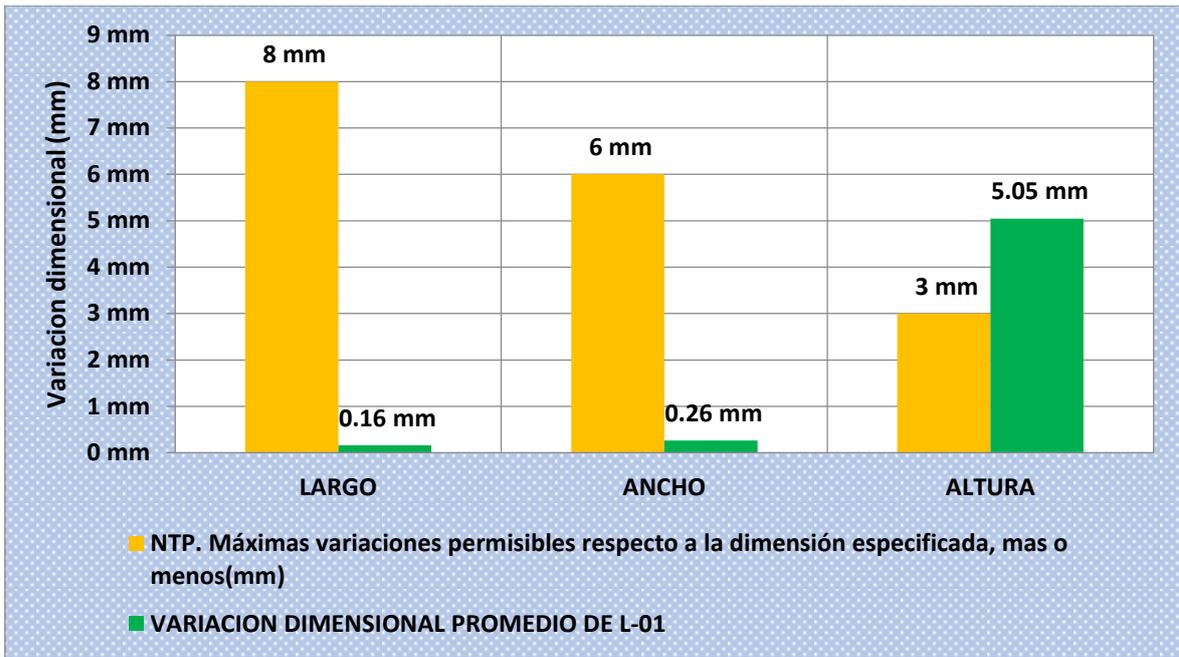


Figura 33. Variación dimensional de la L-01 y de la NTP 331.017.

Figura 34 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en milímetros de las variaciones dimensionales para los ladrillos de concreto de la L-02 con los rangos máximos que establece la NTP 331.017.

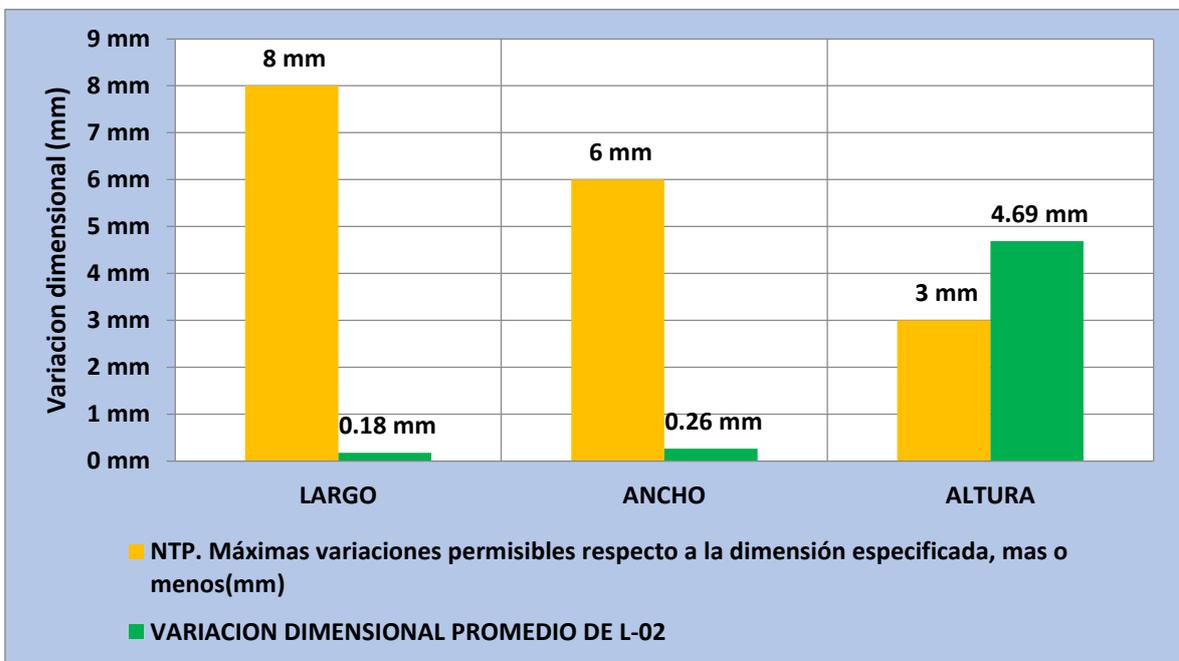


Figura 34. Variación dimensional de la L-02 y de la NTP 331.017.

Figura 35 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en milímetros de las variaciones dimensionales para los ladrillos de concreto de la L-03 con los rangos máximos que establece la NTP 331.017.



Figura 35. Variación dimensional de la L-03 y de la NTP 331.017.

En las figuras 33, 34 y 35 las variaciones promedio de las medidas de los ladrillos de concreto de L-01, L-02 y L-03 en el largo y ancho sus dimensiones están por debajo del rango permisible por la NTP 331.017, en cambio en la altura no cumple con la NTP 331.017, por lo tanto no clasifica.

En las figuras 36, 37 y 38 se muestran las comparaciones de los promedios obtenidos en porcentajes de las variaciones dimensionales para las L-01, L-02 y L-03 y los rangos máximos que establece la NTE.070 según el tipo de ladrillo.

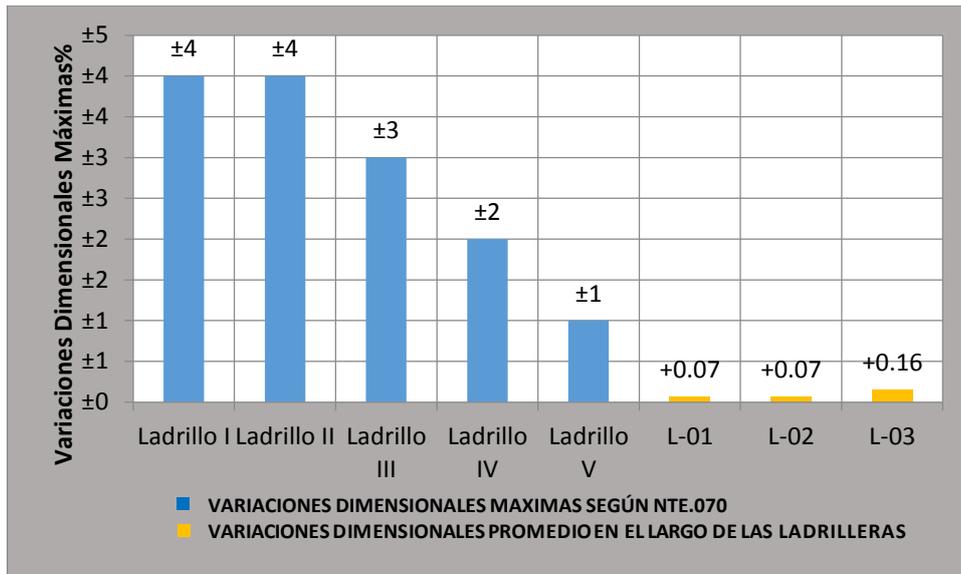


Figura 36. Variación dimensional en el largo de las ladrilleras y de la NTE.070

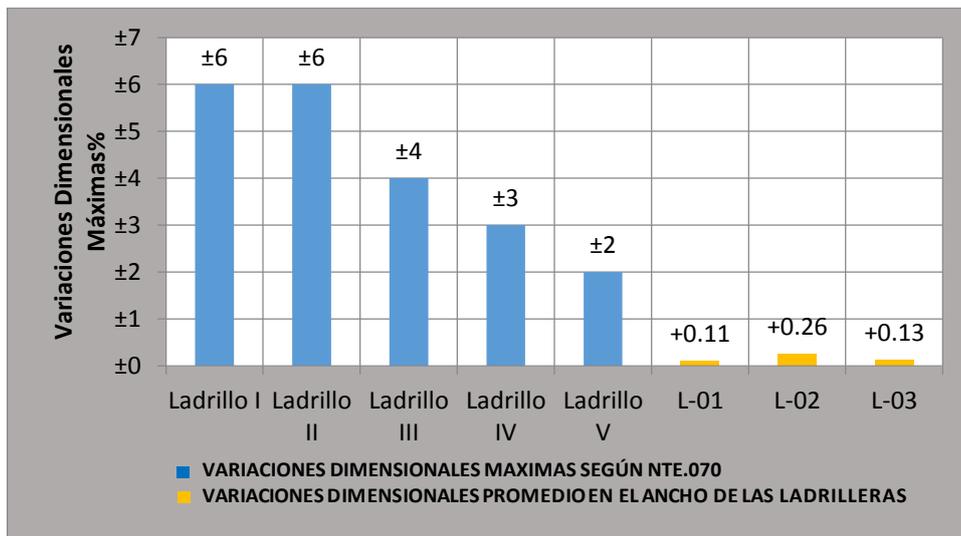


Figura 37. Variación dimensional en el ancho de las ladrilleras y de la NTE.070

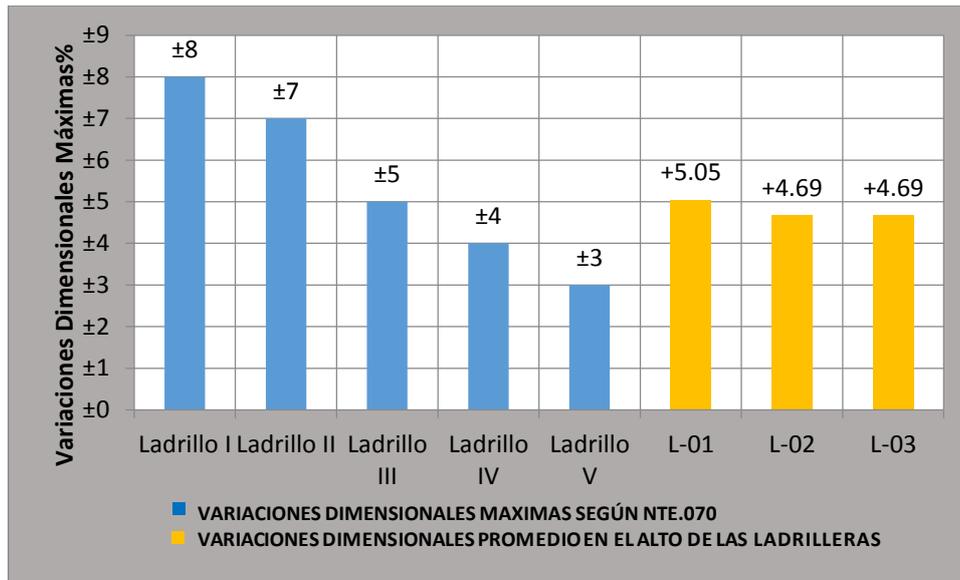


Figura 38. Variación dimensional en el alto de las ladrilleras y de la NTE.070

En las figuras 36, 37 y 38 el porcentaje promedio de variación dimensional para los ladrillos de concreto de la L-01 en el largo ,ancho y alto están por debajo del porcentaje máximo permisible para el ladrillo tipo II, la variación dimensional en porcentaje promedio para los ladrillos de concreto de la L-02 en el largo ,ancho y alto están por debajo del porcentaje máximo permisible para el ladrillo tipo III y la variación dimensional en porcentaje promedio para los ladrillos de concreto de la L-03 en sus dimensiones están por debajo del porcentaje máximo permisible para el ladrillo tipo III; por lo tanto con esta propiedad los ladrillos de la L-01 clasifican como tipo II y los ladrillos de las L-02, L-03 clasifican como tipo III.

4.1.2. Alabeo

En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos en las medidas de alabeo para los ladrillos de concreto de la L-01, por concavidad promedio es de 0.15mm y por convexidad es de 0.80mm.

Tabla 9. Alabeo de la ladrillera 01.

Especímen	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	CC	CV	CC	CV
O-01	0.00	0.00	0.00	1.50
O-02	0.00	0.00	0.00	2.00
O-03	0.00	0.00	0.00	2.00
O-04	0.00	0.00	1.50	0.00
O-05	0.00	0.00	0.00	2.00
O-06	0.00	0.00	0.00	2.00
O-07	0.50	0.00	0.00	2.50
O-08	0.00	0.00	0.00	2.00
O-09	0.00	0.00	1.00	0.00
O-10	0.00	0.00	0.00	2.00
Promedio	Cóncavo		0.15 mm	
	Convexo		0.80 mm	

En la tabla 10 se presentan los resultados obtenidos en las medidas de alabeo para los ladrillos de concreto de la L-02, por concavidad promedio es de 0.485mm y por convexidad es de 0.793mm.

Tabla 10. Alabeo de la ladrillera 02.

Especímen	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	CC	CV	CC	CV
W-01	1.50	0.00	3.00	0.00
W-02	0.00	0.00	0.00	2.50
W-03	1.00	0.00	0.00	1.50
W-04	0.00	0.00	0.00	0.00
W-05	0.00	0.00	0.00	2.00
W-06	1.00	0.00	0.00	2.00
W-07	0.00	0.00	0.00	2.85
W-08	0.70	0.00	0.00	1.00
W-09	1.50	0.00	0.00	1.50
W-10	1.00	0.00	0.00	2.50
Promedio	Cóncavo		0.49 mm	
	Convexo		0.79 mm	

En la tabla 11 se presentan los resultados obtenidos en las medidas de alabeo para los ladrillos de concreto de la L-03, por concavidad promedio es de 0.250mm y por convexidad es de 0.785mm.

Tabla 11. Alabeo de la ladrillera 03.

Especimen	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	CC	CV	CC	CV
M-01	1.00	0.00	0.00	1.00
M-02	0.00	0.00	0.00	2.85
M-03	0.00	0.00	0.00	2.20
M-04	0.00	0.00	0.00	0.00
M-05	2.00	0.00	0.00	2.50
M-06	0.00	0.00	0.00	1.65
M-07	1.00	0.00	0.00	2.50
M-08	0.00	0.00	0.00	0.00
M-09	0.00	0.00	0.00	0.00
M-10	1.00	0.00	0.00	3.00
Promedio	Cóncavo		0.25 mm	
	Convexo		0.79 mm	

Figura 39 se comparan los promedios más desfavorables obtenidos en el alabeo de cada muestra con los valores máximos que establece la NTE.070 del RNE según el tipo de ladrillo.

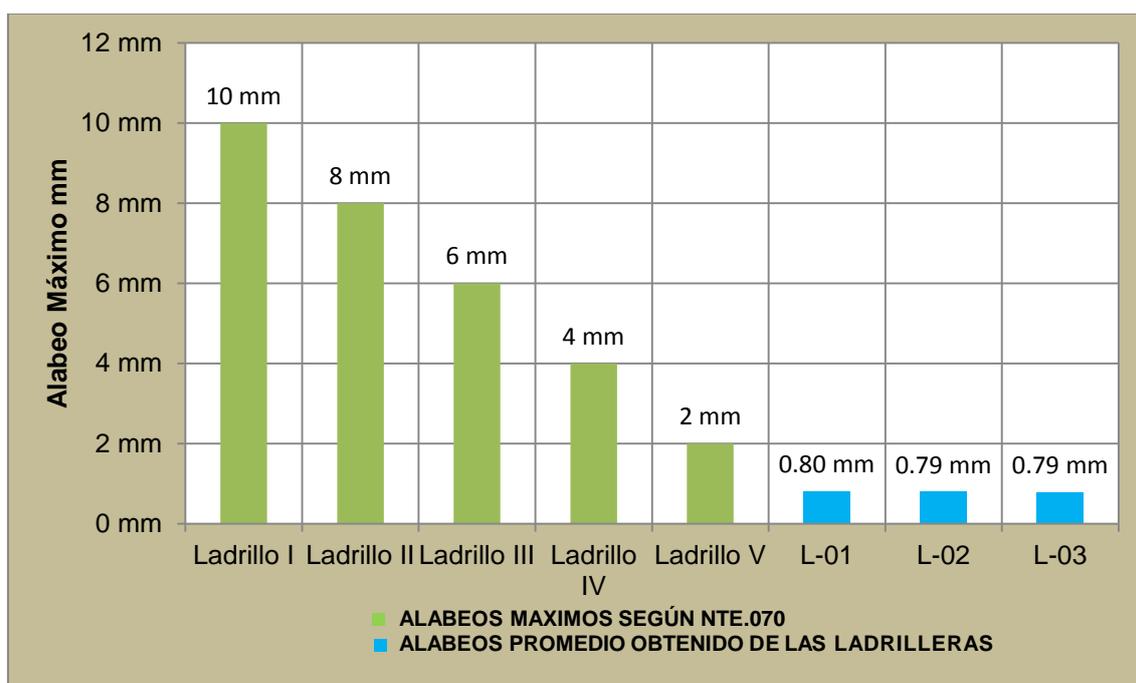


Figura 39. Alabeos de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la NTE.070.

Como se puede apreciar en la figura 39 los promedios más desfavorables del alabeo de la L-01 es 0.80mm, L-02 es 0.79mm y L-03 es 0.79mm, estos se clasifican como Ladrillo V debido que su alabeo máximo esta por debajo de lo establecido por la Norma RNE E.070 el cual es 2mm para un ladrillo V.

4.1.3. Absorción

En la tabla 12 Se presentan los resultados de absorción para los ladrillos de concreto de la L-01; siendo 9.77 % la absorción promedio.

Tabla 12. Absorción de la ladrillera 01.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
O-Abs.01	6725.00	7395.00	9.96
O-Abs.02	6575.00	7220.00	9.81
O-Abs.03	6930.00	7585.00	9.45
O-Abs.04	6615.00	7255.00	9.67
O-Abs.05	6590.00	7245.00	9.94
PROMEDIO (%)			9.77

En la tabla 13 Se presentan los resultados de absorción para los ladrillos de concreto de la L-02; siendo 9.47 % la absorción promedio.

Tabla 13. Absorción de la ladrillera 02.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
W-Abs.01	6850.00	7470.00	9.05
W-Abs.02	6865.00	7530.00	9.69
W-Abs.03	6435.00	7070.00	9.87
W-Abs.04	6870.00	7525.00	9.53
W-Abs.05	6830.00	7460.00	9.22
PROMEDIO (%)			9.47

En la tabla 14 Se presentan los resultados de absorción para los ladrillos de concreto de la L-03; siendo 9.28 % la absorción promedio.

Tabla 14. Absorción de la ladrillera 03.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
M-Abs.01	6960.00	7595.00	9.12
M-Abs.02	7030.00	7675.00	9.17
M-Abs.03	6890.00	7530.00	9.29
M-Abs.04	6775.00	7420.00	9.52
M-Abs.05	6822.00	7455.00	9.28
PROMEDIO (%)			9.28

4.1.4. Absorción máxima

En la tabla 15 se presentan los resultados de absorción máxima para los ladrillos de concreto de la L-01; siendo 14.50% la Absorción máxima promedio.

Tabla 15. Absorción máxima de la ladrillera 01.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
O-Abs.01	6725.00	7690.00	14.35
O-Abs.02	6575.00	7540.00	14.68
O-Abs.03	6930.00	7910.00	14.14
O-Abs.04	6615.00	7585.00	14.66
O-Abs.05	6590.00	7556.00	14.66
PROMEDIO (%)			14.50

En la tabla 16 se presentan los resultados de absorción máxima para los ladrillos de concreto de la L-02; siendo 14.59% la Absorción máxima promedio.

Tabla 16. Absorción máxima de la ladrillera 02.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
W-Abs.01	6850.00	7790.00	13.72
W-Abs.02	6865.00	7890.00	14.93
W-Abs.03	6435.00	7415.00	15.23
W-Abs.04	6870.00	7875.00	14.63
W-Abs.05	6830.00	7815.00	14.42
PROMEDIO (%)			14.59

En la tabla 17 se presentan los resultados de absorción máxima para los ladrillos de concreto de la L-03; siendo 14.21% la Absorción máxima promedio.

Tabla 17. Absorción máxima de la ladrillera 03.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Absorción (%)
M-Abs.01	6960.00	7940.00	14.08
M-Abs.02	7030.00	7975.00	13.44
M-Abs.03	6890.00	7885.00	14.44
M-Abs.04	6775.00	7760.00	14.54
M-Abs.05	6822.00	7815.00	14.56
PROMEDIO (%)			14.21

En las figuras 40 y 41 se comparan los resultados promedio obtenidos en el ensayo de absorción máxima de cada ladrillera con los valores máximos que establece la Norma NTP331.017 e ITINTEC331.017.

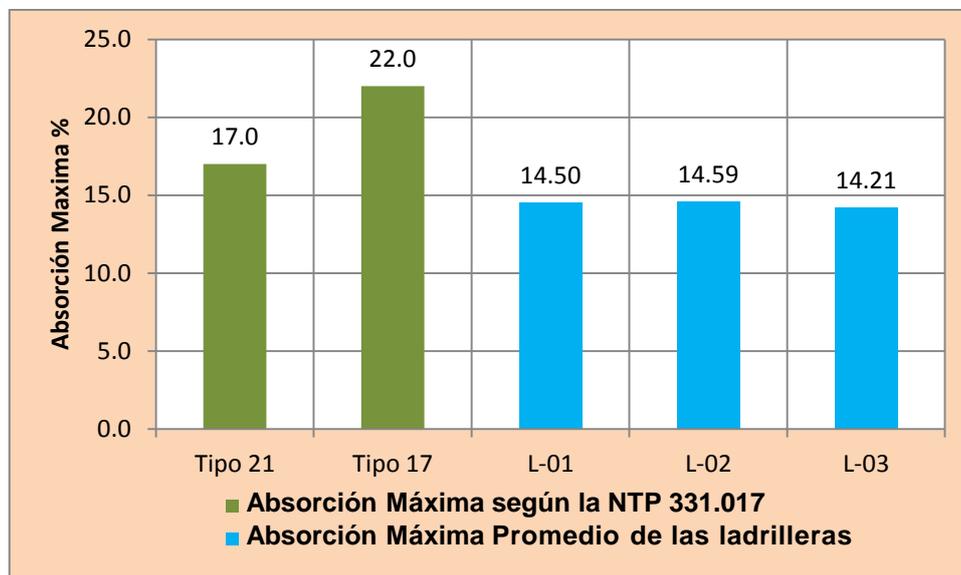


Figura 40. Absorción máxima de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la Norma NTP331.017

Se puede observar en la figura 40 el valor promedio de absorción máxima para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 está por debajo del máximo valor permisible para un ladrillo tipo 21, que establece la Norma NTP 331.017.

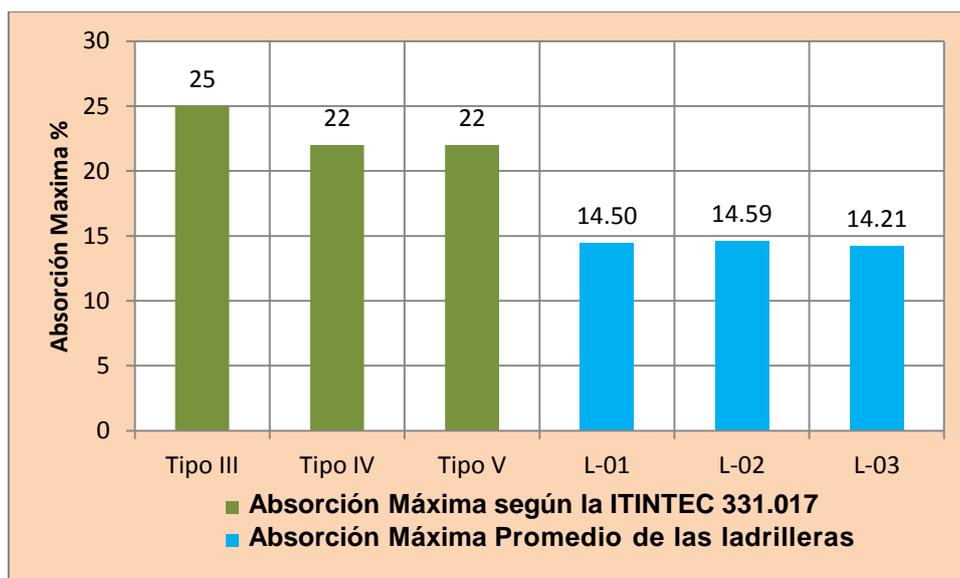


Figura 41. Absorción máxima de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la Norma ITINTEC331.017.

Se puede observar en la figura 41 el valor promedio de absorción máxima para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 está por debajo del máximo valor permisible para un ladrillo tipo V, que establece la Norma ITINTEC 331.017.

4.1.5. Coeficiente de saturación

En la tabla 18 se presentan los resultados de coeficiente de saturación de ladrillos de concreto de la L-01; siendo 0.67 el promedio.

Tabla 18. Coeficiente de saturación de la ladrillera 01.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g) des. de 24h	P. Saturado (g) des. de 5h	Coeficiente de Saturación
O-Abs.01	6725.00	7395.00	7690.00	0.69
O-Abs.02	6575.00	7220.00	7540.00	0.67
O-Abs.03	6930.00	7585.00	7910.00	0.67
O-Abs.04	6615.00	7255.00	7585.00	0.66
O-Abs.05	6590.00	7245.00	7556.00	0.68
PROMEDIO				0.67

En la tabla 19 se presentan los resultados de coeficiente de saturación de ladrillos de concreto de la L-02; siendo 0.65 el promedio.

Tabla 19. Coeficiente de saturación de la ladrillera 02.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g) des. de 24h	P. Saturado (g) des. de 5h	Coeficiente de Saturación
W-Abs.01	6850.00	7470.00	7790.00	0.66
W-Abs.02	6865.00	7530.00	7890.00	0.65
W-Abs.03	6435.00	7070.00	7415.00	0.65
W-Abs.04	6870.00	7525.00	7875.00	0.65
W-Abs.05	6830.00	7460.00	7815.00	0.64
PROMEDIO				0.65

En la tabla 20 se presentan los resultados de coeficiente de saturación de ladrillos de concreto de la L-03; siendo 0.65 el promedio.

Tabla 20. Coeficiente de saturación de la ladrillera 03.

Espécimen	Peso Seco (g)	P. Saturado (g) des. de 24h	P. Saturado (g) des. de 5h	Coeficiente de Saturación
M-Abs.01	6960.00	7595.00	7940.00	0.65
M-Abs.02	7030.00	7675.00	7975.00	0.68
M-Abs.03	6890.00	7530.00	7885.00	0.64
M-Abs.04	6775.00	7420.00	7760.00	0.65
M-Abs.05	6822.00	7455.00	7815.00	0.64
PROMEDIO				0.65

En las figuras 42 y 43 se comparan los resultados promedio del coeficiente de saturaciones obtenidas de cada ladrillera con los valores máximos que establece la Norma NTP331.017 y la Norma INTTEC331.017.

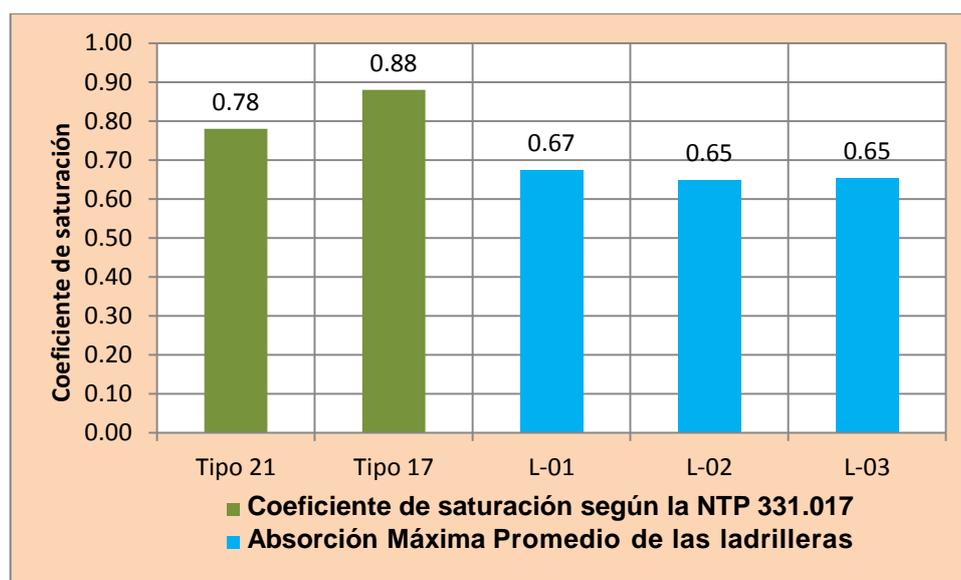


Figura 42. Coeficiente de saturación de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la Norma NTP 331.017.

Se observa en la figura 42 el valor promedio del coeficiente de saturación para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 está por debajo del máximo valor permisible para un ladrillo tipo 21, que establece la Norma NTP 331.017.

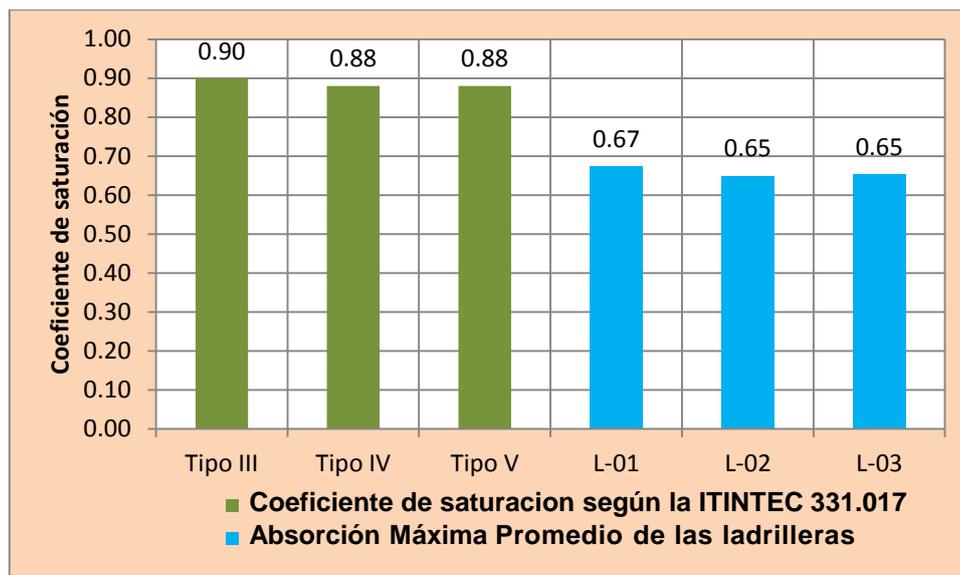


Figura 43. Coeficiente de saturación de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la Norma ITINTEC 331.017.

Se observa en la figura 43 el valor promedio del coeficiente de saturación para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 está por debajo del máximo valor permisible para un ladrillo tipo V, que establece la Norma ITINTEC 331.017.

4.1.6. Peso específico

El valor final que se considera, el promedio total obtenido de los resultados de cada muestra al realizar el ensayo.

En la tabla 21 se presentan los resultados del peso específico para los ladrillos de concreto de L-01; siendo el promedio de 1.93 g/cm³.

Tabla 21. Peso específico de la ladrillera 01.

Espécimen	Peso Seco (g)	Peso Sum. (g)	P. Saturado (g)	Volumen (cm ³)	Dens.(g/cm ³)
O-Dens.01	6860.00	4235.00	7740.00	3505.00	1.96
O-Dens.02	6590.00	4060.00	7535.00	3475.00	1.90
O-Dens.03	6595.00	4075.00	7490.00	3415.00	1.93
O-Dens.04	6620.00	4070.00	7475.00	3405.00	1.94
O-Dens.05	6835.00	4210.00	7795.00	3585.00	1.91
PROMEDIO (g/cm³)				3477.00	1.93

En la tabla 22 se presentan los resultados de peso específico para los ladrillos de concreto de L-02; siendo el promedio de 1.94 g/cm³.

Tabla 22. Peso específico de la ladrillera 02.

Espécimen	Peso Seco (g)	Peso Sum. (g)	P. Saturado (g)	Volumen (cm ³)	Dens.(g/cm ³)
W-Dens.01	6875.00	4240.00	7760.00	3520.00	1.95
W-Dens.02	6870.00	4235.00	7745.00	3510.00	1.96
W-Dens.03	6860.00	4240.00	7780.00	3540.00	1.94
W-Dens.04	6790.00	4190.00	7710.00	3520.00	1.93
W-Dens.05	6760.00	4220.00	7695.00	3475.00	1.95
PROMEDIO (g/cm³)				3513.00	1.94

En la tabla 23 se presentan los resultados del peso específico para los ladrillos de concreto de L-03; siendo el promedio de 1.94 g/cm³.

Tabla 23. Peso específico de la ladrillera 03.

Espécimen	Peso Seco (g)	Peso Sum. (g)	P. Saturado (g)	Volumen (cm ³)	Dens.(g/cm ³)
M-Dens.01	6830.00	4220.00	7750.00	3530.00	1.93
M-Dens.02	6780.00	4190.00	7685.00	3495.00	1.94
M-Dens.03	6880.00	4250.00	7785.00	3535.00	1.95
M-Dens.04	6775.00	4180.00	7690.00	3510.00	1.93
M-Dens.05	6790.00	4185.00	7655.00	3470.00	1.96
PROMEDIO (g/cm³)				3508.00	1.94

En la figura 44 se comparan los resultados promedio obtenidos en el ensayo de peso específico de cada ladrillera con los valores mínimos que establece la Norma ITINTEC 331.017.

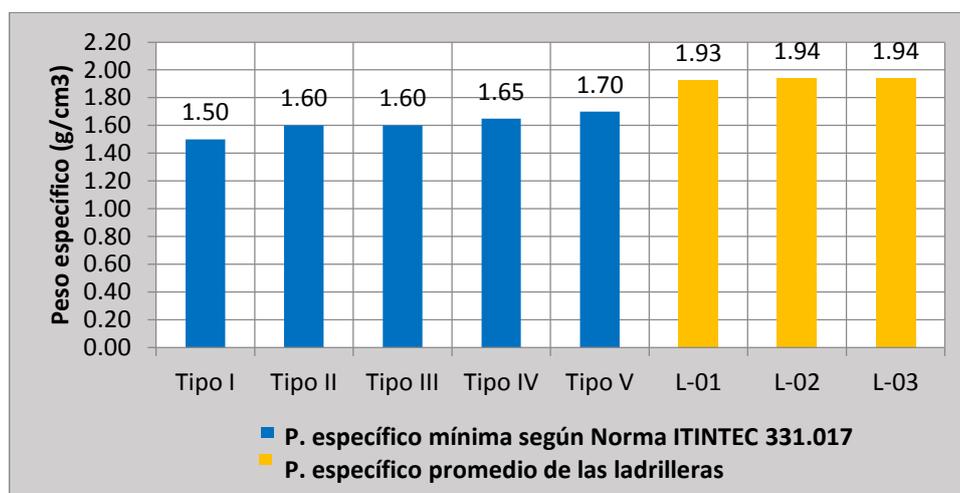


Figura 44. Peso específico de la Norma ITINTEC 331.017 y de las Ladrilleras.

Se observa en la figura 44 el valor promedio del peso específico para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 está por debajo del máximo valor permisible para un ladrillo tipo V, que establece la Norma ITINTEC 331.017.

4.1.7. Resistencia a la compresión

En la tabla 24 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para los ladrillos de concreto de la L-01, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de 52.44kg/cm² (4.73MPa).

Tabla 24. Resistencia característica a la compresión de la ladrillera 01.

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Comp.(kg/cm ²)	Resistencia a la Comp.(MPa)
O-Resis.01	24.90	14.90	371.01	220.74	22508.86	60.67	5.95
O-Resis.02	25.00	15.00	375.00	193.69	19750.57	52.67	5.16
O-Resis.03	25.00	15.00	375.00	189.65	19338.61	51.57	5.06
O-Resis.04	25.10	14.90	373.99	215.28	21952.10	58.70	5.76
O-Resis.05	24.90	15.00	373.50	218.28	22258.01	59.59	5.84
RESISTENCIA PROMEDIO						56.64	5.55
RESISTENCIA ESTANDAR (σ)						4.20	0.41
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN (f'_{b})						52.44	5.14

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para los ladrillos de concreto de la L-02, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de 48.25kg/cm² (4.73MPa).

Tabla 25. Resistencia característica a la compresión de la ladrillera 02.

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Comp.(kg/cm ²)	Resistencia a la Comp.(MPa)
W-Resis.01	24.80	15.00	372.00	160.16	16331.52	43.90	4.31
W-Resis.02	25.00	15.10	377.50	200.76	20471.50	54.23	5.32
W-Resis.03	24.90	15.00	373.50	210.43	21457.55	57.45	5.63
W-Resis.04	25.00	15.00	375.00	225.32	22975.88	61.27	6.01
W-Resis.05	25.00	14.90	372.50	210.14	21427.98	57.52	5.64
RESISTENCIA PROMEDIO						54.87	5.38
RESISTENCIA ESTANDAR (σ)						6.62	0.65
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN (f'_{b})						48.25	4.73

En la tabla 26 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para los ladrillos de concreto de la L-03 y su obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de 51.59kg/cm² (5.06MPa).

Tabla 26. Resistencia característica a la compresión de la ladrillera 03.

Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área bruta (cm ²)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la Comp.(kg/cm ²)	Resistencia a la Comp.(MPa)
M-Resis.01	24.80	14.90	369.52	251.33	25628.12	69.36	6.80
M-Resis.02	25.00	15.00	375.00	193.69	19750.57	52.67	5.16
M-Resis.03	24.90	14.90	371.01	210.74	21489.16	57.92	5.68
M-Resis.04	25.10	15.00	376.50	190.58	19433.44	51.62	5.06
M-Resis.05	25.00	15.00	375.00	240.15	24488.10	65.30	6.40
RESISTENCIA PROMEDIO						59.37	5.82
RESISTENCIA ESTANDAR (σ)						7.78	0.76
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN (f'_{b})						51.59	5.06

En las figuras 45 y 46 se muestran las comparaciones de los resultados obtenidos de las resistencias características a la compresión de cada ladrillera con los valores mínimos que establece la NTP331.017 y la NTE.070 según el tipo de ladrillo.

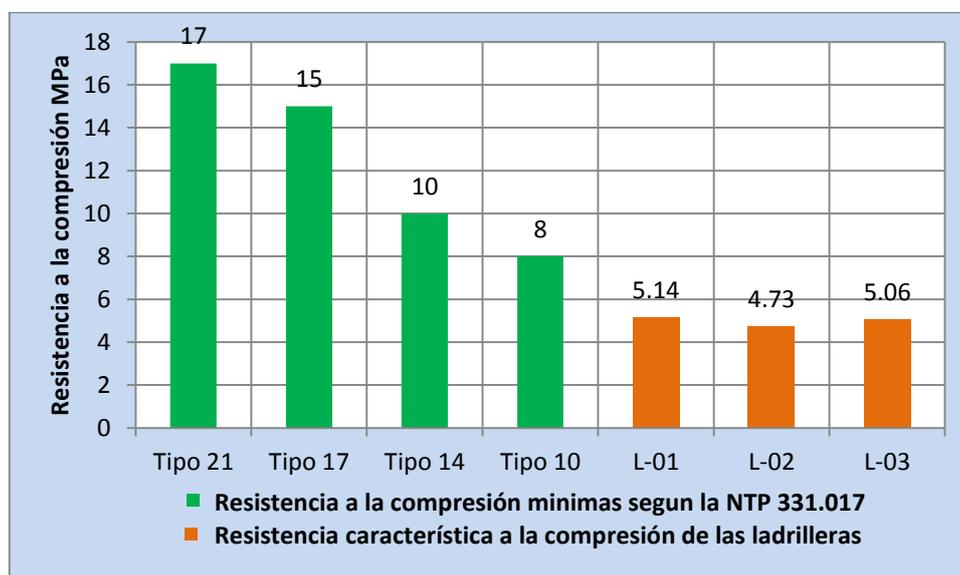


Figura 45. Resistencia característica a la compresión (f'_{b}) de las ladrilleras y de la NTP331.017.

Se observa en la figura 45 la resistencia a la compresión (f'_{b}) de los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 no se encuentra en la clasificación dentro de la NTP331.017 porque no alcanza el mínimo.

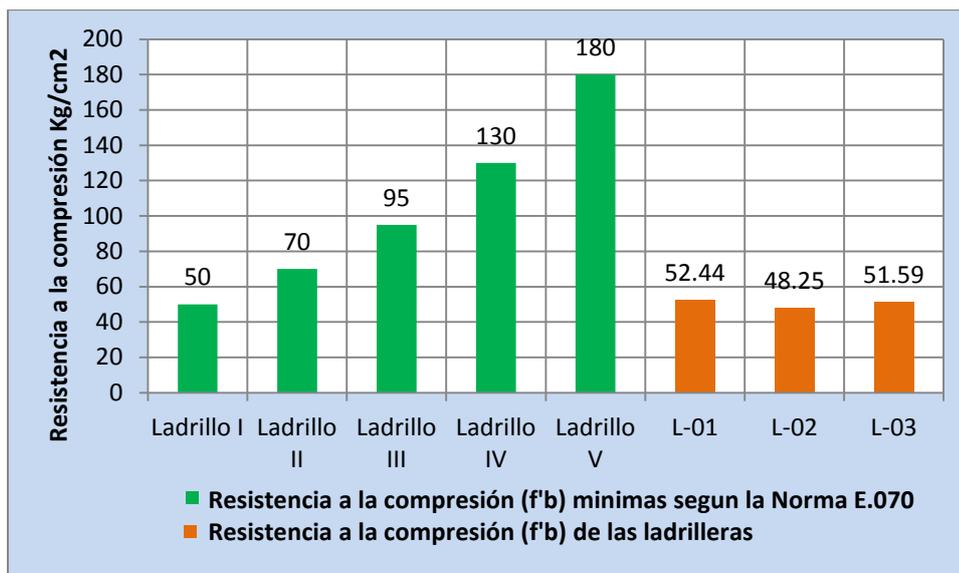


Figura 46. Resistencia característica a la compresión ($f'b$) de las ladrilleras y de la Norma E.070.

Se observa en la figura 46 la resistencia a la compresión ($f'b$) de los ladrillos de concreto de la L-01 y L-03 se encuentra en la clasificación Ladrillo I y la resistencia de ladrillos de concreto de la L-02, no clasifica a ningún tipo de ladrillo dentro de la Norma E.070.

4.1.8. Succión

En la tabla 27 se presentan los resultados obtenidos en la succión para los ladrillos de concreto de la L-01. La succión promedio fue de 26.19 gr/ (200cm² x min).

Tabla 27. Succión de la ladrillera 01

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Succión (g)
O-Suc.01	24.90	15.00	373.50	6915.00	6965.00	26.77
O-Suc.02	25.00	15.00	375.00	6625.00	6670.00	24.00
O-Suc.03	25.10	15.00	376.50	6850.00	6905.00	29.22
O-Suc.04	24.90	14.90	371.01	6635.00	6685.00	26.95
O-Suc.05	25.00	15.00	375.00	6720.00	6765.00	24.00
PROMEDIO (g)						26.19

En la tabla 28 se presentan los resultados obtenidos en la succión para los ladrillos de concreto de la L-02. La succión promedio fue de 28.31gr/ (200cm² x min).

Tabla 28. Succión de la ladrillera 02.

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Succión (g)
W-suc.01	25.00	15.00	375.00	6535.00	6600.00	34.67
W-suc.02	25.00	14.90	372.50	6780.00	6835.00	29.53
W-suc.03	25.00	15.00	375.00	6845.00	6895.00	26.67
W-suc.04	24.90	15.00	373.50	6825.00	6870.00	24.10
W-suc.05	24.90	15.10	375.99	6745.00	6795.00	26.60
PROMEDIO (g)						28.31

En la tabla 29 se presentan los resultados obtenidos en la succión para los ladrillos de concreto de la L-03. La succión promedio fue de 26.65gr/ (200cm² x min).

Tabla 29. Succión de la ladrillera 03.

Espécimen	Largo	Ancho	Área	Peso Seco (g)	P. Saturado (g)	Succión (g)
M-suc.01	25.00	15.00	375.00	6835.00	6890.00	29.33
M-suc.02	25.00	15.00	375.00	6865.00	6915.00	26.67
M-suc.03	25.10	15.00	376.50	6820.00	6865.00	23.90
M-suc.04	25.00	14.90	372.50	6780.00	6830.00	26.85
M-suc.05	25.00	15.10	377.50	6854.00	6904.00	26.49
PROMEDIO (g)						26.65

En la figura 47 se comparan los resultados obtenidos de la succión de cada muestra con los valores máximos y mínimos que exige la NTE.070.

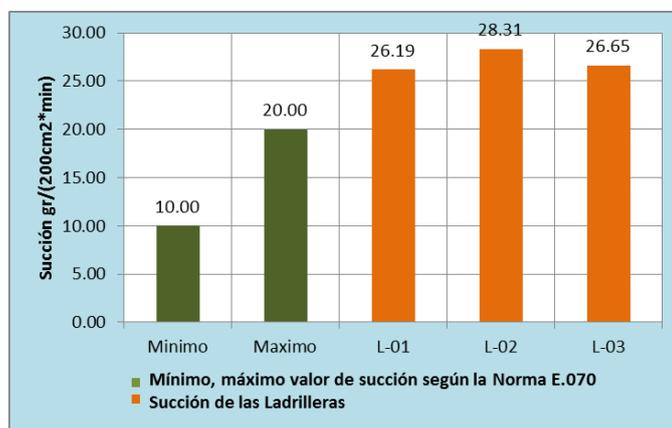


Figura 47. Succión de las ladrilleras 01, 02, 03 y de la NTE.070.

Se observa en la figura 47 la succión promedio obtenida para los ladrillos de concreto de la L-01, L-02 y L-03 se encuentran fuera del rango permisible por la Norma NTE.070. Ya que su valor esta sobre el valor máximo que permite la Norma lo que indicaría que en estos tipos de ladrillos si es obligatorio mojar las unidades antes de asentar.

Tabla 30. Se muestra un resumen de la clasificación del tipo de ladrillo según las Normas.

Tabla 30. Clasificación del tipo de ladrillos según las Normas indicadas.

PROPIEDADES	SEGÚN NORMA E.070 DEL RNE			SEGÚN NTP 331.017			SEGÚN ITINTEC 331.017		
	L-01	L-02	L-03	L-01	L-02	L-03	L-01	L-02	L-03
Variación dimensional	LADRILLO II	LADRILLO III	LADRILLO III	No aseptable	No aseptable	No aseptable	LADRILLO II	LADRILLO III	LADRILLO III
Alabeo	LADRILLO V	LADRILLO V	LADRILLO V	-	-	-	LADRILLO V	LADRILLO V	LADRILLO V
Absorción	und. de arcilla max 22%, bloque c° máx.12%			-	-	-	-	-	-
	9.77 %	9.47 %	9.28 %						
Absorción máxima	-	-	-	TIPO 21	TIPO 21	TIPO 21	TIPO IV,V	TIPO IV,V	TIPO IV,V
Coefficiente de saturación	-	-	-	TIPO 21	TIPO 21	TIPO 21	TIPO IV,V	TIPO IV,V	TIPO IV,V
Densidad	-	-	-	-	-	-	TIPO V	TIPO V	TIPO V
Resistencia a la compresión	LADRILLO I	No clasifican	LADRILLO I	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican
Succión	min10 -máx 20 gr / (200 cm² x min)			-	-	-	min10 -máx 20 gr / (200 cm² x min)		
	26.19 no cumple	28.31 no cumple	26.65 no cumple				26.19 no cumple	28.31 no cumple	26.65 no cumple
TIPO DE LADRILLO	LADRILLO I	No clasifican	LADRILLO I	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican	No clasifican

Para clasificar al espécimen con fines estructurales, se empleó los resultados más desfavorables en los ensayos realizados; en la tabla 58 según norma E.070 del RNE, NTP 331.017 y ITINTEC 331.017 los ladrillos de concreto de la L-01,L-03 clasificarían como Ladrillo clase I, L-02 no clasifica; según NTP 331.017 Y ITINTEC 331.017 los ladrillos no clasificarían para ningún tipo.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de haber realizado el trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones que se presentan a continuación:

Los resultados de la determinación de las propiedades Físico Mecánicas de los ladrillos se presentan a continuación:

Tabla 31. Resultados final de ensayos de los ladrillos de concreto

Propiedades	L-01	L-02	L-03
Variación dimensional	L= 0.16 mm	L= 0.18 mm	L= 0.39 mm
	L= 0.07 %	L= 0.07 %	L= 0.16 %
	A= 0.26 mm	A= 0.26 mm	A= 0.19 mm
	A= 0.11 %	A= 0.18 %	A= 0.13 %
	H= 5.05 mm	H= 4.69 mm	H= 5.15 mm
	H= 5.05 %	H= 4.69 %	H= 5.15 %
Alabeo	0.80mm	0.79mm	0.79mm
Absorción	9.77 %	9.47 %	9.28 %
Absorción máxima	14.50 %	14.59 %	14.21 %
Coefficiente de saturación	0.67	0.65	0.65
Peso Específico	1.93 g/cm ³	1.94 g/cm ³	1.94 g/cm ³
Resistencia a la compresión	52.44 kg/cm ²	48.25 kg/cm ²	51.59 kg/cm ²
	5.14 MPa	4.73 MPa	5.06 MPa
Succión	26.19 g	28.31 g	26.65 g

En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos de las propiedades de las ladrilleras que son: variación dimensional en el largo es 0.07%, 0.07% y 0.16%, en el ancho es 0.11%, 0.18% y 0.13% y en el alto es de 5.05%, 4.69% y 5.15%, alabeo 0.80mm, 0.79mm y 0.79mm, absorción 9.77%,9.47% y 9.28%, absorción máxima 14.50%,14.59% y 14.21%, coeficiente de saturación 0.67, 0.65 y 0.65, peso específico 1.93g/cm³, 1.94g/cm³ y 1.94 g/cm³, resistencia a la compresión a la compresión de 52.44kg/cm², 48.25 kg/cm² y 51.59 kg/cm² y finalmente succión de 26.19g, 28.31g y 26.65g respectivamente.

La variación dimensional más desfavorable de L-01, L-02 y L-03 se encuentra en la altura con 5.05%, 4.69% y 5.15% respectivamente.

Los valores del alabeo para las tres ladrilleras están en el intervalo de 0.15mm-0.49 mm de concavidad y 0.79mm-0.80mm de convexidad.

La absorción para los ladrillos de concreto de L-01, L-02 y L-03 es 9.77%, 9.47% y 9.47% respectivamente lo cual permite verificar que se encuentra dentro del rango permitido de acuerdo a la Norma E.070 del RNE.

La absorción máxima para los ladrillos de concreto permite clasificar como tipo 21 según la Norma NTP 331.017, también permite clasificar de acuerdo con la Norma ITINTEC 331.017 los ladrillos de concreto como tipo IV, V.

Para las ladrilleras L-01, L-02 y L-03 la resistencia a compresión (f'_{b}) de las unidades, arrojan valores de 52.44 Kg/cm², 48.25 Kg/cm² y 51.59 Kg/cm² respectivamente.

Para las ladrilleras L-01, L-02 y L-03 la succión promedio de las unidades, arrojan valores de 26.19 gr, 28.31gr y 26.65g respectivamente los cuales no están entre los límites de acuerdo a la Norma E.070 y ITINTEC 331.017.

Según los resultados obtenidos de ensayos realizados a las unidades de las ladrilleras 01 y 03 clasifican como tipo I y las unidades de la ladrillera 02 no clasifican tomando como referencia los índices de la Norma E. 070 (RNE, 2010).

5.2. Recomendaciones

Realizar un estudio comparativo de ladrillos fabricados artesanalmente de arcilla y concreto.

Continuar con las investigaciones en prismas de albañilería (pilas, muretes) y en construcción de muros.

Se sugiere la implementación y calibración de equipos de laboratorio de la universidad Nacional de Cajamarca sede Jaén.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre Gaspar, DR. 2004. Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis Mag. Ing. Civil. Perú, PUCP. 198 p.

Angles Pari,P.D. Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla”(Tesis para optar el título de ingeniería civil).PUCP.

Fernández Díaz, E.A. Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de ladrillos de arcilla King Kong fabricado artesanalmente en la comunidad el Frutillo – Bambamarca (tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). UNC, Cajamarca, Perú.

ITINTEC 1978. Norma Técnica Nacional 331.017, elementos de arcilla cocida, Ladrillos de arcilla usados en Albañilería, Requisitos Lima.

ITINTEC 1978. Norma Técnica Nacional 331.018, Elementos de arcilla cocida, Ladrillos de arcilla usados en Albañilería, Método de ensayo. Lima.

Mego Barboza, A. 2013. Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de los ladrillos King - Kong producidos en el sector de fila alta-Jaén. Tesis Lic. Ing. Civil. Perú, UNC. 53 p.

Mendoza Martínez, S. 2010. Casi un tercio de la producción de ladrillos es informal (en línea), consultado 12 ago. 2014. Disponible en http://elcomercio.pe/economia/619321/noticia-casi-tercio-produccion-ladrillos-informal_1.

Molina, SA; Vizcaíno, AM. y Ramírez, FD. 2007. Estudio de las características físico - mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado en el municipio de Acacías. Tesis Lic. Ing. Civil. Colombia. US. 156p.

NORMA TÉCNICA PERUANA 339.613, 2005. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

NORMA TÉCNICA DE ESTRUCTURAS E.070 - ALBAÑILERIA 2006. Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima.

Norma Técnica Peruana 331.017, 2003 2ª Edición. Ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Ortiz Herrera, L. A. 2012. Diagnóstico Nacional del sector ladrillero artesanal de México. (En línea) consultado 02 julio 2014. Disponible en http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/Informe%20Final%20Diagnostico%20del%20sector%20ladrillero_03Dic.pdf

Reglamento Nacional de Edificaciones. Ed. Actualizada 2010. Perú: Macro. 2010.

ANEXO A: FIGURAS



Figura 48. Utilización del ladrillo de concreto en la construcción



Figura 49. Proceso de fabricación del ladrillo de concreto



Figura 50. Visita a la ladrillera de la señora María Pérez



Figura 51. Adquisición de muestras para la realización de ensayos



Figura 52. Ladrillos para el ensayo de variación dimensional



Figura 53. Obtención de datos para el alabeo



Figura54. Secado de muestras a 110°C por 24 horas



Figura 55. Muestras saturadas para el ensayo a la absorción



Figura 56. Secado superficial del ladrillo



Figura 57. Peso de ladrillo saturado para el ensayo de absorción



Figura 58. Muestras de ladrillos en ebullición



Figura 59. Refrentado con yeso para el ensayo a la compresión



Figura 60. Medición de la unidad para ensayo a la compresión



Figura 61. Obtención de peso sumergido



Figura 62. Material y equipo para la realización del ensayo para la succión