



Variation of compressive strength in artisanal and industrial brick walls due to the inclusion of two additives in the sand-cement mortar

Walther Hernández-Román¹  and Luis Vásquez-Ramírez, Dr.¹ 

¹ Universidad Privada del Norte, Perú, N00024610@upn.pe, luis.vasquez@upn.pe

Abstract– The present research work focused on the variation of compressive strength generated by the increase in the resistance of mortar with the inclusion of additives. The processes for the elaboration of the test specimens were carried out in accordance with the Peruvian Technical Standards (NTP) as well as the International Standards, (E.070, NTG 41050, ASTM C270-10). Different tests were carried out to obtain as a result the axial resistance of the mortar – brick, after the design of mixing the mortar without additive and the mortars with additive (lime and HT-SikaLatex) with percentages of 4% and 6%, bricks of type II and solid type classified by their resistance and origin (artisanal and industrial) were used; to estimate the variation of compressive strength in the piles of masonry units, specimens were tested with mortar without additive and specimens with mortar and lime or HT-SikaLatex, with the proportions of 4% and 6%. To determine this resistance, the physical-mechanical properties of the materials used were previously verified, considering the standard laboratory tests for both the materials, as well as for mortar specimens and brick piles with mortar complying with current regulations. The results show that the compressive strength of the stacks of masonry units tested is directly related to the amount of additive increased for any of the types of brick and additive, being able to generate increases between 1.28% to 6.99% for walls with artisanal brick, and from 1.80% to 3.90% for industrial brick walls, reaching the smallest and highest increase with the additive Cal at 4% and HT-SikaLatex at 6% respectively.

Keywords– Resistance, Additive, Concrete, Mortar, Adhesion.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Variación de la resistencia a la compresión en muros de ladrillo artesanal e industrial por la inclusión de dos aditivos en el mortero arena-cemento

Walther Hernández-Román¹  y Luis Vásquez-Ramírez, Dr.¹ 

¹ Universidad Privada del Norte, Perú, N00024610@upn.pe, luis.vasquez@upn.pe

Resumen– El presente trabajo de investigación se enfocó en la variación de la resistencia a la compresión generada por el incremento de la resistencia del mortero con la inclusión de aditivos. Los procesos para la elaboración de los especímenes de ensayo fueron realizados de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas (NTP) así como las normas Internacionales, (E.070, NTG 41050, ASTM C270-10). Se realizaron diferentes ensayos para obtener como resultado la resistencia axial del mortero – ladrillo, luego de realizado el diseño de mezcla del mortero sin aditivo y de los morteros con aditivo (cal y HT-SikaLatex) con porcentajes de 4% y 6%, se utilizaron ladrillos de tipo II y tipo sólido clasificado por su resistencia y origen (artesanal e industrial); para estimar la variación de la resistencia a la compresión en las pilas de unidades de albañilería se ensayaron especímenes con mortero sin aditivo y especímenes con mortero y cal o HT-SikaLatex, con las proporciones del 4% y 6%. Para determinar dicha resistencia, previamente se verificó las propiedades físico-mecánicas de los materiales que se utilizaron, considerando los ensayos de laboratorio estándar tanto para los materiales, así como para los especímenes de mortero y las pilas de ladrillo con mortero cumpliendo con la normatividad vigente. Los resultados muestran que la resistencia a la compresión de las pilas de unidades de albañilería ensayadas se relaciona directamente con la cantidad de aditivo incrementado para cualquiera de los tipos de ladrillo y aditivo, pudiendo generar incrementos entre el 1.28% a 6.99% para muros con ladrillo Artesanal, y de 1.80% a 3.90% para muros de ladrillo industrial; alcanzándose el menor y mayor incremento con el aditivo cal al 4% y HT-SikaLatex al 6% respectivamente.

Palabras clave– Resistencia, Aditivo, Concreto, Mortero, Adherencia.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han desarrollado diversas investigaciones para generar nuevas técnicas para incrementar la resistencia y la adherencia del mortero; en la actualidad existen diversos aditivos que aumentan y mejoran dicha resistencia y/o adherencia. El progreso de la industria química y la nanotecnología ha logrado que los aditivos se integren al concreto consecuentemente se mejore sus propiedades. Actualmente podemos encontrar un sin número de productos en el mercado que son utilizados en mayor o menor medida de acuerdo con las necesidades y el poder adquisitivo de cada uno de los usuarios en sus edificaciones.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

En su investigación Gallegos & Casabonne [1], define la construcción tradicional de albañilería utiliza unidades asentadas con mortero, este cumple una función de amoldar, unir o adherir las irregularidades entre unidades de albañilería, y a la vez estabilizar en el proceso constructivo; así como la rigidez en la asentada de ladrillo para permitir el asentado de la siguiente hilada y formar un conjunto durable.

Sánchez de Guzmán [2], menciona que estos aditivos pueden ser usados por razones de orden económico, ya que permiten, en algunos casos, reducir los costos de fabricación del concreto.

En la publicación de Indecopi [3], se encuentra que, en cuanto a aditivos para hormigones, morteros y pastas, la clasificación de los aditivos se da según el material constituyente: Aditivos acelerantes, aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado, aditivos para inyecciones, aditivos incorporadores de aire, aditivos formadores de gas, aditivos extractores de aire, aditivos productores de expansión. En la NTP 334.090-2013 dividen los aditivos en A, B, C, D, E, F, G, la cual su denominación es: reductor de agua, retardador de fraguado, acelerador de fragua, reductor de agua y retardador, reductor de agua y acelerador, reductor de agua de alto efecto, reductor de agua de alto efecto y retardador respectivamente.

Cabrera y Pacheco [4], mencionan que por lo general los aditivos se clasifican en categorías de acuerdo con su efecto: plastificadores, superplastificadores, inclusores de aire, aceleradores, retardadores. Para la producción de concreto hidráulico se cita la siguiente: “Aditivo es toda aquella sustancia diferente al agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra usada como ingrediente para el mortero que se agrega a la mezcla antes o durante del mezclado”

En la investigación de Arizzi & Cultrone [5], menciona que un aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 6% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, así mismos insumos del mortero o del concreto, donde se agrega antes o durante el proceso del mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades, de tal manera se adapte de una mejor forma a las características de la obra o las necesidades del constructor.

Desde el punto de vista de Vázquez Romero [6], la adherencia se puede definir como la fuerza superficial que mantiene unidos dos sólidos. Si quisiéramos aplicar esta fuerza se entraría a más en detalle obtendríamos a resistencia,

tendríamos que definir que es realmente esa fuerza, que la causa, que factores influyen en ella, que le afecta.

Donis Arriola [7], menciona que cuando se requiera una gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia inicial, se recomienda este tipo de mortero. Utilizando como base un mortero 1:3, se puede sustituir parte del cemento por cal. Estos morteros reciben el nombre de "Morteros de Cemento Rebajados" cuando el contenido de cemento es escaso. Las proporciones más usadas, varían de 1:1/4:2 a 1:1:4 (cemento: cal: arena).

Barajas, Castro, & Marco [8], indican que el mortero de cal hidratada ofrece plasticidad, trabajabilidad, mayor retención de agua, mayor adherencia, reducción de retracciones y fisuraciones además tiene como objetivo contribuir a generar una base de datos técnicos que permitan la reducción de los costos y aumentar el confort de los hogares sostenibles con un producto natural, utilizando procesos probados y sustentados para su elaboración basados en las normas ASTM e IMCYC. Para ello se tiene que realizar una buena dosificación de los morteros o se tiene morteros adecuados, se puede lograr la máxima resistencia, esto se logrará realizando eficazmente una serie de ensayos según las normas dadas, menciona Navas C. & Campos R. [9], y el mortero es una mezcla homogénea entre materiales cementantes, un material de relleno, agua y algunas ocasiones de otros añadidos, donde estos ayudan a la trabajabilidad (aditivos); el uso del mortero en la construcción se utiliza ampliamente como material de revoque o de repello, como material de pega en la mampostería y en los últimos tiempos en la estructural menciona Gutiérrez, [10].

De acuerdo a la investigación de San Bartolomé & Morante [11], quienes mencionan que en la actualidad hablar de resistencia y adherencia casi significa lo mismo, por lo que ambos van de la mano, no es frecuente el empleo de aditivos por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su uso en el concreto de manera rutinaria, pero si en un estudio detallado del incremento en el costo en m³ de concreto (incremento que normalmente oscila entre el 0.5 al 5% dependiendo del producto en específico), es decir si se incorpora aditivos en el mortero o concreto mejora la resistencia y adherencia del conglomerado.

Los últimos terremotos suscitados en el Perú han demostrado la importancia del diseño y el uso de buenos materiales, específicamente concreto, acero y ladrillo para el uso en la albañilería, la estructuración y procesos constructivo, especialmente las confinadas, la cual conlleva, a la fabricación y al uso de buenos materiales y utilización de aditivos como aumento a la resistencia según Cabrera [12]. Actualmente en la construcción con unidades de mampostería es una de las más populares; a pesar de que el mortero es de aproximadamente un 15% de la masa total de la pared, es un componente esencial para determinar la resistencia a compresión; ya que está diseñado para soportar este tipo de esfuerzo., es por ello que se debe tener cuidado en la elaboración del mismo según San Bartolomé, Romero, & Torres, [13].

En la investigación [14], se menciona que la aceptación de los diversos materiales para la elaboración de mortero, concreto,

unidades de albañilería, mampostería, debe someterse a diversas pruebas dadas por la norma E:070 Para Cajamarca, como otras ciudades del Perú, no está tan alejada del crecimiento urbano, lo que ha conllevado a la demanda excesiva de viviendas, siendo el ladrillo la mejor alternativa en la construcción de las edificaciones.

En el ámbito de la construcción existe una realidad sobre el uso de cual aditivo es mejor, entonces se ve la necesidad de realizar una comparación de dos aditivos (los más usados): cal y HT-Sikalatex, de tal manera verificar su resistencia, que permita mejorar las propiedades físico - mecánicas del mortero y saber con qué tipo de aditivo se obtiene resultados más satisfactorios

El presente artículo resume los principales resultados obtenidos en la tesis "Resistencia a la compresión del mortero usando dos aditivos: cal y ht-sikalatex para muros de ladrillo artesanal y ladrillo industrial, Cajamarca 2022", desarrollada por Hernandez [15] en la Universidad Privada del Norte, Perú".

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Dado el tipo de investigación experimental se utilizó materiales seleccionados según requerimiento y reglamentación vigente en Perú, entre los principales materiales tenemos: ladrillo industrial, ladrillo artesanal, aditivo Ht- Sikaflex, cal hidratada, agua, arena gruesa, cemento. Los ensayos se realizaron en laboratorio, tanto para la caracterización de los materiales, así como para la resistencia a la compresión del mortero utilizado en las pilas de albañilería según secuencia indicada en la fig. 1 y la Fig. 2 respectivamente.

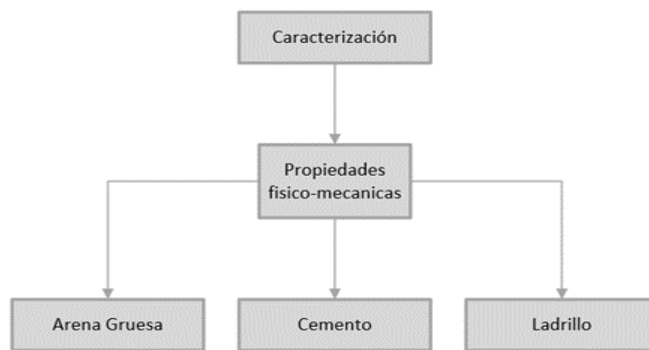


Fig. 1: Secuencia para la caracterización de materiales utilizados en la investigación.

Fuente [15]

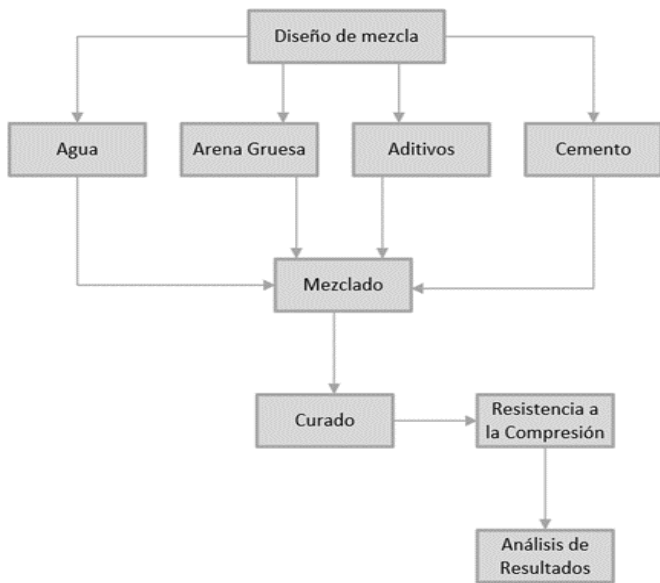


Fig. 2: Secuencia para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero utilizado en las pilas de albañilería.

Fuente [15]

Los parámetros físico-mecánicos de los materiales y posteriormente de la resistencia a compresión (f_m) de los cubos de morteros y de pilas de ladrillo artesanal e industrial con la incorporación de los aditivos, fueron tomados con los instrumentos de medición y control, como deformímetros y máquina de ensayo; utilizando los protocolos correspondientes para determinar si el mortero es apto y cumple con lo que especifica la norma E.070 – Albañilería.



Fig. 3: Ensayo de resistencia a la compresión en pilas de albañilería.

Fuente [15]

Para lograr la meta propuesta fue necesario realizar una secuencia de ensayos, organizados y ordenados jerárquicamente, atendiendo a su prioridad temporal en una secuencia de acuerdo con la Tabla I.

TABLA I

ENSAYOS PREVIOS QUE SE REALIZARON PARA DETERMINAR PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LOS MATERIALES

ENSAYOS	PROTOCOLOS	NORMA	CODIGOS
<i>LADRILLOS (artesanales e industriales)</i>	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f_b) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	NTP E 070	ALA-LC-UPNC:
	VARIABILIDAD DIMENSIONAL (%)	NTP 399.604	ALA-LC-UPNC:
	ALABEO	NTP E 070	ALA-LC-UPNC:
	ABSORCIÓN	NTP 399.613	ALA-LC-UPNC:
		NTP 399.604	
SUCCIÓN	NTP 399.613	ALA-LC-UPNC:	
<i>ARENA</i>	CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADOS	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 400.010	CH-LS-UPNC:
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012	AGGF-LC-UPNC:
	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS	MTC E205 – ASTM C128 – NTP 400.022	GEAF-LC-UPNC
<i>CEMENTO</i>	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (FRASCO DE LE CHATELIER)	MTC E610 / ASTM C188 / NTP 334.005	PECH-LC-UPNC:
<i>MORTEROS</i>	COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (CUBOS 50.8mm)	MTC E609 / ASTM C109 / NTP 334.051	CMCH-LC-UPNC:
	RESISTENCIA A COMPRESIÓN - PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	NTP E.070	ALA-LC-UPNC:

Fuente [15]

Para determinar la influencia de los aditivos en los muros de ladrillo, se debe realizar procedimientos de los diversos materiales usados para esta investigación se mencionarán en orden de uso: ladrillo, arena, cemento, Ht-SikaLatex y cal.

TABLA II

TIPO Y CANTIDAD DE MUESTRAS POR ENSAYO IMPLEMENTADAS EN LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD DE MUESTRAS X ENSAYO	
ENSAYOS PARA LADRILLOS (para ladrillos artesanales e industriales)	VARIABILIDAD DIMENSIONAL	10 LA 10 LI	
	ALABEO	10 LA 10 LI	
	GRADO DE ABSORCIÓN	5 LA 5 LI 5 LA	
	GRADO DE SUCCION	5 LI	
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f _b) Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	5 LA 5 LI	
	ENSAYOS PARA ELABORAR LOS MORTEROS	COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (CUBOS 50.8mm) PARA TESTIGOS	6
		COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (CUBOS 50.8mm) CON INCORPORACION DE CAL PARA 4% Y 6%	6 AL 4% 6 AL 6%
COMPRESIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO (CUBOS 50.8mm) CON INCORPORACION DE HT-SIKALATEX PARA 4% Y 6%		6 AL 4% 6 AL 6%	
RESISTENCIA A COMPRESIÓN MODIFICADO - PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA TESTIGOS		6 PA 6 PI	
RESISTENCIA A COMPRESIÓN MODIFICADO- PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA MORTEROS CON CAL		6 PA + 4% 6 PA + 6% 6 PI + 4% 6 PI + 6%	
ENSAYOS A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE MUROS DE LADRILLO	RESISTENCIA A COMPRESIÓN MODIFICADO- PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA MORTERO CON HT-SIKALATEX	6 PA + 4% 6 PA + 6% 6 PI + 4% 6 PI + 6%	
	TOTAL	160	

Fuente [15]

El ladrillo es la unidad donde su dimensión y peso permite que sea manipulada fácilmente y se denomina bloque a la unidad que por su dimensión y peso requiere mayor trabajabilidad [16]. Las unidades de albañilería ya sean ladrillos o bloques su elaboración se utiliza arcilla, sílice-cal o concreto, como materia prima. Estas unidades son sólidas, huecas, alveolares o tubulares y a la vez pueden ser fabricadas de manera artesanal o industrial.

Variabilidad Dimensional: Para la determinación de la variación en las unidades de albañilería, sigue un procedimiento que rige en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

[17]. Se procedió a medir y registrar 4 veces, el ancho en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura en la longitud media del ladrillo, y la longitud en la altura media del ladrillo.

Alabeo: Para la determinación del alabeo de las unidades de albañilería, se siguió el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.613 [17]. Donde se indica que se debe eliminar con la brocha el polvo adherido a las superficies. Superficies cóncavas: Se coloca la varilla a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose a la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Se escoge la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla del borde recto, con la cuña se mide esta distancia con una aproximación de 1 mm y se la registra como la distorsión cóncava del borde. Superficies convexas: Se coloca el espécimen con la superficie convexa debe estar en una superficie plana y con los lados aproximadamente equidistantes de la superficie plana, utilizando la cuña se mide la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las cuatro esquinas de la superficie plana. Se registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.

Absorción y Succión: La absorción se realizó de acuerdo a lo indicado a las Normas NTP 399.604 y 399.613. San Bartolomé [17], expresa lo siguiente con respecto a Succión, Absorción, Absorción Máxima, Coeficiente de Saturación y Densidad, la densidad se relaciona directamente con la resistencia a compresión así mismo evalúa el principio de Arquímedes. Por otro lado, el coeficiente de saturación es una medida de la durabilidad de la unidad.

Resistencia a la Compresión: Para la determinación de esta resistencia en las unidades, se efectúa diversos ensayos de acuerdo a las Normas NTP 399.613 y NTP 399.604. La resistencia es la característica de la compresión axial en la unidad de albañilería (f_b) y se obtuvo restando una desviación estándar sobre el valor promedio de la muestra. Así mismo San Bartolomé [17] menciona, respecto a la Resistencia a la Compresión expresa que esta prueba se realiza aplicando sobre las unidades la carga vertical a una velocidad de deformación y desplazamiento de la máquina de ensayos de 1.25 mm/min. Así mismo en la Norma NTP 331.019, clasifica a la unidad mediante su resistencia (f_b), este resultado promedio a los ensayos menos la desviación estándar que este debe ser mayor al límite inferior por dicha Norma. Esto debe hacerse notar si la resistencia a compresión (f_b) se expresa mediante la calidad de la unidad ensayada bajo las mismas condiciones. Se debe a que el valor f_b depende de la altura de la probeta o muestra (a menor altura, mayor resistencia), del capping y de la restricción al desplazamiento lateral impuesto por los por los ensayos, ya que es la acción de confinamiento a la carga aplicada.

El Mortero está constituido por diferentes tipos de mezclas de aglomerantes los cuales se añadió una cantidad de agua que proporcionó una mezcla trabajable y fluidica, a la misma vez adhesiva y sin desperdiciar la incorporación del agregado. Esta elaboración del mortero está destinado a diferentes obras de albañilería, se toma en cuenta lo indicado a las Normas NTP 399.607 y 399.610. [17].

El agregado fino fue arena gruesa natural, libre de materia orgánica, inorgánica y otras sales. Se debe aceptar otras granulometrías siempre y cuando que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en la norma. [17].

Arena Media. Se utilizó arena gruesa de río obtenido de la cantera "3M" para la elaboración del mortero, teniendo en cuenta que se encuentre libre de materia orgánica y otros materiales contaminantes. La arena tuvo que realizarse ensayos tales como: Granulometría, Gravedad Específica y Contenido de humedad para comprobar si cumple con las normas (NTP.399.607, ASTM C144-03, NTP.400.011) [17], especialmente la E.0.70.

Módulo de Fineza: Para realizar este cálculo se tuvo que realizar previamente el ensayo de análisis granulométrico, ya que para determinarlo se utiliza los datos de porcentaje acumulado. [17].

Contenido de humedad: Se pesa la tara, para luego colocar la muestra dentro de ella y se vuelve a registrar el peso [17]. Se coloca la tara con la muestra dentro de la estufa por 24 horas. Pasadas las 24 horas se extrae la tara con la muestra del horno, y se deja enfriar por 30 min, para posterior a ello registrar el peso en estado seco de la muestra.

Gravedad específica y absorción de agregado fino: Primero se coloca la muestra agregada a la estufa por 24 horas, pasado este tiempo se retira la muestra y se lo expone al ambiente por 30 minutos; posterior a ellos se coloca la muestra en un recipiente, se lo cubre con agua y se deja reposar por 24 horas. Pasado este tiempo se retira el material utilizando el proceso de decantación, luego se retira la muestra, se lo esparce sobre una superficie plana y se procede a secar con la secadora de cabello, los granos del agregado no deben adherirse entre sí. Una vez obtenido este estado en los agregados, se realiza la compactación utilizando el molde cónico y la varilla compactadora, aplicando 25 golpes divididos en tres capas en la primera y segunda capa 8 golpes respectivamente, mientras que para la tercera 9 golpes y se levanta el molde, debiendo obtenerse como resultado la desintegración del cono de agregado, de no suceder eso se debe seguir secando el agregado y repitiendo el ensayo; cuando ya el cono de agregado se desintegra se procede a ingresar en la fiola agua y 500 gr de este material previo a ello se debe haber llenado la final con agua hasta la marca de 500 ml y registrado el peso, luego se agita durante 15 minutos para luego decantar el agua hasta que quede otra vez en la marca de 500 ml y se vuelve a registrar el peso, posterior a ellos se extrae el agregado mediante el proceso de decantación, se ingresa esta muestra al horno por 24 horas nuevamente para posteriormente obtener el peso. [17].

Cemento (NTP 334.090): El cemento que se utilizó es el Cemento Pacasmayo Portland Tipo ICo, es un cemento Portland que se obtiene por la pulverización conjunta de clinker Portland, materias calizas y/o inertes como máximo de 30 %, es decir es un cemento adicionado de alta resistencia inicial: Tipo I [17].

Peso específico del cemento hidráulico: Se llenó el frasco Le Chateleir con gasolina hasta la marca de 0 ml, luego de sumergió el frasco en baño maría a temperatura ambiente hasta

que no existan diferencias mayores de 0.2 °C entre la temperatura de la gasolina del frasco y la temperatura del agua que está en el exterior a éste [17]. Luego de este se pesa 64 gr de cemento y se los ingresa en el frasco con la ayuda del embudo para evitar salpicaduras y adherencias en este, se coloca el tapón y se hace girar el frasco, al finalizar esto se vuelve a colocar a baño maría y se verifica las temperaturas tal como se describió previamente, para luego anotar los datos del volumen.

El carbonato cálcico CaCO₃ se descompone, dando anhídrido carbónico CO₂ que es gaseoso y se desprende junto con los humos del combustible y el óxido de calcio CaO. Donde se denomina Cal Viva (óxido de calcio) y se apaga sometiéndola a agua, y se le llama Cal Apagada (hidróxido de calcio). (Salguero Ferreira, Osornio Rubio, Martínez González, & Palma Tirado, 2013). Cal compuesta principalmente de hidróxido de calcio, sílica (SiO₂) y alumina (Al₂O₃) o mezclas sintéticas de composición similar. La propiedad de fraguar o endurecer incluso sumergido en agua. Proceden de la calcinación de calizas que contienen más del 5% de arcilla; dan un producto que reúne, además de las propiedades de las calces-grasas, la de poderse endurecer y consolidar en sitios húmedos y debajo del agua [18].

HT-SikaLatex es un aditivo plastificante elaborado a base a una emulsión de polímeros, que se adiciona al mortero de cemento, esta mejora sus propiedades, especialmente la resistencia y/o adherencia. La lechada de adherencia confeccionada con HT-SikaLatex se utiliza para unir mortero fresco con Concreto o mortero endurecido. [18].

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el trabajo experimental desarrollado fue necesario caracterizar comparativamente las unidades a ser ensayadas en las distintas conformaciones con los morteros elegidos; en cuanto a la variabilidad dimensional en la fig. 4 podemos observar la variación porcentual promedio de las dimensiones longitud, ancho y alto respectivamente de las unidades de albañilería utilizadas en la investigación.

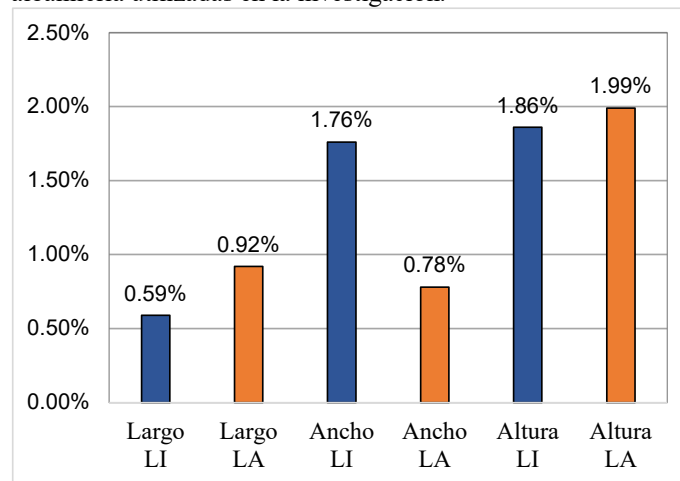


Fig. 4: Variación porcentual de las dimensiones del Ladrillo Industrial (LI) y el Ladrillo Artesanal (LA)

Fuente [15].

En la fig. 5 están plasmados los resultados procesados promedio del alabeo, adsorción y la succión para las unidades de albañilería ensayados.

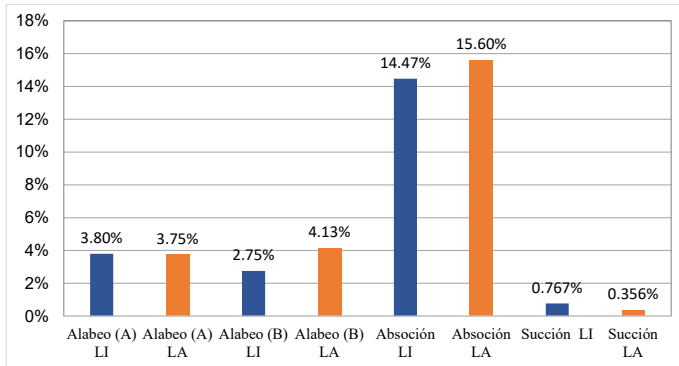


Fig. 5: Propiedades de alabeo, adsorción y succión para el Ladrillo Industrial (LI) y el Ladrillo Artesanal (LA).

Fuente [15]

La resistencia a la compresión de las unidades de albañilería luego del respectivo ensayo, el ladrillo artesanal tiene un coeficiente de variación mayor, por el motivo que las unidades no son muy uniformes el coeficiente de variación para el ladrillo industrial fue 14.56% mientras que para el ladrillo artesanal fue de 17.35%.

Para el agregado (arena gruesa) el contenido de humedad promedio en porcentaje de las seis muestras ensayadas fue de 11.52%, en cuanto a la granulometría plasmada en la figura 6, se observa que la curva granulométrica se encuentra dentro de los límites superior e inferior permitidos según la Norma E.070-Albañilería. En cuanto a la absorción del agregado se tuvo un valor promedio de 5.11%.

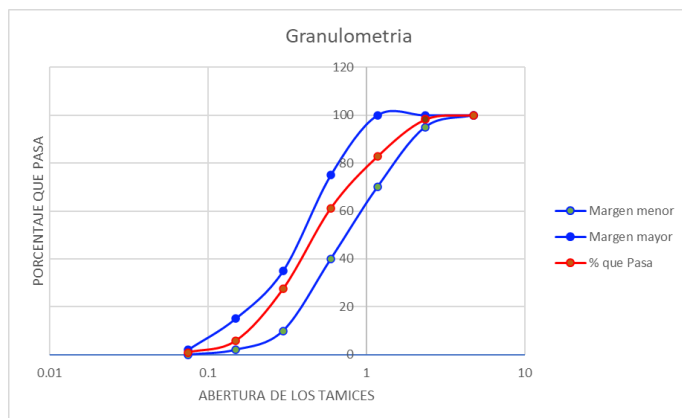


Fig. 6: Granulometría de la Arena gruesa entre abertura de tamices y porcentaje que pasa

Fuente [15].

Sobre el cemento utilizado en la investigación, se puede concluir que el peso específico está en el rango de aceptación de Cemento Normal, los resultados se pueden apreciar en la tabla III.

TABLA III
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO HIDRÁULICO (FRASCO DE LE CHATELIER)					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso de cemento utilizado (gr)	gr	64.00	64.00	64.00
B	Volumen Inicial (cm ³)	cm ³	0.00	0.00	0.00
C	Volumen Final (cm ³)	cm ³	20.30	20.50	20.30
D	Volumen Desplazado,	cm ³	20.30	20.50	20.30
E	Peso Específico del Cemento Hidráulico (gr/cm³)	gr/cm ³	3.15	3.12	3.15
F	Peso Específico del agua a 4°C	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00
G	Peso Específico Relativo del Cemento	-	3.15	3.12	3.15
H	Temperatura del Ensayo (°C)	°C	17.30	17.90	17.50
I	Peso Específico Promedio del Cemento (gr/cm³)	gr/cm ³	3.14		

Fuente [15]

La resistencia a la compresión de los cubos de Morteros de Concreto a los 28 días: Según los resultados de la tabla IV, se puede visualizar que la resistencia a la compresión de los cubos de mortero aumentó con la inclusión del aditivo incorporado en comparación al método tradicional sin aditivo.

TABLA IV
RESISTENCIA PROMEDIO DE LOS MORTEROS, TRADICIONAL Y LOS MORTEROS CON ADICIÓN DE CAL Y HT-SIKALATEX

COND. MORTERO	Nº DE ESPECIMEN	EDAD DEL MORTERO	ANCHO (Cm)	LARG O (Cm)	AREA (Cm ²)	CAR GA (Kg)	δ (Kg/cm ²)	δ PROMED IO (Kg/cm ²)
TRADICIONAL	1	28	5.08	5.07	25.756	3765	146.18	148.10
	2	28	5.07	5.05	25.604	3845	150.17	
	3	28	5.07	5.08	25.756	3684	143.03	
	4	28	5.05	5.08	25.654	3841	149.72	
	5	28	5.04	5.04	25.402	3840	151.17	
	6	28	5.05	5.07	25.604	3797	148.3	
ADICIONAND O 4% DE CAL	1	28	5.04	5.02	25.301	3760	148.61	149.02
	2	28	5.05	5.04	25.452	3782	148.59	
	3	28	5.02	5.07	25.451	3827	150.37	
	4	28	5.03	5.04	25.351	3854	152.03	
	5	28	5.05	5.05	25.503	3738	146.57	
	6	28	5.04	5.05	25.452	3765	147.93	
ADICIONAND O 6% DE CAL	1	28	5.05	5.06	25.553	3758	147.07	149.58
	2	28	5.05	5.05	25.503	3897	152.81	
	3	28	5.06	5.08	25.705	3845	149.58	
	4	28	5.06	5.05	25.553	3823	149.61	
	5	28	5.01	5.05	25.301	3816	150.82	
	6	28	5.05	5.05	25.503	3764	147.59	
ADICIONAND O 4% DE HT-SIKALATEX	1	28	5.05	5.05	25.503	3875	151.94	150.04
	2	28	5.06	5.02	25.401	3787	149.09	
	3	28	5.05	5.08	25.654	3859	150.42	
	4	28	5.05	5.05	25.503	3828	150.1	
	5	28	5.01	5.05	25.301	3729	147.39	
	6	28	5.02	5.06	25.401	3843	151.29	
ADICIONAND O 6% DE HT-SIKALATEX	1	28	5.06	5.02	25.401	3897	153.42	151.29
	2	28	5.08	5.05	25.654	3868	150.78	
	3	28	5.02	5.02	25.2	3727	147.9	
	4	28	5.05	5.06	25.553	3905	152.82	
	5	28	5.03	5.01	25.2	3828	151.9	
	6	28	5.05	5.08	25.654	3872	150.93	

Fuente [15]

En tal sentido la resistencia de los especímenes de mortero tiene una tendencia creciente con la adición del aditivo, siendo mayor el incremento para el aditivo HT-SikaLatex como puede apreciarse en la fig. 7.

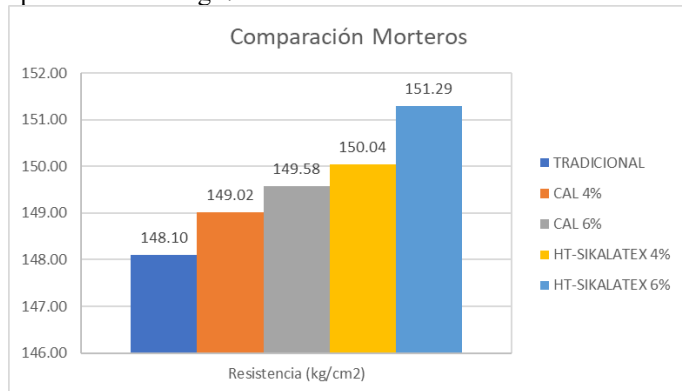


Fig. 7: Comparación de los morteros desde el uso tradicional (sin aditivo) y los morteros con incorporación de aditivos.

Fuente [15]

La resistencia a la compresión de Pilas de albañilería, luego de realizar los ensayos, se evidencia en las tablas V, VI, VII y VIII donde se puede notar un incremento de la resistencia de acuerdo con el tipo de aditivo a usar en comparación al método tradicional (sin aditivo), dichos incrementos se pueden visualizar en la fig. 8 y la Fig. 9 para el ladrillo artesanal e industrial respectivamente.

TABLA V
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON MORTERO SIN ADITIVO

PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL SIN ADITIVO							
ESPÉCIMEN	DIMENSIONES			P _{máx} kg	Esbeltez = H/t	ÁREA: L*t cm ²	f _m = P _{máx} /Ab Kg/cm ²
	L (cm)	t (cm)	H (cm)				
TA-01	20.80	12.01	26.22	21127	2.18	249.81	84.57
TA-02	20.70	12.06	26.14	22854	2.17	249.64	91.55
TA-03	20.83	12.00	26.43	21081	2.20	249.96	84.34
TA-04	20.80	12.15	25.45	22748	2.10	252.72	90.01
TA-05	20.80	12.21	26.48	21818	2.17	253.97	85.91
TA-06	20.70	12.23	26.52	23475	2.17	253.16	92.73
PROMEDIO					2.16	251.54	88.18
Factor (FC)					0.74	-	-
					<i>f_m corregido =</i>	65.256	
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	3.696	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	61.560	

Fuente [15]

TABLA VI
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON MORTERO Y ADITIVOS AL 4% Y 6%

PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON 4% DE CAL							
ESPÉCIMEN	DIMENSIONES			P _{máx} kg	Esbeltez = H/t	ÁREA: L*t cm ²	f _m = P _{máx} /Ab Kg/cm ²
	L (cm)	t (cm)	H (cm)				
PAC4%-01	20.80	12.01	26.52	23087	2.21	249.81	92.42
PAC4%-02	20.70	11.96	26.35	22854	2.20	247.57	92.31
PAC4%-03	20.80	12.14	26.11	21127	2.15	252.51	83.67
PAC4%-04	20.85	11.93	25.96	20826	2.18	248.74	83.73
PAC4%-05	20.90	11.99	26.87	23672	2.24	250.59	94.46
PAC4%-06	20.86	12.25	26.45	22854	2.16	255.54	89.44
PROMEDIO					2.19	250.79	89.34
Factor (FC)					0.75	-	-
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	4.654	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	62.349	
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON 6% DE CAL							
PAC6%-01	20.80	12.10	26.45	23909	2.19	251.68	95.00
PAC6%-02	20.76	11.97	26.87	22530	2.25	248.50	90.67
PAC6%-03	20.85	12.14	26.52	23106	2.19	253.12	91.29
PAC6%-04	20.81	12.01	26.21	22041	2.18	249.93	88.19
PAC6%-05	20.83	12.06	26.12	22331	2.17	251.21	88.89
PAC6%-06	20.75	11.94	26.40	22340	2.21	247.76	90.17
PROMEDIO					2.20	250.36	90.70
Factor (FC)					0.75	-	-
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	2.394	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	65.631	
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON 4% HT-SIKALATEX							
PAS4%-01	20.79	12.06	26.88	22593	2.23	250.73	90.11
PAS4%-02	20.80	12.08	26.46	22902	2.19	251.26	91.15
PAS4%-03	20.74	12.15	26.52	22945	2.18	251.99	91.05
PAS4%-04	20.79	12.05	26.11	22280	2.17	250.52	88.94
PAS4%-05	20.89	12.04	26.87	22853	2.23	251.52	90.86
PAS4%-06	20.84	12.26	25.96	21693	2.12	255.50	84.90
PROMEDIO					2.19	251.92	89.50
Factor (FC)					0.75	-	-
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	2.400	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	64.727	
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA ARTESANAL CON 6% HT-SIKALATEX							
PAS6%-01	20.77	12.00	26.11	22375	2.18	249.24	89.77
PAS6%-02	20.74	12.06	26.87	22540	2.23	250.12	90.12
PAS6%-03	20.9	12.09	26.45	22210	2.19	252.68	87.90
PAS6%-04	20.78	12.00	26.28	22966	2.19	249.36	92.10
PAS6%-05	20.76	12.04	26.12	22580	2.17	249.95	90.34
PAS6%-06	20.81	12.15	26.45	23853	2.18	252.84	94.34
PROMEDIO					2.19	250.70	90.76
Factor (FC)					0.75	-	-
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	2.208	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	65.863	

Fuente [15]

TABLA VII
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON MORTERO SIN ADITIVO

PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL SIN ADITIVO							
ESPÉCIMEN EN	DIMENSIONES			P _{máx} kg	Esbeltez = H/t	ÁREA: L*t cm ²	f _m = P _{máx} /Ab Kg/cm ²
	L (cm)	t (cm)	H (cm)				
TI-01	22.84	11.93	29.31	24851	2.46	272.48	91.20
TI-02	22.66	12.24	29.16	25347	2.38	277.36	91.39
TI-03	22.78	12.16	29.24	23905	2.41	277.00	86.30
TI-04	22.85	12.18	29.74	25732	2.44	278.31	92.46
TI-05	22.75	12.48	29.27	24573	2.35	283.92	86.55
TI-06	23.08	12.44	29.43	25499	2.37	287.12	88.81
PROMEDIO					2.40	279.37	89.45
Factor (FC)					0.78	-	-
					<i>f_m corregido =</i>	69.772	
					<i>Desv. Estándar (σ)</i>	2.632	
					<i>f_m (kg/cm²)</i>	67.140	

Fuente [15]

TABLA VIII

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON MORTERO Y ADITIVOS AL 4% Y 6%

PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON 4% DE CAL							
ESPÉCIMEN	DIMENSIONES			P _{máx} kg	Esbeltéz = H/t	ÁREA: L*t cm ²	f _m = P _{máx} /Ab Kg/cm ²
	L (cm)	t (cm)	H (cm)				
PIC4%-01	22.85	11.98	29.13	24337	2.43	273.74	88.90
PIC4%-02	22.69	12.16	29.54	25206	2.43	275.91	91.36
PIC4%-03	22.90	12.17	29.47	25084	2.42	278.69	90.01
PIC4%-04	22.84	12.18	29.22	24754	2.40	278.19	88.98
PIC4%-05	22.75	12.46	29.65	25127	2.38	283.47	88.64
PIC4%-06	23.00	12.50	29.79	25201	2.38	287.50	87.66
PROMEDIO					2.41	279.58	89.26
Factor (FC)					0.78	-	-
					Desv. Estándar (σ)		1.273
						f_m (kg/cm²)	68.348
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON 6% DE CAL							
PIC6%-01	22.85	11.98	29.79	25467	2.49	273.74	93.03
PIC6%-02	22.67	12.16	29.22	24973	2.40	275.67	90.59
PIC6%-03	22.78	12.17	29.54	25881	2.43	277.23	93.35
PIC6%-04	22.88	12.18	29.13	26694	2.39	278.68	95.79
PIC6%-05	22.6	12.46	29.22	25258	2.35	281.60	89.70
PIC6%-06	22.93	12.5	29.3	25293	2.34	286.63	88.24
PROMEDIO					2.40	278.92	91.78
Factor (FC)					0.78	-	-
					Desv. Estándar (σ)		2.770
						f_m (kg/cm²)	68.822
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON 4% DE HT-SIKALATEX							
PIS4%-01	22.86	12.06	29.79	24346	2.47	275.69	88.31
PIS4%-02	22.64	12.08	29.22	25754	2.42	273.49	94.17
PIS4%-03	22.78	12.15	29.54	25232	2.43	276.78	91.16
PIS4%-04	22.85	12.05	29.13	25534	2.42	275.34	92.74
PIS4%-05	22.75	12.04	29.22	25098	2.43	273.91	91.63
PIS4%-06	23.08	12.26	29.65	24938	2.42	282.96	88.13
PROMEDIO					2.43	276.36	91.02
Factor (FC)					0.79	-	-
					Desv. Estándar (σ)		2.405
						f_m (kg/cm²)	69.503
PILAS DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA INDUSTRIAL CON 6% DE HT-SIKALATEX							
PIS6%-01	22.85	11.97	29.65	27170	2.48	273.51	99.34
PIS6%-02	22.75	12.32	29.43	26061	2.39	280.28	92.98
PIS6%-03	23.08	12.17	29.39	26183	2.42	280.88	93.22
PIS6%-04	22.88	12.25	29.79	26362	2.43	280.28	94.06
PIS6%-05	22.84	12.45	29.47	25773	2.37	284.36	90.64
PIS6%-06	22.92	12.47	29.54	25949	2.37	285.81	90.79
PROMEDIO					2.41	280.85	93.50
Factor (FC)					0.78	-	-
					Desv. Estándar (σ)		3.171
						f_m (kg/cm²)	69.761

Fuente [15]

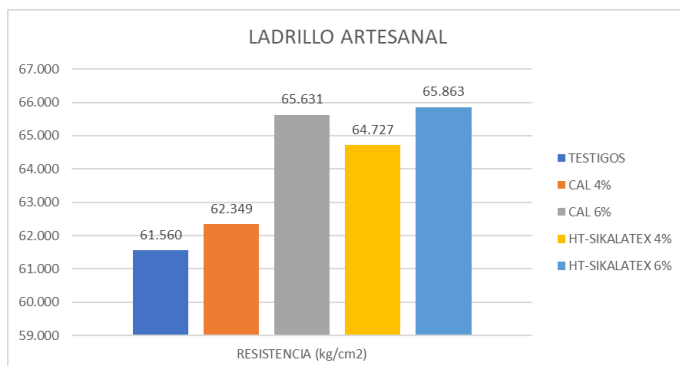


Fig. 8: Comparación de la resistencia a compresión de las diferentes incorporaciones de dosificaciones de aditivos en ladrillo artesanal.

Fuente [15]

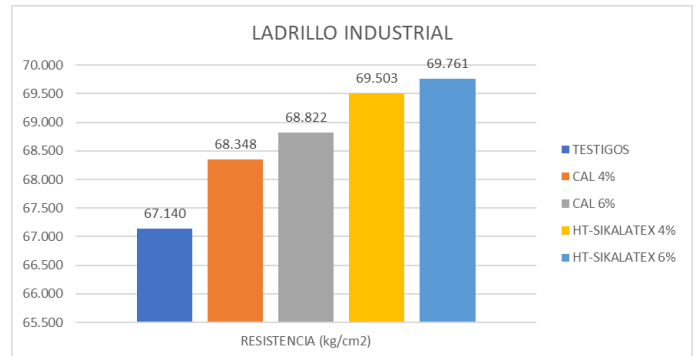


Fig. 9: Comparación de la resistencia a compresión de las diferentes incorporaciones de dosificaciones de aditivos en ladrillo industrial.

Fuente [15]

IV. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación podemos concluir que para las dos concentraciones de aditivo ensayadas existe una relación directa entre la resistencia a la compresión de los muros de ladrillo frente a la incorporación de los aditivos cal y HT-SikaLatex.

De acuerdo a las características físico-mecánicas de las unidades de albañilería, agregados, cemento y aditivos, y a la resistencia a la compresión de los muros de ladrillo Artesanal e Industrial se realizó diversos ensayos, lo cual se determinó la influencia de la adición del aditivo (cal o HT-SikaLatex) en diferentes porcentajes (4%-6%) en el mortero para los ladrillos (Artesanal o Industrial), donde se obtuvo que el Ladrillo Industrial es de mayor trabajabilidad, resistencia y menor porcentaje de variación, a la vez el aditivo HT-SikaLatex fue de mayor relevancia en comparación a la cal; sin no recalcar que el ladrillo artesanal se obtuvo mayor beneficio frente a la incorporación de los aditivos en comparación al ladrillo industrial.

Los materiales (ladrillo, arena, cemento) son aceptables dentro de los parámetros de la Norma E0.70-Albañilería, ASTM, entre otros; se realizaron diversos ensayos previos para cada uno de ellos, y al obtener los resultados todos ellos cumplieron satisfactoriamente ubicándose en los parámetros requeridos por la norma.

El mortero proyectado, fue sometido a pruebas mecánicas, con cal y con HT-SikaLatex, obteniendo resultados en sus diferentes dosificaciones de aditivo, para resistencia a la compresión se obtuvo la máxima resistencia dando como resultados 149.58 kg/cm² para el mortero con cal y 151.29 kg/cm² para el mortero con HT-SikaLatex; analizando la comparación entre ambos aditivos se encontró una variación de aumento a favor del aditivo Ht-SikaLatex en un 1.71%.

Se realizó el análisis comparativo, en 10 combinaciones para las pilas o muretes de ladrillo : a:(ladrillos artesanales +

mortero) b:(ladrillo artesanal + mortero cal 4%), c:(ladrillo artesanal + mortero cal 6%), d:(ladrillo artesanal + mortero HT-SikaLatex 4%), e:(ladrillo artesanal + mortero HT-Sikalatex 6%), f:(ladrillo industrial + mortero), g:(ladrillo industrial + mortero cal 4%), h:(ladrillo industrial + mortero cal 6%), i:(ladrillo industrial + mortero HT-SikaLatex 4%), j:(ladrillo industrial + mortero HT-SikaLatex 6%); en cuanto al valor de la resistencia a la compresión el uso de aditivos es importante para aumentar la resistencia y/o a la vez la adherencia entre el mortero y la unidad de albañilería en comparación del método tradicional(mortero sin aditivo), aumentando un valor de 2.44% a 6.20% con incorporación de cal en ladrillo industrial y artesanal respectivamente, y un valor de 2.75% a 6.53% con incorporación de HT-SikaLatex en ladrillo industrial y artesanal respectivamente.

[18]Vega, M. C. (2019). Evaluación del uso de Aditivos sobre la Mezcla Convencional de Concreto en Morteros de Cementos para el aumento de su Resistencia. *Fundacion Universidad America*, 163 pp.

REFERENCIAS

- [1] Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería estructural. Fondo editorial de la Pontificia Universidad católica del Perú., 250pp.
- [2] Sanchez de Guzmán , D. (1994). Tecnología del Concreto y del Mortero. Bogotá: Bhandar Editores.
- [3] Indecopi. (2013). *Cementos Portland adicionados*. INDECOPI 2013. Lima: NTP: 334.090-2013.
- [4] Aguirre Cabrera, D., & Pacheco Giron, R. (2007). *Aditivos para Concreto*. Obtenido de <http://www.uae.edu.sv/docs/investigacion/USO%20DE%20ADITIVOS%20PARA%20CONCRETO.pdf>
- [5] Arizzi, A., & Cultrone, G. (2012). La Influencia de la Interfase Árido-Matriz en las propiedades del mortero - Cal. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 2 - 5.
- [6] Vázquez Romero, J. (2010). Adherencia al Hormigón de morteros de diferentes Bases Químicas. *TESIS DOCTORAL*, (pág. 367). Madrid.
- [7] Donis Arriola, J. M. (2010). Diseño de Morteros con Cementos Hidráulicos para la Construcción de Muros con Elementos de Manpostería. *Universidad de San Carlos de Guatemala*, 162 pp.
- [8] Barajas, B., Castro, A., & Marco, d. (2012). Evaluación de la adherencia, Rendimiento y Costo de los Morteros a base de cal en la Vivienda sustentable. *Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, 8.
- [9] Navas C., A., & Campos R., A. M. (2018). Influencia de la cal en el mortero de pega para mampostería. *Universidad de Costa Rica*, 11 pp.
- [10]Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. *Manizales, Colombia: Centro de publicaciones universidad nacional de Colombia.*, 24-30.
- [11]San Bartolomé, Á., & Morante., Á. (2009). Estudio de la Adherencia Mortero - Concreto vibrado en tres técnicas de Construcción. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 10 pp.
- [12]Cabrera B., K. (2013). Estudio de las Propiedades Fisico y Mecanicas del ladrillo King Kong del Centro Poblado El Cerrillo. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 131 pp.
- [13]San Bartolomé, A., Romero, C., & Torres, J. C. (2010). Mejora de la adherencia Bloque-Mortero. *Mejora de la adherencia Bloque-Mortero*, pág. 8.
- [14]Gutiérrez, M. D. (2017). Adherencia entre el Mortero y el Ladrillo Maciso al invertir su Cara de Asiento. *Universidad Privada Del Norte*, 140 pp.
- [15]Hernandez R. W. "Resistencia a la compresión del mortero usando dos aditivos: cal y ht-sikalatex para muros de ladrillo artesanal y ladrillo industrial, Cajamarca 2022". Tesis. *Universidad Privada del Norte*. <https://hdl.handle.net/11537/30820>
- [16]Vegas, I., Azkarate, I., & Juarrero, A. (2009). Diseño y prestaciones de morteros de albañilería elaborados con áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón. *Materiales de Construcción*, 14.
- [17]Arriola, J. (2009). Diseño de morteros con cementos hidráulicos para la construcción de muros con elementos de mampostería. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.