



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y
MECÁNICAS DE UN LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA
COCIDO EN HORNO ARTESANAL E INDUSTRIAL,
TRUJILLO 2019

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Br. Jose Eduardo Sanchez Castillo

Br. Jim Kevin Vasquez Abanto

Asesor:

Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2019

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Fabian
Vásquez Crisologo y Loyla Abanto Zegarra
por su apoyo incondicional y por mostrarme
que con esfuerzo y perseverancia todo se
puede lograr.

Jim Kevin Vásquez Abanto

Dedico esta tesis a mis padres Ronald
Mestanza Cortijo y Rocío Castillo Tello por
su apoyo a lo largo de mi vida y por
ayudarme a cumplir mis sueños y metas.

José Eduardo Sánchez Castillo

AGRADECIMIENTO

A Dios, Por darnos la fuerza y fortaleza durante nuestra vida y ayudarnos a seguir adelante cada día para poder realizar este proyecto.

A nuestros padres, por su apoyo durante el desarrollo de la tesis.

A nuestras familias, Por su apoyo durante todo nuestro proceso académico.

A nuestro Asesor, Mg. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina, agradecemos su confianza y respaldo que nos guiaron a realizar la investigación de manera correcta.

A nuestros amigos, Francisco García, Manfredo Mogrovejo y Diego Gómez por el apoyo que nos brindaron en estos meses que duró la investigación.

A los encargados de Laboratorio Wesley Leonardo, Gregorio Ganoza y Ower Carnero, Por brindarnos facilidades para realizar nuestros ensayos y la disponibilidad que nos daban para el uso de equipos y herramientas.

A ladrillos FORTES, Por facilitarnos el acceso a sus instalaciones y el uso de sus hornos, y en especial estamos agradecidos al Ing. Juan Chalan por el apoyo que nos brindó a lo largo de la investigación y sus consejos que nos guiaron en toda la realización de la investigación.

A Ladrillera Flores, Por brindarnos la facilidad del uso de sus hornos artesanales.

COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE UN LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA COCIDO EN HORNO ARTESANAL E INDUSTRIAL, TRUJILLO, 2019

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Antecedentes	16
1.3. Definiciones conceptuales.....	20
1.4. Formulación del problema.....	22
1.5. Objetivos.....	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	24
2.1. Tipo de investigación.....	24
2.2. Población	24
2.3. Muestra.....	24
2.4. Unidad de estudio	26
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	26

2.6.	Procedimiento	28
2.7.	Metodología.....	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS		39
3.1.	Dosificaciones.....	39
3.2.	Absorción.....	40
3.3.	Alabeo.....	41
3.4.	Eflorescencia.....	42
3.5.	Dimensionamiento.....	46
3.6.	Succión.....	47
3.7.	Peso de las unidades.....	48
3.8.	Variación dimensional.....	49
3.9.	Módulo de rotura.....	50
3.10.	Resistencia a la compresión por unidad.....	51
3.11.	Ensayo de compresión axial en pila de albañilería.....	52
3.12.	Análisis de precio unitario del ladrillo.....	52
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		55
4.1	Discusión.....	55
4.1.1	Absorción.....	55
4.1.2	Alabeo y succión	55
4.1.3	Variación dimensional.....	56
4.1.4	Eflorescencia	56
4.1.5	Módulo de rotura.....	57
4.1.6	Resistencia a la compresión por unidad	58

4.1.7 Resistencia a la compresión axial	60
4.2 Conclusiones.....	62
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS	68
Anexo 1: Dosificación.....	68
Anexo 2: Tiempo de Secado.....	68
Anexo 3: Determinación del agua para la máxima compacidad de la mezcla.....	69
Anexo 4: Caracterización de materiales.....	70
Anexo 4.1: Caracterización de la arena	70
Anexo 4.2: Caracterización de la arcilla	72
Anexo 5: Constancia de uso de laboratorio.....	73
Anexo 6: Guías de observación	74
Anexo 7: Constancias de cocción de ladrillos ladrillera Fortes.....	84
Anexo 8: Normas	87
Anexo 9: Panel fotográfico	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de ladrillos utilizados para cada ensayo.....	25
Tabla 2: Ensayo de eflorescencia en ladrillos industriales.	42
Tabla 3: Ensayo de eflorescencia en ladrillos artesanales.	44
Tabla 4: Resistencia a la Compresión – Artesanal.....	51
Tabla 5: Resistencia a la compresión - Industrial.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ladrillo modelo.....	26
Figura 2: Gráfico estadístico	27
Figura 3: Alabeo.....	32
Figura 4: Dosificación	39
Figura 5: Ensayo de Absorción.....	40
Figura 6: Ensayo de Alabeo.....	41
Figura 7: Ensayo de Dimensionamiento.....	46
Figura 8: Ensayo de succión.....	47
Figura 9: Ensayo de peso por unidades.....	48
Figura 10: Ensayo de variación dimensional	49
Figura 11: Ensayo de módulo de rotura.....	50
Figura 12: Ensayo de compresión axial.....	52
Figura 13: Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos industriales.....	59
Figura 14: Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos artesanales.....	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Absorción	31
Ecuación 2: Succión.	35
Ecuación 3: Variación Dimensional.....	35
Ecuación 4: Módulo de Rotura	36
Ecuación 5: Compresión por Unidad	37
Ecuación 6: Compresión Axial.....	38

RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación, contiene la comparación de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales comprimidos cocidos en un horno artesanal e industrial, en Trujillo; se tuvo como finalidad determinar sus propiedades, para luego ser evaluados de acuerdo a las exigencias mínimas de la Norma Técnica Peruana E.070 – Albañilería, 2006. Siendo una investigación no experimental del tipo descriptivo, ya que se van a describir las propiedades y características de los ladrillos de tierra comprimida mediante todos los ensayos adelante expuestos. Para lograr todos los objetivos se inició con diseñar un ladrillo de tierra comprimida para la presente investigación, teniendo una dosificación en volumen, como se muestra a continuación: 8:2:1 siendo arcilla, arena gruesa y aserrín, respectivamente, se dejó secar durante 15 días luego se llevaron a cocer, en dos lotes, a las ladrilleras en estudio, tanto la artesanal como la industrial. Una vez cocidos se procedió a ensayar ambos grupos, los ensayos que se realizaron son los siguientes; absorción, alabeo, eflorescencia, dimensionamiento, succión, peso por unidad, variación dimensional, módulo de rotura, resistencia a la compresión por unidad, ensayo de compresión axial en pilas de albañilería. De las propiedades más importantes se concluyó lo siguiente: La absorción del ladrillo cocido en horno industrial tuvo un promedio de 13.3 % mientras que el ladrillo cocido en horno artesanal tuvo un promedio de 14.9 %. En el ensayo de resistencia a la compresión se observó que, los ladrillos con cocción industrial tuvieron una resistencia de 135.2 kg/cm^2 mientras que los ladrillos con cocción artesanal tuvieron una resistencia de 85.9 kg/cm^2 siendo el ladrillo con cocción industrial, el que cumple con las especificaciones mínimas para un ladrillo de tipo IV.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El ladrillo a través de su historia, ha adquirido una importancia que lo coloca como un material indispensable para la industria de la construcción, y aun dominante en cuanto a cantidades de comercialización se refiere a nivel mundial además es un material que posee muchas características idóneas que hacen que mucha gente lo prefiera para construir. (Pardo Quintero, 2016)

En el mundo la creación de nuevas tecnologías es un asunto de importancia, el Banco Mundial apoya a dicha creación implementando nuevos hornos que generen menos contaminación y sean más eficientes. Tecnologías como las HHK que fueron desarrolladas en Alemania y posteriormente importadas a Bangladesh después de ser mejorada en China, y en la actualidad ha sido rediseñada para adaptarla a las condiciones del suelo, los niveles de humedad y el clima locales. Usa una mezcla de carbón pulverizado y arcilla para mejorar la calidad y la quema apropiada de los ladrillos. Además, el calor residual de los hornos se recupera y se reutiliza para secar los ladrillos húmedos antes de que entren en los hornos. Debido a estas innovaciones, los hornos híbridos Hoffman utilizan solo la mitad de la cantidad de carbón en comparación con los hornos de chimenea fija y retienen las partículas de carbón dentro del ladrillo para prevenir que se conviertan en ceniza que se transporta por el aire. (Grupo Banco Mundial, 2016).

En Colombia, buscan la implementación de nuevos materiales dentro de la fabricación de los ladrillos esto con el fin de reducir el impacto que tiene en el medio ambiente, por eso se han creado grupos en donde dan charlas entre las ladrilleras que trabajan de

manera artesanal para mejorar sus procesos de fabricación y cocción de los ladrillos para mejorar los ladrillos (Taillant, 2016).

En Bolivia, las ladrilleras artesanales utilizan hornos que trabajan de forma no eficiente lo que se refleja en la emisión de gases tóxicos, esto se debe al tipo de combustible y horno que utilizan, por tal motivo se ha planteado la utilización del gas natural como un medio para controlar los problemas emitidos e implementando mejoras en los hornos que ayudan al medioambiente. (Lujan, Marcos; Guzmán, Daniel, 2015).

Muchas de las construcciones en el Perú, presentan al ladrillo como uno de los materiales más importantes y más usados. Su aplicación no se reduce solo a un simple cerramiento, sino que cumple también una función estructural. Sin embargo, el ladrillo puede llegar a cuestionarse en cuanto a sus propiedades y características dependiendo de la forma en que fueron elaborados y por ende cuestionándose si cumple o no con los requisitos y normas preestablecidas. La fabricación de los ladrillos se puede dividir en 3 distintas formas las cuales son: semi-industrial, industrial y artesanal, siendo este último el que más población tiene en el Perú y por ende el de más fácil acceso al público, pero al ser artesanales utilizan técnicas que no va de acorde con los estipulado con las normas y además utilizan un inadecuado horno para la cocción de los cerámicos. Es por ello que se ha venido tratando de solucionar las deficiencias de producción a través de distintos proyectos de entidades preocupadas por mejorar las condiciones de producción. Podemos mencionar el “Estudio de definición de tipo de horno apropiado para el sector ladrillero”, licitado por el Programa Regional de Aire Limpio (PRAL) y el Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAM) realizado en el año 2008. También está el proyecto piloto sobre la utilización de la cascarilla de arroz

como combustible, para la fabricación de ladrillos en Piura (Perú), que fue ejecutado por el Programa APGEP-SENREM, en el año 2001. (LESCANO, 2014).

En La Libertad existen aproximadamente 27 ladrilleras artesanales ubicadas en los distritos de Huanchaco, La esperanza, Laredo, Trujillo, El Porvenir, Víctor Larco H. Moche y Florencia, donde dentro de Trujillo se encuentran alrededor de 11 ladrilleras artesanales. (Programa Regional de Aire Limpio; Ministerio de Producción, 2010)

En Trujillo, la industria ladrillera se expande por la demanda que tiene la utilización de los ladrillos en las construcciones que van aumentando progresivamente, esto conlleva a que la creación de nuevas ladrilleras artesanales, pero debido a su estatus de ladrilleras informales no llevan un control de calidad en sus hornos y esto da como resultado ladrillos que incumplen los criterios establecidos por las normas.

Los documentos que controlan la calidad del ladrillo son: La norma E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), la cual da los parámetros mínimos que debe cumplir un ladrillo para su utilización, las propiedades mecánicas, físicas y químicas para el cumplimiento y aceptación del ladrillo como pieza apta dentro de la albañilería. Otros documentos importantes que rigen el control del ladrillo y los ensayos de control de calidad de este son las Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) del Instituto Nacional de la Calidad (INACAL), las cuales nos dan los procedimientos para verificar la calidad de del ladrillo. La influencia que tienen los hornos para la cocción de ladrillos no es tratada en ambas normas lo cual genera un vacío normativo en el país para el uso y características que deben de tener los diferentes tipos de hornos. Finalmente, con la presente investigación empírica se pretende generar precedentes para poder en un plazo no muy lejano tener un capítulo que trate las especificaciones

y parámetros que deben tener los ladrillos en las normas de construcción de nuestro país.

Los ladrillos se pueden definir como piezas cerámicas que nacen de la cocción del adobe que está compuesto por arena-arcilla y la adición de alguna materia como paja, cascarilla de arroz u algún otro elemento que sirva para mejorar las propiedades del mismo durante su proceso de producción. Como se dio a conocer líneas arriba los ladrillos en el Perú juegan un papel importante ya sean en autoconstrucciones o grandes obras.

En las construcciones de albañilería, las técnicas y sobre todo la calidad de ladrillos de arcilla, varían de un lugar a otro, por la calidad de la materia prima, por los procesos de selección, moldeo, secado y cocción; y principalmente por el tipo de proceso de producción, ya sea artesanal (moldeo y cocción artesanal), semi-industrial (moldeo mecanizado y cocción artesanal) o industrial (moldeo y cocción mecanizado). Las formas de producción artesanal y semi-industrial tienen los mismos pasos o secuencias, únicamente variando en los instrumentos, métodos y herramientas utilizadas para la producción. La principal variación se da en el proceso de moldeo, como ya se explicó anteriormente, para el ladrillo semi-industrial se utilizan extrusoras donde se produce la pasta de arcilla, por lo que se obtienen unidades de superficie lisa. El proceso industrial se diferencia de los dos primeros procesos de fabricación no sólo en el uso de maquinaria para el proceso de moldeo sino en el empleo de hornos más sofisticados para la fase de cocción. En estos hornos se lleva un control de temperatura, logrando una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con una mejor calidad final. (EELA, 2015).

Para conseguir los resultados finales del bloque de tierra, es importante tener en cuenta el proceso de cocción ya sea en horno industrial o artesanal, porque es durante esta fase donde gana sus características básicas que lo convierten en un ladrillo que cumpla los protocolos que dictan las normas, siendo su propiedad mecánica dentro de la albañilería, uno de los puntos a evaluar de forma más precisa y por ende donde se centrara en parte de la investigación, evaluándose en forma individual como es su ensayo a la compresión por unidad y de forma grupal dentro de una estructura como es el ensayo de compresión por pila, generando antecedentes para futuras investigaciones.

La influencia del proceso de cocción en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos, dependerá del horno en que son quemados los bloques de tierra, en este caso un horno artesanal formado a partir de ladrillos y que utiliza como combustible el carbón para la cocción de los ladrillo y por otro lado un horno industrial Hoffman continuo de la empresa FORTES que utiliza como combustible la cascarilla de cacao; por lo cual los distintos métodos que utilizan estas ladrilleras afectan dentro de la producción de ladrillos, debido a que el tiempo de cocción del ladrillo, la capacidad de producción que genera a diario, las dimensiones del horno, la fabricación del bloque de tierra y combustible que utilizan conlleva a que el horno industrial se destaca frente al artesanal.

El ladrillo como pieza de construcción, tiene muchas propiedades importantes, si observamos en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma e.070 nos indica las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos y esto dependerá, entre otros aspectos, de la cocción en que fueron expuestos, en este caso dentro de en un horno artesanal e industrial, es por este motivo que la investigación se centrara en evaluar las

propiedades del ladrillo, durante su proceso de cocción se estudiara factores como: temperatura, tipo de combustible, ubicación dentro del horno y tiempo de cocción. De la misma forma, después de su cocción se evaluará sus propiedades correspondientes, esto tomando como premisas los estudios empíricos evaluados en las investigaciones teóricas antes realizadas.

Los defectos por cocción pueden originarse, por un lado, si el horno no alcanza la temperatura necesaria o por estar menos tiempo del requerido para su cocción; en estos casos no se forman las fases vítreas y no se alcanzan las resistencias mecánicas adecuadas. O, también por un cambio en la fase del cuarzo, produciendo microfisuraciones alrededor de cada grano del material, esto disminuye la resistencia mecánica de la pieza. (Construmatica, 2015).

1.2. Antecedentes

1.2.1. “Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales”

En la investigación empírica de Gómez; Espinel; Heller (2017), realizaron una comparación de la curva ideal de cocción para las arcillas, con la curva real de los tres niveles en el horno, observaron un gran desfase entre ellas durante las primeras horas del precalentamiento, aunque el mayor desfase se presenta con el tercer nivel que corresponde a la parte superior del horno y es que la combustión se inicia en la parte inferior del horno y avanza en la dirección de abajo hacia arriba y la velocidad de calentamiento es lenta. Dicho desfase da lugar a una auténtica lluvia ácida sobre el material seco, ahuecando toda su estructura y manchando las superficies expuestas a los gases. Ninguna de las propiedades cumple con la norma NTC4205, en parte el proceso de cocción

durante el cual no es controlada la temperatura ni el tiempo, lo que, sin duda, incide en las propiedades finales del ladrillo.

Esta investigación aportó la curva ideal para la cocción de los ladrillos, como a través de las fases de precalentamiento y durante su cocción la temperatura no es igual en todo el horno, lo que afecta a las propiedades finales de los ladrillos.

1.2.2. “Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos”

En la investigación empírica de Urbina (2015), determino que el incremento de la temperatura de cocción influye considerablemente incrementando la resistencia a la compresión, la contracción y disminuyendo la capacidad de absorción de los ladrillos. Mediante su estudio encontró que la temperatura de 850°C era la más adecuada para tener una máxima resistencia en el ladrillo en este caso King Kong 18 huecos.

Esta investigación aportó que la temperatura es importante dentro de la cocción del ladrillo, así como la temperatura que sería adecuado, pero a diferencia de esto caso la investigación se basa en un ladrillo macizo por lo que la temperatura será mayor a 850° C

1.2.3. “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación”

En la investigación empírica de Chavez Anyosa (2017), se realizó el ensayo, evaluación y clasificación de unidades albañilería de acuerdo a las propiedades mecánicas y físicas tales como: variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión y absorción, por tal motivo se escogieron 3 ladrilleras mecanizadas y 2 ladrilleras artesanales, de la ciudad de Arequipa, para la construcción de estructuras en albañilería confinada. El proceso de todos los ensayos previos se elaboró en base en la norma NTP 399.613, la norma ITINTEC 331.018, la norma ITINTEC 331.017 y la Norma E-070.

Esta investigación aportó las bases que debe poseer un ladrillo para ser considerado apto para su utilización en estructuras de albañilería confinada, por otra parte, se llegó a observar que las ladrilleras mecanizadas tienden a tener mejores resultados con respecto a las ladrilleras artesanales.

1.2.4. “Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca”

En la investigación empírica de Lulichac (2015), determino las propiedades mecánicas y físicas de cuatro ladrilleras en las que ensayo ciento cuarenta y tres unidades de albañilería de cada ladrillera, a las cuales realizo ensayos destructivos como compresión por unidad y por pila, y ensayos no destructivos tales como variación dimensional, alabeo y succión, también recomendó que las unidades de albañilería deben estar saturadas media hora antes de ser asentadas.

Esta investigación aportó el tiempo de saturación de los ladrillos que se requiere para su asentamiento y los ensayos básicos para evaluar una unidad de albañilería según la norma E.070

1.2.5. “Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producido en la región Piura”

En la investigación empírica de Lescano (2014), se planteó como objetivo identificar el proceso de producción de las unidades fabricadas en el departamento de Piura y establecer algunos valores referentes de sus propiedades. El trabajo se basó en un muestreo exploratorio con visitas a las zonas de producción más importantes en la Región Piura observando el proceso de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la cocción de las unidades. Para los valores referentes del producto final se tomaron muestras de las unidades elaboradas y se realizaron los ensayos que establece la Norma Peruana.

Esta investigación aportó datos comparativos de las distintas ladrilleras, desde el proceso de selección de su materia prima, pasando a la clasificación, caracterización y siguiendo hasta la cocción de las unidades, dentro de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos se obtuvo que tanto artesanales como semi-industriales presentan datos parecido así como también datos en que los artesanales son inferiores esto se puede ser en los ensayos de eflorescencia y resistencia a la compresión y en otro donde los ladrillos semi-industriales tiene menores datos como su absorción.

1.2.6. “Propiedades físico–mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la ciudad de Trujillo, 2018”

En la investigación empírica de Rebaza (2018), tuvo como objetivo evaluar las propiedades físicas-mecánicas de los ladrillos artesanales-maquinado por los cual tomaron 3 ladrilleras en el sector la Hermelinda en la ciudad de Trujillo, identificando desde la extracción de la materia hasta su despacho, a los cuales realizo los siguientes ensayos: variación dimensional, alabeo, absorción y absorción máxima, succión resistencia a la compresión por unidad y por pila, también realizaron la clasificación de las unidades de cada ladrillera llegando a concluir que las 2 ladrilleras artesanales no clasifican sus ladrillos en cambio la ladrillera maquinada clasifica su ladrillo como tipo I.

Esta investigación aportó los ensayos que se deben realizar a las unidades de ladrillos y en caso de que las arcillas sean calcáreas o no calcáreas.

1.3. Definiciones conceptuales

Según la norma de edificaciones E.070 – estructuras.

1.3.1. 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.

1.3.2. Alabeo: Es la prueba de ensayo que nos dirá el desgaste o la poca importancia que le se dio al diseño u forma de los ladrillos. El alabeo suele ser más presente en los ladrillos que se han hecho de forma artesanal en comparación de los ladrillos fabricados en empresas grandes.

- 1.3.3. 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 esta seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1000°C.
- 1.3.4. Área Bruta:** Es el área total de la superficie de asiento, obtenida de multiplicar su largo por ancho.
- 1.3.5. Área Neta:** Es el área bruta menos el área de los vacíos.
- 1.3.6. Caolín:** El caolín o caolinita, es una arcilla blanca muy pura que se utiliza para la fabricación de porcelanas y de refractarios. También es utilizada en ciertos medicamentos y como agente adsorbente y de aprestos para almidonar. Cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. Conserva su color blanco durante la cocción. Su fórmula es $Al_3Si_2O_5(OH)_4$ o $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (disilicato alumínico deshidratado).
- 1.3.7. Eflorescencia:** Es una medida del afloramiento y cristalización de las sales solubles contenidas en el ladrillo cuando este humedecido.
- 1.3.8. Esbeltez:** la relación entre su longitud y las dimensiones de las secciones transversales.
- 1.3.9. Horno Hoffman Continuo:** el horno Hoffman tradicional consiste en dos galerías paralelas, formadas por compartimientos contiguos, en cuyos extremos se unen por un pasafuegos. Aproximadamente una semana es el tiempo que toma realizar un ciclo completo de quema (el fuego llega al punto de donde partió). El suministro del combustible, se hace por orificios dispuestos en la parte superior los cuales atraviesan la capa de ladrillo cocido y la capa de sobrecubierta. El cargue de los productos dentro del horno Hoffmann se realiza

dejando libre $1/3$ de la sección transversal para permitir la circulación horizontal de los gases a través de las cámaras; cuando se trata de productos perforados como los ladrillos huecos, no es necesario dejar espacio entre los ladrillos, pues los gases circulan a través de las perforaciones.

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

1.3.11. Ladrillo Macizo: Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% del área bruta de la misma sección.

1.3.12. Módulo de Rotura: El módulo de rotura (ensayo de flexión) es una propiedad importante como criterio de durabilidad y para entender el mecanismo de falla de la mampostería cuando se solicitan esfuerzos de compresión y flexión, casos muy comunes en la mampostería.

1.3.13. Resistencia Axial: Es la carga o fuerza que suministramos con una máquina (llamada compresora de objetos) para ver hasta qué cantidad puede soportar.

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

1.4. Formulación del problema

¿De qué manera influye la cocción artesanal e industrial en las propiedades mecánicas y físicas de un ladrillo de tierra comprimida?

Las ladrilleras tienen métodos parecidos en cuanto a la fabricación de los ladrillos diferenciándose entre otras cosas, en el tipo de horno utilizado y la cocción a la que son sometidos los ladrillos; no tener un adecuado control de estos componentes

afectara en su estructura externa e interna, reflejándose cuando se analicen y comparen sus propiedades físicas y mecánicas de ambos métodos de cocción, en este caso de forma artesanal e industrial y posteriormente entablado un parentesco con los parámetros mínimos que dictan las normas y el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Norma E.070.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Comparar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de tierra comprimida cocidos en horno industrial y horno artesanal.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Obtener las propiedades físicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno industrial, las cuales son: absorción, alabeo, eflorescencia, dimensionamiento, succión, peso por unidad, variación dimensional.
2. Obtener las propiedades mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno industrial, las cuales son: Módulo de rotura, resistencia a la compresión por unidad y el ensayo de compresión axial en pilas de albañilería.
3. Obtener las propiedades físicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno artesanal, las cuales son: absorción, alabeo, eflorescencia, dimensionamiento, succión, peso por unidad de área, variación dimensional.
4. Obtener las propiedades mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en horno artesanal, las cuales son: Módulo de rotura, resistencia a la compresión por unidad y el ensayo de compresión axial en pilas de albañilería.
5. Realizar la clasificación de nuestro modelo de ladrillos según la norma E-0.70.
6. Analizar el costo de producción del ladrillo que tenga mejor resistencia.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación en el que está basado el presente trabajo es una investigación no experimental, transversal con un diseño descriptivo; debido a que se recolectara datos con el propósito de analizar su comportamiento, observando los fenómenos que se presenten de forma natural, ya que no intervendremos en modificar el sistema de cocción de las ladrilleras y solo nos limitaremos a observar y comparar los ladrillos ya cocidos.

En la investigación se realizarán pruebas a los grupos que componen la investigación: los ladrillos de tierra comprimida cocidos en hornos industriales y artesanales, para luego observar y analizar sus propiedades físicas y mecánicas (ensayos de laboratorio), concluyendo con la comparación entre ambos grupos.

2.2. Población

La población comprende todos los ladrillos de tierra comprimida en la ciudad de Trujillo.

2.3. Muestra

La técnica de muestreo es por cuota normativa: ya que no se calculó con ningún método estadístico, por lo cual nos basaremos en las normas para determinar la cantidad exacta de ladrillos.

Se tomaron 212 ladrillos de tierra comprimida distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 1: Cantidad de ladrillos utilizados para cada ensayo

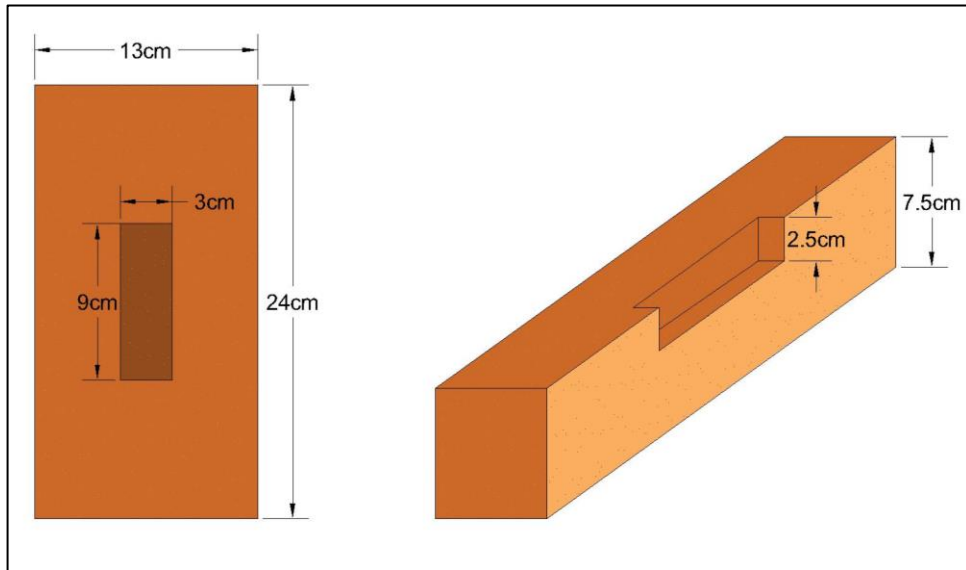
Tipo de horno	Muestra Total	Propiedades	Ensayos	Requerido N.T.P. 399.613 331.017	Utilizado
INDUSTRIAL	112	Físicas	Absorción	5	6
			Alabeo	10	10
			Eflorescencia	10	10
			Dimensionamiento	10	12
			Succión	5	5
			Peso por unidad	5	10
			Variación dimensional	-	12
		Mecánicas	Módulo de rotura	5	5
			Resistencia a la compresión por unidad	5	20
			Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería	-	12
ARTESANAL	107	Físicas	Absorción	5	6
			Alabeo	10	10
			Eflorescencia	10	10
			Dimensionamiento	10	12
			Succión	5	5
			Peso por unidad	10	10
			Variación dimensional	-	12
		Mecánicas	Módulo de rotura	5	5
			Resistencia a la compresión por unidad	5	15
			Ensayo de compresión axial en pilas de albañilería	-	12
Sub total					199
Desperdicio (10%)					20
Total					219

Fuente: Propia.

2.4. Unidad de estudio

La unidad de estudio se la presente investigación será el ladrillo de tierra comprimida de 24cm largo * 13 cm ancho * 7.5cm altura. Como se muestra en la fig. 1.

Figura 1: Ladrillo modelo



Descripción:

Vista superior y corte en perspectiva del ladrillo de tierra comprimida y sus medidas.

Fuente: Propia.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

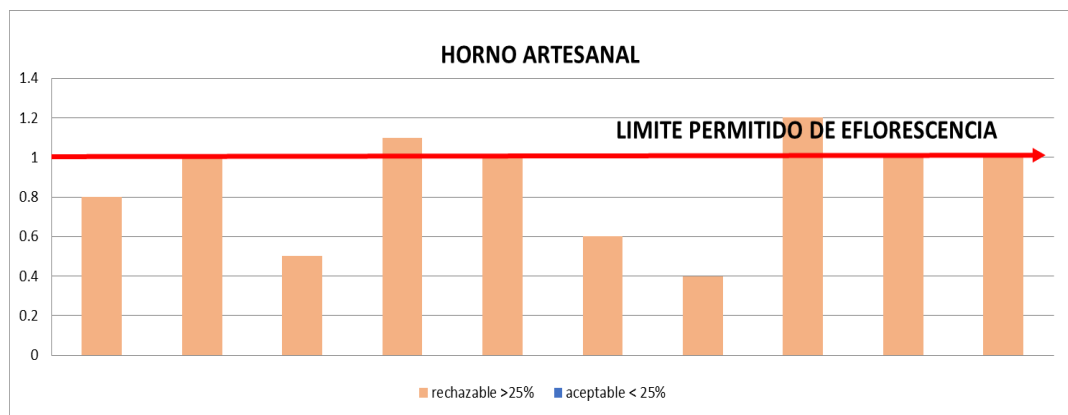
2.5.1. Técnica e instrumento de recolección de datos

La técnica que usamos para la recolección de datos fue la observación, porque estaremos atentos al fenómeno, hecho o caso, para luego tomar la debida información y registrarla para su posterior análisis. Y para la recolección de datos se utilizó la guía de observación, documento que permitió ordenar los datos obtenidos a la acción de observar los fenómenos. Esta guía fue ordenada en columnas, que favoreció en la organización de los datos recogidos. Ver anexo 'guía de observación'.

2.5.2. Técnica e instrumento de análisis de datos

El instrumento de análisis de datos será gráficos estadísticos, puesto que es un método gráfico y fácil de realizar. Ya que nuestra investigación es descriptiva y no cuenta con hipótesis que validar mediante métodos estadísticos establecidos.

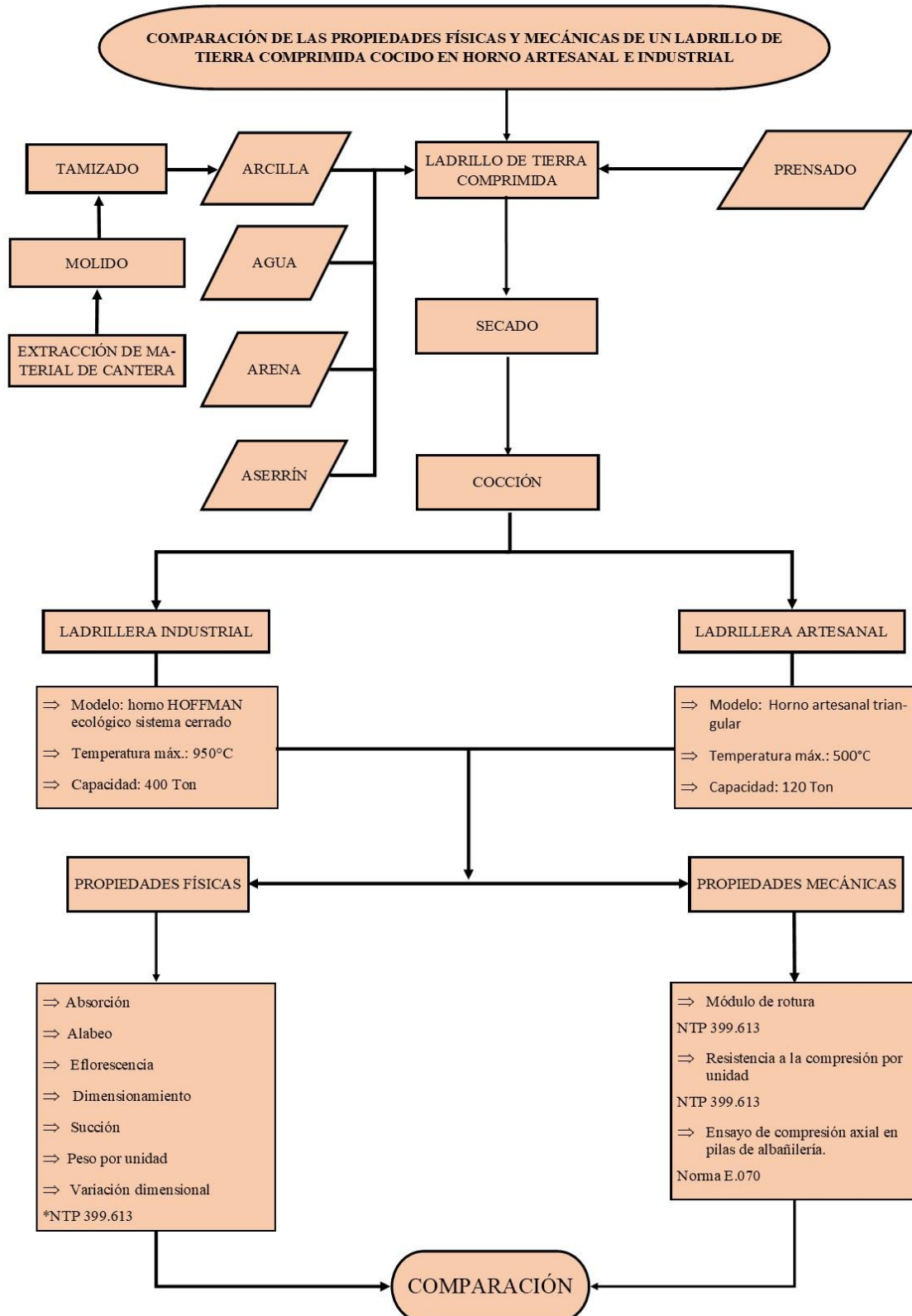
Figura 2: Gráfico estadístico



Descripción

Gráfico estadístico, en la figura nos muestra los límites permitidos para el ensayo de eflorescencia del ladrillo.

2.6.Procedimiento



2.7. Metodología

2.7.1. Pruebas

Se realizó el ensayo de Proctor modificado con la finalidad de encontrar el porcentaje de agua ideal para la mezcla de ladrillos de tierra comprimida.

A las muestras seleccionadas que serán ensayadas, se le determinó su porcentaje de agua, esto con la finalidad de no afectar la cantidad de agua que se encontró mediante el ensayo de Proctor.

Se ensayaron distintos tipos de porcentajes de muestras, donde se varió la cantidad de arcilla, arena y aserrín, agregando el porcentaje de agua encontrado siguiendo con la realización de los bloques de tierra comprimida, además de variar la cantidad de presión ejercida en los ladrillos con la ayuda de una prensa hidráulica.

Se hizo el control de secado, colocando las muestras a secar y pesando diariamente, esto tuvo como finalidad encontrar los días en donde las muestras ya no pierdan agua y su peso se mantenga constante.

Al terminar el tiempo de secado, se trasladaron las muestras al horno seleccionado por los investigadores para su cocción, obtenidos los ladrillos de tierra comprimida se procedió a comprobar cuál de las mezclas se utilizaría para esto se los sometido al ensayo de resistencia a la compresión, comparando los resultados obtenidos de cada muestra y escogiendo el más adecuado para los investigadores.

2.7.2. Elaboración

Encontrado las cantidades de agregados que compondrán los ladrillos, se prosiguió a comprimir la mezcla utilizando como recipiente un molde de acero cuyas medidas son 24x13x7.5 donde representan largo, ancho y alto respectivamente, sometiéndolo a una carga de 200 bares (establecido en las dosificaciones de resultados), con la ayuda de una prensa hidráulica.

2.7.3. Secado

El tiempo en el cual se determinó que los ladrillos dejaron de perder agua fue a la edad de 15 días (Ver Anexo 3), durante ese periodo los ladrillos no sufrieron ningún tipo de manipulación, a excepción cuando cumplieron una semana de secado, se giraron los ladrillos para un secado parejo en todas sus caras, este método se realizó en todos los lotes.

2.7.4. Cocción

Culminado el periodo de secado, se transportó los ladrillos al primer horno, en este caso se optó por el horno industrial, separando en lotes compuestos por 20 ladrillos cada uno y colocando los lotes a distintas horas de cocción. El proceso de cocción y enfriamiento que tuvieron los ladrillos fue en total de 3 días.

El segundo horno seleccionado fue el artesanal, transportando los ladrillos y colocándose, en este caso por recomendación de los investigadores, en el centro del horno, el total de tiempo que conllevó todo su proceso entre cocción y enfriamiento constó de 15 días.

2.7.5. Recepción

En este punto, los ladrillos que se quebraron o presentaban defectos como rajaduras fueron descartados, se hicieron ensayos de campo donde se evaluó el sonido y color que tenían los ladrillos.

Los ladrillos hábiles para su utilización en los ensayos de laboratorio fueron en total de 212.

2.7.6. Ensayos

2.7.6.1. Absorción

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613.

- Seleccionar 5 ladrillos para colocarlos en un horno de $100^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Luego se enfriarán las muestras por un periodo de 4 horas como mínimo y hasta que la temperatura de la superficie sea acorde con el ambiente. (No se deberá usar especímenes muy calientes para cualquier prueba se requiere unidades secas).
- Se sumergirá parcialmente los especímenes en agua limpia durante un tiempo de 24 horas, luego retirar y limpiar el agua superficial con un paño y pesar los ladrillos. (Pesar todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua).
- Calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

$$\text{Absorción } \% = \frac{100(W_s - W_d)}{W_d} \qquad \text{Ecuación 1: Absorción}$$

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

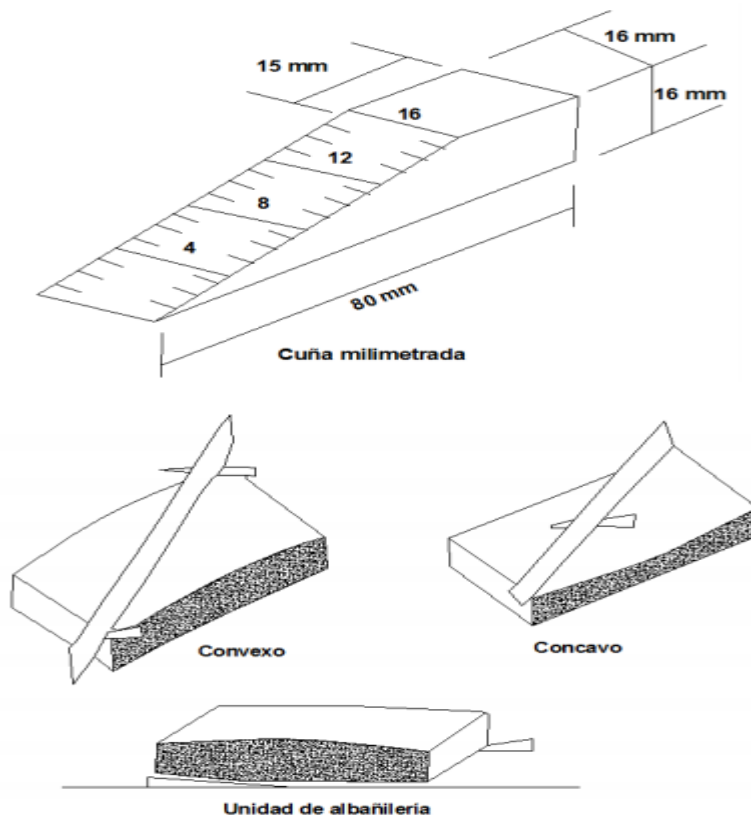
Wd: Peso seco del espécimen.

2.7.6.2. Alabeo

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613.

- Se utilizará una cuña de medición graduada de acero con divisiones desde un extremo de 1 mm.

Figura 3: Alabeo



Descripción:

Cuña usada para medir la concavidad y convexidad en alabeo

Fuente: Norma E.070

- Seleccionar 10 especímenes, con una brocha se elimina polvo adherido a la superficie.
- Mediante la utilización de una regla de acero, que será colocado en el recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida,

con la cuña de acero se medirá la distancia con una aproximación de 1 mm.

- Se tomará 4 medidas en la parte inferior y superior del espécimen donde se registrará si se presenta concavidad y/o convexidad.

2.7.6.3.Dimensionamiento

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613.

- Se medirán las unidades individualmente con una regla de acero graduada de 30 cm, con divisiones de milímetros o un vernier calibrado con cabezales paralelos.
- Medir 10 unidades enteros y secas (Estas unidades serán representativas de cada lote).
- Realizar 4 medidas en ancho, largo y alto del ladrillo; reportar el promedio de las medidas de cada espécimen ensayado con aproximación a 1mm.

2.7.6.4.Eflorescencia

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613.

- Los especímenes consistirán en 10 ladrillos enteros.
- Se utiliza una bandeja de metal resistente a la corrosión u otro material que no genere sales solubles al ponérsele agua destilada y será de dimensiones tales que provea no menos de 25 mm de profundidad de agua.
- Colocar 5 pares con un extremo parcialmente sumergido en agua destilada en aproximadamente 25 mm, por 7 días.
- Almacenar los otros 5 pares en un cuarto de secado, sin contacto al agua.

- Al terminar los siete días, inspeccionar el primer conjunto de especímenes y luego secar ambos conjuntos en el horno de secado por 24 horas.
- Examinar y comparar cada par de especímenes observando la parte superior y las cuatro caras de cada espécimen.

2.7.6.5. Peso por Unidad

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.316.

- Pesar 5 ladrillos enteros y seca los especímenes en un horno ventilado a 110°C no menos de 24 horas.
- Se enfriarán los especímenes con la ayuda de un ventilador hasta que se diferencien el peso de 0.2% de la pesada anterior.
- Se determinará el peso de los especímenes una vez secos con una balanza de precisión 0.1 gr.

2.7.6.6. Succión

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613.

- Se selecciona 5 especímenes para colocarlos en un horno de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Se deja enfriar por un tiempo de 4 horas como mínimo, luego se pesa en estado seco y la superficie debe estar fría o temperatura ambiente.
- Se procederá a colocar por el espacio de un $1\text{min} \pm 1\text{seg}$, dentro de la bandeja de succión.
- La bandeja para ensayo de succión debe estar nivelada y la altura del agua controlada para el ensayo.

- Después se escurre los ladrillos y se limpia el agua excedente de la superficie, este no debe exceder de los 5 minutos después de retirar el ladrillo del agua.
- Se toman los datos y se registra.

$$\text{Succión (gr / 200cm}^2\text{/min)} = \frac{200(P_m - P_s)}{A} \quad \text{Ecuación 2: Succión.}$$

A = Área de contacto

P_s = Peso seco de la muestra

P_m = Peso de la muestra húmeda

2.7.6.7. Variación Dimensional

El ensayo se realizó siguiendo el proyecto de norma E.070 de albañilería.

- Seleccionar 12 unidades enteras y secas.
- Se toma un promedio de 3 medidas (en centímetros) hechas en la parte intermedia de las superficies correspondientes; del largo, ancho y alto del espécimen.
- Registrar las medidas y sacar un promedio en general para altura, ancho y largo.
- Comparar las medidas promedias generales de cada espécimen con las medidas de cada ladrillo y registrar en mm la variación de las medidas.

$$V. D. = M_p - M_l \quad \text{Ecuación 3: Variación Dimensional}$$

M_p = Medida Promedio.

M_l = Medida del Ladrillo

2.7.6.8. Módulo de Rotura

El método está basado en la norma técnica peruana 399.613

- Constituye una medida de la calidad de la unidad.
- Se ensayarán 5 unidades enteras completamente secas.
- Se apoya el espécimen en su mayor dimensión sobre un tramo no menor a la longitud de la unidad menos 2,5 mm y cargado en el centro del tramo por lo cual se utilizarán platinas de acero de 1” ancho y la longitud será correspondiente al ladrillo.
- Se someterá la unidad a la acción de una carga concentrada creciente.
- El módulo de rotura de cada espécimen se calcula con la expresión que se indica a continuación, con aproximación a 0.01 MPa
- Luego se procede a realizar los cálculos respectivos.

$$S = 3W \left(\frac{l}{2} - x \right) / bd^2$$

Ecuación 4: Módulo de Rotura

S = Modulo de rotura del espécimen en el plano de falla (Pa).

W = Máxima carga aplicada con la máquina de prueba (N).

l = Distancia entre apoyo (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).

- El módulo de rotura de la muestra se determina como el promedio de los módulos de rotura de los especímenes ensayados, con aproximaciones a 0.001 MPa.

2.7.6.9. Resistencia a la compresión por unidad

El ensayo de resistencia a la compresión de la unidad, se desarrolló en base a las especificaciones de la norma NTP 339.613 y la RNE E.070.

- Se ensayó 5 especímenes por lote, por tanto, se ensayó un total de 20 especímenes.
- Este ensayo se realizó con testigos de medias unidades secas, para lo cual, la superficie de asiento se colocó capping de yeso, para nivelar y distribuir uniformemente la carga aplicada.
- Este ensayo se realizó con testigos de medias unidades secas, para lo cual, la superficie de asiento se colocó capping de yeso, para nivelar y distribuir uniformemente la carga aplicada.
- Se calculó 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:

$$C = \frac{W}{A} \qquad \text{Ecuación 5: Compresión por Unidad}$$

C = Resistencia a la compresión del espécimen MPa.

W = Máxima carga en N , indicada por la máquina de ensayo.

A = Área de las caras de apoyo de la unidad.

2.7.6.10. Resistencia a la compresión axial

El ensayo de resistencia a la compresión por pilas, esta especificada en la RNE E.070.

- La resistencia a la compresión está definida como la carga máxima axial entre el área de la sección transversal, también dependerá de la esbeltez que es la relación que existe entre la altura y el espesor del prisma.
- Para el ensayo se utiliza dos o más unidades de albañilería enteras, asentadas una sobre otra mediante mortero, estas pilas a la edad de 28 días fueron ensayadas a compresión axial para controlar la calidad de albañilería.
- Se calculó la resistencia a la compresión por pilas de cada espécimen con la ecuación que se indica a continuación:

$$f'm = C * \frac{P_{m\acute{a}x}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación 6: Compresión Axial}$$

$P_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima sobre la pila

C = Es un coeficiente de esbeltez que se toma de acuerdo a la norma E.070.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los ladrillos cocidos en horno artesanal e industrial fueron divididos en distintos lotes para cada prueba a ensayar, a la muestra representativa de cada lote se le denominó L_n° , que significa la cantidad de ladrillos utilizados para ese ensayo, la cual varía de L1 a L5 en algunas pruebas y en otros donde se requiera una mayor confiabilidad se emplearán mayor cantidad de ladrillos de acuerdo al análisis estadístico.

3.1. Dosificaciones

Se realizaron ensayos de dosificaciones, donde se variaron los porcentajes de arcilla y arena, manteniendo el porcentaje de arcilla constante en todas las muestras, esto con la finalidad de encontrar una dosificación que cumpla con la resistencia que se plantearon los investigadores.

Figura 4: Dosificación

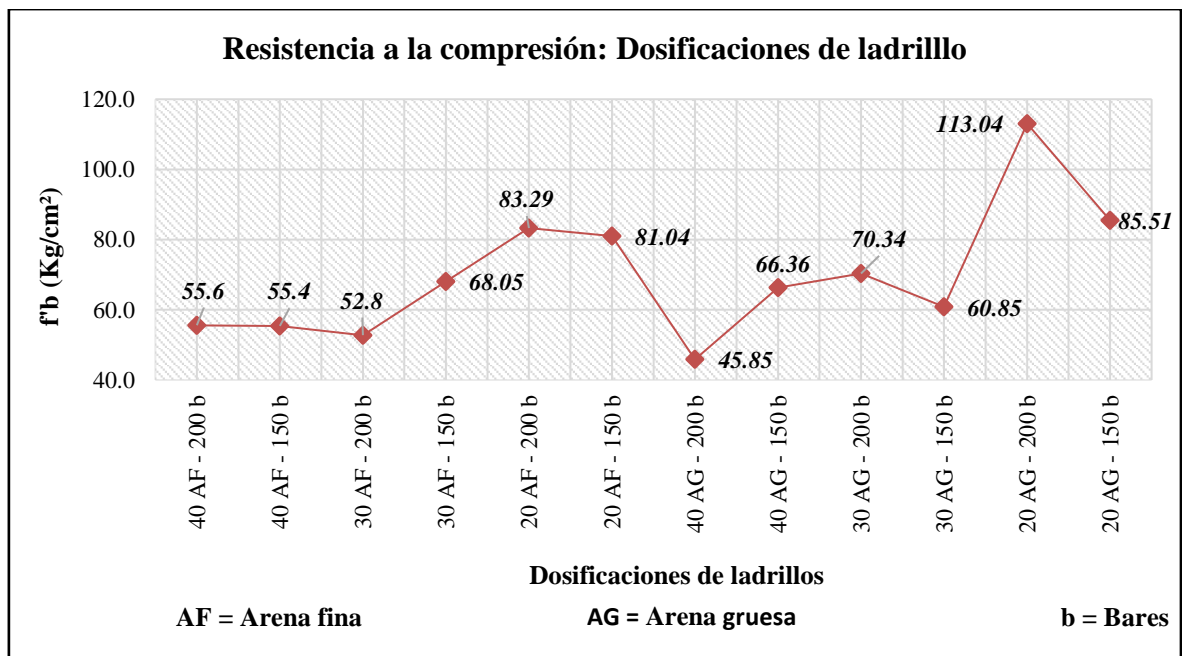


Figura 4: Resultados de las dosificaciones de los ladrillos. La figura muestra la comparación de las dosificaciones que se utilizaron en los ladrillos cocidos en horno artesanal e industrial obtenidos en el presente estudio esto para cada ladrillo trabajado del mismo modo, muestra los porcentajes de cada material que se utilizaron, además de mostrar la unidad de presión (b = bares).

3.2. Absorción.

La absorción a un tiempo de 24 horas muestra una variación entre los ladrillos cocidos en un horno industrial y artesanal, teniendo como resultados los siguientes: Ver figura 4.

Figura 5: Ensayo de Absorción.

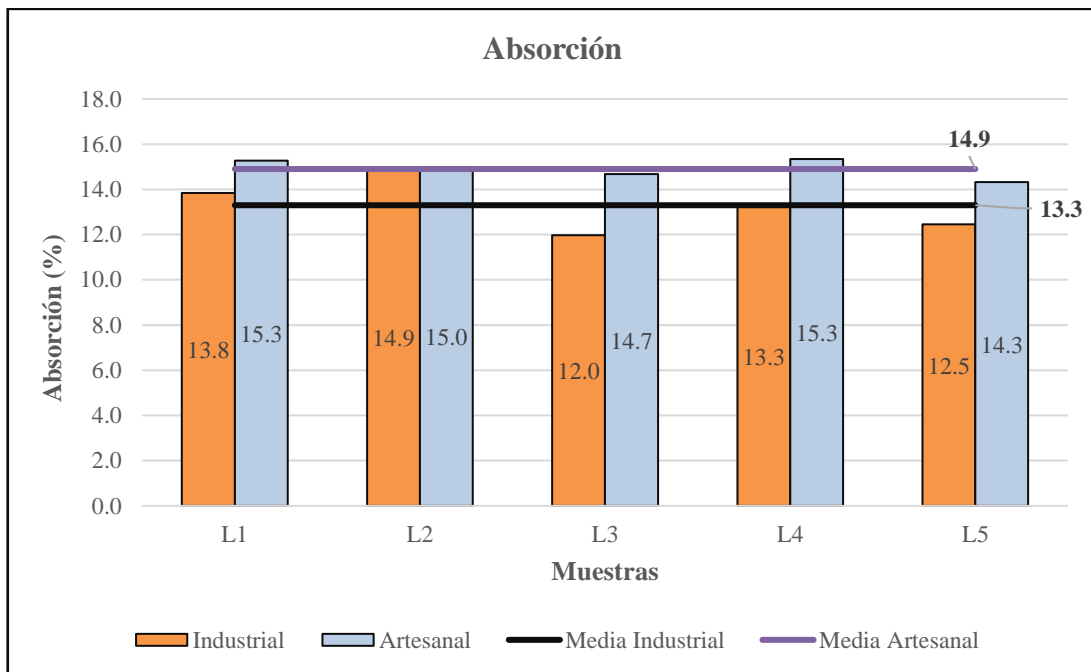


Figura 5: Resultados de la absorción de los ladrillos. La figura muestra la comparación de la absorción que tienen los ladrillos cocidos en horno artesanal e industrial obtenidos en el presente estudio esto para cada ladrillo trabajado del mismo modo, muestra el porcentaje de agua que han absorbido los ladrillos.

3.3. Alabeo.

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613, fueron 20 muestras, 10 artesanales y 10 industriales. Se ensayaron tal cual fueron encontrados, salvo que, se eliminó con una brocha el polvo adherido a la superficie. Ver fig. 6.

Figura 6: Ensayo de Alabeo.

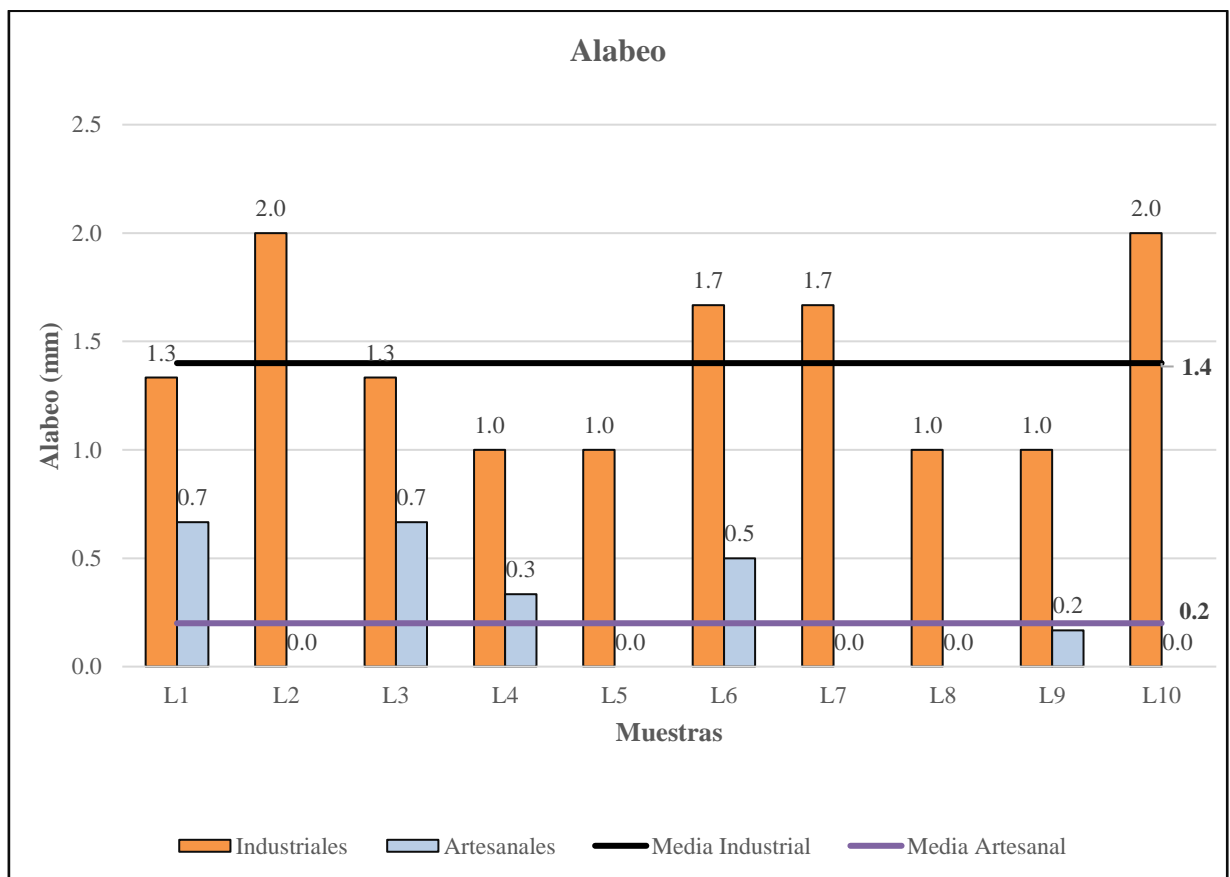





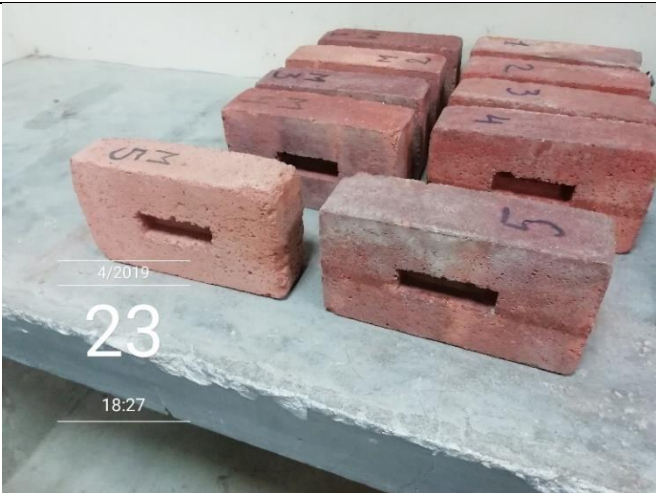
Figura 6. Resultados del ensayo de alabeo, en la figura nos muestra que las muestras de los ladrillos Industriales tienden a ser todos convexas, mientras que los ladrillos artesanales, la muestra L1, L2, L3 y L4 son convexas, mientras que las muestras L3, L6 y L9 son cóncavas, y por últimos las muestras L5, L7 y L8 no presentan deformación en su superficie.

3.4. Eflorescencia.

En ensayo de eflorescencia se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613, se utilizaron 20 muestras, 10 industriales y 10 artesanales a su vez se dividió los 10 ladrillos correspondientes en 5 ladrillos para someter a la bandeja de eflorescencia durante una semana y 5 ladrillos se utilizaron al terminar esa semana adjuntado ambos pares al horno y realizando su comparación de los ladrillos para observar si presentan en su superficie manchas blancas u algún otro indicio que pueda ser indicativo de eflorescencia.




Tabla 2: Ensayo de eflorescencia en ladrillos industriales.



<p>L1</p>		<p>No Presenta</p>
<p>L2</p>		<p>No Presenta</p>

<p>L3</p>		<p>No Presenta</p>
<p>L4</p>		<p>No presenta</p>
<p>L5</p>		<p>No presenta</p>

Resultados del ensayo de eflorescencia, en la tabla nos muestra los ladrillos cocidos en horno industrial. Las muestras fueron evaluadas comparando los pares de ladrillos. El primer par sometido una semana en una bandeja con agua destilada. El segundo par estuvo en la cámara de secado.

Tabla 3: Ensayo de eflorescencia en ladrillos artesanales.

<p>L1</p>		<p>Presenta eflorescencia</p>
<p>L2</p>		<p>Presenta eflorescencia</p>
<p>L3</p>		<p>Presenta eflorescencia</p>

<p>L4</p>		<p>Presenta eflorescencia</p>
<p>L5</p>		<p>Presenta eflorescencia</p>

Resultados del ensayo de eflorescencia, en la tabla nos muestra los ladrillos cocidos en horno artesanal. Las muestras fueron evaluadas comparando los pares de ladrillos. El primer par sometido una semana en una bandeja con agua destilada. El segundo par estuvo en la cámara de secado.

3.5. Dimensionamiento.

El ensayo de dimensionamiento se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613, fueron 20 muestras, 10 artesanales y 10 industriales. En ambos grupos su superficie fue totalmente seca. Se ensayo con un vernier calibrado con cabezales paralelos. Ver fig. 7.

Figura 7: Ensayo de Dimensionamiento.

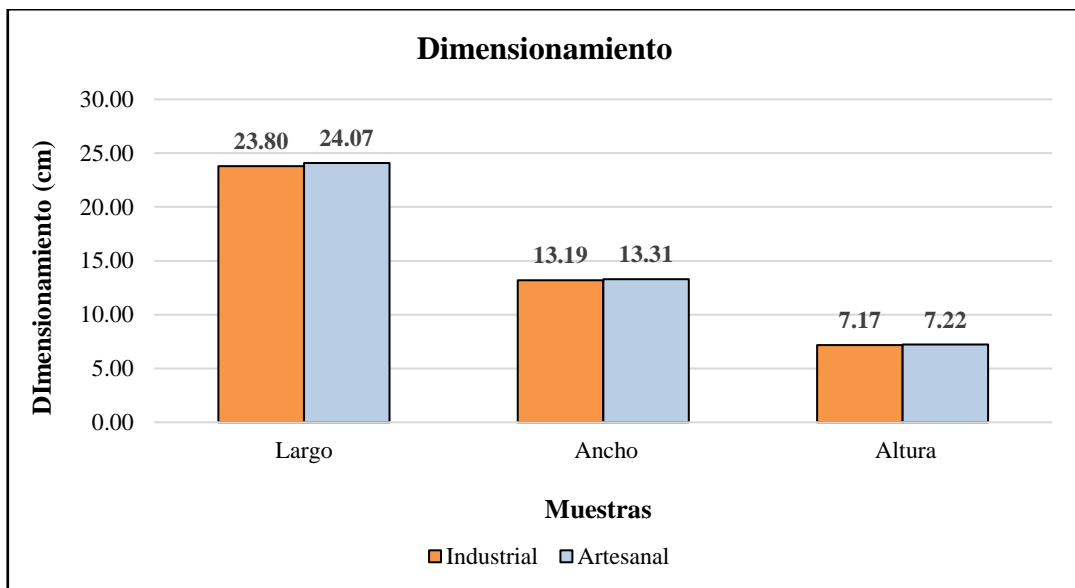


Figura 7. Resultados del ensayo de dimensionamiento. Comparación de las medidas de un ladrillo cocido en horno industrial y artesanal. Se muestra las medidas de las 3 dimensiones de los ladrillos.

3.6.Succión.

El ensayo de succión se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.613, fueron 5 muestras las que se utilizaron, se pusieron en la bandeja de succión con agua nivelada donde se colocó cada ladrillo por el tiempo de 1 minuto cronometrado indicando la cantidad de agua que retienen los ladrillos, seguido se limpió superficialmente y se pesó para obtener el agua retenida Ver fig. 8.

Figura 8: Ensayo de succión.

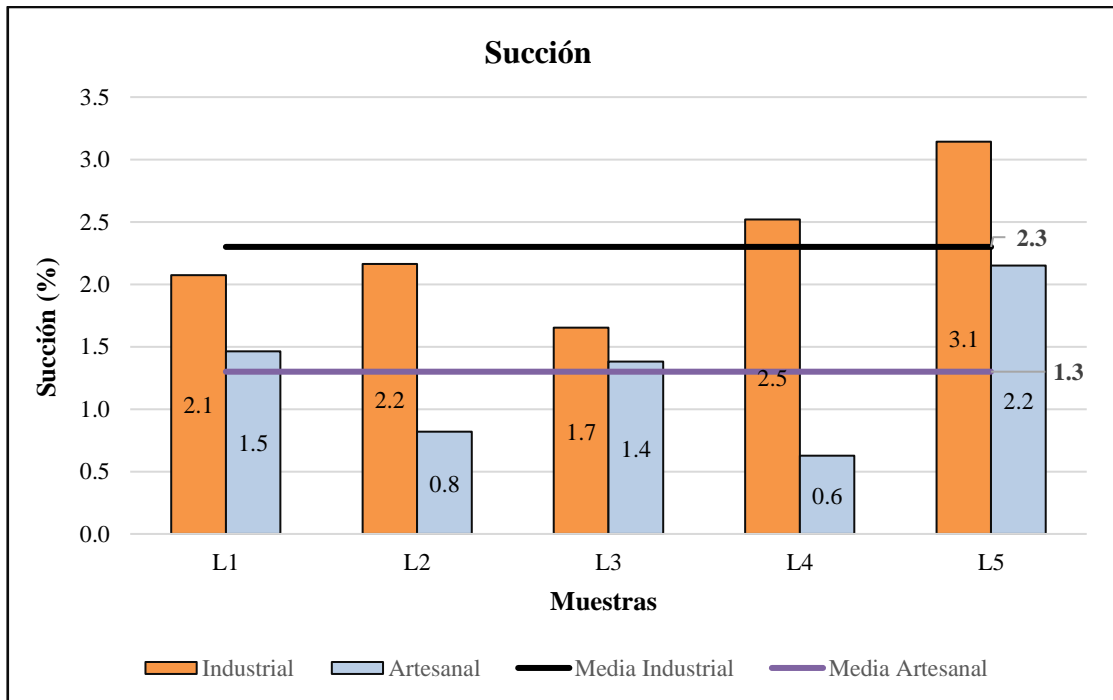


Figura 8. Resultados de succión. La figura muestra la succión de los ladrillos cocidos en horno industrial y artesanal durante el tiempo de 1 minuto.

3.7. Peso de las unidades.

El ensayo se realizó siguiendo la norma técnica peruana 399.316, se pesaron 10 ladrillos cocidos; 5 artesanales y 5 industriales, enteros y secos, para luego proceder a calcular el peso por unidad. Ver fig. 9.

Figura 9: Ensayo de peso por unidades.

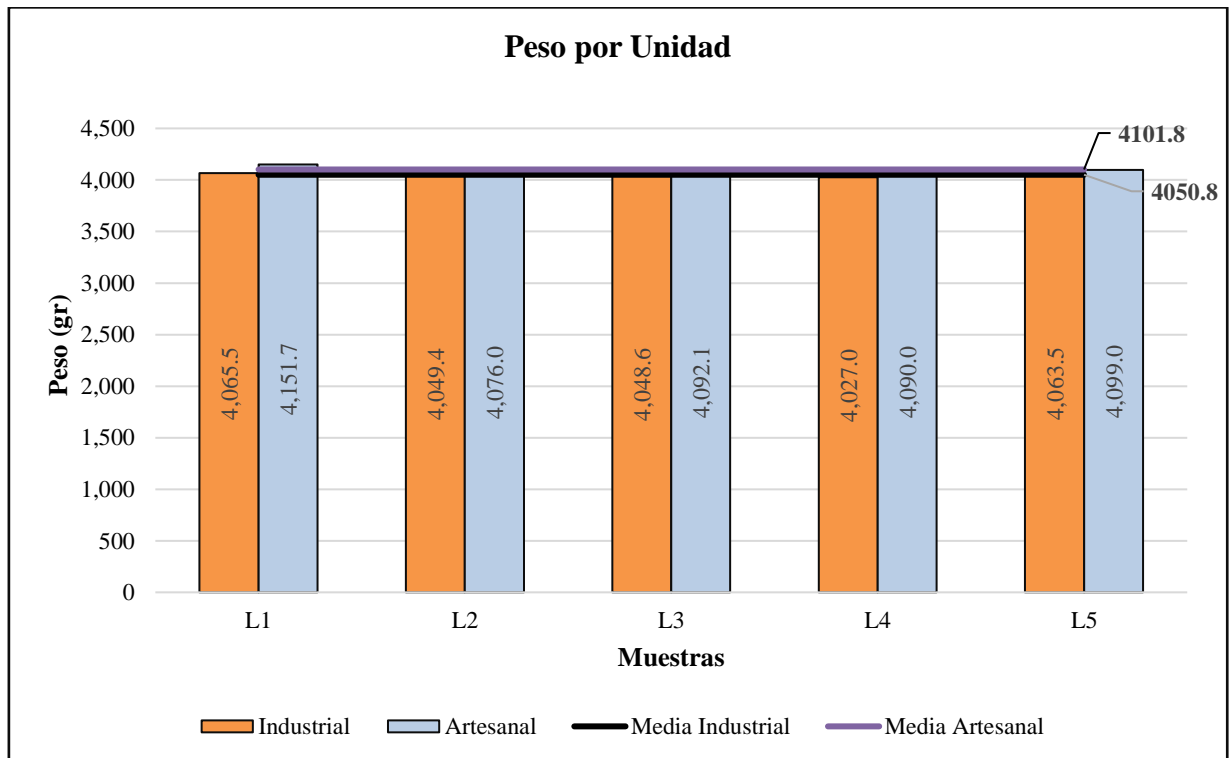


Figura 9. Resultados del ensayo de peso por unidad, en la figura nos muestra que los ladrillos Industriales tienden a tener menor peso que los ladrillos artesanales, esto porque los ladrillos que fueron cocidos artesanalmente, estuvieron cocidos en cierta parte, por lo cual el agua que contenían estos especímenes no llegó a evaporarse, es por eso la diferencia en los pesos.

3.8. Variación dimensional.

El ensayo de variación dimensional muestra los cambios ocurridos al ladrillo durante su proceso de cocción, comparando las medidas que se dieron al ladrillo con las medidas de los ladrillos después de su cocción para comparar si hubo cambios en sus medidas. Ver fig. 10.

Figura 10: Ensayo de variación dimensional.

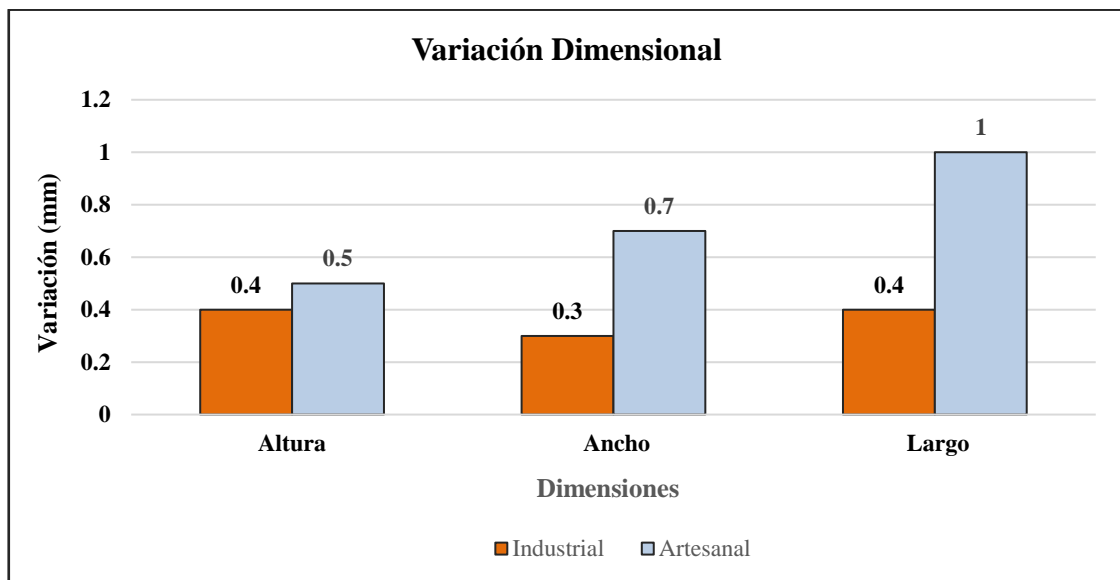


Figura 10. Resultados de la variación dimensional. La figura muestra los resultados de la variación dimensional promedio de los ladrillos cocidos en un horno industrial y artesanal donde se compararon altura, ancho y largo.

3.9. Módulo de rotura.

La resistencia del módulo de rotura se realizó a 10 ladrillos divididos en 5 cocidos en horno industrial y 5 en horno artesanal, obteniendo mejores resultados en la resistencia de los ladrillos industriales. Ver fig. 11.

Figura 11: Ensayo de módulo de rotura.

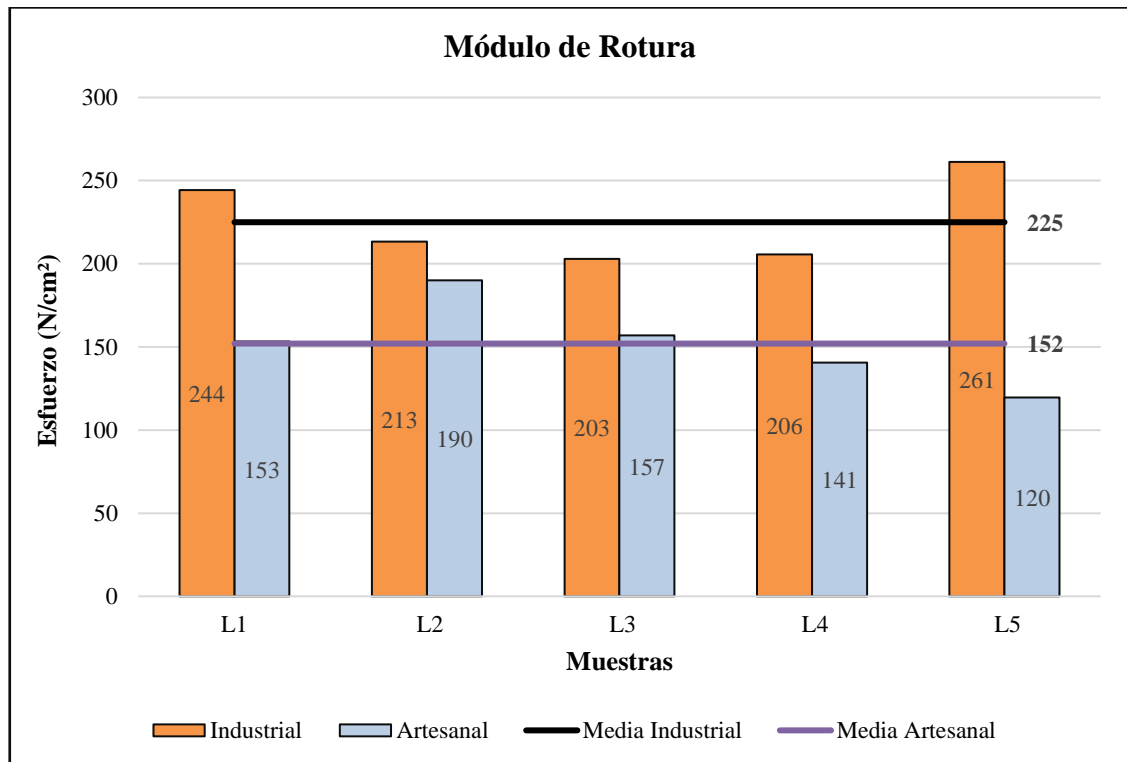


Figura 11. Resultados del módulo de rotura. La figura muestra los resultados de la resistencia del módulo de rotura de diez testigos de ladrillos cocidos 5 en horno industrial y 5 en horno artesanal. Mostrándose un declive de su módulo de rotura

3.10. Resistencia a la compresión por unidad.

El ensayo se realizó siguiendo la NTP 399.613, se ensayaron 40 ladrillos cocidos; 15 artesanales y 20 industriales, enteros y secos, se realizó con testigos de medias unidades secas, para lo cual, la superficie de asiento se colocó capping de yeso, para nivelar y distribuir uniformemente la carga aplicada. Ver tabla 4 y 5.

Tabla 4: Resistencia a la Compresión – Artesanal.

Tabla 5: Resistencia a la compresión - Industrial.

Industrial	
ITEM	F'b (Kg/cm ²)
L1	137.4
L2	156.9
L3	149.3
L4	130.6
L5	139.4
L6	126.3
L7	177.2
L8	135.9
L9	123.7
L10	138.8
L11	143.7
L12	126.3
L13	118.4
L14	129.8
L15	132.1
L16	144.4
L17	119.1
L18	128.5
L19	125.7
L20	121.1
Promedio	135.2
Desviación estándar	13.9
Límite máximo	149.1
Límite mínimo	121.4

Artesanal	
ITEM	F'b (Kg/cm ²)
L1	96.7
L2	111.3
L3	92.8
L4	88.2
L5	82.0
L6	53.5
L7	77.8
L8	55.7
L9	85.0
L10	121.1
L11	94.7
L12	60.3
L13	108.4
L14	95.7
L15	65.8
Promedio	85.9
Desviación estándar	19.7
Límite máximo	105.7
Límite mínimo	66.2

Tabla 4. Resultados de la resistencia a la compresión por unidad. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras para ladrillos cocidos en horno artesanal e industrial. Mostrándose la diferencia de resultados que alcanzaron las muestras.

3.11. Ensayo de compresión axial en pila de albañilería.

La resistencia a la compresión axial en pilas de albañilería se realizó a la edad de 28 días, obteniendo que los ladrillos cocidos en hornos industriales tuvieron resultados superiores frente a los ladrillos cocidos en horno artesanal que tuvieron un declive en sus resistencias. Ver fig. 12.

Figura 12: Ensayo de compresión axial

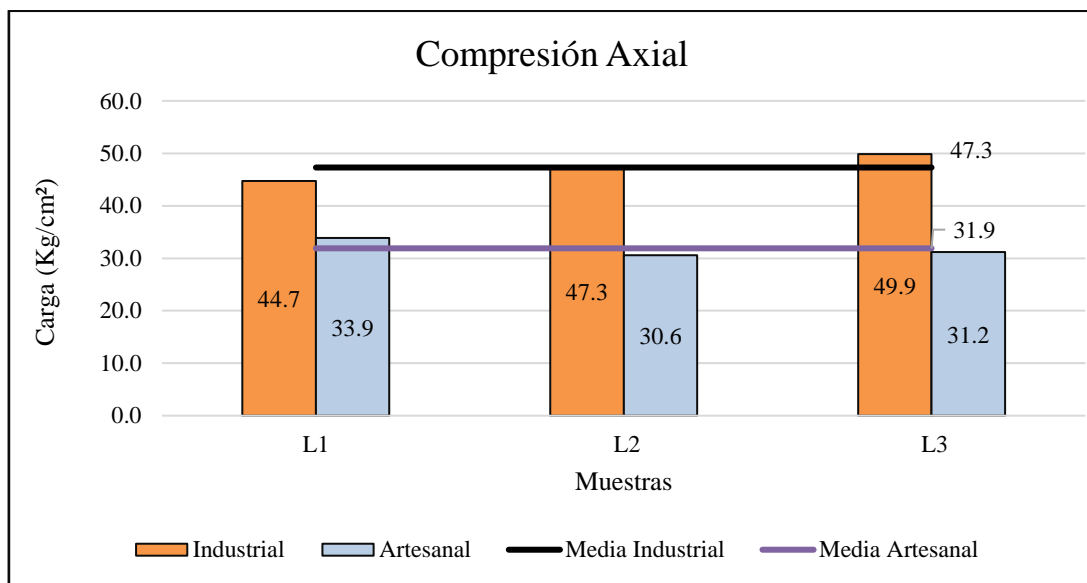


Figura 12. Resultados de la resistencia a la compresión axial a los 28 días. La figura muestra los resultados de la resistencia a la axial de tres testigos compuestos por ladrillos y mortero de 1 cm de espesor. Mostrándonos declive de la resistencia a la compresión axial de los ladrillos cocidos en horno artesanal con respecto al que se realizó en un horno industrial

3.12. Análisis de precio unitario del ladrillo

Se analizó los precios unitarios para la producción a gran escala de los ladrillos de tierra comprimida en la ciudad de Trujillo. Los ladrillos se fabricarían en la zona industrial de Huanchaco-Trujillo, trayendo el caolín desde la cantera “Las Piñas” ubicado en el distrito de Poroto.

ANÁLISIS DE COSTOS DEL LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNIT.	PARCIAL	TOTAL
1. EXTRACCIÓN DE ARCILLA POR HORA - 15 M3						S/1,364.50
Cargador frontal CAT 992H - 2.5 M3	HM		1.00	170.00	170.00	
Combustible diésel	Gln.		1.65	12.50	20.63	
Operario	HH	1.00	1.00	23.87	23.87	
Flete Poroto - Trujillo	Glb.		1.00	700.00	700.00	
Triturado de la arcilla	M3		15.00	30.00	450.00	
2. MATERIA PRIMA POR M3 DE MEZCLA						S/79.43
Arcilla	M3		0.80	90.97	72.77	
Arena	M3		0.20	15.00	3.00	
Aserrín	M3		0.10	27.90	2.79	
Agua	M3		0.13	6.57	0.87	
3. CONFORMACIÓN DE LADRILLO POR HORA						S/113.01
Mezcladora de tambor 18 HP - 11 P3	HM		1.00	12.50	12.50	
Prensa semiautomática 50 Ton	HM		1.00	32.69	32.69	
Tractor s/ruedas 125 HP Faja transportadora 18" x 40" 3HP	HM	0.10	1.00	169.49	16.95	
Operario	HH	1.10	1.00	22.92	25.21	
Peón	HH	1.00	1.00	16.55	16.55	
Herramientas manuales	% HH	0.05		39.47	1.97	
4. SECADO DEL LADRILLO PRODUCIDO POR HORA						S/54.31
Operario	HH	0.10	1.00	22.92	2.29	
Peón	HH	2.00	1.00	16.55	33.10	
Tractor s/ruedas 125 HP	HM		0.10	169.49	16.95	
Herramientas manuales	% HH	0.05		39.47	1.97	
5. COCCIÓN DEL LADRILLO						S/4,810.94
Horno Hoffman 150 Ton.	Glb.		1.00	102.95	102.95	

Cascarilla de cacao (combustible)	Ton.		25.00	186.00	4,650.00
Operario	HH	1.00	1.00	22.92	22.92
Peón	HH	2.00	1.00	16.55	33.10
Herramientas manuales	% HH	0.05		39.47	1.97

COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA UNIDAD DE LADRILLO DE TIERRA COMPRIMIDA

PESO DE LOS MATERIALES POR METRO CUBICO

MATERIALES	UNIDAD	VOLUMEN	DENSIDAD	PESO
Arcilla	Kg	0.80	2,200.00	1,760.00
Arena	Kg	0.20	1,600.00	320.00
Aserrín	Kg	0.10	430.00	43.00
Agua	Kg	0.12	1,000.00	123.00
<i>Total, del peso de los materiales por m3 de mezcla</i>				2,246.00
<i>Costo del m3 de mezcla</i>				79.43
<i>Costo del material por cada ladrillo 5 Kg</i>				0.18

COSTO DE COCCIÓN POR CADA LADRILLO

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
Rendimiento diario	Ladrillos	40,000.00	4,810.94
<i>Costo de cocción por cada ladrillo</i>			0.12

COSTO DE PRODUCCIÓN DE CADA LADRILLO

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO
Rendimiento hora	Ladrillos	500.00	167.33
<i>Costo de cocción por cada ladrillo</i>			0.33
COSTO FINAL DEL LADRILLO			0.63

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

4.1.1 Absorción

Los resultados de la presente investigación no distan mucho de los resultados obtenidos por el ingeniero Urbina (2015) en su tesis “Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos”, ya que se llegó a la conclusión que la temperatura de un horno para poder cocer los ladrillos debe oscilar entre los 700°C y 850°C siendo esta última la más adecuada por mejorar sus propiedades evaluadas como la absorción; para esta se obtuvo un valor de 11.7% siendo esta el valor mínimo debido a la disminución de poros, a comparación de nuestros ladrillos que tuvieron una absorción, en el caso de los artesanales, de 14.90% y para el caso de los ladrillos industriales, fue de 13.30%. (ver figura 4). Ya que para la investigación la temperatura de los hornos siempre estuvo controlada y constante entre 800°C y 900°. Resaltando que todos los valores obtenidos se encuentran dentro de lo permitido por la norma E-0.70.

4.1.2 Alabeo y succión

Se corrobora lo dicho por el ingeniero Rebaza (2018) en su tesis “Propiedades físicas – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la ciudad de Trujillo, 2018” puesto que clasifiqué su ladrillo como tipo V, ya que obtuve los siguientes resultados (L=-0.94%, A=0.80% y H=-0.44%) según la comparación que se hizo con los valores máximos que presenta la norma NTP E0.70 de albañilería, además que, en el ensayo de alabeo se obtuvieron los siguientes resultados (cóncavo 0.35mm y convexo=0.29mm) lo que permitió clasificarlo como un ladrillo tipo V, y según el

ensayo de succión se obtuvieron los siguientes resultados (33.87gr/200cm² /min) lo que permite, también clasificarlo como un ladrillo tipo V la norma NTP E0.70 de albañilería. Mientras que el ladrillo cocido en un horno industrial demostró tener mejor resistencia a la compresión 135.20 Kg/cm², un mejor peso 4.1kg (ver figura 9). una menor absorción 13.3% (ver figura 5). dimensionamientos de acuerdo a norma, y una mejor resistencia a la compresión por pilas 47.30Kg/cm² (ver figura 12)., ya que el ladrillo fue previamente comprimido y se le agrego aserrín a la mezcla, para disminuir su peso y aumentar su resistencia a la compresión.

4.1.3 Variación dimensional

Se comparo la ladrillera artesanal como industrial de acuerdo a los criterios dados en la tesis de la ingeniera Chávez (2017) “Análisis de las propiedades físicas mecánicas de ladrillos de arcilla calcinada en las principales ladrilleras de la región Arequipa y su capacidad máxima en una edificación” donde nos dicen que las ladrilleras artesanales en estudio, son las que muestran, porcentaje de variación dimensional y alabeo de 0.69mm más elevados, lo cual puede disminuir la adherencia con el mortero y el ladrillo, así como el ladrillos obtuvo un alabeo de 1.4mm (ver figura 5) esto de acuerdo a norma.

4.1.4 Eflorescencia

Así como la investigación del ingeniero Castro (2014) en su tesis “Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura” centra su investigación en que la principal causa de que aumente significativamente las características físicas y mecánicas de los ladrillos sea la materia prima con las que

son formadas estas muestras, además que los ladrillos artesanales son más susceptibles a presentar eflorescencia, a diferencia de los ladrillos cocidos industrialmente, donde la eflorescencia no se presentó en las muestras y en los ladrillos cocidos artesanalmente, se presentó pero en bajas cantidades (ver tabla 2), es por ello que se hace mayor la importancia y la necesidad de recubrir el muro del cual formen parte las unidades artesanales o industriales, con esto se evitó que las sales contenidas en las unidades se cristalicen al entrar en contacto con el agua y lleven a la desintegración de la unidad, y evitaría la excesiva eflorescencia en los ladrillos.

4.1.5 Módulo de rotura

Los resultados obtenidos en la presente investigación, nos dieron como resultado, que los ladrillos cocidos en horno industrial alcanzaron una resistencia promedio de 225 N/cm^2 y en los ladrillos cocidos en horno artesanal obtuvieron una resistencia promedio de 152 N/cm^2 , al comparar con el estudio de la ingeniera Lulichac (2015) “Determinación de las propiedades físicas – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca”, se obtuvo un resultado promedio de sus 4 ladrilleras evaluadas de 86 N/cm^2 (8.77 kg/cm^2), esta diferencia de datos obtenidos por Lulichac y los datos de la presente investigación radica en la forma de la elaboración del ladrillo, el proceso de prensado al que fue sometido que influyó dentro de la estructura del ladrillo para que así obtuviese menos espacios vacíos y las partículas tengan mejor adherencia, comparado con un ladrillo hecho de forma convencional evaluado por Lulichac, evaluando en el ensayo de flexión, los ladrillos de la presente investigación tiene una resistencia inicial otorgada por el prensado.

4.1.6 Resistencia a la compresión por unidad

De igual modo se siguió lo planteado por los ingenieros Guerrero, Espinel y Sánchez (2016) en sus tesis “Análisis de temperatura durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales” ya que los hornos donde ellos cocieron sus ladrillos macizos, tuvieron una temperatura de 1000°C y teniendo una resistencia a la compresión de 7.91 Mpa (80.65Kg/cm^2) mientras que nuestros ladrillos industriales tuvieron una resistencia a la compresión de 135.20Kg/cm^2 (ver figura 13) y para los ladrillos artesanales una resistencia de 85.90 Kg/cm^2 (ver figura 14), debido a que los ladrillos tuvieron una compresión de toda su estructura para aumentar sus características físicas y mecánicas, este proceso de prensado al que fueron sometidos los ladrillos al comparar con un ladrillo elaborado de manera convencional como en casi todas las ladrilleras artesanales, varia y se diferencia por la fuerza a la que se somete al ladrillo, la fuerza que genera la persona no es constante durante el proceso de elaboración, en cambio durante el prensado la fuerza a la que se somete al ladrillo es controlado y medido con un manómetro.

Figura 13: Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos industriales.

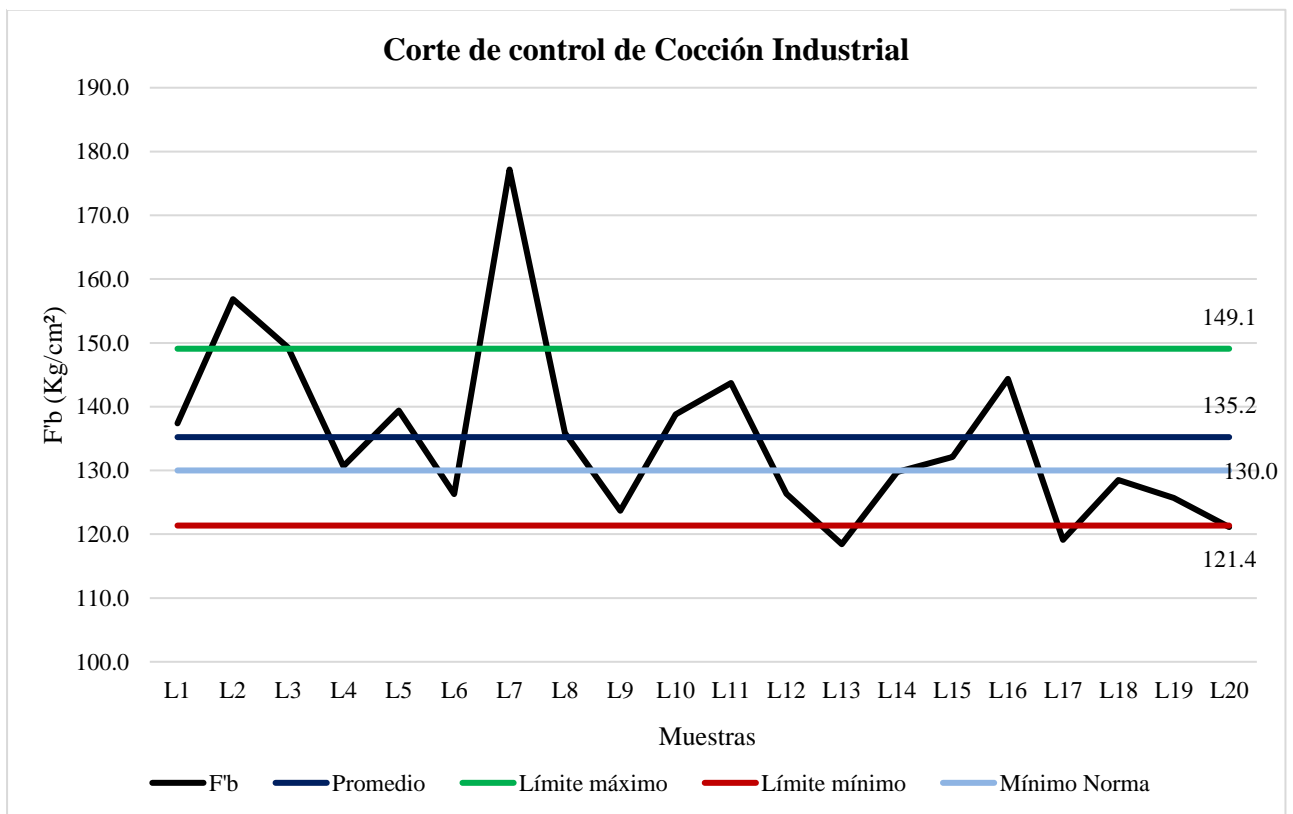


Figura 13. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión, en la figura nos muestra que las muestras de los ladrillos cocidos en horno Industriales, tienen una resistencia promedio de 135,2 F'b (Kg/cm²), una resistencia máxima de 149.3 F'b (Kg/cm²) y una resistencia mínima de 121.1 F'b (Kg/cm²)

Figura 14: Ensayo de resistencia a la compresión de ladrillos artesanales.

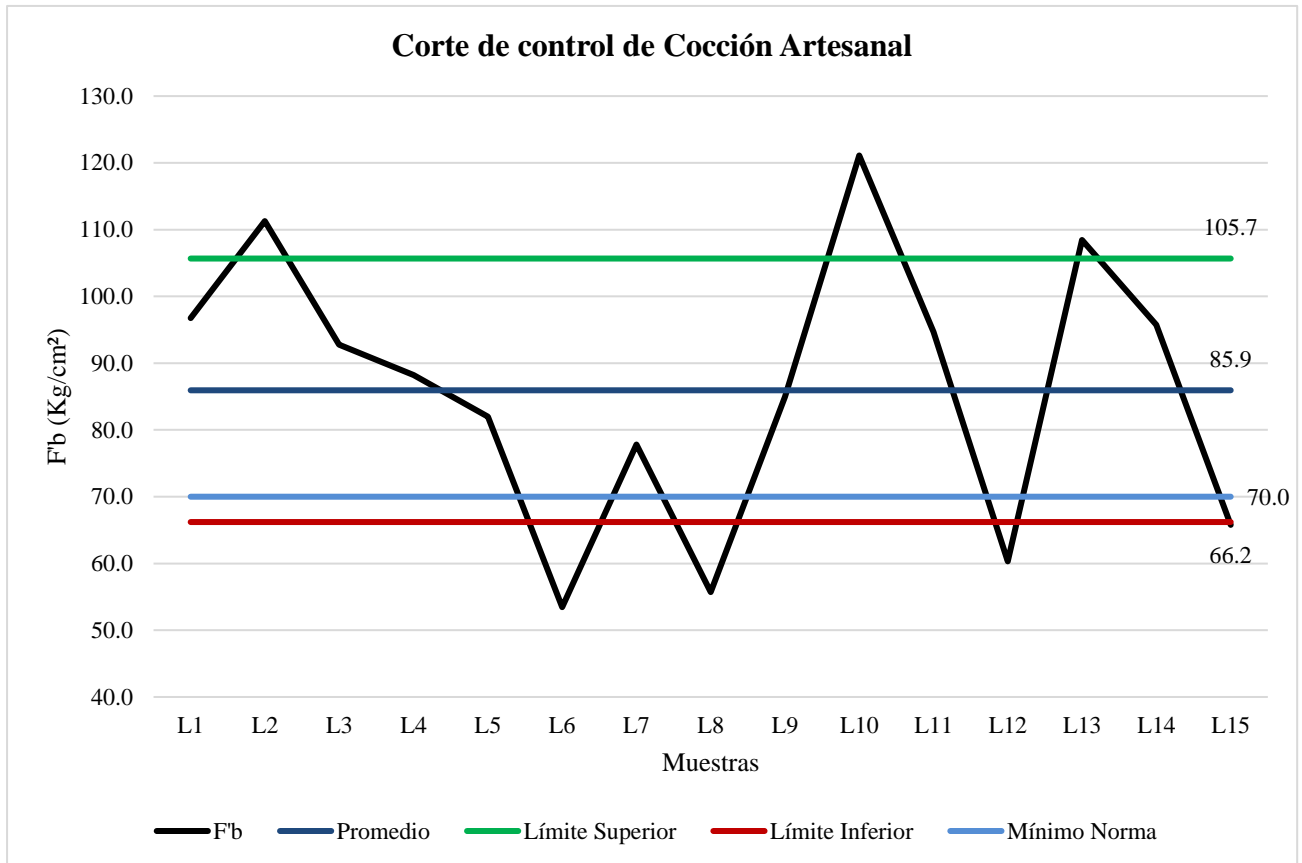


Figura 14. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión, en la figura nos muestra que las muestras de los ladrillos cocidos en hornos artesanales, tienen una resistencia promedio de 85.9 F'b (Kg/cm²), una resistencia máxima de 96.7 F'b (Kg/cm²) y una resistencia mínima de 65.8 F'b (Kg/cm²)

4.1.7 Resistencia a la compresión axial

Los resultados de los ensayos de compresión en pilas de albañilería, llegaron en los cocidos de forma industrial a la resistencia promedio de 47.3 Kg/cm² y los ladrillos que fueron cocidos de forma artesanal tuvieron la resistencia promedio de 31.9 Kg/cm² (ver figura 12), al comparar los resultados obtenidos con la Norma E.070, se observa que se cumple para el caso de las pilas industriales pero las pilas artesanales no cumplen con la exigencia de resistencia mínima que establece la Norma. Al relacionar el estudio de la ingeniera Lulichac (2015) “Determinación de las

propiedades físicas – mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca” los resultados del ensayo de pilas, donde tuvieron un promedio de 32.59 Kg/cm² concluyendo que, no cumplen con las exigencias mínimas (35Kg/cm²) que establece la norma E0.70, esto se debió a la forma de elaboración de los ladrillos que conforman las pilas, en la investigación de Lulichac se elaboraron y moldearon de manera artesanal mientras en la presenta investigación los ladrillos fueron prensados a 200 bares, esta diferencia de procesos influyo en la resistencia de las pilas por que le otorgo una resistencia inicial al bloque de tierra, se compacto mejor el material eliminando la mayoría espacios vacíos dentro de la estructura interna del ladrillo. El proceso de cocción en los ladrillos influyo en sus resistencias finales, los ladrillos industriales mantuvieron una temperatura de cocción por encima de los 900° C mientras los artesanales oscilaba entre 500° a 700 ° C, esta diferencia de cocción se refleja en la fabricación de las pilas a base de ladrillos cocidos en horno artesanales que no alcanza la resistencia mínima que dicta la E. 070.

4.2 Conclusiones

- El ladrillo cocido en un horno industrial presenta mejores características físicas frente al ladrillo cocido en horno artesanal.
- La absorción que se obtuvo en el industrial es de 13.30% mientras en el artesanal fue de 14.90%.
- El alabeo en el industrial fue de 1.4 mm y en el artesanal fue de 0.20 mm.
- Las medidas del ladrillo cocido en horno industrial fueron de $h=7.17$ cm, $L=23.80$ cm y $a=13.19$ cm, por otro lado, el ladrillo cocido en horno artesanal obtuvo las siguientes dimensiones $h=7.22$ cm, $L=24.07$ cm y $a=13.31$ cm.
- La succión en el industrial fue de 93.60 gr y en el artesanal fue de 52.40 gr.
- El peso promedio que tuvieron los ladrillos cocidos en horno industrial fue de 4050.80 gr y en los ladrillos cocidos en horno artesanal fue de 4101.80 gr.
- La variación dimensional del ladrillo industrial fue de 0.30 mm en su ancho, 0.40 mm en el largo y 0.40 mm en su altura, en cambio, el ladrillo artesanal obtuvo una variación de 0.70 mm en su ancho, 1.00 mm en su largo y 0.50 mm en su altura.
- Los ladrillos cocidos en horno industrial no presentaron eflorescencia y los ladrillos cocidos en horno artesanal presentaron eflorescencia.
- El ladrillo cocido en un horno industrial presenta mejores características mecánicas frente al ladrillo cocido en horno artesanal.
- El módulo de rotura en el ladrillo industrial fue de 225 N/cm² y en el ladrillo artesanal se obtuvo 152 N/cm².
- La resistencia a la compresión por unidad en el ladrillo industrial fue de 135.20 Kg/cm² y en el ladrillo artesanal fue de 85.90 Kg/cm².

- La resistencia a la compresión axial en el ladrillo industrial fue de 47.30 Kg/cm² y en el ladrillo artesanal fue de 31.90 Kg/cm².
- Se realizó el análisis de precios unitarios para el ladrillo de tierra comprimida con cocción industrial, ya que obtuvo mejores características físicas y mecánicas; el ladrillo obtuvo un costo de producción por unidad de 0.63 soles.
- El ladrillo cocido en un horno industrial se clasifica dentro de la norma E 0.70 como un ladrillo tipo IV.

Ladrillo Cocido en Horno Industrial	Unidad	Especificación Interna	Requisitos Normados:	Normas
-------------------------------------	--------	------------------------	----------------------	--------

Propiedades Físicas:

Peso	kg	4.10 - 4.05	No Precisa	-	
Dimensiones	Largo	cm	23.80	2% 23.32 Mín. 24.28 Máx.	
	Ancho	cm	13.19	3% 12.79 Mín. 13.59 Máx.	NTP 331.017
	Alto	cm	7.17	3% 6.95 Mín. 7.39 Máx	
Absorción	%	13.30	Máx. 22.0	RNE. 070	
Coefficiente de Saturación	%	0.88	Máx. 0.88	NTP 331.017	
Alabeo	mm	1.4	Máx. 2.0	NTP 331.017	
Succión	gr.	93.6 (2.3 %)	No Precisa	-	
Eflorescencia	-	No Presenta	No Presenta	RNE. 070	

Propiedades Mecánicas:

Módulo de Rotura	(N/cm ²)	225.00	Mín. 90	NTP 331.017
Resistencia a la Compresión	(Kg/cm ²)	135.20	Mín 130	RNE. 070
Compresión Axial	(Kg/cm ²)	47.30	Mín. 35	RNE. 070
Tipo	-	IV	IV	

- El ladrillo cocido en un horno artesanal se clasifica dentro de la norma E 0.70 como un ladrillo tipo II.

Ladrillo Cocido en Horno Artesanal	Unidad	Especificación Interna	Requisitos Normados:	Normas
------------------------------------	--------	------------------------	----------------------	--------

Propiedades Físicas:

Peso	kg	4.10 - 4.05	No Precisa	-		
Dimensiones	Largo	cm	24.07	4%	23.11 Mín. 25.03 Máx.	
	Ancho	cm	13.31	4%	12.78 Mín. 13.84 Máx.	NTP 331.017
	Alto	cm	7.22	7%	6.71 Mín. 7.73 Máx.	
Absorción	%	14.90	Máx. 22.0	RNE. 070		
Coefficiente de Saturación	%	-	Sin Límite	NTP 331.017		
Alabeo	mm	0.2	Máx. 8.0	NTP 331.017		
Succión	gr.	52.4 (1.3 %)	No Precisa	-		
Eflorescencia	-	Presenta	No Presenta	RNE. 070		

Propiedades Mecánicas:

Módulo de Rotura	(N/cm ²)	152.00	Mín. 90	NTP 331.017
Resistencia a la Compresión	(Kg/cm ²)	85.90	Mín 70	RNE. 070
Compresión Axial	(Kg/cm ²)	31.90	Mín. 35	RNE. 070
Tipo	-	II	II	

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la arcilla de una misma cantera para evitar que la composición varíe, haciendo que los resultados no tengan la validez.
- Se recomienda elaborar los ladrillos cerca a los hornos donde serán quemados, esto con la finalidad de evitar disgregaciones u rupturas durante su transporte si fuese el caso de elaborarse las muestras lejos de la ubicación de los hornos.
- Se recomienda colocar los ladrillos en el centro de los hornos artesanales esto para tener una mejor cocción que permita obtener comparaciones adecuadas con ladrillos quemados en hornos industriales.
- Se recomienda elaborar una investigación donde se compare la utilización de distintos tipos de mortero usados para la elaboración de pilas, recomendando comparar los morteros que vienen premezclados con los morteros convencionales que dicta la norma.
- Se recomienda para futuras investigaciones tratar otros tipos de hornos aparte de los ya estudiados en este proyecto, esto a que existe mucha diversidad de hornos utilizados para la elaboración de ladrillos, por conveniencia hornos de tiro invertido y hornos que funcionen a base de gas natural.
- Se recomienda investigar una comparación sobre distintos tipos de arcillas para su utilización en la elaboración de ladrillos, ya que su composición química varía de acuerdo a la zona donde es extraída, por ejemplo, Laredo que tiene arcillas caolinitas.

REFERENCIAS

- Chavez Anyosa, A. L. (2017). Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Ladrillos de Arcilla Calcinada en las Principales Ladrilleras de la Región Arequipa y su Capacidad Máxima en una Edificación. Análisis de las Propiedades Físico Mecánicas de Ladrillos de Arcilla Calcinada en las Principales Ladrilleras de la Región Arequipa y su Capacidad Máxima en una Edificación. Arequipa.
- Construmatica. (2015). Patologías en Ladrillos.
- EELA. (2015). Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera. Eficiencia Energetica en Ladrilleras.
- Gómez; Espinel; Heller. (2017). Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales.
- Grupo Banco Mundial. (2016). Banco Mundial. Obtenido de Bangladesh: Hornos modernos para fabricar ladrillos reportan beneficios en materia de desarrollo: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/07/20/modern-brick-kilns-yield-development-benefits-in-bangladesh>
- Lescano, J. B. (2014). Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura . Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura . Piura, Piura: PIRHUA-Universidad de Piura.
- Lujan, Marcos; Guzmán, Daniel. (2015). Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales. Cochabamba: Acta Nova.
- Lulichac, F. (2015). Determinación de las propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería en la provincia de Cajamarca . Cajamarca.

Norma Técnica Peruana. (2005). NTP 399.613-Métodos de muestro y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. NTP 399.613. Lima, Lima, Perú: INDECOPI.

Norma Técnica Peruana. (2015). NTP 331.017 - Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú: INDECOPI.

Pardo Quintero, C. (2016). Calameo.

Programa Regional de Aire Limpio; Ministerio de Producción. (2010). Estudio Diagnóstico sobre las ladrilleras artesanales en el Perú.

Rebaza, P. (2018). Propiedades físico – mecánicas del ladrillo artesanal y maquinado producido en la ciudad de Trujillo, 2018. Trujillo.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). NTP E. 070. Lima, Perú: El Peruano.

Taillant, J. D. (2016). Transformación y Perspectivas del Sector Ladrillero en América Latina. Colombia: Coalición de Clima y Aire Limpio, Centro de Derechos Humanos y Ambiente, Socio Líder de la Iniciativa Ladrillera.

Urbina, C. (2015). Influencia de la temperatura de cocción sobre la contracción, absorción y resistencia a la compresión en ladrillos de arcilla cocidos. Trujillo.

ANEXOS

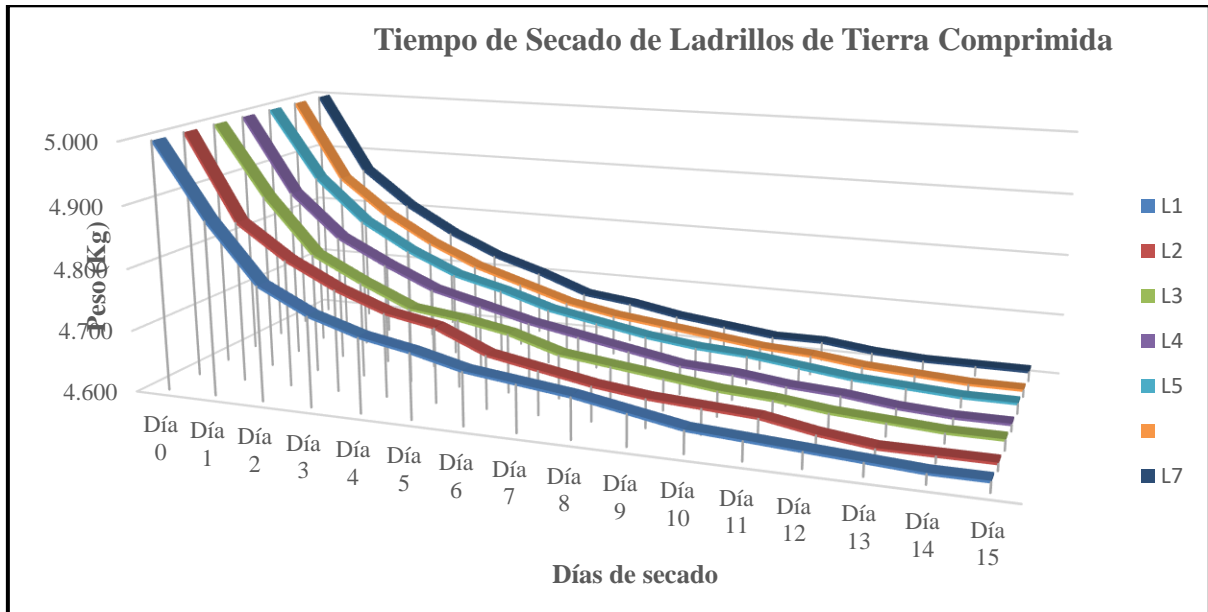
Anexo 1: Dosificación

	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	Carga máxima (Kg. f)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
L – 1	13.23	23.90	7.13	38,744	122.5
L – 2	13.21	23.83	7.12	34,205	108.6
L – 3	13.24	23.73	7.23	33,919	108.0
					113.04

En la tabla se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la dosificación en base a 80% arcilla, 20 % de arena gruesa y 10 % en volumen de aserrín. Con un porcentaje de agua del 12%. Esta dosificación obtuvo los mejores resultados con respecto a otras, tal como se puede observar en el grafico anterior.

Anexo 2: Tiempo de Secado

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Día 0	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Día 1	4.880	4.860	4.885	4.875	4.885	4.870	4.870
Día 2	4.785	4.805	4.795	4.805	4.815	4.810	4.810
Día 3	4.745	4.765	4.755	4.765	4.770	4.765	4.765
Día 4	4.720	4.735	4.720	4.730	4.735	4.730	4.730
Día 5	4.705	4.720	4.710	4.710	4.715	4.705	4.705
Día 6	4.685	4.685	4.695	4.690	4.690	4.680	4.675
Día 7	4.675	4.670	4.670	4.675	4.675	4.665	4.665
Día 8	4.665	4.655	4.660	4.660	4.660	4.655	4.650
Día 9	4.650	4.645	4.650	4.645	4.650	4.645	4.640
Día 10	4.635	4.640	4.640	4.640	4.645	4.635	4.630
Día 11	4.630	4.635	4.635	4.630	4.635	4.630	4.630
Día 12	4.625	4.620	4.625	4.625	4.625	4.620	4.620
Día 13	4.620	4.610	4.620	4.615	4.620	4.615	4.615
Día 14	4.615	4.610	4.615	4.610	4.615	4.610	4.615
Día 15	4.615	4.610	4.615	4.610	4.615	4.610	4.615



Se muestra el periodo de secado que tuvo el ladrillo, para la cual se peso cada 24 horas desde el día de su fabricación, el período en el que el ladrillo mantuvo su peso casi constante fue a partir del día 14, finalmente el día 15 su peso deo de variar con respecto a su ultimo pesado.

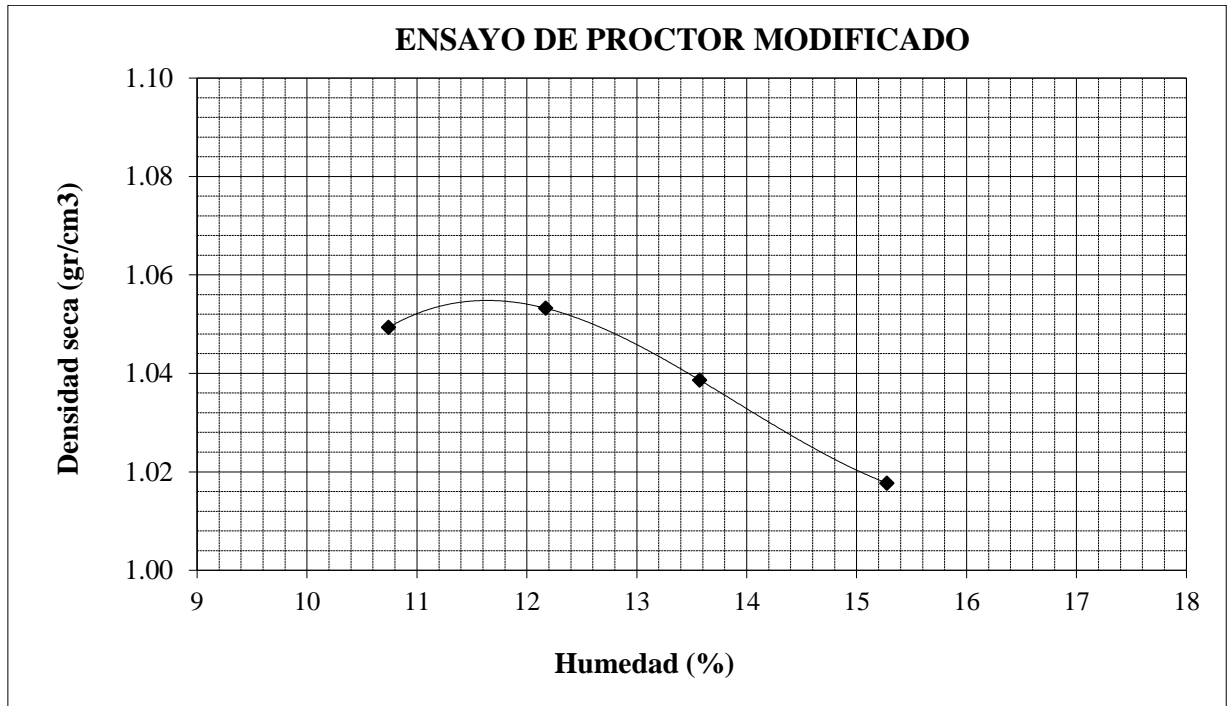
Anexo 3: Determinación del agua para la máxima compacidad de la mezcla

Compactación

Prueba N°	10%	12%	14%	16%	18%
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	56	56	56	56	56
Peso suelo + molde (gr.)	11105	11180	11173	11148	10951
Peso molde (gr.)	6602	6602	6602	6602	6602
Peso suelo compactado (gr.)	4503	4578	4571	4546	4349
Volumen del molde (cm ³)	3875	3875	3875	3875	3875
Densidad humedad (gr/cm ³)	1.162	1.181	1.180	1.173	1.122

Humedad (%)

Nombre de la tara	T - 10	T - 12	T - 14	T - 16	T - 18
Tara + suelo húmedo (gr.)	250.00	250.00	250.00	250.00	250.00
Tara + suelo seco (gr.)	230.60	228.30	226.10	223.50	220.00
Peso de agua (gr.)	19.40	21.70	23.90	26.50	30.00
Peso de tara (gr.)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Peso de suelo seco (gr.)	180.60	178.30	176.10	173.50	170.00
Humedad (%)	10.7	12.2	13.6	15.3	17.6
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.049	1.053	1.039	1.018	0.954



Anexo 4: Caracterización de materiales

Anexo 4.1: Caracterización de la arena

Agregado fino

Humedad (%)	4.24
Absorción (%)	1.36
Peso específico (Kg/m ³)	2,788
Módulo de finura	2.02

AGREGADO FINO

Contenido de humedad 4.24

Peso natural de la muestra (gr)	10,022
Peso de la muestra seca (gr)	9,614

Peso específico 2.79

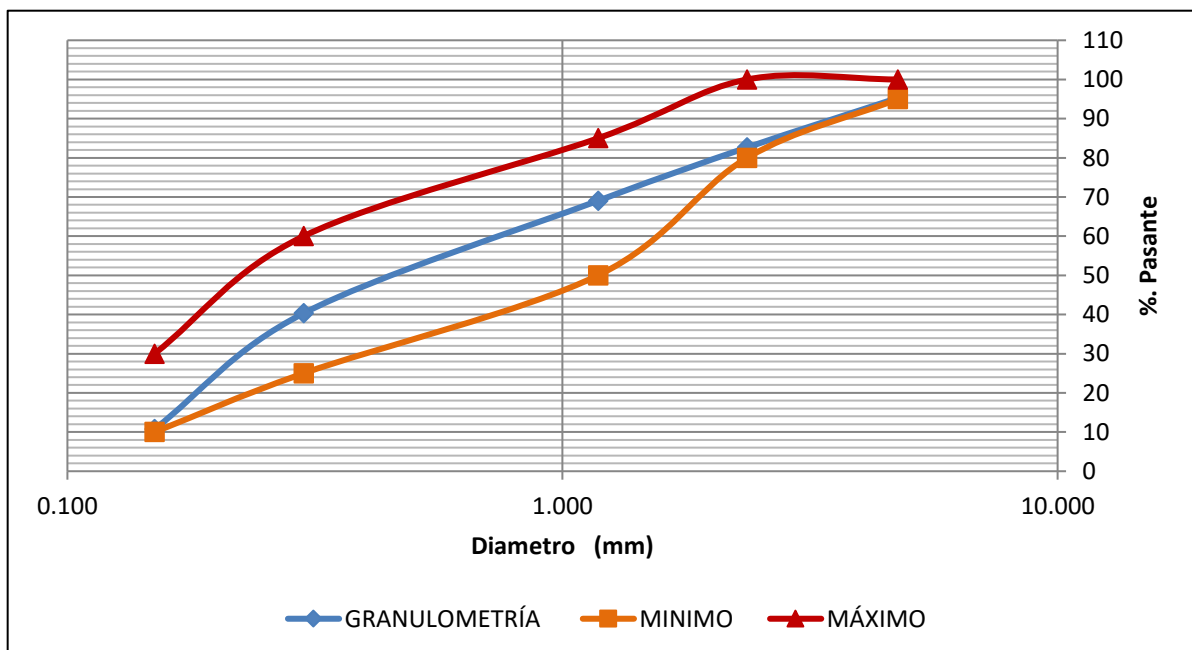
Absorción 1.36

Peso de la fiola + agua + muestra (gr)	972.3
Peso de la fiola + agua (gr)	658.3
Peso de la muestra s.s.s. (gr)	500.1
Peso de la muestra seca (gr)	493.4

Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (gr)	Peso de la malla + muestra (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
#4	4.760	509	556	5	5	95
#8	2.360	453	579	13	17	83
#16	1.180	403	539	14	31	69
#50	0.300	343	630	29	60	40
#100	0.150	329	625	30	89	11
#200	0.075	317	386	7	96	4
fondo	-	441	481	4	100	0
				100		


Limites granulométricos

Tamiz	% Pasante Máximo	% Pasante Mínimo
3/8"	100	100
#4	100	95
#8	100	80
#16	85	50
#30	60	25
#50	30	10
#100	10	0




Módulo de Finura = 2.02

Anexo 4.2: Caracterización de la arcilla



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION




LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: KEVIN VASQUEZ ABANTO
MUESTRA	: CAOLIN
FECHA DE INGRESO	: 09 DE JULIO DEL 2019
MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO	

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADOS
SiO ₂	%	45.86
Al ₂ O ₃	%	28.93
Fe ₂ O ₃	%	0.84
K ₂ O	%	0.37
Na ₂ O	%	0.34
MgO	%	0.2
TiO ₂	%	0.29
CaO	%	0.083
P ₂ O ₅	%	0.18
Impureza	%	22.90

TRUJILLO 15 DE JULIO DEL 2019



Ing. Carlos A. Valqui M.
DIRECTOR

/ GUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
☎ 949959632 / 933623974

Anexo 5: Constancia de uso de laboratorio

CARTA DE COMPROMISO

Trujillo 14 de Setiembre del 2018

Ing. Wiston Henry Azañedo Medina
Coordinador de la carrera de ingeniería civil

Quienes suscriben, los tesisistas José Eduardo Sánchez Castillo y Jim Kevin Vasquez Abanto identificados con D.N.I. N°: 77229572 y 72809127, egresados de la carrera de ingeniería civil, nos comprometemos en usar correctamente las instalaciones de los laboratorios de ingeniería civil, así mismo en preservar el orden y la limpieza de dichos laboratorios y cumplir con las normas de seguridad de los mismos. También existiendo este compromiso en el cuidado y devolución de los equipos y herramientas que usemos para realizar mis ensayos; así también en el retiro de todo el desmonte o residuos que genere en dichos ensayos, sometiéndonos a las políticas de sanción que la Entidad juzgue necesarias en caso que no se cumpla con dicho compromiso.

Sin otro particular y para constancia establecemos nuestra respuesta por este mismo medio.

Atentamente:



José Eduardo Sánchez Castillo
D.N.I.: 77229572
Cel: 973987284



Jim Kevin Vasquez Abanto
D.N.I.: 72809127
Cel: 943822500



Anexo 6: Guías de observación

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO INDUSTRIAL

FECHA: 25/04/19

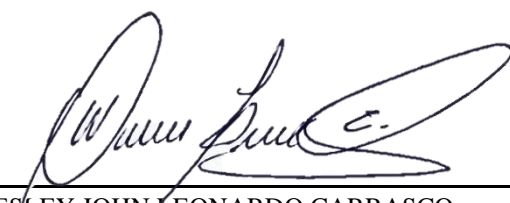
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LOTE 1	CARGA (Kg-f)
L1	43,454
L2	49,438
L3	47,360
L4	40,884
L5	44,154

LOTE 2	CARGA (Kg-f)
L1	39,637
L2	55,364
L3	42,790
L4	38,618
L5	43,328

LOTE 3	CARGA (Kg-f)
L1	45,083
L2	39,958
L3	37,405
L4	40,610
L5	14,753

LOTE 4	CARGA (Kg-f)
L1	45,153
L2	37,130
L3	40,324
L4	39,080
L5	37,712



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO INDUSTRIAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 09/04/19

ABSORCIÓN

ITEM	Peso Seco (g)	Peso Saturado 5 horas (g)	Peso Saturado 24 horas (g)
L1	4,094.7	4,714.7	4,661.7
L2	4,052.9	4,667.9	4,658.2
L3	4,054.3	4,654.3	4,539.7
L4	4,110.7	4,735.7	4,655.7
L5	4,144.0	4,779.0	4,660.2

SUCCIÓN

ITEM	Peso inicial (g)	Peso final (g)
L1	4,051.5	4,182.8
L2	4,017.2	4,152.8
L3	4,078.0	4,185.7
L4	4,052.0	4,212.4
L5	4,050.7	4,251.1



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO INDUSTRIAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 30/04/19

PESO DE LOS ESPÉCIMENES

ITEM	Peso (g)
L1	4,065.5
L2	4,049.4
L3	4,048.6
L4	4,027.0
L5	4,063.5

ALABEO

ITEM	Medida 1 (mm)	Medida 2 (mm)	Medida 3 (mm)
L1	1.0	2.0	1.0
L2	2.0	1.0	3.0
L3	1.0	1.0	2.0
L4	1.0	1.0	1.0
L5	1.0	1.0	1.0
L6	1.0	2.0	2.0
L7	2.0	2.0	1.0
L8	1.0	1.0	1.0
L9	1.0	1.0	1.0
L10	2.0	2.0	2.0



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO INDUSTRIAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 17/04/19

MEDIDA DEL TAMAÑO

L-1	L (cm)	23.90	23.85	23.80
	A (cm)	13.30	13.20	13.25
	H (cm)	7.30	7.15	7.25
L-2	L (cm)	23.87	23.85	23.82
	A (cm)	13.24	13.18	13.14
	H (cm)	7.25	7.24	7.13
L-3	L (cm)	23.94	23.82	23.90
	A (cm)	13.31	13.26	13.22
	H (cm)	7.38	7.30	7.31
L-4	L (cm)	23.82	23.72	23.77
	A (cm)	13.21	13.12	13.20
	H (cm)	7.18	7.12	7.14
L-5	L (cm)	23.84	23.81	23.74
	A (cm)	13.31	13.28	13.20
	H (cm)	7.22	7.12	7.14
L-6	L (cm)	23.90	23.78	23.87
	A (cm)	13.21	13.11	13.20
	H (cm)	7.23	7.13	7.23
L-7	L (cm)	23.87	23.82	23.84
	A (cm)	13.30	13.23	13.12
	H (cm)	7.20	7.11	7.18
L-8	L (cm)	23.91	23.76	23.82
	A (cm)	13.29	13.21	13.26
	H (cm)	7.22	7.08	7.22
L-9	L (cm)	23.82	23.69	23.74
	A (cm)	13.26	13.09	13.19
	H (cm)	7.30	7.28	7.19
L-10	L (cm)	23.84	23.78	23.75
	A (cm)	13.31	13.24	13.16
	H (cm)	7.21	7.14	7.12



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO INDUSTRIAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 11/06/19

COMPRESIÓN AXIAL

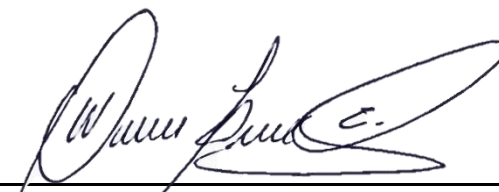
ITEM	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga (Kg-f)
P1	23.90	13.28	32.2	17,970
P2	23.85	13.23	32.0	18,890
P3	23.87	13.18	31.9	19,864

MORTERO

ITEM	Área (cm ²)	Carga (Kg-f)
P1	26.01	4,043
P2	26.52	4,262
P3	25.86	4,176

MÓDULO DE ROTURA

ITEM	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Carga (N)
L1	7.1	13.1	8,757
L2	7.2	13.2	6,492
L3	7.2	13.2	6,453
L4	7.1	13.2	6,629
L5	7.2	13.1	8,718



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO ARTESANAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO


FECHA: 02/05/19

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LOTE 1	CARGA (Kg-f)
L1	31,420
L2	35,743
L3	29,553
L4	28,318
L5	26,463

LOTE 2	CARGA (Kg-f)
L1	17,134
L2	24,646
L3	17,588
L4	27,460
L5	38,382

LOTE 3	CARGA (Kg-f)
L1	30,324
L2	19,114
L3	35,055
L4	30,564
L5	21,202


WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO ARTESANAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 16/04/19

ABSORCIÓN

ITEM	Peso Seco (g)	Peso Saturado 24 horas (g)
L1	4,151.7	4,785.8
L2	4,076.0	4,687.2
L3	4,092.1	4,692.8
L4	4,090.0	4,717.5
L5	4,099.0	4,686.4

SUCCIÓN

ITEM	Peso inicial (g)	Peso final (g)
L1	4,118.8	4,215.0
L2	4,002.2	4,054.7
L3	4,040.4	4,129.1
L4	4,029.4	4,079.5
L5	4,076.4	4,215.2



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO ARTESANAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 09/05/19

PESO DE LOS ESPÉCIMENES

ITEM	Peso (g)
L1	4,151.7
L2	4,076.0
L3	4,092.1
L4	4,090.0
L5	4,099.0

ALABEO

ITEM	Medida 1 (mm)	Medida 2 (mm)	Medida 3 (mm)
L1	1.0	0.0	1.0
L2	0.0	0.0	0.0
L3	1.0	0.0	1.0
L4	0.0	0.0	0.0
L5	0.0	0.0	1.0
L6	0.0	0.5	0.0
L7	0.0	0.0	0.0
L8	0.0	0.0	1.0
L9	0.0	0.0	0.5
L10	0.0	0.0	0.0



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO ARTESANAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 08/05/19

MEDIDA DEL TAMAÑO

L-1	L (cm)	24.00	24.10	24.10
	A (cm)	13.52	13.49	13.35
	H (cm)	7.15	7.11	6.79
L-2	L (cm)	24.23	24.12	24.08
	A (cm)	13.32	13.25	13.23
	H (cm)	7.23	7.20	7.25
L-3	L (cm)	24.19	24.09	24.02
	A (cm)	13.20	13.19	13.18
	H (cm)	7.25	7.35	7.45
L-4	L (cm)	24.18	24.12	24.21
	A (cm)	13.20	13.38	13.40
	H (cm)	7.20	6.98	6.85
L-5	L (cm)	24.10	24.12	24.10
	A (cm)	13.38	13.40	13.21
	H (cm)	7.44	7.41	7.21
L-6	L (cm)	24.18	24.12	24.15
	A (cm)	13.21	13.31	13.40
	H (cm)	7.48	7.40	7.35
L-7	L (cm)	24.12	24.01	23.98
	A (cm)	13.14	13.20	13.31
	H (cm)	7.35	7.38	7.30
L-8	L (cm)	24.01	24.10	24.00
	A (cm)	13.49	13.39	13.29
	H (cm)	7.15	7.20	7.27
L-9	L (cm)	24.00	24.01	24.01
	A (cm)	13.30	13.30	13.36
	H (cm)	7.30	7.20	7.18
L-10	L (cm)	24.01	24.00	24.00
	A (cm)	13.40	13.45	13.38
	H (cm)	7.20	7.25	7.20



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACIÓN LADRILLO ARTESANAL

OBERVADORES:

- JOSÉ EDUARDO SÁNCHEZ CASTILLO
- JIM KEVIN VÁSQUEZ ABANTO

FECHA: 14/06/19

COMPRESIÓN AXIAL

ITEM	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga (Kg-f)
P1	24.05	13.42	32.6	13,829
P2	24.08	13.17	32.7	12,154
P3	24.11	13.18	32.8	12,535

MORTERO

ITEM	Área (cm ²)	Carga (Kg-f)
P1	26.83	4,0185.87
P2	26.27	4,588.65
P3	29.58	4,1450.99

MÓDULO DE ROTURA

ITEM	Espesor (cm)	Ancho (cm)	Carga (N)
L1	6.9	13.3	5,119
L2	7.3	13.2	7,012
L3	7.2	13.2	5,256
L4	7.2	13.2	4,795
L5	7.1	13.3	4,354



WESLEY JOHN LEONARDO CARRASCO
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 7: Constancias de cocción de ladrillos ladrillera Fortes



Trujillo, 25 de febrero de 2019

CONSTANCIA DE COCCIÓN DE LADRILLOS

SE HACE CONSTAR:

Que los bachilleres: José Eduardo Sánchez Castillo y Jim Kevin Vásquez Abanto identificados con los documentos nacionales de identidad: 77229572 y 72809127 respectivamente; realizaron la cocción de tres tandas de ladrillos con fechas y cantidades a continuación especificadas:

Fechas de cocción	Cantidad de ladrillos
16 de octubre del 2018.	30 ladrillos
27 de diciembre del 2018.	50 ladrillos
16 de marzo del 2019.	200 ladrillos

La cocción fue realizada en los hornos de Ladrillos Fortes ubicado en Las Tres Cruces, Poroto Km. 31, Trujillo, La Libertad a una temperatura entre 850 a 950 °C y con una duración de 6 horas.

Esta constancia se expide a solicitud de los interesados con el fin de anexarla en su tesis denominada 'Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de tierra comprimida cocido en un horno industrial y un horno artesanal'.


Juan Manuel Chalan Castro
ING. DE MATERIALES
R. CIP N° 213005

Ing. Juan Manuel Chalan Castro

Jefe del área de cocción

C.I.P: 213005



ANEXOS:

Figura 1: Ladrillos cocidos de la primera tanda.

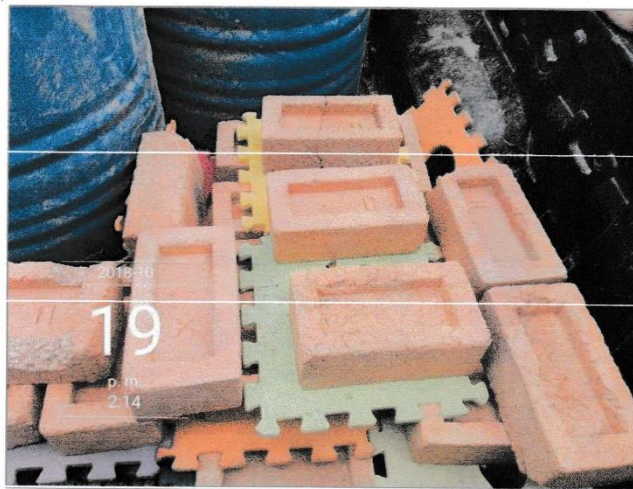
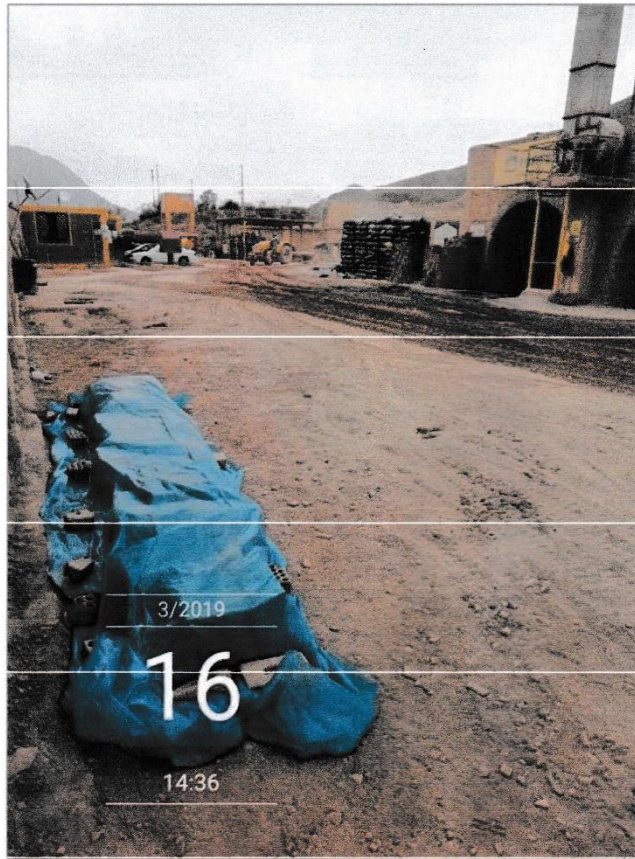


Figura 2: Ladrillos cocidos de la segunda tanda.





Figura 3: Ladrillos de la tercera tanda en la planta Fortes, esperando ser cocidos.



Anexo 8: Normas

NORMA TECNICA E. 070 ALBAÑILERIA

RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 011-2006-VIVIENDA

**NORMA TÉCNICA E.070
ALBAÑILERÍA**

2006

1

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 331.017
2003 (revisada el 2015)**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Ladrillos de arcilla
usados en albañilería. Requisitos**

MASONRY UNITS. Clay bricks. Specifications

**2015-12-11
2ª Edición**

R.N°010-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-25

Precio basado en 11 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Ladrillo de construcción, arcilla, unidad de albañilería quemada, construcción con albañilería, propiedad física, esquisto, ladrillo sólido

© INACAL 2015

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

Descriptor: 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

W. Herrera V.

M. Cayte.

Anexo 9: Panel fotográfico

9.1 EXTRACCIÓN DE ARCILLA



Figura 1: Extracción de material de cantera, ubicada en Poroto - La libertad.

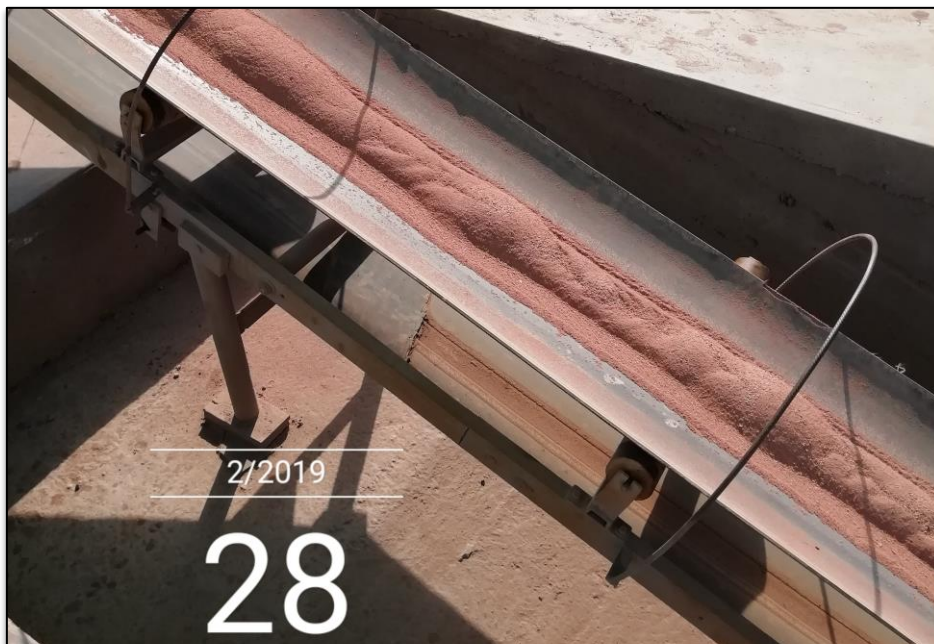


Figura 2: Molido de material en un molino de minerales.



Figura 3: Tamizado de arcilla.



Figura 4: Cuarteo de arcilla.

9.2 ENSAYO DE PROCTOR A ARCILLA



Figura 5: Mezcla de arcilla con 12% de agua indicada.



Figura 6: Ensayo de densidad maxima.



Figura 7: Extracción de muestra del ensayo de proctor.



Figura 8: Muestra de los porcentajes de proctor colocados en horno.

9.3 CARACTERIZACIÓN DE LA ARENA



Figura 9: Cuarteo de arena para posterior caracterización de material.



Figura 10: Pesado de agregado (arena).



Figura 11: Muestra de arena siendo pesado.

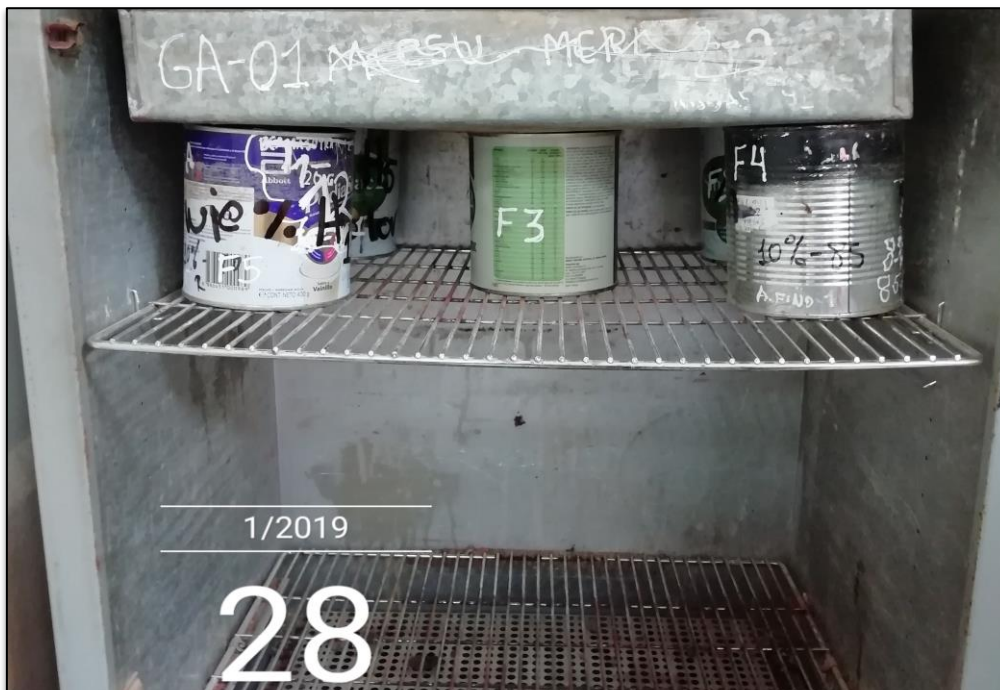


Figura 12: Muestra de arena puesto en horno.

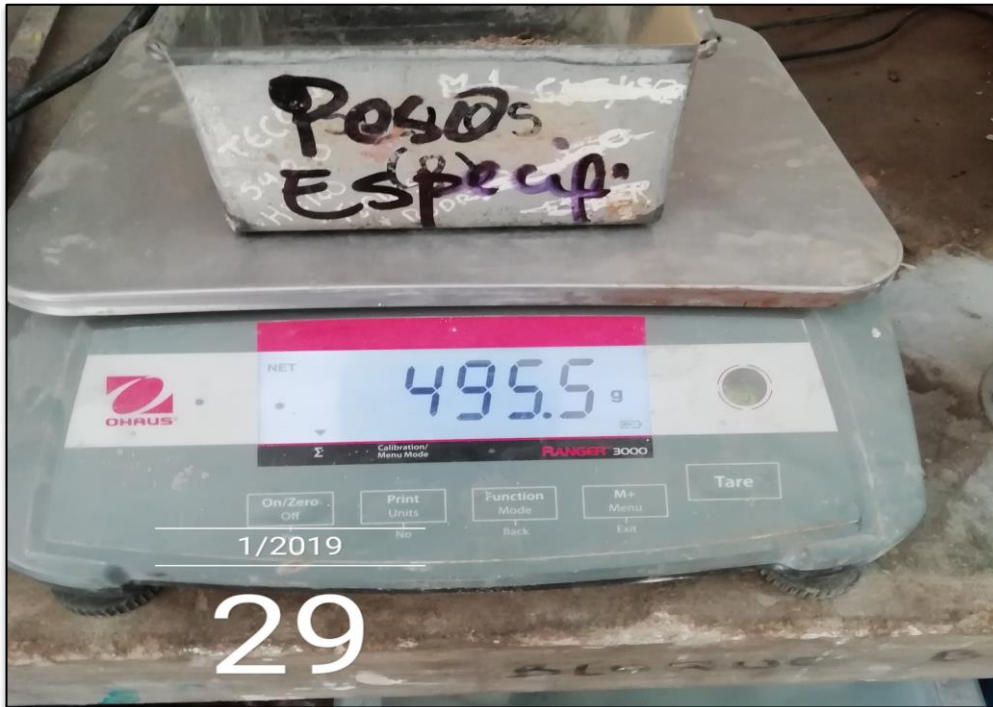


Figura 13: Muestra después de 24 horas de haber sido colocado en horno.



Figura 14: Lavado de material.



Figura 15: Cociendo arena remojada en agua.



Figura 16: Agregado despues de haber sido cocido en cocina.

9.4 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES

COMPRIMIDOS.



Figura 17: Material en reposo.



Figura 18: Midiendo en volumen la arena.



Figura 19: Mezclado de materiales.



Figura 20: Extracción de material ya mezclado.



Figura 21: Pesaje de material.

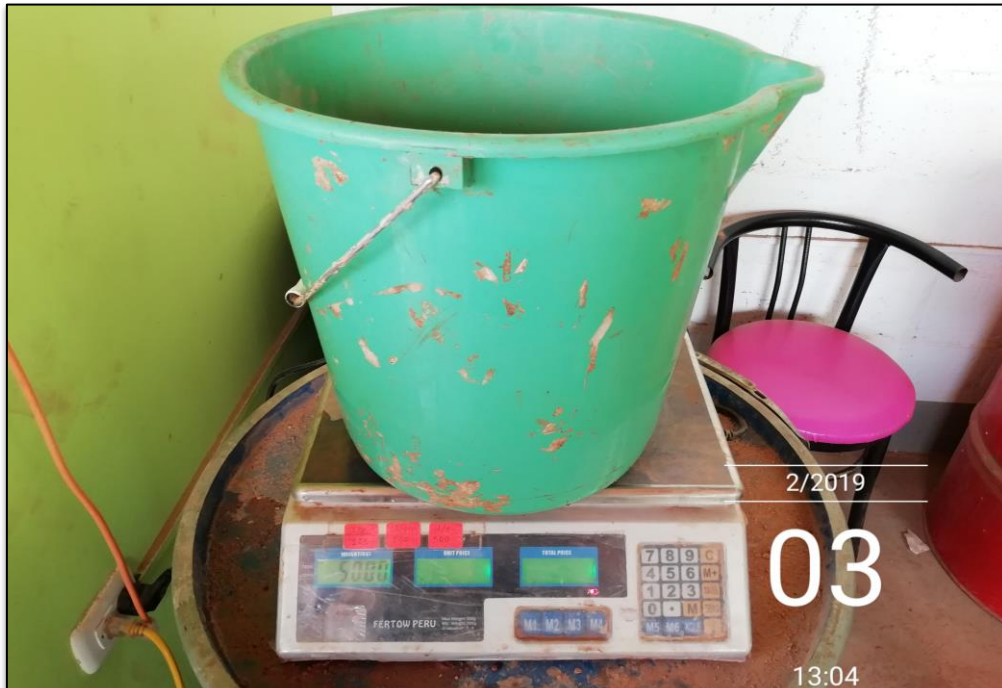


Figura 22: Material puesto en balde pesado.



Figura 23: Colocación del material en el molde.



Figura 24: Llenado de material en molde.



Figura 25: Colocación del molde en la prensa.



Figura 26: Prensado de ladrillo.



Figura 27: Prensado de ladrillo a 200 Bares.



Figura 28: Vista frontal de la prensa.



Figura 29: Desmoldado de ladrillo después de haber sido prensado.



Figura 30: Colocación de ladrillo a secar.



Figura 31: Vista panorámica de ladrillos puestos a secar.



Figura 32: Transporte de ladrillos a ladrillera.

9.5 LADRILLERA ARTESANAL



Figura 33: Horno artesanal sin carga de ladrillos.



Figura 34: Llenado de horno.



Figura 35: Horno artesanal cargado en su totalidad.



Figura 36: Vista panorámica de la ladrillera artesanal.

9.6 MODELO DE LADRILLO COCIDO EN HORNO ARTESANAL



Figura 37: Vista en corte del ladrillo de tierra comprimida cocida en horno artesanal.



Figura 38: Vista frontal del ladrillo de tierra comprimida cocida en horno artesanal.

9.7 LADRILLERA INDUSTRIAL



Figura 39: Ingreso de horno industrial.



Figura 40: Ladrillo puesto en bloques para ingreso a horno.



Figura 41: Control de temperatura para cocción uniforme.



Figura 42: Vista frontal de horno industrial.



Figura 43: Vista de ingreso a horno, una vez cerrada.



Figura 44: Zona por donde ingresa el combustible (cascara de arroz o café) para horno.



Figura 45: Techo de horno industrial.



Figura 46: Vista panorámica de la ladrillera industrial.

9.8 MODELO DE LADRILLO COCIDO EN HORNO INDUSTRIAL



Figura 47: Vista en corte del ladrillo de tierra comprimida cocida en horno industrial.



Figura 48: Vista en corte del ladrillo de tierra comprimida cocida en horno industrial.

9.9 ENSAYOS DE LADRILLOS

9.9.1. ABSORCIÓN DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 49: Vista del ladrillo de tierra comprimida sumergido totalmente en agua.



Figura 50: Extracción de ladrillo sumergido luego de 24 horas.

9.9.2. ABSORCIÓN DE LADRILLO INDUSTRIAL



Figura 51: Vista del ladrillo de tierra comprimida sumergido totalmente en agua.



Figura 52: Extracción de ladrillo sumergido luego de 24 horas.

9.9.3. ALABEO DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 53: Vista del ladrillo de tierra comprimida siendo medida con una cuña.

9.9.4. ALABEO DE LADRILLO INDUSTRIAL



Figura 54: Vista del ladrillo de tierra comprimida siendo medida con una cuña..

9.9.5. DIMENSIONAMIENTO DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 55: Medición de ladrillo con vernier.

9.9.6. DIMENSIONAMIENTO DE LADRILLO INDUSTRIAL

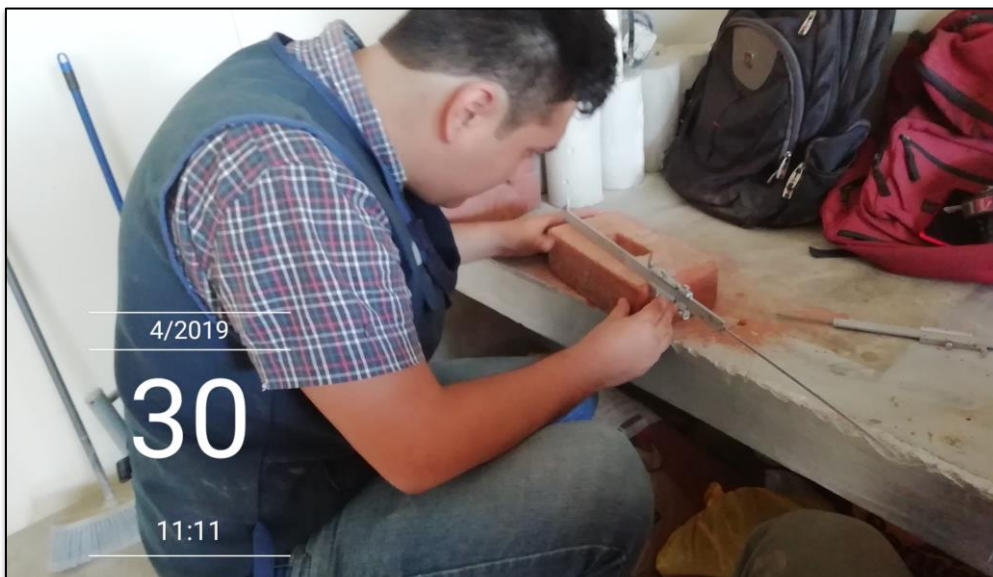


Figura 56: Medición de ladrillo con vernier.

9.9.7 EFLORESCENCIA DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 57: Ladrillos colocados en bandeja, sumergidos en agua destilada.

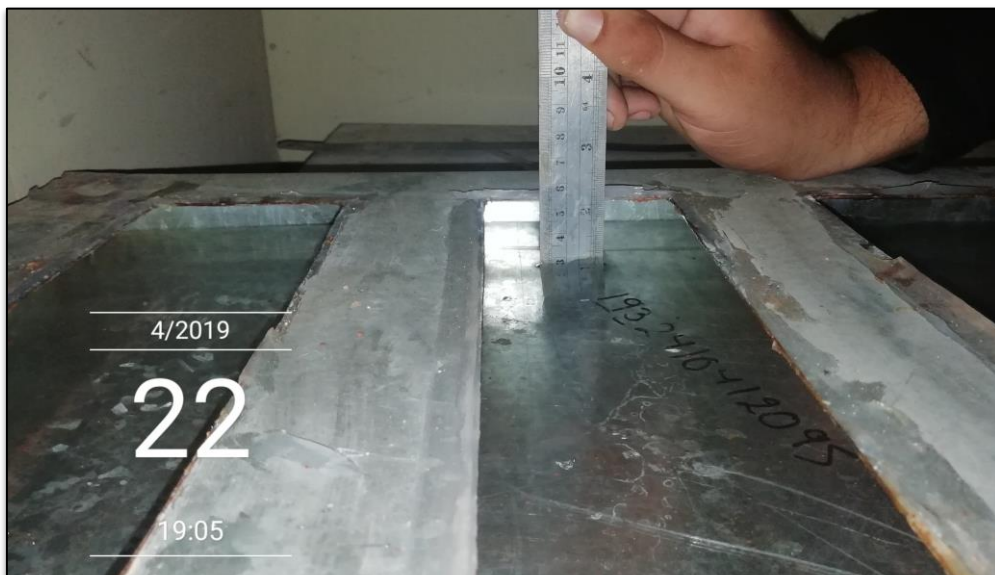


Figura 58: Medición de cuanto agua destilada fue absorbida por los ladrillos.

9.9.8 EFLORESCENCIA DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 59: Ladrillos colocados en bandeja, sumergidos en agua destilada.

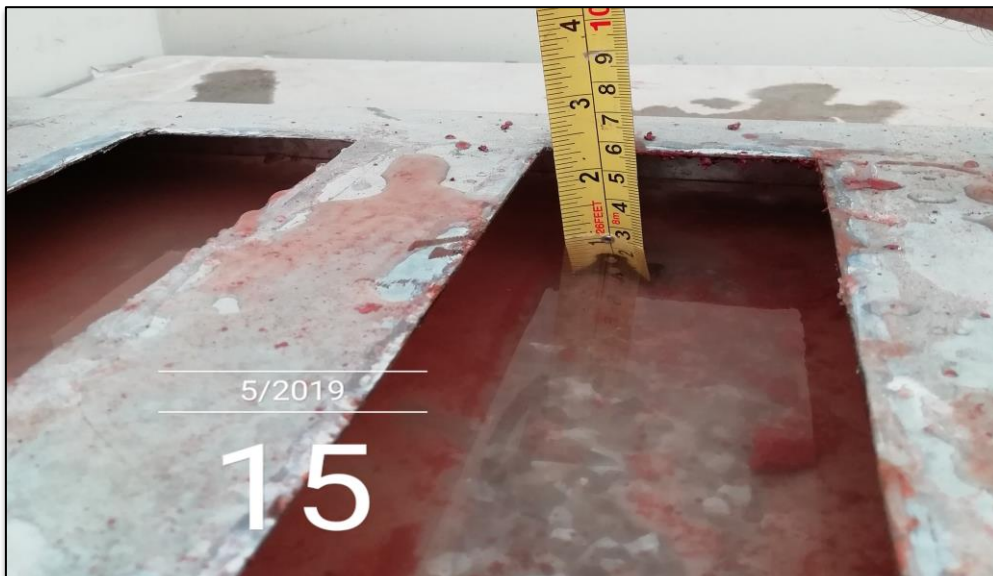


Figura 60: Medición de cuanto agua destilada fue absorbida por los ladrillos.

9.9.9 SUCCIÓN DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 61: Ladrillos colocados en bandeja de succión durante 1 minuto cronometrado.

9.9.10. SUCCIÓN DE LADRILLO INDUSTRIAL

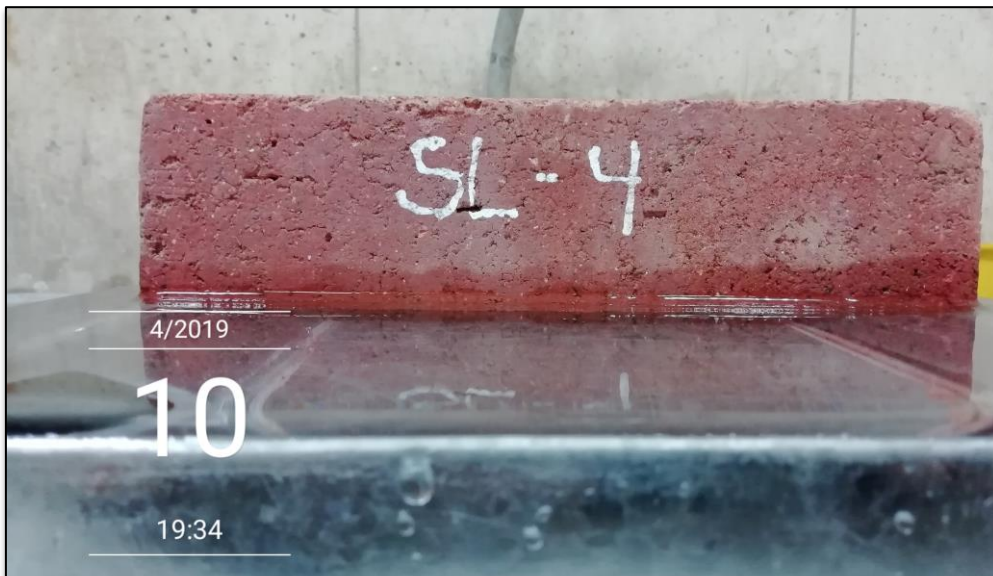


Figura 62: Ladrillos colocados en bandeja de succión durante 1 minuto cronometrado.

9.9.11 PESO POR UNIDAD DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 63: Pesando ladrillos en balanza con precisión de 0.1g.

9.9.12. PESO POR UNIDAD DE LADRILLO INDUSTRIAL



Figura 64: Pesando ladrillos en balanza con precisión de 0.1g.

9.9.13 VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LADRILLO ARTESANAL



Figura 65: Medición de ladrillos.

9.9.14. VARIACIÓN DIMENSIONAL DEL LADRILLO INDUTRIAL



Figura 66: Medición de ladrillos.

9.9.15 MÓDULO DE ROTURA DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 67: Se colocó 3 platinas de acero para este ensayo.



Figura 68: Fractura en medio de la muestra .

9.9.16 MÓDULO DE ROTURA DE LADRILLO INDUSTRIAL



Figura 69: Se colocó 3 platinas de acero para este ensayo.



Figura 70: Fractura en medio de la muestra .

9.9.17 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO ARTESANAL



Figura 71: Se realizó el capping respectivo a las muestras.



Figura 72: Ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 73: Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión.

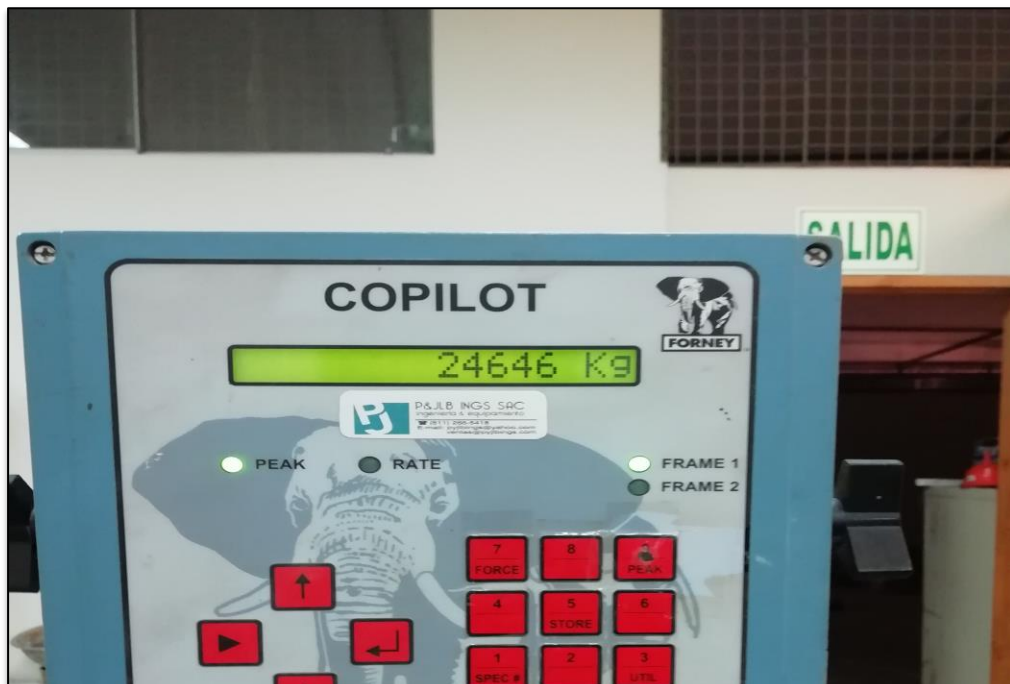


Figura 74: Tablero digital mostrando la carga resistida por el ladrillo.

9.9.18 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO INDUSTRIAL



Figura 75: Se realizó el capping respectivo a las muestras.



Figura 76: Ensayo de resistencia a la compresión.

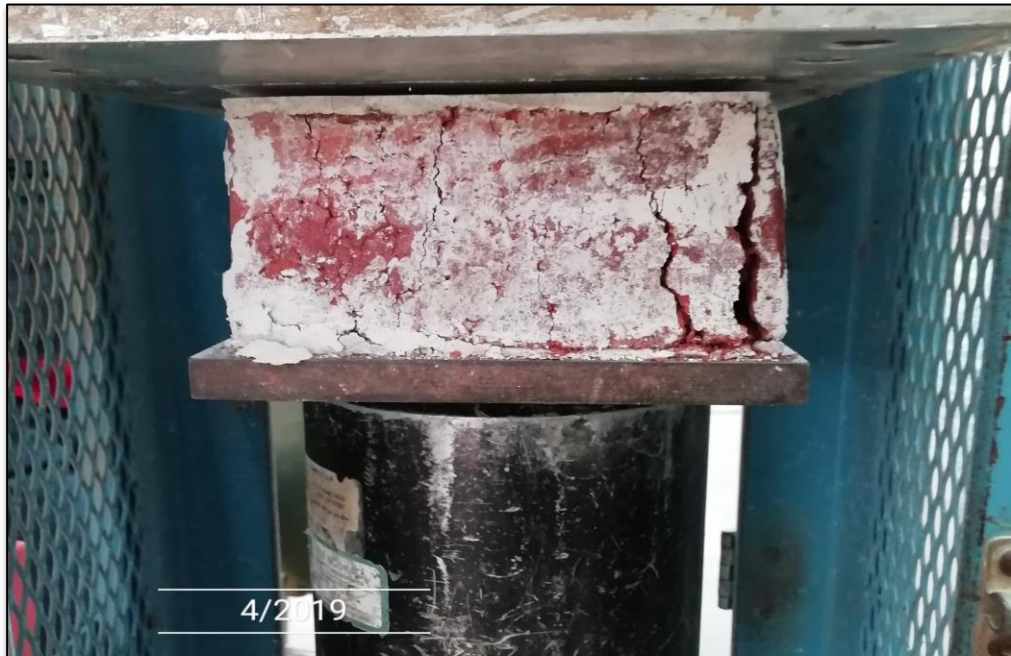


Figura 77: Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión.



Figura 78 Tablero digital mostrando la carga resistida por el ladrillo.

9.9.19 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR PILAS DE LADRILLO

ARTESANAL



Figura 79 Se realizó el camping respectivo a las muestras.



Figura 80 Ensayo de resistencia a la compresión por pilas.



Figura 81: Tipo de falla de la pila.

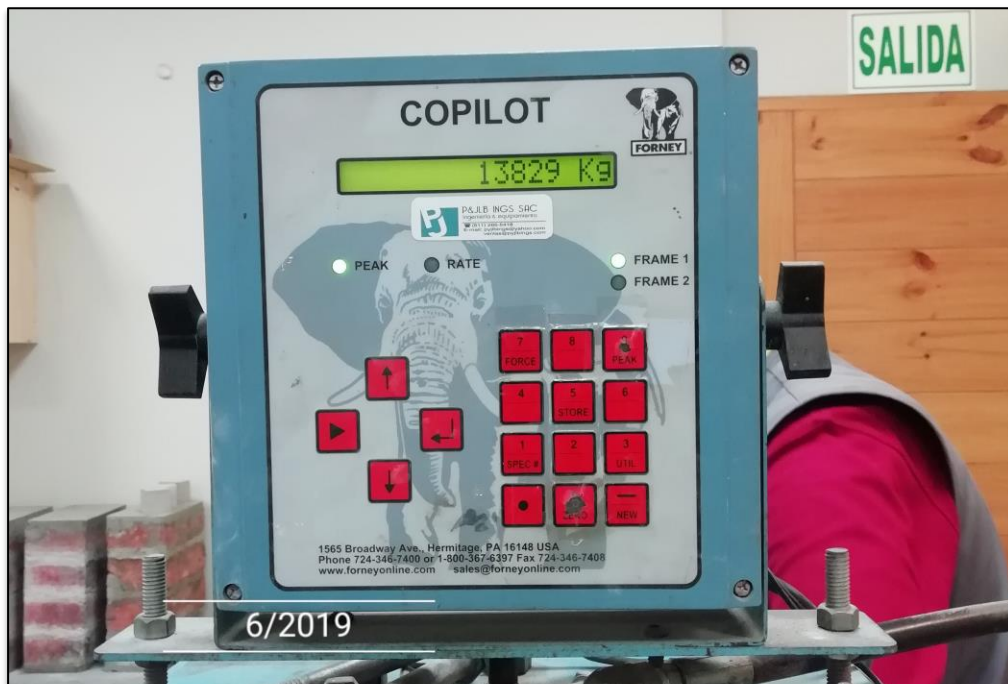


Figura 82: Tablero digital mostrando la carga resistida por la pila.

9.9.19 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN POR PILAS DE LADRILLO

INDUSTRIAL



Figura 83: Se realizó el caping respectivo a las muestras.



Figura 84: Ensayo de resistencia a la compresion por pila.



Figura 85: Tipo de falla de la pila.

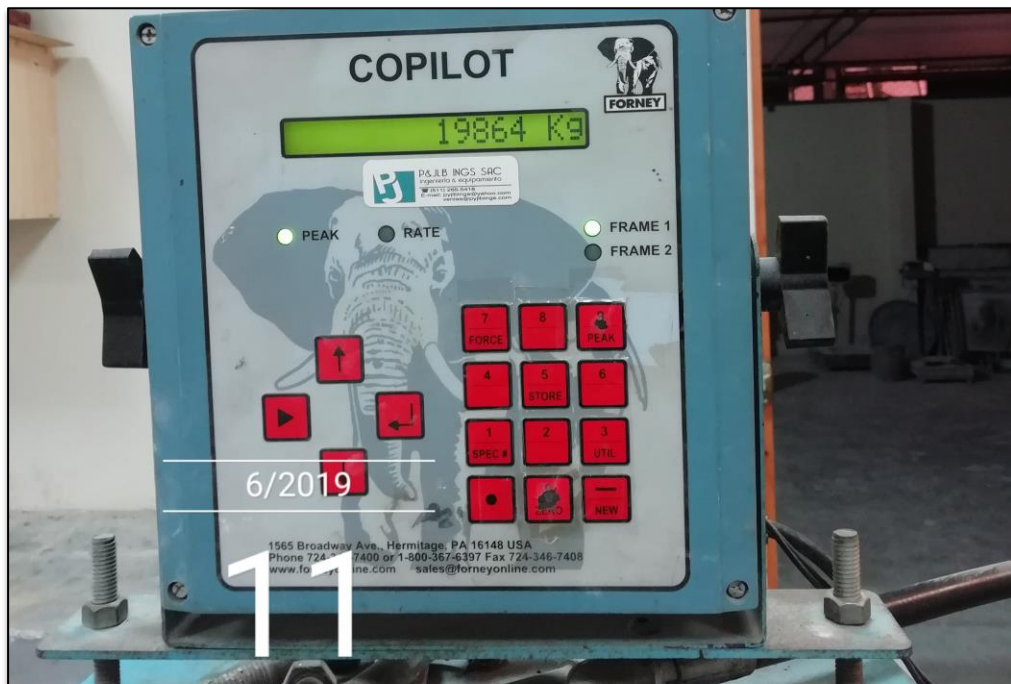


Figura 86: Tablero digital mostrando la carga resistida por la pila.