

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO
MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL
MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO
EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Civil

Autor:

Alexandra Lisseth Vargas Goicochea

Asesor:

Mg. Mario Rene Carranza Liza

<https://orcid.org/0000-0002-7372-0004>

Cajamarca - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	LIZBETH MILAGROS MERMA GALLARDO	98703
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI

Jurado 2	JANE ELIZABETH ALVAREZ LLANOS	78807
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI

Jurado 3	ERLYN GIORDANY SALAZAR HUAMÁN	161116
	Nombre y Apellidos	Nro. Colegiatura o DNI

INFORME DE SIMILITUD



Document Information

Analyzed document	TESIS_ALEXANDRA VARGAS - Sin Anexos.docx (D158842656)
Submitted	2023-02-17 00:32:00
Submitted by	
Submitter email	mario.carranza@upn.edu.pe
Similarity	3%
Analysis address	mario.carranza.delnor@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	<p>Universidad Privada del Norte / EF_TallerDeTesis2_MedinaJulcaBryanAlexis.docx</p> <p>Document EF_TallerDeTesis2_MedinaJulcaBryanAlexis.docx (D152031941)</p> <p>Submitted by: samuel.laura@upn.pe</p> <p>Receiver: samuel.laura.delnor@analysis.orkund.com</p>		2
SA	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS DE TITULACION MARTINEZ Y SANCHEZ.pdf</p> <p>Document TESIS DE TITULACION MARTINEZ Y SANCHEZ.pdf (D158296677)</p> <p>Submitted by: edmundovereau@upn.edu.pe</p> <p>Receiver: edmundovereau.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / Tesis Carlos Salinas.pdf</p> <p>Document Tesis Carlos Salinas.pdf (D146838597)</p> <p>Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe</p> <p>Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / WALTHER_HERNANDEZ_ROMAN_TESIS_7_TALLER.pdf</p> <p>Document WALTHER_HERNANDEZ_ROMAN_TESIS_7_TALLER.pdf (D13095561)</p> <p>Submitted by: luis.vasquez@upn.pe</p> <p>Receiver: luis.vasquez.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / EF_TallerDeTesis2_MedinaJulcaBryanAlexis.docx</p> <p>Document EF_TallerDeTesis2_MedinaJulcaBryanAlexis.docx (D152031993)</p> <p>Submitted by: samuel.laura@upn.pe</p> <p>Receiver: samuel.laura.delnor@analysis.orkund.com</p>		4
SA	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS DE TITULACION MARTINEZ Y SANCHEZ.pdf</p> <p>Document TESIS DE TITULACION MARTINEZ Y SANCHEZ.pdf (D158296662)</p> <p>Submitted by: edmundovereau@upn.edu.pe</p> <p>Receiver: edmundovereau.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / T2_3592_De la Cruz.docx</p> <p>Document T2_3592_De la Cruz.docx (D145901308)</p> <p>Submitted by: jaclyn.corrales@upn.pe</p> <p>Receiver: jaclyn.corrales.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS 2022 OKOK.pdf</p> <p>Document TESIS 2022 OKOK.pdf (D157420819)</p> <p>Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe</p> <p>Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
W	<p>URL: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_4cf82ce305be736debd2a5d77ec33b98</p> <p>Fetches: 2022-05-16 18:23:50</p>		1
SA	<p>Universidad Privada del Norte / Tesis Richard Tasilla _Presentación_.docx</p> <p>Document Tesis Richard Tasilla _Presentación_.docx (D112559825)</p> <p>Submitted by: miguel.mosqueira@upn.pe</p> <p>Receiver: miguel.mosqueira.delnor@analysis.orkund.com</p>		1
W	<p>URL: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1452/Gaytan_CJJ.pdf?sequence=1</p> <p>Fetches: 2022-07-04 22:25:28</p>		1

DEDICATORIA

A mi hijo, él es el principal motor y motivo, para sacar fuerzas todos los días y seguir
luchando para cumplir con todo lo que me propuesto.

A mi abuelita Dolores, quien fue mi segunda mamá y estuvo guiándome durante mi
niñez y me enseñó a dar lo mejor de uno, para conseguir lo que se desea.

A mis padres, a mi hermana, a mi familia y mis amigos, por todo el apoyo moral que me
brindaron en esta etapa; gracias por hacerme entender que la meta no siempre culmina al
terminar la carrera, sino que hay que seguir esforzándonos, proponerse nuevas cosas, que el
fin de toda persona, sea generar ayuda y bienestar a la sociedad.

AGRADECIMIENTO

A Dios, en primer lugar y por sobre todas las cosas, por ser siempre mi fortaleza, por ser mi refugio, por su infinita bondad y bendición, que de seguro las tendré siempre en esta
travesía de la vida.

A mis profesores, por sus sabias enseñanzas, por sus consejos y por todo el apoyo académico que me impartieron durante mi etapa de formación universitaria y que me servirán
para el desempeño de mi carrera.

También estoy infinitamente agradecida de mis padres, ellos nunca dejaron de darme el impulso moral, hasta creo que compartieron el mismo objetivo que yo, de eso estoy
agradecida y orgullosa de ustedes papás.

Tabla de Contenido

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.2.1. <i>Problema general</i>	25
1.2.2. <i>Problemas específicos</i>	25
1.3. JUSTIFICACIÓN	25
1.4. OBJETIVOS	26
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	26
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	26
1.5. HIPÓTESIS	26
1.5.1. <i>Hipótesis general</i>	26
1.5.2. <i>Hipótesis específicas</i>	27
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
<i>Tipo</i>	28
<i>Enfoque</i>	28
<i>Diseño de investigación</i>	28
<i>Variable de Estudio</i>	29
MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS	29
<i>Población</i>	29
<i>Muestra</i>	29

MÉTODOS	30
<i>Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</i>	30
PROCEDIMIENTO	32
<i>Materiales</i>	33
<i>Instrumentos</i>	33
<i>Proceso</i>	34
ASPECTOS ÉTICOS	61
CAPÍTULO III: RESULTADOS	63
<i>Resultados del ensayo de granulometría por lavado</i>	63
<i>Resultados del contenido de humedad</i>	64
<i>Resultados del ensayo de peso específico</i>	64
<i>Resultados del ensayo de límite líquido</i>	65
<i>Resultados del ensayo del límite plástico</i>	65
<i>Resultados del Índice Plástico</i>	66
<i>Resultados de Clasificación de Suelo de Uso para Ladrillo</i>	66
<i>Resultados de los ensayos de dimensiones.</i>	67
<i>Resultados de los ensayos de alabeo.</i>	67
<i>Resultados del ensayo de absorción</i>	68
<i>Resultados de los ensayos de succión.</i>	69
<i>Resultados del ensayo de compresión</i>	69
<i>Resultados del ensayo de conductividad térmica</i>	72
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	79
REFERENCIAS	87
ANEXOS	92

Índice de Tablas

Tabla 1 Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	23
Tabla 2 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.....	23
Tabla 3 Distribución de ensayos de las muestras a ensayar.	30
Tabla 4 Instrumentos de recolección y análisis de datos.....	31
Tabla 5 Dosificación de materiales para el ladrillo patrón.....	60
Tabla 6 Porcentajes de dosificación de materiales para el ladrillo con adición de vidrio.....	61
Tabla 7 Promedio de humedad del material.....	64
Tabla 8 Resultados del ensayo de peso específico de la arcilla.....	64
Tabla 9 Valores de resistencia a compresión del ladrillo patrón.....	69
Tabla 10 Valores de compresión del ladrillo con adición del 5% de vidrio reciclado.....	70
Tabla 11 Valores de compresión del ladrillo con adición del 10% de vidrio reciclado.....	70
Tabla 12 Valores de compresión del ladrillo con adición del 15% de vidrio reciclado.....	70
Tabla 13 Valores de conductividad térmica del ladrillo patrón.....	72
Tabla 14 Valores de conductividad térmica del ladrillo con 5% de vidrio reciclado.	73
Tabla 15 Valores de conductividad térmica del ladrillo con 10% de vidrio reciclado.	73
Tabla 16 Valores de conductividad térmica del ladrillo con 15% de vidrio reciclado.	74
Tabla 17 Comparación de la variación dimensional.	75
Tabla 18 Resultados del ensayo de alabeo.	75
Tabla 19 Resultados del ensayo de succión.	76
Tabla 20 Resultados del ensayo de absorción.....	76
Tabla 21 Valores de resistencia a la compresión del ladrillo artesanal.	77
Tabla 22 Clasificación del ladrillo artesanal evaluado.	77
Tabla 23 Resultados de granulometría por lavado.....	94
Tabla 24 Resultados del ensayo de contenido de humedad.	95
Tabla 25 Resultados del ensayo de límite líquido.	95
Tabla 26 Resultados del ensayo de límite plástico.	96
Tabla 27 Variación dimensional del ladrillo patrón.....	96
Tabla 28 Variación dimensional del ladrillo con adición del 5%.....	97
Tabla 29 Variación dimensional del ladrillo con adición del 10%.....	97
Tabla 30 Variación dimensional del ladrillo con adición del 15%.....	98
Tabla 31 Ensayo de alabeo del ladrillo patrón.	99
Tabla 32 Ensayo de alabeo del ladrillo con 5% de vidrio reciclado.....	99
Tabla 33 Ensayo de alabeo del ladrillo con 10% de vidrio reciclado.....	99
Tabla 34 Ensayo de alabeo del ladrillo con 15% de vidrio reciclado.....	100

Índice de Figuras

Figura 1 Componentes del aparato de placa caliente protegida.....	24
Figura 2 Flujograma de recolección de datos.....	32
Figura 3 Extracción de arcilla en la cantera.....	34
Figura 4 Separación de los porcentajes de vidrio triturado.....	35
Figura 5 Tamizado de muestra de arcilla.....	37
Figura 6 Colocación de muestras en el horno de secado.....	39
Figura 7 Registro del peso de las muestras de arcilla.....	39
Figura 8 Realización del ensayo de límite líquido.....	42
Figura 9 Preparación del filamento del ensayo del límite plástico.....	43
Figura 10 Proceso de humedecimiento de la arcilla.....	44
Figura 11 Batido de arcilla mediante la ayuda de batidora eléctrica.....	45
Figura 12 Preparación del ladrillo artesanal en el molde metálico.....	45
Figura 13 Molde metálico para la fabricación del ladrillo artesanal.....	46
Figura 14 Disposición del ladrillo en área de secado.....	46
Figura 15 Ladrillo seco y listo para ser quemado.....	47
Figura 16 Proceso de quemado del ladrillo artesanal.....	47
Figura 17 Medición de los lados del ladrillo.....	49
Figura 18 Cuña para ensayo de alabeo.....	50
Figura 19 Realización del ensayo de alabeo del ladrillo.....	51
Figura 20 Ladrillo sumergido para ensayo de succión.....	52
Figura 21 Ladrillos sumergidos en agua por 24 horas.....	54
Figura 22 Registro del peso del ladrillo sumergido en agua.....	54
Figura 23 Proceso de aplicación de capa nivelante de yeso.....	55
Figura 24 Colocación del ladrillo artesanal en la máquina de compresión axial.....	56
Figura 25 Ubicación de ladrillos en el equipo eléctrico.....	58
Figura 26 Registrando el voltaje del aparato de placa caliente protegida.....	59
Figura 27 Curva granulométrica de la arcilla.....	63
Figura 28 Representación de los valores hallados en el ensayo de límite líquido.....	65
Figura 29 Resultados del ensayo de límite plástico.....	65
Figura 30 Resultados del ensayo de límite plástico.....	66
Figura 32 Valores promedio del ensayo de absorción.....	68
Figura 31 Valores promedio del ensayo de succión.....	69
Figura 33 Valores promedio del ensayo de compresión.....	71
Figura 34 Valores promedio del ensayo de conductividad térmica.....	74
Figura 35 Variación promedio del ladrillo artesanal.....	81

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Módulo de finura de la arcilla.....	36
Ecuación 2: Contenido de humedad (%).....	38
Ecuación 3: Peso específico.....	40
Ecuación 4: Variación de dimensiones.....	49
Ecuación 5: Ensayo de succión.	52
Ecuación 6: Absorción del ladrillo.	53
Ecuación 5: Resistencia a la compresión.....	55
Ecuación 8: Conductividad térmica del ladrillo.	59

RESUMEN

La investigación se justifica en las mejoras de las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal, el que fue mejorado mediante la adición de vidrio reciclado (triturado) en la ciudad de Cajamarca, agregando también valor ecológico a este ladrillo; por lo que, se ha evaluado la variación dimensional, alabeo, succión y absorción, como propiedades físicas y la resistencia a la compresión y conductividad térmica en tanto a propiedades mecánicas, del ladrillo patrón y del ladrillo fabricado con la adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado triturado. Mediante una investigación del tipo cuantitativa y cuasi experimental, se logró evaluar las propiedades físico mecánicas del ladrillo con adición de vidrio reciclado, concluyendo que en la resistencia a la compresión del ladrillo artesanal, se mejoró al adicionar el 15% de su peso total de vidrio reciclado, obteniendo un valor $f^b=61.28\text{kg/cm}^2$; por otro lado, en conductividad térmica, el ladrillo con mejor respuesta, es el que se adicionó el 5 % de su peso total de vidrio reciclado, obteniendo valores de $1.36\text{ W/m}^\circ\text{K}$. Dado el resultado es recomendable usar el ladrillo con la adición de vidrio reciclado para mejorar su resistencia a la compresión y como un producto eco amigable para incentivar el reciclaje.

PALABRAS CLAVES: Ladrillo con vidrio reciclado, conductividad térmica, resistencias a la compresión, propiedades físico mecánicas.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El planeta se encuentra en un punto clave para definir su futuro; gracias al trabajo científico se ha determinado que la temperatura del planeta ha incrementado en más de 1°C luego de la revolución industrial, provocando el fenómeno conocido como “cambio climático” o “calentamiento global”, lo cual esto da acogida a que las personas también opten por la artesanía, dejando un poco de lado la industrialización, debido a que muchas de las empresas dedicadas a esta actividad tienen una constante contaminación al medio ambiente, lo que hace que el problema empeore aún mucho más ("Universidad de Chile", 2021).

Esta crisis es un tema determinante en la actualidad y está afectando desproporcionadamente a las personas más vulnerables y pueblos indígenas del mundo; la consecuencia más común son situaciones meteorológicas extremas: fuertes lluvias, sequías, tormentas tropicales y descenso de temperatura lo cual es más frecuente e intenso sobre todo en las ciudades y pueblos que se encuentran en zonas altas de la serranía (Gaynor, 2020).

Hoy en día muchas personas trabajan por la conservación y cuidado del medio ambiente; su trabajo es el reciclaje de residuos inorgánicos (cartón, metal, tela, plástico, vidrio). Sin embargo, el reciclaje de vidrio es bajo a nivel mundial, Reciclar botellas resulta muy rentable, tal es el caso que si reciclamos 3,000 botellas se ahorraría mucho del costo de elaboración de este producto, sin embargo, las empresas optan por fabricar antes que reutilizar. (Carrasco R., 2019).

El reciclaje de vidrio tiene consecuencias positivas importantes, al ser un material 100% reciclable, puede reciclarse infinidad de veces sin perder sus propiedades, además de los beneficios para el medio ambiente, como son, reducción de residuos en los vertederos, reducción de la contaminación del aire en un 20% ya que se quema menos combustible para fabricar nuevos envases, ahorro de recursos naturales, entre otros. (RECYTRANS, 2013)

Varios sectores optaron por implementar infraestructura mediante el reciclaje de vidrio, tal es el caso de que, en Madrid, teniendo en cuenta que de una botella sale otra, instalaron contenedores en forma de pelota, para la campaña "El Jugador más valioso del reciclaje" de la Women's National Basketball Association (WBNA), logrando procesar más de 22 toneladas mediante una técnica innovadora y pionera, para la construir una pista de basket, todo gracias al reciclaje de envases de vidrio. (Ecovidrio, 2019).

Decorex Pro (2020) refiere que los ladrillos artesanales son una buena opción si una persona va a construir una casa en un lugar donde hace bastante frío. Este menciona que los ladrillos de arcilla y cerámica varía es capaz de dar un aumento en la capacidad de calor, de un 0,85 a 1,25 por encima de lo normal. En tal sentido siendo una ventaja al momento de construir en un lugar friolento, también la actividad artesanal se ve fortalecida y se aporta de cierta manera a disminuir considerablemente la contaminación ambiental.

Se ha realizado estudios experimentales en una propuesta denominada Eco Baldosa, que utiliza PET y vidrio molido en la fabricación de un revestimiento de piso de alta gama y accesible en temas socioeconómicos. El prototipo fue validado y contó con una aprobación del 80% en entrevistas realizadas a personas, siendo la resistencia y durabilidad, los principales factores al momento de decidir la compra, a pesar de ser un material 30% más costos que las mayólicas (Cerna et al., 2023)

El principal uso del vidrio reciclado es como material de construcción, al prestar amplias posibilidades, que incluso puede sustituir y mejorar el rendimiento de otros productos. (SEGTEC VIDRIO, 2020)

Por ejemplo, los ladrillos hechos con material reciclado es una realidad en Argentina, tal como lo indica el Centro de Investigación Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), que han desarrollado ladrillos a partir de envases de plástico y también otro prototipo de ladrillo a partir de cáscaras de cacahuete, creados con el objetivo de reducir el

impacto ecológico en el sector de la construcción y reciclar materiales de uso cotidiano y que se desechan masivamente. (Amarillo, Verde y Azul, 2020)

Un proyecto europeo denominado LIFE ClayGlass ha comprobado la viabilidad de usar vidrio reciclado para la producción de ladrillos de arcilla; el proyecto permitirá un ahorro de 7.5% sobre el costo total de producción de ladrillos. El proceso permitirá la adición de vidrios reciclados de pantalla y cono de tubos de rayos catódicos más el vidrio doméstico. Así mismo, se pudo ver que se ahorra aproximadamente 7,5% del coste total del proceso de la fabricación de ladrillos (Elige Vidrio, 2017).

A partir del mismo proyecto mencionado en el párrafo anterior (LIFE ClayGlass), Goncalvez (2015) afirma que las emisiones CO₂ de efecto invernadero también reducirían con la producción de ladrillos artesanales introduciendo vidrio reciclado. Dado esto, la producción de este tipo de ladrillo artesanal haría que la explotación de una materia prima virgen como la arcilla disminuya, y en vez de eso le dé salida a un tipo de vidrio reciclado, ya que una fábrica de tamaño medio podría utilizar 30 toneladas al día de este residuo.

En ese sentido, existe la iniciativa de promover el reciclaje de vidrio para ser aplicado en la construcción y que mejor en la fabricación de ladrillos, al ser un material de gran demanda en el sector, siendo el rubro de la autoconstrucción su principal consumidor. Las edificaciones a nivel nacional se han construido a base de ladrillo, ello requiere al conocimiento necesario para conocer las cualidades necesarias de cada ladrillo y tener edificaciones seguras y sismorresistentes, teniendo en cuenta que nos encontramos en un país sísmico (Revisata Perú Construye, 2019)

Según la revista Perú Construye (2021), al cierre de junio del año 2021 los niveles de ventas de ladrillo han incrementado un 7% respecto al mismo periodo de años anteriores, un indicador de que la demanda de ladrillo proyecta mantenerse a buen ritmo. En ese sentido, el ladrillo artesanal es uno de los materiales con mayor demanda desde que empezó el boom de

la construcción, pero vista desde la perspectiva de que esta cuida ayuda al cuidado del medio ambiente en su producción y también es una opción ideal para casas donde se quiera tener una temperatura más alta de lo normal en climas fríos, tendría niveles más altos de acogida por los consumidores.

El sector construcción ha tenido gran impacto en el último decenio generando la demanda de diversos materiales en el ámbito empresarial, entre los que destaca el ladrillo. Tal es el caso que, a nivel nacional, existe gran demanda del ladrillo industrial, sin embargo, el ladrillo artesanal tiene mayor demanda, para la construcción de viviendas unifamiliares principalmente (Valdera, 2018)

Si bien es cierto existe una importante demanda de ladrillos en el sector, debe preocupar que sólo un 35% de ladrillos proviene de empresas formales y con certificación por la entidad competente, mientras que el 65% es de empresas informales, es decir, que no cuentan con un sistema de control ambiental y/o certificación, según la Asociación de Ladrillos Cerámicos del Perú (ALACEP), quienes fomentan el cuidado del medio ambiente en el sector (Revisata Perú Construye, 2019).

En el departamento de Cajamarca es muy frecuente la fabricación y el uso del ladrillo artesanal, la cual, puede resultar no ser tan recomendable, al estar propenso de daño estructural, al no tener un proceso de fabricación de calidad, ya que no se sabe si realmente cumplen con el RNE, lo que genera desconfianza para ser utilizados. (Bautista, 2017, como se citó en Ramos, 2021)

Sin embargo, en un estudio realizado por Molocho (2019), este afirma que la Ladrillera Sánchez; Ladrillera Infante y Ladrillera Rodríguez, cumplen con la norma respecto a resistencia a la compresión, siendo de la ladrillera Infante el ladrillo más óptimo para obras de edificación con ladrillo Tipo III, seguido por el Tipo II de las otras dos ladrilleras.

Entre las principales investigaciones a nivel internacional, se tiene como la de Ayala y Lagos (2021), en su investigación titulada "Elaboración de Ladrillos Incorporando como materia prima Vidrio Reciclado y Cenizas de Biosólido de PTAR", Colombia. La metodología utilizada en la investigación fue de tipo cuantitativa y el diseño experimental. En el estudio concluye que la incorporación de vidrio en la pasta cerámica tiene efectos como, reducción de contracción en el proceso de cocción y secado, disminuyendo el riesgo de aparición de grietas y defectos dimensionales en los ladrillos; aumento de la resistencia a la compresión, lo que haría que este tenga una calidad superior, y disminución de la plasticidad; lo que genera una reducción en la contracción durante el proceso de secado y minimiza los riesgos de generación de fisuras y deformaciones durante el mismo.

En Ecuador, Hidalgo y Poveda, (2013), en Proyecto denominado "Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado", se estudió la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste de adoquines de hormigón. El vidrio es empleado en reemplazo parcial de los agregados tradicionales del hormigón, y la mezcla se fabricó en base a dos granulometrías diferentes de vidrio. El método de prueba fue la Portland Cement Association (PCA) y la norma INEN 1488. Se realizó los ensayos de resistencia al desgaste en base a la Norma EN 1338 para posteriormente hacer el análisis de costo que permitió comparar el valor del adoquín con vidrio frente al adoquín tradicional. Luego de ello, la conclusión final fue que la incorporación de vidrio como agregado en adoquines incide de manera positiva sobre la resistencia al desgaste.

En México, Gonzáles y Ponce (2012), en su artículo "Uso del vidrio de desecho en la fabricación de ladrillos de arcilla", fabricaron y analizaron ladrillos para construcción usando vidrio reciclado en su composición, variando su porcentaje de 0 a 15 % en peso. El análisis se hizo mediante las técnicas de difracción de rayos X y microscopía óptica, también se calculó el porcentaje de contracción lineal y se midieron las propiedades de resistencia mecánica y

absorción de agua. La investigación concluye que la porosidad aumentó al añadir hasta 10 % vidrio a una mezcla tradicional, sin embargo, con la introducción de 15 % de vidrio, esa porosidad disminuyó; lo anterior influyó en las propiedades mecánicas y la absorción de agua. En tal sentido estos ladrillos podrían ser usados como materiales de construcción, ya que estos presentaron resistencia promedio de 9.73 MPa.

Montes (2017), tuvo como objetivo evaluar del comportamiento de gabros del yacimiento Cayo Guam en Cuba y vidrio reciclado en la elaboración de Ladrillo. La metodología utilizada fue el enfoque cuantitativo, diseño experimental y método inductivo-deductivo. La investigación concluye que mediante el uso de estos materiales se obtienen bloques más ligeros, aumento de la resistencia a la compresión (46,52 MPa), con una adición del 50% de vidrio para obtener los resultados más óptimos.

Del mismo modo, a nivel nacional se tiene investigaciones como la de Félix y Sánchez (2020), en su tesis tuvo como objetivo, determinar la influencia del uso de vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto para muros portantes. La metodología de la investigación es aplicada y de enfoque cuantitativo, su nivel es descriptivo y su diseño es experimental, longitudinal y prospectivo. La investigación concluye que el vidrio crudo molido reciclado tuvo un efecto positivo en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto, esto debido a que en los ensayos se pudo comprobar que la inclusión de vidrio en la fabricación de ladrillo incrementa la resistencia a la compresión simple, la resistencia a la compresión axial y la compresión diagonal en muretes.

En Áncash, Niño (2019), en su tesis tuvo como objetivo, analizar de forma comparativa las propiedades del ladrillo artesanal de concreto y el ladrillo adicionando vidrio reciclado en el Distrito de Nuevo Chimbote – Ancash. El estudio fue experimental y comparativa. El instrumento usado son los protocolos establecidos en las normas E.070 del

RNE, NTP 339.604 y 399.601. Y la conclusión a la que llegó la tesis fue que la adición de vidrio triturado en las cantidades del 3% mejora la característica principal de las unidades de albañilería, es decir, mejora la resistencia a la compresión. Mientras que la adición de 5% y 7% disminuye la resistencia a la compresión en relación al ladrillo patrón. En cuanto a las propiedades físicas ensayadas en el presente estudio, es decir variación dimensional, alabeo y absorción, éstas no muestran variación considerable en los resultados.

En Puno, Huachaca (2020), en su tesis tuvo como objetivo determinar las propiedades térmicas del ladrillo artesanal de arcilla adicionando vidrio reciclado, sin afectar significativamente las propiedades físicas y mecánicas del mismo y ayudar al medio ambiente reduciendo la contaminación ambiental ocasionada por los desechos del vidrio. La metodología tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y de nivel explicativa. Finalmente, concluyó que con el ensayo de conductividad térmica se logró conocer que la adición de vidrio en el ladrillo King Kong 18 huecos hizo que aumentará su conductividad térmica. Siendo que la conductividad térmica del ladrillo patrón fue de $0.525 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ y con el aumento del 30% de vidrio molido, éste aumentó a $0.564 \text{ Wm} \cdot ^\circ\text{K}$.

A nivel local se tienen investigaciones como la de Cabrera (2014), quien en su tesis tuvo como objetivo, comparar la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca. La investigación se realizó siguiendo una metodología del tipo experimental y enfoque cuantitativa. La investigación concluye que el vidrio al tener una granulometría similar al agregado grueso, constituye un buen sustituto de este, permitiendo tener una distribución continua y adecuada en la mezcla, así mismo, en los adoquines fabricados con un porcentaje de vidrio, se puede afirmar que aquéllos con un 25% y 50 % de vidrio de grano grueso presentan una mayor resistencia que aquellos sin vidrio.

Ruiz (2015) en su tesis tuvo como objetivo de determinar la influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial del ladrillo artesanal de Cajamarca. La

metodología utilizada fue un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, y como unidad de estudio se tuvo a ladrillos de arcilla con un porcentaje de vidrio triturado. Finalmente, luego de los análisis respectivos de laboratorio concluye que la adición de un 10% de vidrio mejora la resistencia respecto a los ladrillos sin adición de vidrio triturado.

Echevarría (2017), en su tesis tuvo como objetivo determinar las propiedades físico mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, Cajamarca, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinaron las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, alcance explicativo, y diseño experimental transversal. Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de 51.5 kg/cm² o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.

Es importante también mencionar la teoría correspondiente a la variable propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal. Para lo cual Puentes (2021) refiere que las propiedades físicas del ladrillo son expuestas como las características basadas esencialmente en la estructura del material, las cuales pueden cambiar sin alterar su composición. Por otra parte, en cuanto a las mecánicas del ladrillo, este señala que no son más que las propiedades las cuales describen el comportamiento de un material ante la intervención de fuerzas o acciones sobre él.

Las propiedades mecánicas de un material, en este caso un ladrillo, son aquellas que afectan a la resistencia mecánica y a la capacidad que tienen los materiales cuando se les aplica una fuerza. En otras palabras, las propiedades mecánicas son las propiedades que tiene un material en relación con su capacidad de transmitir y resistir deformaciones o fuerzas. En

tal sentido, este factor es uno de los más importantes en la producción de ladrillo, ya que de esto depende la calidad que tenga finalmente el producto para ser elegido y utilizado como material de alguna determinada construcción (Industrial Consulting, 2021).

Un ladrillo es una pieza cerámica la cual tiene características físicas como mecánicas. La producción de este material mediante el moldeo, secado y cocción a temperaturas altas de una pasta arcillosa, cuyas dimensiones normalmente son de 24 x 11,5 x 6 cm. Las propiedades físicas mecánicas son características las cuales suelen estar enfocadas en las dimensiones, succión, absorción, comprensión, comportamiento, etc. del material a fin de determinar su composición, diseño y calidad para ser utilizado para un fin determinado (Quimica.es, 2021).

Dentro de la variable propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal se encuentran las dimensiones, alabeo, succión, absorción, resistencia a la compresión y conductividad térmica.

Puentes (2021) aporta que las dimensiones de un ladrillo es cada una de las tres direcciones en que se mide su extensión, llamándolos alto, ancho y largo. Las medias de estas extensiones deben cumplir con ciertas medidas reglamentarias las cuales pueden ser elegidas por el fabricante para sus productos.

Por otro lado, Cornejo (2019) también habla acerca del alabeo, por lo que este señala que el alabeo está relacionado con el espesor del mortero que se aplica en la construcción, si la unidad es cóncava o convexa en la cara del asiento, creará una desigualdad de espesor del material adherente y seguido a esto un aumento de material utilizado.

Loayza (2022) menciona que la succión de los ladrillos debería estar abarcada entre los 10 y 20 gr/200 cm² –min. Cuando está por encima de este valor es indispensable regar a los ladrillos de arcilla durante 30 min, un día antes del asentado. Esta operación no puede hacerse con los ladrillos de concreto porque se expandiría para posterior a esto contraerse al

secar, lo cual podría causar fisuras en los muros, aparte que estos ladrillos presentan una succión dentro de los límites de la Norma E.70

Puentes (2021) afirma por otro lado, que la absorción es considerada como el aumento de masa de una unidad de mampostería de arcilla debido a la penetración de agua en los poros del material, excluyendo así el agua adherida a la superficie de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Compresión es el esfuerzo máximo al cual se somete un espécimen de ladrillo de arcilla antes de llegar a la falla, dicha carga se aplica de manera perpendicular y de manera gradual, siguiendo las especificaciones descritas en la Normas de cada territorio donde se fabriquen los mismos. En ladrillos de perforación vertical, la resistencia neta a la compresión se calcula dividiendo la carga de rotura o de falla por el área neta de la sección perpendicular a la carga (descontándose las áreas de celdas y perforaciones). En los ladrillos macizos, la resistencia neta y la resistencia bruta son iguales, debido a que se calcula dividiendo por el área de apoyo de los ladrillos (Puentes, 2021).

Villaquirán et al. (2021) refieren que la conductividad térmica es la propiedad física de los materiales como el ladrillo, la cual mide la capacidad de conducción de calor. Cuanto mayor sea la conductividad térmica de un material, mejor será el conductor del calor, por ande mientras menor sea la conductividad térmica, el material será más aislante. Por ejemplo, la conductividad térmica de los ladrillos normales puede estar entre los 0,39 y 0,67 W/m °C.

Es importante también mencionar la teoría correspondiente a la variable vidrio reciclado. Recytrans (2013) señala que el vidrio es un material duro, quebradizo, transparente y amorfo. Puede encontrarse en la naturaleza o producirse por el hombre. Este es un material inorgánico formado por arena silíceo, carbonato de sodio y piedra caliza a una temperatura de unos 1500 °C. El reciclaje de vidrio es el proceso en el que se da la recuperación de desechos de vidrio. Hay dos métodos mediante la cual se puede llevar a cabo este reciclaje, el primero

es mediante el proceso de limpieza y posterior reutilización de envases, y el segundo, mediante el proceso de lavado, trituración y fusión de materiales para crear nuevos productos.

Roldan (2019) aporta que el reciclaje de vidrio es una preocupación por el medio ambiente y una herramienta clave en la lucha contra el cambio climático y la sobreexplotación de los recursos naturales. Además, al reciclar envases de vidrio, evitamos la expansión de vertederos. El reciclaje juega un papel importante como herramienta principal para maximizar el uso del vidrio, ya que estos residuos pueden ser utilizados para realizar otro tipo de productos.

Ecovidrio (2022) aporta también la cadena de reciclaje de botellas de vidrio, la cual está compuesta por etapas. Primero, los ciudadanos o empresas las cuales estén comprometidos con este proceso, se encargan de botar las botellas de vidrio en el contenedor adecuado, de tal forma que estos estén de manera selectiva sin más otro tipo de materiales o cosas recicladas. Luego de esto los envases reciclados lleguen a las plantas de tratamiento, donde se elimine impurezas y residuos de metal o plásticos que se encuentren adheridos a la botella de vidrio. Finalmente se traslada estos envases de vidrios a la fábrica de envases, para estos puedan ser triturados y convertidos en envases nuevos para que otras empresas lo adquieran y lo puedan llenar de un producto nuevo. Este proceso puede llevarse a cabo infinitas veces.

Dentro de la variable vidrio reciclado se encuentra la variable granulometría.

Corral (2022) señala que la granulometría es el estudio de la distribución estadística de los tamaños de una colección de elementos de un material sólido fraccionado o de un líquido multifásico. El análisis de granulometría es un conjunto de actividades destinadas a determinar la composición granular de los elementos de una muestra.

La Norma E.070 de Albañilería define al ladrillo como una unidad que por sus características permite su manipulación con una sola mano, caso contrario sucede con los bloques que si es necesario el uso de dos manos para su manipuleo.

Las unidades de albañilería destinadas a soportar cargas deberán cumplir ciertos criterios de fabricación y resistencia, así lo establece la Norma E.070 y cuyos valores se muestran en la tabla 1 siguiente:

Tabla 1

Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Fuente: Norma Técnica E.070 Albañilería.

Nota: (1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

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

Se han aplicado algunas restricciones respecto al uso de las unidades albañilería, en base a criterio de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente, siendo que las unidades de ladrillo artesanal, solamente se deberán usar solo en edificaciones específicas, tal como se muestra en la Tabla 2

Tabla 2

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales

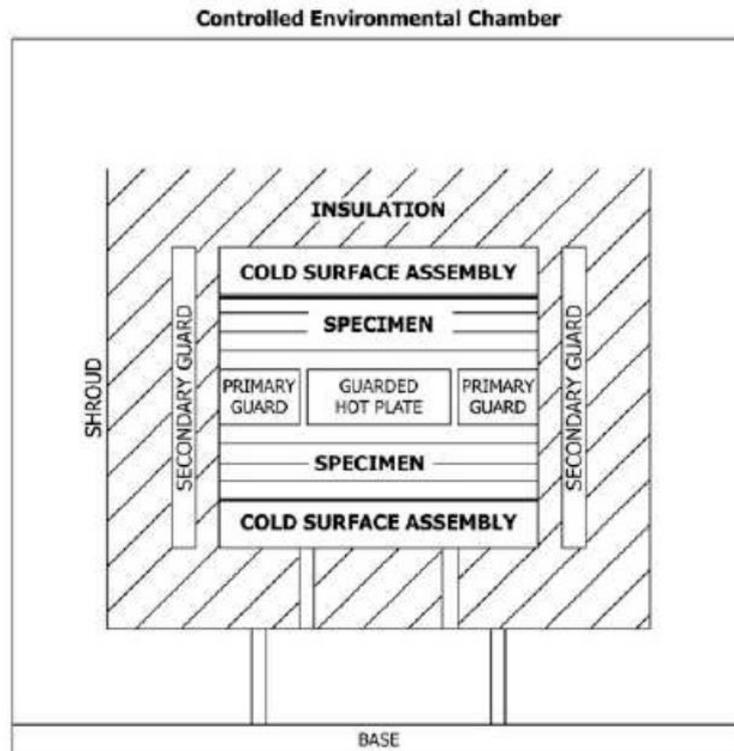
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

La conductividad térmica es una característica térmica de los materiales sólidos que se usa para el diseño, predicción o propuesta de dispositivos y metodologías para un mejor uso de la energía consumida (Antoni y Mills, 1999).

La norma ASTM C177 establece el método de prueba y criterios para hacer mediciones de flujo de calor en estado estable a través de un espécimen homogéneo con sus caras en contacto con una placa que se mantiene a temperatura constante mediante el uso del aparato de placa caliente protegida.

Figura 1

Componentes del aparato de placa caliente protegida.



1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia en las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal fabricado con la adición del 5%, 10% y del 15% de vidrio reciclado, Cajamarca, 2022?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué influencia tendrá la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado en sus propiedades físicas como son dimensiones, alabeo, succión y absorción, Cajamarca, 2022?

¿Qué influencia tendrá la fabricación de ladrillo con adición de vidrio reciclado en sus propiedades mecánicas como son resistencia a la compresión y conductividad térmica, Cajamarca, 2022?

1.3. Justificación

De esta manera esta investigación se realiza con el objetivo de promover el uso del vidrio reciclado como material para la fabricación de ladrillo artesanal, con la finalidad de

crear una cultura de reciclaje de vidrio y otros materiales, así como, mejorar las propiedades del ladrillo artesanal, ya que se han realizado estudios anteriormente donde confirman, un buen comportamiento de dicho material. Al mismo tiempo se estaría dando una opción que sume para un mayor confort térmico y que sirva para dar acondicionamiento a las viviendas sobre todo de la sierra, que es donde más se siente las bajas temperaturas durante gran parte del año.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar si las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal mejorarán proporcionalmente con la adición del 5%, 10% y del 15% de vidrio reciclado en su fabricación, Cajamarca, 2022.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia de la adición de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado, en sus propiedades físicas: dimensiones, alabeo, succión y absorción, Cajamarca, 2022.

Determinar la influencia de la adición de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado, en sus propiedades mecánicas: resistencia a la compresión y conductividad térmica, Cajamarca, 2022.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal mejorarán proporcionalmente sus propiedades físico mecánicas, Cajamarca, 2022.

1.5.2. Hipótesis específicas

La influencia de la fabricación de ladrillo con adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en las propiedades físicas de ladrillo artesanal como son variación dimensional, alabeo, succión y absorción, es positiva, Cajamarca, 2022.

La influencia de la fabricación de ladrillo con adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en las propiedades mecánicas, como son resistencia a la compresión y conductividad térmica, es positiva, Cajamarca, 2022.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Tipo de Investigación

Tipo

La presente investigación es del tipo cuasi experimental, motivo por el que el objetivo plantea evaluar una hipótesis causal manipulando por lo menos una variable independiente, donde por causas logísticas o éticas no se puede asignar las unidades de investigación aleatoriamente a los grupos de investigación. (Ñaupas et al., 2013)

Enfoque

La investigación es cuantitativa puesto que utiliza herramientas de análisis matemático y estadístico para describir, explicar o inferir fenómenos utilizando datos numéricos. (Hernandez, 2014)

Según su objetivo es aplicada al buscar ampliar los conocimientos científicos recién adquiridos para que puedan ser utilizados y comparados con la práctica y, por lo tanto, se apliquen en consecuencia. (Hernandez, 2014)

Es transversal porque recolecta datos con el objetivo de describir y analizar simultáneamente las variables de estudio y su comportamiento. (Hernandez, 2014)

Diseño de investigación

Un diseño de investigación es puramente experimental y se define como una prueba que realiza cambios en las variables de entrada de un proceso o sistema para observar o identificar las razones de los cambios observables en la respuesta de salida (Hernandez, 2014).

RG1 X 01

RG2 — 02

R: Asignación al azar o aleatoria. Cuando aparece los sujetos han sido asignados.

G: Grupo de sujetos o casos.

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental (Variable independiente).

0: Una medición de los sujetos de un grupo (Prueba, cuestionario, observación, etc.)

—: Ausencia de estímulo (Nivel "cero" de la variable independiente).

Variable de Estudio

Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo artesanal común y con adición de vidrio reciclado.

Materiales, instrumentos y métodos

Población

Está constituida por los ladrillos artesanales fabricados en la ladrillera el Cerrillo, de la localidad de Santa Bárbara, en la ciudad de Cajamarca, durante los meses de junio - agosto del año 2022, que es el periodo durante el cual se fabricaron los ladrillos, que son materia de investigación en la presente tesis. Teniendo en cuenta que, se trata de un conjunto de todos los elementos que se estudian y de los cuales se pretende sacar las conclusiones (Levin & Rubin, 2004).

Muestra

Según Levin y Rubin (2004):

“Es una colección de algunos elementos de la población, es decir, no se considera toda la población. Por lo tanto, debe contener las características relevantes de la población en las mismas proporciones en las que están incluidas en tal población” (p. 10)

Con la finalidad de seguir un criterio estadístico, se tendrá en cuenta las variables a evaluar, se ha realizado una distribución de las muestras a evaluar, es decir, por cada tipo de ensayo a realizar se ha asignado una cantidad fija unidades de albañilería a ensayar, tal como se muestra en la Tabla 3, que se muestra a continuación:

Tabla 3

Distribución de ensayos de las muestras a ensayar.

Ladrillo	Conductividad térmica	Resistencia a la compresión	Ensayo de succión	Absorción en 24 horas	Total
Ladrillo patrón	4	6	5	5	20
Ladrillo con 5% de vidrio reciclado	4	6	5	5	20
Ladrillo con 10% de vidrio reciclado	4	6	5	5	20
Ladrillo con 15% de vidrio reciclado	4	6	5	5	20
	Total				80

Siendo así, la muestra sería de 80 unidades de ladrillo artesanal, en la que estará incluido la fabricación del ladrillo patrón con el que se hará la comparación de comportamiento.

Métodos

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Para la recolección de datos, durante el proceso de planificación, realización de los diferentes ensayos se ha realizado mediante las siguientes técnicas:

Técnica de la Observación. Se trata de agenciarse de la información necesaria mediante la observación, así como la recopilación de los resultados obtenidos de los ensayos efectuados con la finalidad de conocer las propiedades físico mecánicas. Así mismo, otros datos como estudios previos realizado en el tema, a fin de que nos ayuden a tomar decisiones para la realización de los ensayos.

Técnica Documental. Mediante el uso de fichas de recolección de datos de materiales donde se registrarán las características de los materiales a utilizar en los ensayos, como pueden ser color, granulometría, humedad y peso.

Técnica Experimental. Mediante los ensayos de laboratorio se busca conocer las características de la materia prima, así como, las propiedades físico mecánicas de los ladrillos fabricados con la adición de vidrio reciclado.

Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos. Para dar fiabilidad a la recolección y análisis de datos se ha realizado teniendo en cuenta los protocolos estandarizados de la Norma E.070 Albañilería y las Normas Técnicas Peruanas 399.605 y 399.613, así mismo, la Universidad Privada del Norte, tiene una base de Protocolos en los laboratorios de suelos y concreto para los diferentes ensayos, los cuales, se han tomado en cuenta en la presente Tesis. Otra información complementaria también ha sido recolectada mediante instrumentos que tal como se muestra en la Tabla 4, siguiente:

Tabla 4

Instrumentos de recolección y análisis de datos.

Etapa	Técnica	Instrumento
Recolección de datos	Observación	- Ficha de procedimiento de elaboración del ladrillo. - Ficha de observación de materia prima
	Recolección documental	- Estudios previos - Libros - Revistas - Tesis
Análisis de datos	Ensayo de experimental	- Protocolos para ensayos de suelos - Protocolos para ensayos de ladrillos - Hojas de cálculo - Norma ASTM - Norma Técnica Peruana E.070

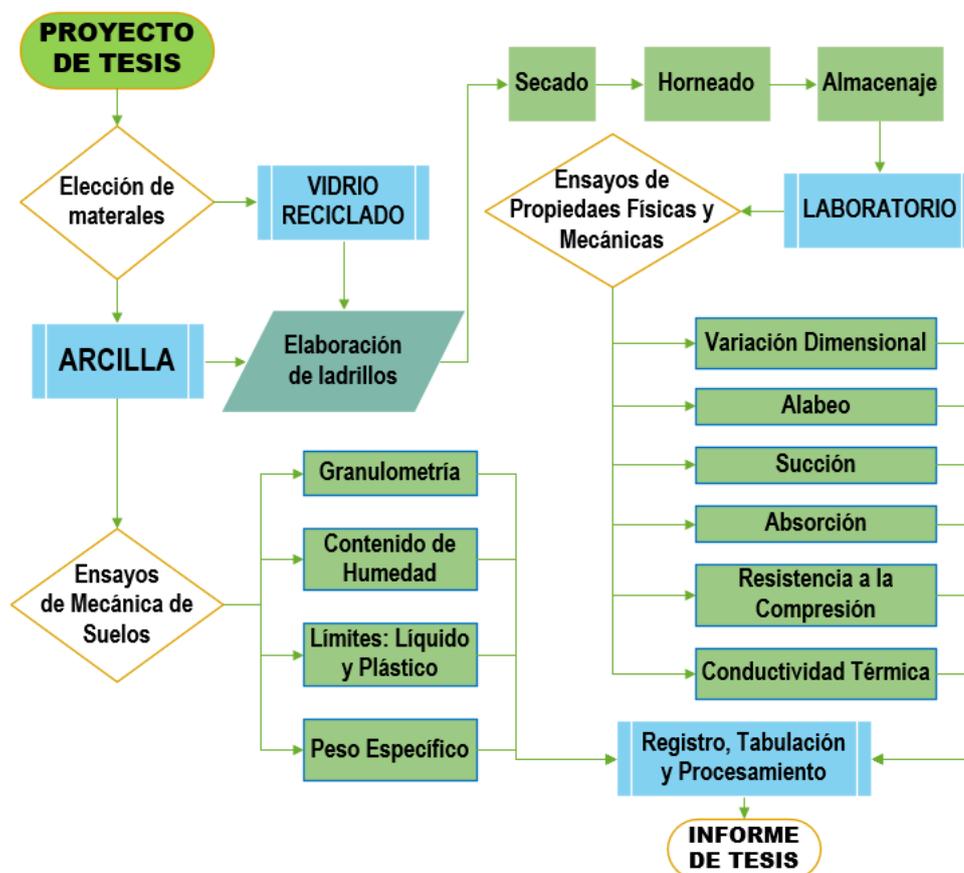
Procedimiento

Para la presente Tesis, se ha tenido en cuenta en primer lugar el Proyecto de Tesis aprobado y a partir de ello, se ha procedido con la recolección de vidrio, muestreo y extracción de material de arcilla para la fabricación del ladrillo artesanal.

Una vez se logró extraer, se han realizados ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, a fin de determinar, la granulometría, contenido de humedad, límite líquido y límite plástico y el peso específico. En este apartado se describirán los materiales, instrumentos y métodos utilizados para el desarrollo de los diferentes ensayos de laboratorio, análisis y discusión de los resultados, para ello en la Figura 2 se muestra el flujo de actividades que se han realizado para la recolección de datos:

Figura 2

Flujograma de recolección de datos.



Materiales

Comprende la selección y preparación de los materiales e instrumentos y/o equipos necesarios para la fabricación del ladrillo artesanal, con la adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado y desde luego triturado, los cuales serían los siguientes:

- ◆ Arcilla.
- ◆ Vidrio reciclado triturado.
- ◆ Máquina trituradora.
- ◆ Molde para fabricación del ladrillo.
- ◆ Yeso.
- ◆ Placa de aluminio (fría y caliente).

Instrumentos

Comprende los equipos a utilizar durante la etapa de realización de los diferentes ensayos, tanto para la materia prima como para los ladrillos artesanales con adición de vidrio reciclado, que implicará la realización de los siguientes ensayos:

- ◆ Análisis de granulometría mediante tamizado por lavado (ASTM D421).
- ◆ Contenido de humedad (ASTM D2216 / NTP 339.127 – MTC E 108).
- ◆ Límites de plasticidad (ASTM D4318 / NTP E339.130 / MTC E111).
- ◆ Peso específico relativo de sólidos (ASTM D854 / NTP 339-131 / MTC E113).
- ◆ Variación dimensional de la unidad de albañilería (NTP 399.613 / NTP 339.604).
- ◆ Alabeo de la unidad de albañilería (NTP 399.613).
- ◆ Succión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 / NTP 339.604).
- ◆ Absorción de la unidad de albañilería (NTP 399.613 / NTP 339.604).
- ◆ Resistencia a la compresión de la unidad de albañilería (NTP 399.613 / NTP 339.604).

- ◆ Conductividad térmica de la unidad de albañilería (ASTM C177-13)

Proceso

Obtención de la arcilla

La materia prima se obtuvo de cantera “El Cerrillo”, ubicada en el sector de Santa Barbara, parte baja; el material a utilizar se recogió in situ de la cantera, mediante la técnica de muestreo por cuarteo; al ser una cantera en proceso de extracción, el material se encuentra libre de impurezas o materia orgánica.

Teniendo en cuenta que, la muestra de la presente investigación es de 80 unidades de albañilería, se ha creído conveniente que la cantidad necesaria de arcilla para la fabricación de esta cantidad de ladrillos, sea un total de 100 kg de arcilla, que deberá incluir el porcentaje de desperdicio durante el proceso de fabricación.

El material normalmente se extrae en terrones grandes, por lo que, mediante la ayuda de un mazo se reduce a un tamaño menor, para facilitar el humedecimiento, para la preparación del barro, para la fabricación de los ladrillos.

Figura 3

Extracción de arcilla en la cantera.



El material extraído presenta color uniforme, con tamaño aproximado de 1”, aunque cuando se hace uso de maquinaria para su extracción, el diámetro de las partículas aumenta, por lo que, se tiene que triturar para reducir su tamaño.

En este caso, se ha tratado de recolectar material con granulometría uniforme, excluyendo material de granulometría muy grande, esto para facilitar el trabajo y el proceso de humedecimiento que se debe realizar, para la preparación de la mezcla. El peso promedio de arcilla es de 14.857 kg por cada lata de material.

Una vez obtenida la cantidad necesaria de material, se deposita en un lugar apropiado y destinado para humedecer la mezcla y proceder al batido y posterior fabricación de los ladrillos.

Obtención del vidrio reciclado

La obtención del vidrio se realizó del reciclaje de la Vidriería y Aluminios "Arcángel" ubicada en el Jr. Angamos 353, de la ciudad de Cajamarca

Una vez recolectado el vidrio, se procedió a triturar con la ayuda de un martillo y el uso del equipo de protección adecuado, procurando que las partículas de vidrio tengan un tamaño uniforme. Se recolectó un total de 50 kg de vidrio triturado.

Por las características del material, se ha procedido a seleccionar el material con la ayuda del tamiz 3/8", para asegurarnos que el material tenga uniformidad.

Figura 4

Separación de los porcentajes de vidrio triturado.



Análisis granulométrico por lavado (ASTM D421)

Corresponde a la selección de una muestra que será lavada y luego tamizada en una serie de tamices graduados de mayor a menor diámetro de abertura, con la finalidad de determinar el tipo de suelo y si presenta las características como material para la fabricación de ladrillo.

Equipo

- ◆ Balanza con aproximación de 0.1 gr
- ◆ Juego de tamices.
- ◆ Horno con control de temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- ◆ Secar la muestra a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 24 horas.
- ◆ Pesar la muestra y colocar en un recipiente y cubrir con agua.
- ◆ Tamizar la muestra por la malla N° 200 con ayuda de chorro de agua.
- ◆ Secar nuevamente la muestra a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante un periodo de 24 horas.
- ◆ Pasar la muestra por el juego adecuado de tamices durante un tiempo de 15 minutos.
- ◆ Se determina los pesos retenidos en cada tamiz y posteriormente los porcentajes retenidos acumulados. La masa total acumulada no debe variar en más del 0.30% del peso seco inicial, si eso sucede, se debe repetir el ensayo.
- ◆ El módulo de finura será determinado mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1: *Módulo de finura de la arcilla.*

$$MF = \frac{\sum(\% \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$

Donde:

MF = Módulo de finura

Figura 5

Tamizado de muestra de arcilla.



La muestra ensayada corresponde a 3,000.03 gr de arcilla, extraída de la cantera mediante el método de cuarteo. La muestra se colocó en el horno por 24 horas, luego pesamos la muestra y colocamos la muestra en un recipiente y la cubrimos con agua. El peso de la muestra seca fue de 2,413.28 gr y el peso de la muestra lavada seca de 1458.91 gr.

Luego se tamizó la muestra por la malla N° 200, con ayuda de chorro de agua, la muestra retenida se dejó secar en un recipiente. La muestra seca se tamizó en el juego de tamices ordenados previamente, durante un tiempo de 15 minutos.

Se determina los porcentajes retenidos en cada tamiz y luego los porcentajes retenidos acumulados. Luego se determinó los porcentajes acumulados que pasan y finalmente se calcula la curva granulométrica con los datos obtenidos, en escala logarítmica. Los pesos se registraron en el protocolo de Granulometría facilitado por el encargado de laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

Contenido de humedad (ASTM D2216 / NTP 339.127)

Para obtener el contenido de humedad, se procedió a recoger muestras en su estado natural de la cantera. En total se recogió tres muestras, que se almacenaron en bolsas herméticas y se codificó, para poder identificarlo en el laboratorio

Equipo

- ◆ Balanza con aproximación de 0.1 gr
- ◆ Taras
- ◆ Horno con control de temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- ◆ Registrar el peso de las muestras.
- ◆ Registrar el peso de las taras.
- ◆ Secar las muestras en el horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un periodo de 24 horas continuas.
- ◆ Retirar las muestras del horno y registrar su peso.
- ◆ Con los pesos obtenidos se calcula el contenido de humedad, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2: *Contenido de humedad (%)*

$$\%H = \frac{W_a}{W_s} * 100$$

Donde:

$\%H$ = Contenido de humedad en porcentaje.

W_a = Peso del agua.

W_s = Peso del suelo seco.

Figura 6

Colocación de muestras en el horno de secado.



Figura 7

Registro del peso de las muestras de arcilla.



En el laboratorio, se registró el peso de tres taras, en ellas se depositó las muestras recogidas en campo y también se codificó para poder identificarlo. Una vez registrado y codificado cada una de las muestras, se colocó en el horno a una temperatura de 110 °C y se dejó por un periodo de 24 horas continuas.

Tras pasar las 24 horas, se procedió a retirar las muestras del horno, seguidamente se registró su peso y con ello se determinó el contenido de humedad. El registro de los datos, se ha procesado mediante el uso de hojas de cálculo, para tener menos probabilidades de error en los cálculos.

Peso específico (ASTM D854 / NTP 339.131)

El ensayo se realizó en el laboratorio de la UPN, siguiendo el protocolo de peso específico relativo de sólidos, para lo cual, se ha tomado en cuenta, los protocolos de la universidad, a fin de hacer la toma de datos de una manera correcta.

Equipo

- ◆ Balanza con aproximación de 0.1 gr
- ◆ Fiola
- ◆ Probeta graduada

Procedimiento

- ◆ Se procedió a codificar la muestra de suelo a ensayar, para luego pesarlo en la balanza y registrar el peso en los protocolos.
- ◆ De igual manera, se agregó 500 ml de agua a la fiola y se procedió a registrar su peso.
- ◆ Una vez obtenido el peso de la fiola, más agua y más la muestra seca, se procedió a obtener los cálculos para determinar el peso específico del material usado para la elaboración del ladrillo artesanal.
- ◆ Para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 3: Peso específico

$$\text{Peso específico} = \frac{500}{(v - va)} \times 100$$

Donde:

v = Contenido de humedad en porcentaje.

va = Peso del agua.

Límite líquido (ASTM D4318 / NTP E339.130)

Mediante este ensayo se busca determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo, cuando se encuentra en su límite líquido, es decir, que si se aumenta el contenido de humedad podría transformarse en líquido o si se disminuye podría transformarse en plástico. Para este ensayo es necesario contar con unos 500 g de suelo.

Equipo

- ◆ Balanza con aproximación de 0.1 gr
- ◆ Tamiz N° 40.
- ◆ Copa Casagrande.
- ◆ Taras
- ◆ Horno con control de temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- ◆ Tamizar unos 500 gr de material de arcilla por el tamiz N° 40.
- ◆ Agregar agua y formar una pasta homogénea.
- ◆ Depositar en la Copa Casagrande, y nivelar con la espátula hasta lograr una capa de unos 2 cm aproximadamente.
- ◆ Con el acanalador, formar una división de la muestra transversalmente.
- ◆ Girar la manivela del instrumento para aplicar los golpes a razón de 2 golpes por segundo.
- ◆ Cuando la muestra se haya unido en 1.27 cm aproximadamente se deberá cortar de manera transversal.
- ◆ La muestra recortada, se deberá colocar en una tara y registrar su peso.
- ◆ Secar la muestra en el horno a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

Figura 8

Realización del ensayo de límite líquido.



Para realizar este ensayo, fue necesario pasar por el tamiz N° 40 una muestra de material de arcilla obtenido de la cantera. Seguidamente se agregó agua y se mezcló hasta formar una pasta homogénea. De igual forma se preparó el instrumento de Copa Casagrande, donde se depositó la mezcla y con la ayuda de la espátula se acomodó, de manera que se logre tener una capa de 2 cm aproximadamente en instrumento destinado para tal fin.

Con la ayuda del acanalador, se realizó una división de la muestra transversalmente, para posteriormente, proceder a girar y aplicar los golpes, a razón de 2 golpes por segundo aproximadamente.

Tras aplicar los golpes y verificar que las muestras separadas se unieran en una longitud de 1.27 cm aproximadamente, se procedió a registrar el número de golpes aplicados. En caso de que, la cantidad de golpes fuera muy alta, se procederá a agregar más agua y si en caso el número de golpes fuera muy bajo se procederá a agregar más material seco.

Límite plástico (ASTM D4318 / NTP E339.130)

Para este ensayo se utilizó material del ensayo de límite líquido, el cual se depositó en una placa de vidrio micro poroso y con la ayuda de la mano se moldeó a fin de tratar de

obtener un filamento tubular de unos 3 mm aproximadamente, antes de que se llegue a formar grietas.

Equipo

- ◆ Taras.
- ◆ Vidrio micro poroso.
- ◆ Horno con control de temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

- ◆ Recoger material usado en el ensayo de limite líquido.
- ◆ Depositar en el vidrio micro poroso y moldear con la mano hasta formar un filamento tubular de unos 3 mm, antes de que se lleguen a formar grietas.
- ◆ Depositar las muestras en las taras y secarlo en el horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- ◆ El método para hallar el contenido de humedad es la misma de la Ecuación 2.

Figura 9

Preparación del filamento del ensayo del límite plástico.



Una vez realizado el filamento, se depositó en una tara codificada para luego registrar su peso y posteriormente ponerlo en el horno durante 24 horas a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ y registrar el peso de la muestra seca para determinar su contenido de humedad.

Procedimiento de la elaboración del ladrillo artesanal

Una vez realizado los ensayos de suelos, se procedió a la elaboración del ladrillo artesanal, en las instalaciones de la cantera; durante el desarrollo de las actividades de elaboración del ladrillo artesanal, se ha seguido en todo momento con los procedimientos establecidos por los propietarios, ya que es una ladrillera privada. Una vez pesado las cantidades de material a utilizar por cada grupo de ladrillos, se procedió a humedecer la arcilla por un periodo de 24 horas.

Teniendo en cuenta que la cantidad o porcentaje de vidrio triturado, se añade antes de humedecer la arcilla para una mayor facilidad de mezclado.

Figura 10

Proceso de humedecimiento de la arcilla.



Una vez humedecida la arcilla durante 10 a 12 horas, se procedió a batir la mezcla, para ello, se hizo uso de la mezcladora, permitiendo obtener una mezcla más uniforme y homogénea.

Figura 11

Batido de arcilla mediante la ayuda de batidora eléctrica.



El material batido se traslada al área de fabricación, para proceder con la elaboración del ladrillo artesanal, donde previamente se ha dispuesto de un banco para la disposición del molde y poder agregar el material preparado.

Figura 12

Preparación del ladrillo artesanal en el molde metálico.



Una vez preparada la arcilla, se deposita en el molde de ladrillo humedeciendo con agua para evitar que la mezcla se quede pegada al momento de depositarlo en el área de secado.

A la mezcla que se deposita en el molde, se le debe realizar un proceso de compactación, mediante compresiones con el puño de la mano para que la mezcla se moldee correctamente en toda la cavidad del molde.

Figura 13

Molde metálico para la fabricación del ladrillo artesanal.



Los ladrillos se depositan en una cancha habilitada bajo sombra, para permanecer allí, por un periodo de 8 días aproximadamente, que es el tiempo promedio que demora en secar el ladrillo, sin exponerlo a la luz solar.

Figura 14

Disposición del ladrillo en área de secado.



Luego de ello se agrupa y se tiene listo los ladrillos para llevar a cabo el proceso de quemado del ladrillo. En esta etapa también se realizó una inscripción en bajo relieve de la

identificación de cada porcentaje de vidrio reciclado, para poder identificarlo posterior al quemado del ladrillo.

Figura 15

Ladrillo seco y listo para ser quemado.



Seguidamente se habilita el espacio y se apila el ladrillo agregando carbón en cada fila de ladrillo, esto va a permitir un quemado uniforme de todo el bloque de ladrillos.

Figura 16

Proceso de quemado del ladrillo artesanal.



Es importante indicar que, para el quemado de ladrillo, normalmente se ha predispuesto de hornos de una capacidad de 18 a 20 mil unidades de ladrillos, por lo que se ha preparado un espacio solamente para el quemado de 100 ladrillos tal como se puede observar

en la Figura 16, esto ha permitido también tener mayor facilidad en la separación de las unidades de albañilería, por cada porcentaje de adición de vidrio.

En esta etapa debe permanecer el ladrillo en proceso de quemado durante 8 días consecutivos, luego de transcurrido ese tiempo, el horno debe enfriarse de igual forma un tiempo promedio de 8 días. Luego de ese periodo ya está listo el ladrillo para ser retirado y ser usado.

Procedimiento de los ensayos de las características físico mecánicas

Una vez concluido todo el proceso de elaboración del ladrillo artesanal, se procedió a transportarlo hasta el laboratorio de la UPN, con la finalidad de realizar la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas, tanto para el ladrillo patrón como para el ladrillo fabricado con la adición de vidrio reciclado.

Variación dimensional (NTP 339.613 / NTP 331-0118)

Se realizó teniendo en cuenta la norma E 0.70 Albañilería, así como la NTP 339.613 y NTP 331.018, para lo cual se ha seleccionado aleatoriamente 5 unidades de ladrillo patrón y 5 unidades de ladrillo por cada porcentaje de adición de vidrio reciclado.

Mediante este procedimiento se hizo la verificación de las dimensiones del ladrillo artesanal fabricado con la adición de vidrio reciclado, para poder determinar cuál ha sido su variación con respecto al molde con el que se fabricó la unidad de albañilería.

Equipo

- ◆ Regla graduada de acero inoxidable de 300 mm

Procedimiento

- ◆ Se realizó la medición del ladrillo artesanal, tanto su largo, ancho y altura. La medición se realizó por ambos lados o caras, siendo registradas sus dimensiones en los protocolos de variación dimensional de laboratorio, con aproximación a 1 mm

- ◆ Previamente se separó las muestras a ser evaluadas, ladrillo patrón, ladrillo con adición del 5% de vidrio, con 10% de vidrio y con 15% de vidrio, para luego verificar sus dimensiones.
- ◆ Con la ayuda de una regla graduada se realizó la medición de sus lados del ladrillo artesanal, es decir, se registró la medida de su largo, ancho y altura.
- ◆ Los datos obtenidos se han ido registrando en los protocolos para el ensayo de variación dimensional, para luego proceder con el procedimiento de tabulación de datos y gráficos.

Ecuación 4: *Variación de dimensiones.*

$$V = \frac{D_E - M_P}{D} * 100$$

Donde:

- V = Variación dimensional.
- D_E = Dimensión encontrada.
- M_P = Promedio de dimensiones.
- D = Dimensión especificada.

Figura 17

Medición de los lados del ladrillo.



Alabeo (NTP 399.613 / NTP 331.018)

Se realizó la medición del ladrillo artesanal, teniendo en cuenta la NTP 399.613 y con la finalidad de determinar la concavidad o convexidad.

Equipo

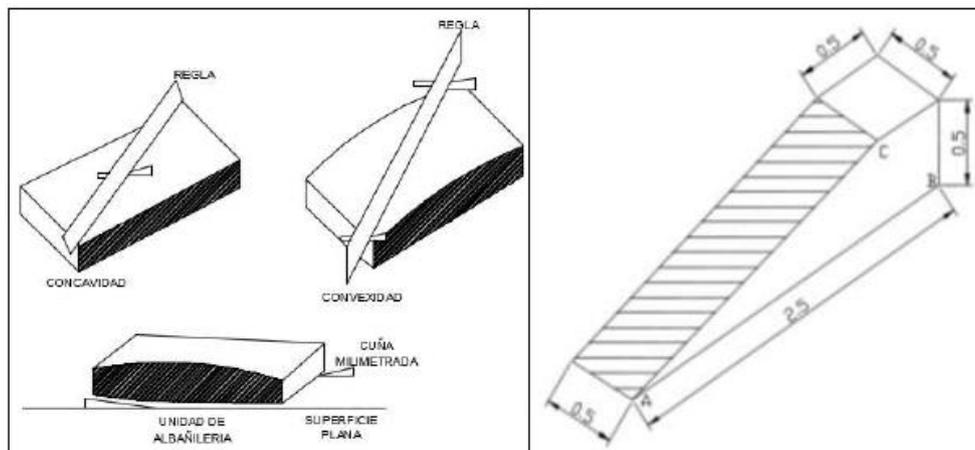
- ◆ Regla graduada de acero inoxidable de 300 mm

Procedimientos

- ◆ Se coloca la unidad en una mesa plana, dependiendo del tipo de alabeo, si es cóncavo se introduce una cuña metálica graduada en la zona que presente mayor flecha, si el tipo de alabeo es convexo, se acomoda una regla metálica hasta que las medidas de los extremos sean iguales, introduciéndose allí la cuña.
- ◆ La concavidad y convexidad se miden con una regla y una cuña graduada, expresándose en milímetros.
- ◆ En nuestro caso se ha realizado el ensayo de alabeo usando dos reglas metálicas graduadas.

Figura 18

Cuña para ensayo de alabeo.



Fuente: NTP 399.613

Se ha procedido a realizar la medición de la superficie de los ladrillos, con la ayuda de una regla metálica para colocarlo en el lado longitudinal o diagonal y otra regla metálica graduada con aproximación a 1 mm para medir la concavidad de la superficie del ladrillo.

Figura 19

Realización del ensayo de alabeo del ladrillo.



Normalmente se usa una cuña graduada, pero en este caso no se logró adquirir una herramienta con esas dimensiones, por lo que se ha procedido a usar una regla metálica graduada y la medición se ha realizado en la parte donde visualmente se observa mayor separación entre la regla y el ladrillo.

Succión (NTP 399.613 / NTP 331.018)

Igualmente se ha seleccionado aleatoriamente 5 unidades de ladrillo por cada grupo de porcentaje de adición de vidrio, además del ladrillo patrón, tal como lo recomienda la Norma 331.018 y la Normas 339.613

Equipos

- ◆ Regla graduada de acero inoxidable de 300 mm
- ◆ Balanza con aproximación a 0.1 g
- ◆ Horno con control de temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$
- ◆ Cronómetro

◆ **Procedimientos**

- ◆ Los ladrillos se colocan en el horno durante 24 horas continuas a una temperatura de secado de 110°C.
- ◆ Al cumplirse las 24 horas se retira y se pesa en una balanza de precisión.
- ◆ En un recipiente ubicado y nivelado de forma horizontal, se coloca agua de manera que se tenga una altura de 3 mm
- ◆ Se ubica el ladrillo sobre los soportes de 0.50 cm, durante un lapso de 1 minuto.
- ◆ Luego se retira el ladrillo, se seca y se pesa en una balanza de precisión de 0.1 g
- ◆ Se registra los pesos obtenidos.
- ◆ La succión del ladrillo artesanal se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 5: *Ensayo de succión.*

$$S = \frac{200W}{A}$$

Donde:

S = Succión del espécimen.

W = Diferencia de peso (peso saturado - peso seco).

A = Área en contacto con el agua.

Figura 20

Ladrillo sumergido para ensayo de succión.



Absorción (NTP 399.613 / NTP 331.018)

También se ha seguido lo estipulado en la NTP 399.613, para lo cual, se ha seleccionado aleatoriamente 5 unidades de ladrillo por cada grupo de ladrillo (por cada porcentaje y ladrillo patrón).

Equipo

- ◆ Balanza con aproximación a 0.1 g
- ◆ Horno con control de temperatura de 110 °C ±5
- ◆ Recipiente que pueda contener las muestras totalmente sumergidas.

Procedimiento

- ◆ Se pesó las unidades de albañilería antes de ser sumergidas.
- ◆ Se sumergió en un pozo de agua durante 24 horas, considerando que la temperatura el agua se encontraba a temperatura ambiente.
- ◆ Las muestras sumergidas se secan en un horno a temperatura entre 110°C y 115°C.
- ◆ Se registra los pesos del ladrillo y se procede al cálculo de la absorción de ladrillo artesanal, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 6: *Absorción del ladrillo.*

$$Abs = \frac{W_{SAT} - W_{SEC}}{W_{SEC}} * 100$$

Donde:

Abs = Absorción (contenido de agua absorbida).

W_{SAT} = Masa del espécimen saturado 24 horas en agua.

W_{SEC} = Masa del espécimen seco

Figura 21

Ladrillos sumergidos en agua por 24 horas.



La Figura 21 muestra los ladrillos sumergidos tras de haber permanecido 24 horas sumergidos en agua, se retiran los ladrillos, se secan con un paño, el agua excedente y se procede a pesarlo en una balanza y registrar su peso en los protocolos.

Figura 22

Registro del peso del ladrillo sumergido en agua.



Los datos registrados en el ensayo de absorción se muestran, son considerados tanto el ladrillo seco (previamente se ha colocado en el horno) como el ladrillo sumergido en agua.

Ensayo de compresión (NTP 399.613 / NTP 331.018)

Se utilizaron 5 unidades de albañilería por cada porcentaje de adición de vidrio reciclado, teniendo en cuenta la Norma 339.613

Se realizó en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, siguiendo los protocolos de seguridad y bioseguridad establecido para el uso del laboratorio.

Equipo

- ◆ Regla graduada de acero inoxidable de 300 mm
- ◆ Máquina de ensayos de compresión.

Procedimiento

- ◆ Se determinó el área de la cara de contacto con la máquina compresora.
- ◆ Se aplicó una capa nivelante de yeso en ambas caras del ladrillo artesanal, dejándolo secar bajo sombra.
- ◆ Se colocó la muestra en el cabezal de la máquina compresora, siendo que ambos ejes coincidan (máquina y ladrillo).
- ◆ Se aplicó carga axial, para determinar la carga de rotura.
- ◆ Se registró la carga aplicada, velocidad de aplicación de la muestra y características de la rotura

Ecuación 7: Resistencia a la compresión

$$f'b = \frac{P}{A}$$

Donde:

F'b = Resistencia a la compresión expresado en kg/cm².

P = Carga máxima en kg

A = Área de la superficie del ladrillo en cm²

Figura 23

Proceso de aplicación de capa nivelante de yeso.



El ladrillo a ser ensayado se colocó en la placa base de la máquina, procurando que los bordes de la cara inferior del ladrillo sean paralelos a los bordes de la placa base, para garantizar que esté centrado el ladrillo.

Figura 24

Colocación del ladrillo artesanal en la máquina de compresión axial.



Se hizo descender el vástago suavemente procurando que el contacto con la cara superior del ladrillo, sea lo más correcto posible.

Los resultados del ensayo de resistencia de compresión del ladrillo artesanal, han sido registrados en los protocolos y para efectos de tabulación se muestran datos relevantes tras aplicar la carga en cada ladrillo.

Ensayo de conductividad térmica (ASTM C177-13)

Previamente se ha seleccionado la cantidad de 5 unidades de albañilería por cada porcentaje de adición de vidrio reciclado y se ha seguido las recomendaciones de la Norma ASTM C177-13.

Se hizo uso de una fuente eléctrica, que suministra energía eléctrica a una placa caliente; la fuente de energía varía desde 0 a 220 voltios y se controlan con un regulador de voltaje.

Con la ayuda de un multímetro se determina el voltaje y potencia de energía que se suministra y mediante termómetros digitales, se mide la temperatura en un rango desde -50°C a $+1200^{\circ}\text{C}$ (Camino Quispe & Camino Quispe, 2017).

Equipo

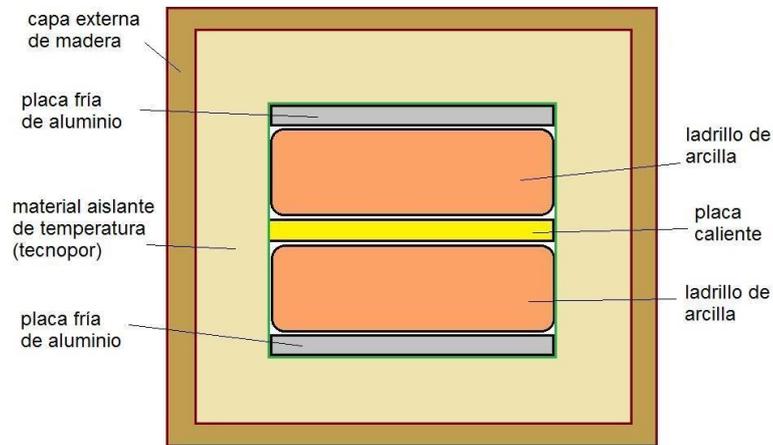
- ◆ Regla graduada de acero inoxidable de 300 mm
- ◆ Aparato de placa caliente protegida.
- ◆ Termómetro digital, con sensor metálico.

Procedimiento

- ◆ Se registró las dimensiones de los ladrillos a ensayar, largo, ancho y altura.
- ◆ Se colocó dos ladrillos en el aparato de placa caliente protegida, colocando primero la placa fría de aluminio y luego el ladrillo con adición de vidrio reciclado y sobre esta el otro ladrillo y finalmente la otra placa fría de aluminio, la Figura 25 muestra la forma en que se deben colocar.
- ◆ Se colocó el termómetro digital, el primeramente conectado a la placa de aluminio (central) y luego a la placa fría de aluminio (superior), siendo esta una limitación de la presente investigación.

Figura 25

Ubicación de ladrillos en el equipo eléctrico.



Fuente: (Camino y Camino, 2017)

- ◆ La placa caliente se conectó a la fuente de energía (regulable), teniendo en cuenta que el voltaje en la toma de energía del laboratorio de concreto de UPN Cajamarca, tomada mediante el multímetro digital, marcaba 216 V y 5 A, teniendo en nuestro caso una potencia de 1,080 Watts.
- ◆ Tras completar la calibración de los instrumentos eléctricos, se aisló térmicamente el aparato, cerrando la compuerta; la temperatura de la placa caliente entonces buscará traspasar el ladrillo y ello se podrá verificar con la verificación de los termómetros digitales.
- ◆ Al no contar con sensor tipo k, se dejó la alimentación de energía durante 10 minutos, para luego registrar las temperaturas, de la placa caliente (central) y de las placas frías (superior e inferior).

Una vez concluidos todos los ensayos y tras haber realizado el registro de los valores obtenidos, en los protocolos de laboratorio, se procedió a realizar el análisis con la ayuda de hojas de cálculo. De los resultados obtenido se determinó el comportamiento del ladrillo

artesanal, al haberle adicionado vidrio reciclado, en su proceso de elaboración, haciendo uso de la siguiente fórmula para el cálculo:

Ecuación 8: *Conductividad térmica del ladrillo.*

$$\omega = \frac{Pot * A}{L * H * (T_1 - T_2)}$$

Donde:

ω = Conductividad térmica.

P = Potencia eléctrica aplicada en Watts.

A = Ancho del espécimen.

L = Largo del espécimen.

H = Altura del espécimen.

T1 = Temperatura de la placa caliente.

T2 = Temperatura de la placa fría

Figura 26

Registrando el voltaje del aparato de placa caliente protegida.



Elaboración del ladrillo patrón

Este ladrillo servirá para realizar una comparación con los otros ladrillos fabricados con la adición de vidrio triturado en diferentes porcentajes, además se debe constatar que cumpla con los parámetros establecidos en la Norma E 0.70 Albañilería.

Para lograr determinar la dosificación de los materiales, se ha procedido a recabar información de los maestros ladrilleros de la cantera El Cerrillo, de la cual su dosificación consiste en que por cada 10 ladrillos utilizan la cantidad de 1.5 latas de arcilla y la cantidad adecuada de agua, esta dosificación también se ha podido constatar en campo, ya que para una cantidad de 90 ladrillos han utilizado un total de 14 latas de arcilla.

En tal sentido, se ha planteado una dosificación para la fabricación de ladrillo artesanal, teniendo en cuenta también que, 1 lata de arcilla pesa 14.857 kg, se ha realizado la transformación respectiva, tal como se puede observar en la Tabla 5 que se muestra a continuación:

Tabla 5

Dosificación de materiales para el ladrillo patrón.

Material	Unidad	Dosificación
Arcilla	kg	23.11
Agua	l	4.50

Elaboración del ladrillo con adición de vidrio reciclado

Este ladrillo será fabricado con la misma consideración para el ladrillo patrón con la particularidad de la adición de vidrio reciclado y triturado en diferentes porcentajes, por lo que se debe constatar que cumpla con los parámetros establecidos en la Norma E 0.70 Albañilería.

Tal como se mencionó el procedimiento de dosificación para el ladrillo artesanal, (sin adición de vidrio), se ha seguido el mismo procedimiento para determinar las dosificaciones para el ladrillo con adición de vidrio reciclado, pero en este caso, han sido necesarios la fabricación de 20 unidades de ladrillo por cada porcentaje, la dosificación se puede observar en la Tabla 6 que se muestra a continuación:

Tabla 6

Porcentajes de dosificación de materiales para el ladrillo con adición de vidrio.

Material	Und	5% vidrio	10% vidrio	15% vidrio
Arcilla	Kg	68.35	68.35	68.35
Vidrio triturado	Kg	5.30	10.62	15.94
Agua	L	9.2	8.12	6.5
Total		100.00	100.00	100.00

Aspectos éticos

La presente Tesis se ha desarrollado teniendo en cuenta el principio de la originalidad. Sin embargo, el trabajo de investigación implica tomar como referencia estudios realizados anteriormente, de los cuales el presente trabajo no es ajeno de este procedimiento, por ello, que aquellos textos que se tomaron de otros autores por cuestiones propias de la investigación, han sido citados, haciendo referencia al autor.

Por otro lado, se ha tomado como base los procedimientos normativos establecidos, para la realización de los ensayos del material a utilizar, así como para los ensayos de las muestras de ladrillo artesanal. En principio se ha tomado como referencia principal la Norma E 0.70 del Reglamento Nacional de Edificaciones, además de otras normas complementarias, como la NTP 399.613, NTP 399.603, MTC E 107, ASTM D421, ASTM D2216, NTP339.127, ASTM D4318, NTP E339.130, MTC E111, ASTM D854, NTP 339.131 y MTC E113.

Finalmente, el trabajo de laboratorio ha sido supervisado en todas sus etapas, por el personal encargado del laboratorio de suelos y laboratorio de concreto de la Universidad

Privada del Norte, prueba de ello, son los protocolos que han sido firmados por el responsable del laboratorio y mi asesor de Tesis.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Resultados del ensayo de granulometría por lavado

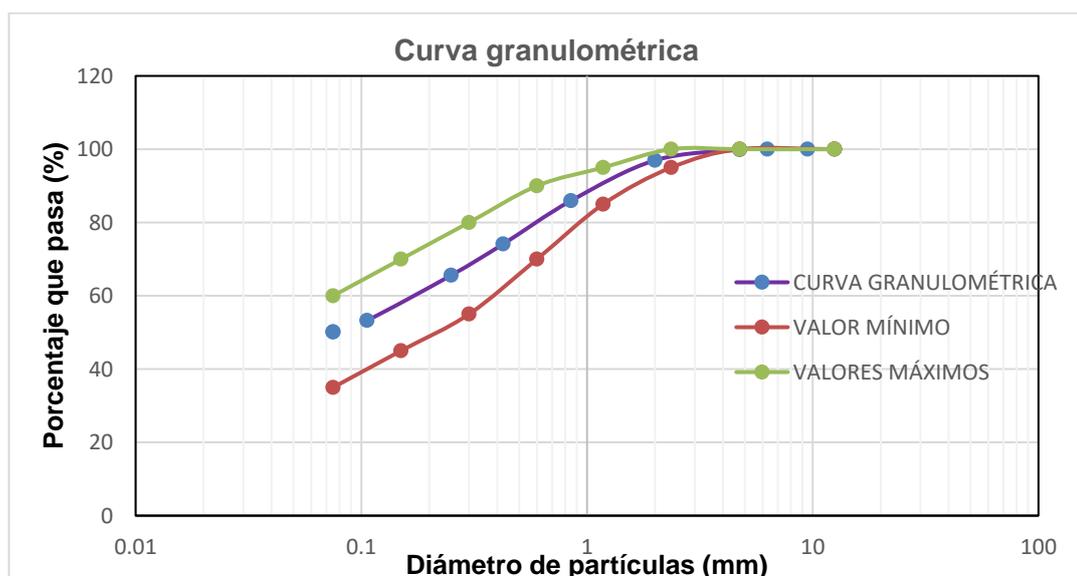
De la Tabla 24 se puede graficar la curva granulométrica, y poder determinar los coeficientes de uniformidad y curvatura. La Figura 27, muestra la curva granulométrica de la muestra de arcilla tamizada en el laboratorio de la UPN Cajamarca, siendo así que se ha determinado un Coeficiente de Uniformidad $C_u = 9.75$ y un Coeficiente de Curvatura $C_c = 0.96$, con lo cual podemos afirmar que la muestra analizada presenta partículas no uniformes.

Por otro lado, la NTP 400.012, establece que cuando más del 50% de la muestra pase el tamiz N° 200, entonces se trata de un suelo fino, sin embargo, en este caso se trata de un suelo grueso, ya que más del 50% ha quedado retenida en tamices anteriores al N° 200.

Así mismo, al tratarse de un suelo gruesa, se trata de un material con contenido de arena, porque más del 50% del material grueso ha pasado por el tamiz N° 04, en tal sentido no se trata de un material tipo grava.

Figura 27

Curva granulométrica de la arcilla.



Resultados del contenido de humedad

Tabla 7

Promedio de humedad del material

Descripción	Muestra		
	M1	M2	M3
Contenido de humedad (%)	10.50%	10.56%	10.40%
Promedio de humedad (%)	10.49%		

Tal como se evidencia en la Tabla 7, el contenido de humedad de las muestras ensayadas, en su estado natural es bajo, siendo el promedio de las muestras ensayadas el 10.49%, lo que, da a entender que es un material con un contenido de humedad bajo.

Resultados del ensayo de peso específico

Tabla 8

Resultados del ensayo de peso específico de la arcilla.

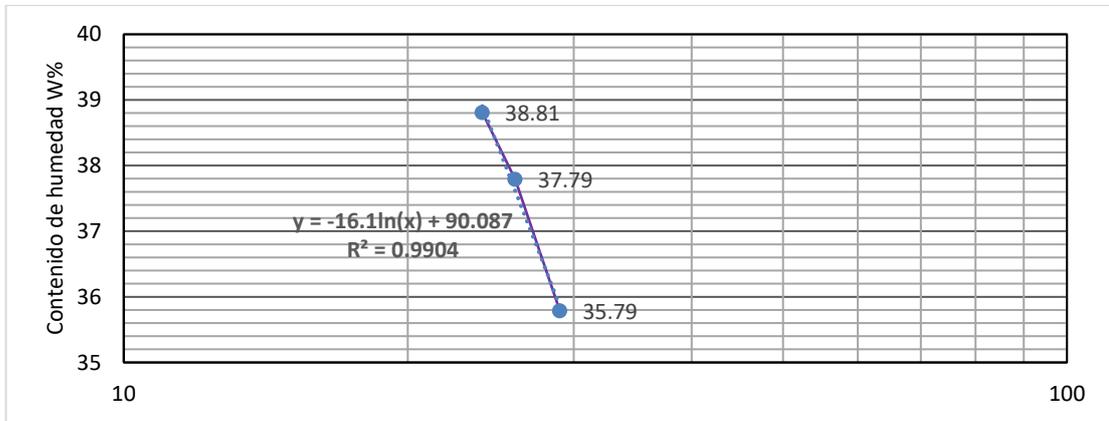
Id	Descripción	Und		
			1	2
A	Identificación de la muestra		PE-1	PE-2
B	Peso de la muestra seca	gr	150.00	150.00
C	Peso de fiola + agua (500ml)	cm ³	649.81	651.95
D	Peso de fiola + agua + muestra seca	cm ³	739.72	721.13
E	Peso de fiola + agua – aire	cm ³	559.90	582.77
F	Peso específico $\gamma_s = \left(\frac{B}{(D + C - E)} \right)$	gr/cm ³	1.67	2.17
G	Promedio del peso específico “ γ_s ”	gr/cm ³	1.92	

De las dos muestras ensayadas con el fin de poder determinar el peso específico de la arcilla se puede observar que el peso específico promedio es de 1.92 gr/cm³, tal como, se muestra en la Tabla 8.

Resultados del ensayo de límite líquido

Figura 28

Representación de los valores hallados en el ensayo de límite líquido.



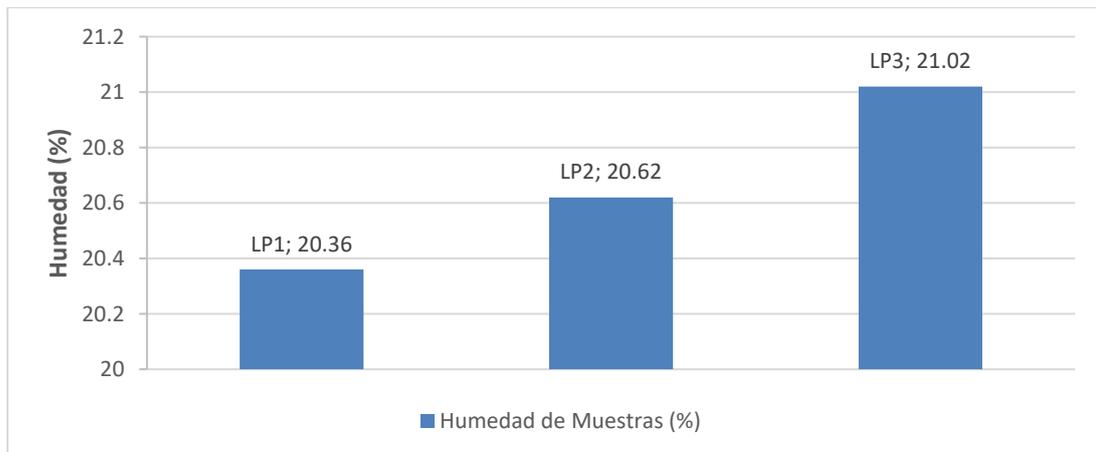
De tal modo de la ecuación de la Figura 28, se obtiene un contenido de humedad para el límite líquido de 38.26.

Resultados del ensayo del límite plástico

Tal como se pueden observar los valores mostrados en la Tabla 26 y comparados en la Figura 29, corresponden al ensayo de límite plástico, en el que la humedad de la muestra es casi constante y teniendo 20.67 como límite plástico.

Figura 29

Resultados del ensayo de límite plástico.



Resultados del Índice Plástico

Una vez realizados los ensayos de límite líquido y límite plástico, se obtuvo un valor de índice plástico de 17.59

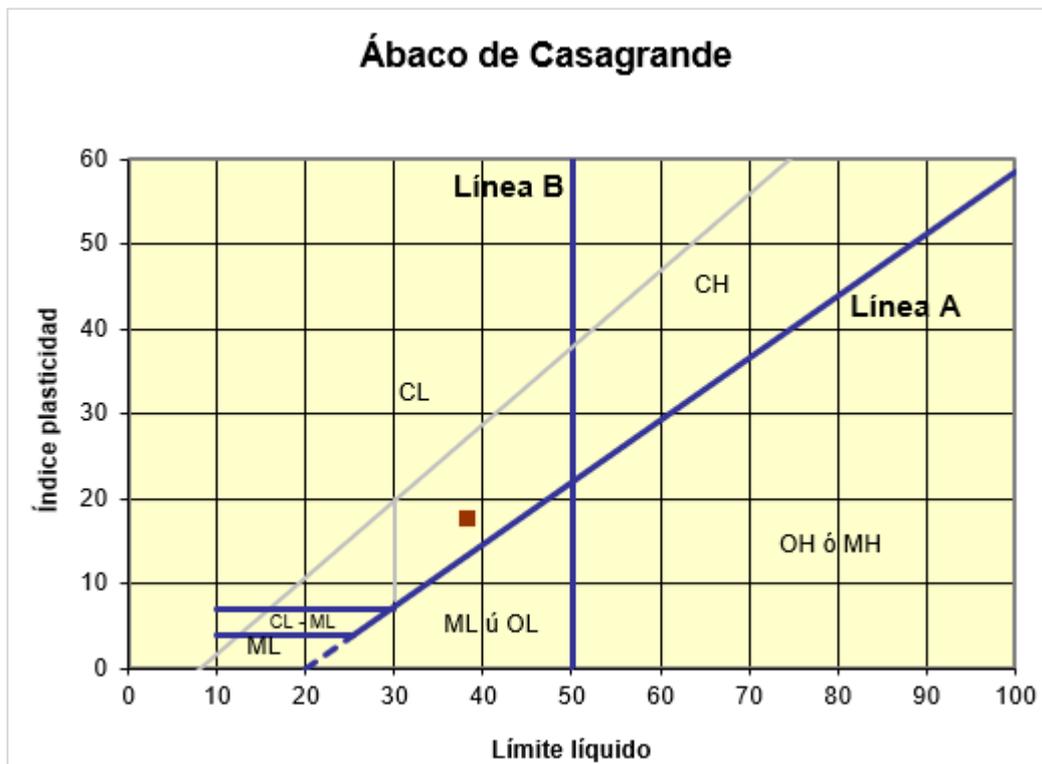
Resultados de Clasificación de Suelo de Uso para Ladrillo

Una vez realizados los ensayos de límite líquido y límite plástico, se realizó la clasificación de suelos mediante el método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), a un porcentaje que pasa la malla #4 es mayor a 50% correspondiente a material fino y usando el ábaco de casagrande según la figura N° 30 obtenemos un suelo de tipo:

ARCILLA MEDIA DE PLASTICIDAD ARENOSA CL.

Figura 30

Resultados del ensayo de límite plástico.



Resultados de los ensayos de dimensiones.

Previamente se separó las muestras a ser evaluadas, ladrillo patrón, ladrillo con adición del 5% de vidrio, con 10% de vidrio y con 15% de vidrio, para luego verificar sus dimensiones.

Con la ayuda de una regla graduada se realizó la medición de sus lados del ladrillo artesanal, es decir, se registró la medida de su largo, ancho y altura.

Los datos obtenidos se han ido registrando en los protocolos para el ensayo de variación dimensional, para luego proceder con el procedimiento de tabulación de datos y gráficos.

La variación dimensional del ladrillo fabricado con adición del 5% de vidrio reciclado, tal como indica el procedimiento, se ha registrado en los protocolos de variación dimensional, para luego ser graficados, mediante la ayuda de hojas de cálculo. Los registros, correspondientes a largo, ancho y altura son los que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Finalmente, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se han registrado las dimensiones del ladrillo artesanal fabricado con la adición del 15% de vidrio reciclado.

Resultados de los ensayos de alabeo.

Se ha procedido a realizar la medición de la superficie de los ladrillos, con la ayuda de una regla metálica para colocarlo en el lado longitudinal o diagonal y otra regla metálica graduada con aproximación a 1 mm para medir la concavidad de la superficie del ladrillo.

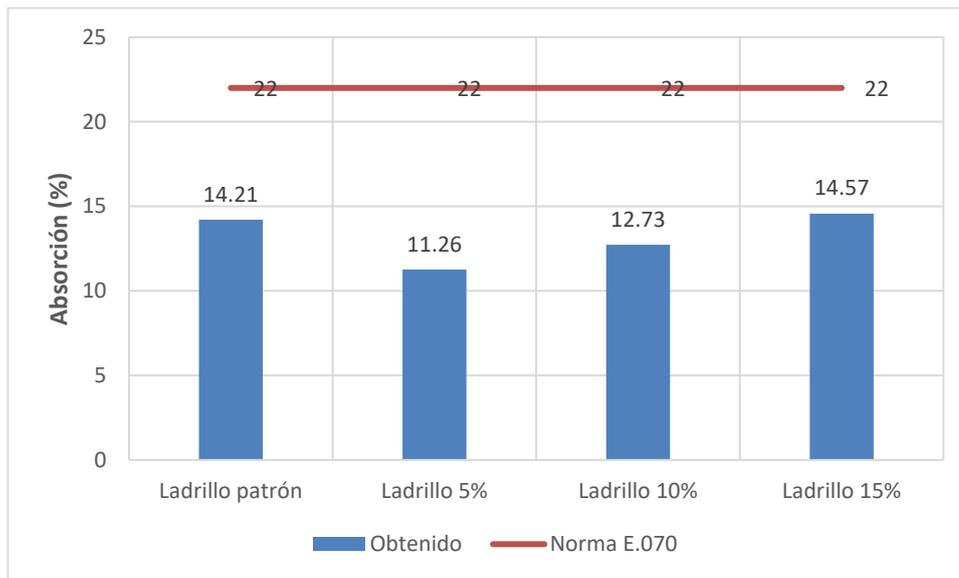
Normalmente se usa una cuña graduada, pero en este caso no se logró adquirir una herramienta con esas dimensiones, por lo que se ha procedido a usar una regla metálica

graduada y la medición se ha realizado en la parte donde visualmente se observa mayor separación entre la regla y el ladrillo.

Resultados del ensayo de absorción

Figura 31

Valores promedio del ensayo de absorción.

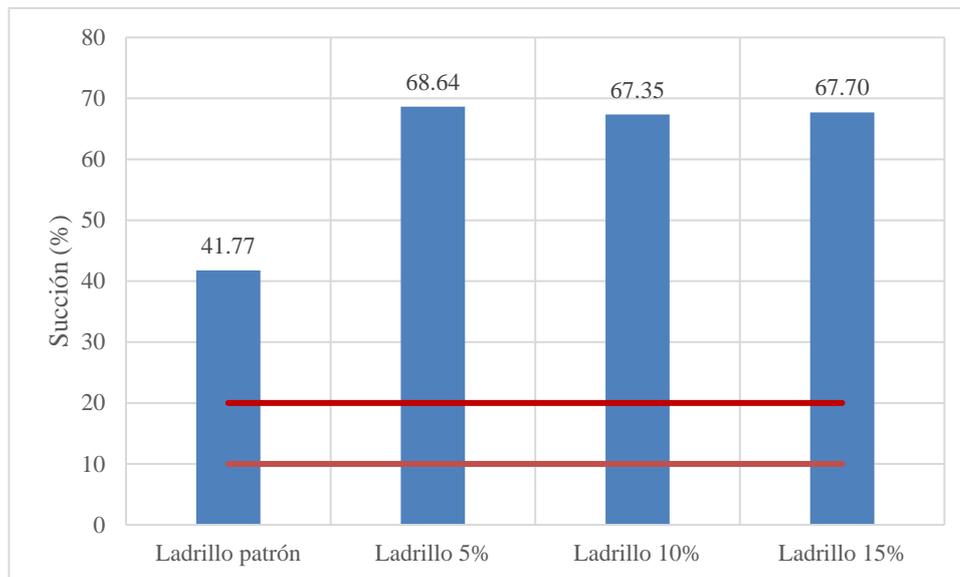


Nota. En la Figura 32 se puede ver que el ladrillo artesanal con un 15% de adición de vidrio reciclado en su fabricación es el que tuvo mayor nivel porcentual de absorción, siendo exactamente un 14.57%.

Resultados de los ensayos de succión.

Figura 32

Valores promedio del ensayo de succión.



Nota. En la Figura 31 se puede observar que los ladrillos artesanales fabricados con una adición de 5% de vidrio reciclado, fue el que tuvo un valor en gramos más alto de succión, como se observa no se cumple con las recomendaciones de la Norma E.070, sin embargo, en este caso se puede regar o humedecer durante 30 minutos, antes de utilizarlo.

Resultados del ensayo de compresión

Tabla 9

Valores de resistencia a compresión del ladrillo patrón.

ESPÉCIMEN	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-LP	16,213.00	265.00	61.18
RC2-LP	14,552.00	274.32	53.05

RC3-LP	16,229.00	261.25	62.12
RC4-LP	14,076.00	269.64	52.20
RC5-LP	13,866.00	268.75	51.59

Tabla 10

Valores de compresión del ladrillo con adición del 5% de vidrio reciclado.

ESPÉCIMEN	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-5%	15,772.00	264.60	59.61
RC2-5%	16,536.00	271.78	60.84
RC3-5%	19,627.00	275.20	71.32
RC4-5%	16,140.00	272.16	59.30
RC5-5%	15,911.00	267.50	59.48

Tabla 11

Valores de compresión del ladrillo con adición del 10% de vidrio reciclado.

ESPÉCIMEN	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-10%	17,963.00	261.25	68.76
RC2-10%	16,713.00	269.64	61.98
RC3-10%	17,682.00	259.53	68.13
RC4-10%	16,835.00	274.32	61.37
RC5-10%	16,737.00	270.08	61.97

Tabla 12

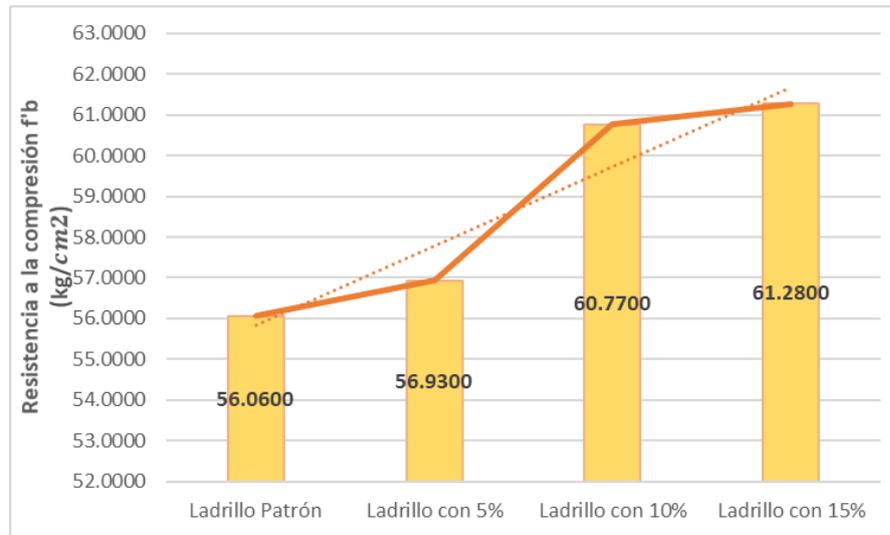
Valores de compresión del ladrillo con adición del 15% de vidrio reciclado.

ESPÉCIMEN	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-15%	17,963.00	262.50	68.43
RC2-15%	16,713.00	266.70	62.67

RC3-15%	17,682.00	262.50	67.36
RC4-15%	16,835.00	270.90	62.14
RC5-15%	16,737.00	271.25	61.70

Figura 33

Valores promedio del ensayo de compresión.



Nota. En este caso, la opción más beneficiosa, es decir con la que se obtiene una mejor respuesta a la resistencia a la compresión es el ladrillo con la adición del 15% de vidrio reciclado, alcanzando un valor de 61.28 kg/cm².

Resultados del ensayo de conductividad térmica

Tabla 13

Valores de conductividad térmica del ladrillo patrón.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-LP	CD2-LP	CD3-LP	CD3-LP
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.20	21.00	20.90	21.50
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.50	12.40	12.50	12.40
H	Alto del Ladrillo	cm	7.80	8.00	7.90	8.00
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	134.90		133.50	
	Temperatura Placa Fría	°C	40.70	31.40	39.60	37.20
T1	Temp. de la Placa Caliente (°K = 273.15 + °C)	°K	408.05	408.05	406.65	406.65
T2	Temperatura de la Placa Fría (°K = 273.15 + °C)	°K	313.85	304.55	312.75	310.35
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA						
Λ	DEL LADRILLO (W / (m - °K))	-	0.87	0.77	0.87	0.81

Tabla 14
Valores de conductividad térmica del ladrillo con 5% de vidrio reciclado.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-5%	CD2-5%	CD3-5%	CD4-5%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.60	12.50	12.50	12.40
H	Alto del Ladrillo	cm	8.00	8.00	8.00	8.00
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	112.80		109.70	
	Temperatura Placa Fría	°C	47.60	52.20	49.60	57.50
T1	Temp. de la Placa Caliente (°K = 273.15 + °C)	°K	385.95	385.95	382.85	382.85
T2	Temperatura de la Placa Fría (°K = 273.15 + °C)	°K	320.75	325.35	322.75	330.65
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA						
Λ	DEL LADRILLO (W / (m - °K))	-	1.24	1.33	1.34	1.53

Tabla 15
Valores de conductividad térmica del ladrillo con 10% de vidrio reciclado.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-10%	CD2-10%	CD3-10%	CD4-10%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	20.90	21.00	21.10	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.50	12.50	12.30	12.50
H	Alto del Ladrillo	cm	8.00	7.80	7.90	8.00
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	114.80		107.90	
	Temperatura Placa Fría	°C	75.50	61.00	65.40	72.40
T1	Temp. de la Placa Caliente	°K	387.95	387.95	381.05	381.05

			(°K = 273.15 + °C)			
T2	Temperatura de la Placa Fría (°K = 273.15 + °C)	°K	348.65	334.15	338.55	345.55
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA						
Λ	DEL LADRILLO (W / (m - °K))	-	2.05	1.53	1.88	2.26

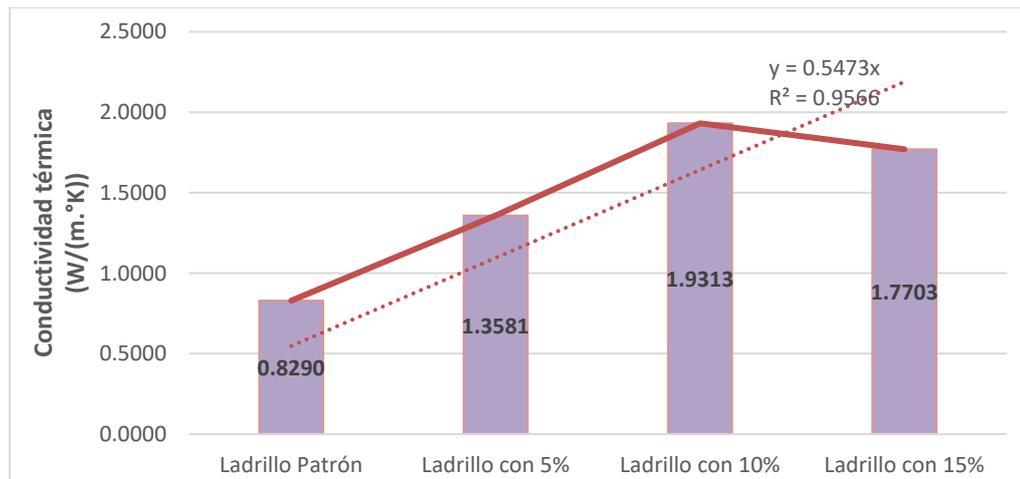
Tabla 16

Valores de conductividad térmica del ladrillo con 15% de vidrio reciclado.

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-15%	CD2-15%	CD3-15%	CD4-15%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.70	12.40	12.50	12.50
H	Alto del Ladrillo	cm	7.50	7.90	8.00	7.70
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	107.10		97.20	
	Temperatura Placa Fría	°C	55.90	59.90	47.40	56.60
T1	Temp. de la Placa Caliente (°K = 273.15 + °C)	°K	380.25	380.25	370.35	370.35
T2	Temperatura de la Placa Fría (°K = 273.15 + °C)	°K	329.05	333.05	320.55	329.75
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA						
Λ	DEL LADRILLO (W / (m - °K))	-	1.70	1.71	1.61	2.06

Figura 34

Valores promedio del ensayo de conductividad térmica.



Nota. En este caso, la opción más beneficiosa, es decir con la que se obtiene una mejor respuesta de conductividad térmica es el ladrillo artesanal simple sin la adición del 10% de vidrio reciclado, alcanzando un valor de 1.93 W/m-°K.

Tabla 17

Comparación de la variación dimensional.

Descripción	Largo	Ancho	Altura
Molde	215.00	125.00	75.00
LP	213.50	125.25	77.05
Variación (mm)	-1.50	0.25	2.05
Variación (%)	0.99	1.00	1.03
Promedio Variación 5%	212.85	125.95	76.85
Variación (mm)	-2.15	0.95	1.85
Variación (%)	0.99	1.01	1.02
Promedio Variación 10%	212.65	125.65	78.00
Variación (mm)	-2.35	0.65	3.00
Variación (%)	0.99	1.01	1.04
Promedio Variación 15%	211.45	125.05	78.50
Variación (mm)	-3.55	0.05	3.50
Variación (%)	0.98	1.00	1.05

Tabla 18

Resultados del ensayo de alabeo.

Ladrillo patrón	
Variación cóncava (mm)	0.90
Variación convexa (mm)	1.15
Ladrillo 5%	
Variación cóncava (mm)	1.75

Variación convexa (mm)	1.65
Ladrillo 10%	
Variación cóncava (mm)	1.45
Variación convexa (mm)	1.20
Ladrillo 15%	
Variación cóncava (mm)	0.25
Variación convexa (mm)	1.25

Tabla 19

Resultados del ensayo de succión.

Ladrillo patrón	
Promedio succión del espécimen (gramos/200cm ²)	41.77
Ladrillo 5%	
Promedio succión del espécimen (gramos/200cm ²)	68.64
Ladrillo 10%	
Promedio succión del espécimen (gramos/200cm ²)	67.35
Ladrillo 15%	
Promedio succión del espécimen (gramos/200cm ²)	67.70

Tabla 20

Resultados del ensayo de absorción.

Ladrillo patrón	
Promedio de absorción (%)	14.21
Ladrillo 5%	
Promedio de absorción (%)	11.26
Ladrillo 10%	
Promedio de absorción (%)	12.73
Ladrillo 15%	
Promedio de absorción (%)	14.57

Tabla 21

Valores de resistencia a la compresión del ladrillo artesanal.

Ladrillo patrón	
Resistencia a la compresión promedio (fb)	56.03
Desviación estándar (σ)	5.17
Resistencia a la compresión (f^*b)	50.86
Ladrillo 5%	
Resistencia a la compresión promedio (fb)	62.11
Desviación estándar (σ)	5.18
Resistencia a la compresión (f^*b)	56.93
Ladrillo 10%	
Resistencia a la compresión promedio (fb)	64.44
Desviación estándar (σ)	3.67
Resistencia a la compresión (f^*b)	60.77
Ladrillo 15%	
Resistencia a la compresión promedio (fb)	64.46
Desviación estándar (σ)	3.18
Resistencia a la compresión (f^*b)	61.28

Tabla 22

Clasificación del ladrillo artesanal evaluado.

Descripción	Resistencia a la compresión obtenido (kg/cm²)	Resistencia a la compresión mínimo Norma E.070 (kg/cm²)	Clasificación
Resistencia a la compresión ladrillo patrón (f ^b)	50.86	50.00	Tipo I
Resistencia a la compresión ladrillo 5% (f ^b)	56.93	50.00	Tipo I
Resistencia a la compresión ladrillo 10% (f ^b)	60.77	50.00	Tipo I
Resistencia a la compresión ladrillo 15% (f ^b)	61.28	50.00	Tipo I

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Luego de encontrar los resultados los cuales responden a los objetivos planteados, se procede a contrastarlos con antecedentes y/o teóricas respectivamente descritas en el capítulo de introducción.

En cuanto a la hipótesis general, se pudo determinar que, las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado es significativamente mejor que el ladrillo artesanal patrón. Destacando un mejor comportamiento en cuanto a la propiedad de conductividad térmica, como factor principal para elegir construir con este nuevo tipo de ladrillo artesanal, hecho en parte con vidrio reciclado, como insumo adicional para el proceso de fabricación.

Al respecto se tiene resultados similares, como es el de Gonzales y Ponce (2012), quien es su tesis de alcance internacional, determino que la introducción de un 15 % de vidrio en la fabricación de ladrillo artesanal disminuyo la porosidad en comparación con los ladrillos normales, también es mejor en cuanto a la absorción de agua, influyendo así en las propiedades físico mecánicas de manera positiva. En tal sentido estos ladrillos podrían ser usados como materiales de construcción, ya que estos presentaron resistencia promedio de 9.73 MPa

Del mismo modo, Félix y Sánchez (2020) en su tesis de alcance nacional, determinaron que el vidrio crudo molido reciclado tuvo un efecto positivo en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto, ya que producto de los ensayos experimentales se pudo comprobar que la inclusión de vidrio en la fabricación de ladrillo incrementa la resistencia a la compresión simple, la resistencia a la compresión axial y la compresión diagonal en muretes.

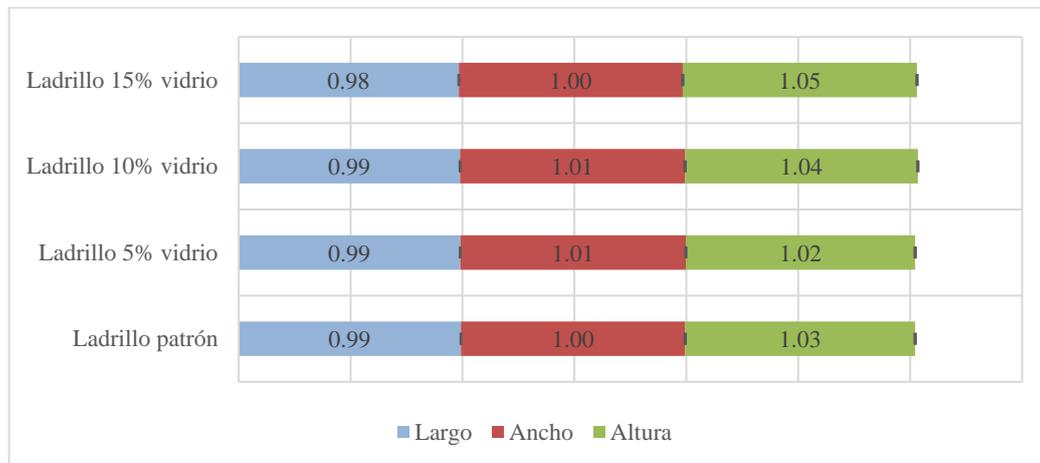
Luego de contrastar las tres investigaciones, la presente tesis, la de González y Ponce (2012) y la de Feliz y Sánchez (2020), las cuales tienen el mismo enfoque de estudio, estudiar la inclusión de vidrio reciclado en la elaboración de ladrillo artesanal, se concluye que, las propiedades físico mecánicas de los ladrillos elaborados con adición de vidrio reciclado mejoran de manera significativa en comparación con los ladrillos patrón normales.

Este resultado también tiene relación con lo dicho de forma teórica por Roldan (2019), quien aporta que el reciclaje de vidrio es juega un papel muy importante en el cuidado del medio ambiente, y al mismo tiempo en la creación de nuevos productos, ya que estos residuos de vidrio, una vez triturados, pueden convertirse en insumos o materiales para realizar otros productos.

En cuanto a la hipótesis específica 1, se pudo determinar que los ladrillos fabricados con adición de vidrio reciclado, tienen menor variación dimensional en la longitud y ancho, en comparación con los ladrillos patrón normales. Siendo solo la altura de los ladrillos con adición de vidrio reciclado, los que tiene una pequeña variación superior en comparación con los ladrillos normales. Se puede determinar entonces, la variación dimensional del ladrillo fabricado con la adición de vidrio reciclado, el cual, es representado en porcentaje, tal como, se muestra a continuación en la Figura 35.

Figura 35

Variación promedio del ladrillo artesanal.



Según la Figura 35, se puede afirmar que el ladrillo patrón, presenta una mayor variación dimensional, con respecto al ladrillo fabricado con la adición de vidrio reciclado, también se observa que las dimensiones, que sufren mayor variación dimensional, son la longitud y alto, con valores de hasta el 1.04%. En el caso de la dimensión de largo, el ladrillo patrón, sufre una variación muy parecida al ladrillo con adición de vidrio reciclado siendo de 0.99%.

Tal como se puede evidenciar en la Tabla 17, el porcentaje de variación dimensional es menor a la establecida en la Norma E.070, con respecto a las dimensiones con las que se fabricó el molde (215x125x75mm), en tal sentido, si se clasifica al ladrillo correspondería a un ladrillo tipo II.

Al respecto se tiene un resultado similar en la tesis de Alaya y Lagos (2021), quien es su tesis de alcance internacional, determino que la incorporación de vidrio en la pasta cerámica disminuye el riesgo de aparición de grietas y defectos dimensionales en los ladrillos; así mismo, minimiza los riesgos de generación de fisuras y deformaciones durante el mismo.

Luego de contrastar este resultado específico de la presente investigación, con el resultado de la tesis de Alaya y Lagos (2021), se concluye que la adición de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillos artesanales, también hace que los riesgos de defectos en las

dimensiones sean relativamente menores que en los ladrillos patrón, haciendo que su calidad sea superior.

También se ha realizado la determinación del alabeo de los ladrillos artesanales fabricados con la adición de vidrio reciclado, cuyos resultados se muestran en la Tabla 18, como se puede observar, los valores son menores a los máximos establecidos en la Norma E.070, en tal sentido, al clasificar los ladrillos correspondería a un ladrillo tipo II.

Respecto al ensayo de succión, se muestran los resultados en la Tabla 19, en este ensayo se debe precisar que la Norma E.070 establece que la succión del ladrillo debe estar comprendida entre los 10-20 gr/cm²-min, caso contrario se deben regar los ladrillos por 30 min, unas 10 horas antes del asentado; en tanto, se puede observar que, en los cuatro casos, se supera dicho valor por lo que se deberán humedecer antes de ser asentados.

De igual forma se ha realizado el ensayo de absorción y cuyos resultados se muestran en la Tabla 20, al respecto la Norma E.070 establece que la absorción para ladrillos de arcilla debe ser menor que 22% y como se puede observar, todos los valores son menores, por lo tanto, en lo que respecta a este parámetro de absorción se estaría cumpliendo con la Norma E.070

De igual forma se ha realizado el ensayo de compresión del ladrillo artesanal con la adición de vidrio reciclado, para ello, los resultados se muestran en la Tabla 21. El valor más alto obtenido es del ladrillo artesanal con adición del 15% del peso de la arcilla, alcanzando una resistencia a la compresión de 61.28 kg/cm², por otro lado, el valor más bajo es el obtenido por el ladrillo patrón, alcanzando una resistencia a la compresión de 50.86 kg/cm². Por tanto, si es proporcional en tanto a la cantidad de vidrio reciclado analizado, puesto que a mayor cantidad se obtuvo un aumento de la resistencia a la compresión, mejorando el resultado esperado.

La Norma E.070 establece en el rango de mayor a 50 kg/cm² y menor a 70 kg/cm² al ladrillo tipo I, por lo tanto, nuestro ladrillo corresponde a un ladrillo Tipo I, ya que en ningún de los casos ha superado los 70 kg/cm² de resistencia.

Referente a la hipótesis específica 2, se pudo determinar que la conductividad térmica en ladrillos artesanales fabricados con adición de vidrio reciclado, es mucho mejor (1.93 W/m-°K) que en los ladrillos artesanales convencionales (0.83 W/m-°K), haciéndolos recomendados y ventajosos para la construcción de casas en lugares altoandinos, esto debido al incremento de la conductividad térmica que presenta el ladrillo al adicionar vidrio reciclado más no son valores proporcionales al adicionar una mayor cantidad de vidrio reciclado. Sin embargo, este ladrillo sería válido su uso en división de interiores, para que permita la transferencia de calor entre ambientes de una misma casa.

Al respecto se tiene un resultado similar en la tesis de Huachaca (2020) en su tesis de alcance nacional, el cual pudo determinar en el ensayo de conductividad térmica, que con la adición de vidrio en el ladrillo King Kong 18 huecos hizo que aumentara la retención de calor. Siendo que la conductividad térmica del ladrillo patrón, 0.525 W/m.°K y para el ladrillo con fabricado con un 30% de vidrio molido reciclado, 0.564 Wm.°K.

Luego de contrastar a la presente investigación y la de Huachaca (2020), se concluye que la retención de calor en ladrillos fabricados con insumos de vidrio molido reciclado es mejor que en los ladrillos convencionales. Por tanto, esta es una buena opción para personas que tal vez necesiten construir ambientes donde la retención de calor juegue un papel importante para habitar esos espacios construidos.

Limitaciones

La limitación más relevante que se tuvo durante el desarrollo de la presente tesis fue no encontrar en el mercado el "aparato de placa caliente protegida", por lo que se ha tenido

que fabricar empíricamente; sin embargo, se ha construido con materiales comunes como madera y Tecopor para el aislamiento de borde, con la finalidad de restringir la pérdida de calor.

Otra limitación es la de contar con un ambiente, que cuente con control de temperatura, en tanto, el ensayo se ha practicado a temperatura ambiente; además durante el proceso de fabricación del aparato era importante el uso de sensores termocupla tipo k o j, en la cual, en su reemplazo, se ha trabajado con termómetro digital con rango de $-50^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$

Implicancias

Seguir investigando más de este tema abordado, ya que es muy importante en la sociedad, esto debido a que al ser el ladrillo un material fundamental en cualquier construcción, siempre tendrá un papel importante en la humanidad, y que mejor innovarlo cada vez más, a fin de obtener mejores beneficios en los procesos constructivos.

Tomar en cuenta los resultados de esta investigación, a fin de tener un panorama amplio en cuanto a los cambios que tienen las propiedades físico mecánicas de los ladrillos artesanales, con la incorporación de vidrio reciclado en su fabricación.

En caso de producirse la fabricación de ladrillo artesanal con la adición de vidrio reciclado, se recomienda que debe humedecerse unas 10 horas antes de ser asentados, regándolos con agua limpia durante unos 30 minutos.

Capacitar a las personas que conforman estos negocios de ladrillos artesanales, de tal modo que los materiales que estos fabriquen sean de calidad y cumplan con los estándares mínimos establecidos en la Norma E.070 Albañilería, en las NTP 339.609 / NTP 339.613, Normas ASTM, además de normas ITINTEC y otras aplicables para este tema. Así mismo, la gran mayoría de procedimientos ya se encuentran estandarizados, solo que no se cumple ni se supervisa su ejecución correcta.

Sensibilizar a más fábricas de ladrillos para que se sumen a la incorporación de vidrio reciclado en la fabricación de sus materiales, ya que de esta manera también se está apoyando en el cuidado del medio ambiente.

Las implicaciones prácticas de este estudio son que, a partir de los resultados de este trabajo, es posible comprender qué tipos de ladrillos son los más convenientes o recomendados como materiales de construcción en función de las propiedades físico-mecánicas con las que se relacionen.

En teoría, este documento también puede servir como información básica y referencia para otros investigadores en el futuro. Finalmente, desde un punto de vista metodológico, este estudio proporciona pruebas experimentales que pueden proporcionar información de referencia para futuros experimentos relacionados con el tema de investigación y en la mejora del mismo.

Conclusiones

Se concluye que de manera general que las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado han presentado mejor desempeño en alguna de sus propiedades, al obtener, menor deformación dimensional, menor diferencias de alabeo, mayor resistencia a la compresión, entre otras, con respecto a las del ladrillo patrón normal. De tal modo en tanto a las propiedades físicas:

Se concluye que el ladrillo con adición de vidrio es el más adecuado y recomendado, en cuanto a su variación dimensional, de tal modo varían menos en cuanto a longitud y ancho,

en relación al ladrillo patrón cumpliendo como se esperó con la NTP 331.017 para ladrillo Tipo II.

Se concluye que el ladrillo con adición de vidrio es el más adecuado y recomendado, en cuanto al alabeo, succión y absorción cumpliendo como se esperó con la NTP 331.017 para ladrillo Tipo II.

De tal modo en tanto a las propiedades mecánicas:

En tanto a la resistencia a la compresión se ve mejorada proporcionalmente con un valor de 61.287 kg/cm² al adicionar el 15% vidrio reciclado, encontrándose un mejor comportamiento cumpliendo con la NTP 331.017 para ladrillo Tipo I.

Para la conductividad térmica, no mejora el valor de la misma proporcionalmente. adicionar mayor cantidad de vidrio reciclando, resultando no beneficioso para el uso en exteriores, siendo el menor valor obtenido de conductividad térmica de 1.36 W/m.°K para la adición de 5% de vidrio reciclado que es superior al del ladrillo artesanal tradicional con un valor de 0.83 W/m.°K, es recomendable la adición del vidrio reciclado en fabricación de ladrillos para su uso en interiores cumpliendo con la normativa NTP 331.017 para ladrillo Tipo II.

REFERENCIAS

- American Society for Testing and Materials. (2012). *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size (Standard Withdrawn)* (Norma núm. D421-67). <https://www.astm.org/astm-tpt-155.html>
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass* (Norma núm. D2216-19). <https://www.astm.org/astm-tpt-155.html>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils* (Norma núm. D4318-17e1). <https://www.astm.org/astm-tpt-155.html>
- American Society for Testing and Materials. (2018). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer (Withdrawn 2023)* (Norma núm. D854-14). <https://www.astm.org/astm-tpt-155.html>
- American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus* (Norma núm. C177-13). <https://www.astm.org/astm-tpt-155.html>
- Norma Técnica Peruana. (2005). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería* (Norma núm. NTP 399.613). <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-piura/materiales-de-construccion/ntp-399613-2005-disfruta/13633398>
- Norma Técnica Peruana. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto* (Norma núm. NTP 339.604). <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-piura/materiales-de-construccion/ntp-399613-2005-disfruta/13633398>
- Amarillo, Verde y Azul. (2020, 14 de marzo). *Atentos a los ladrillos fabricados con plástico reciclado o cáscaras de cacahuete*. Recuperado de <https://www.amarilloverdeyazul.com/atentos-a-los-ladrillos-fabricados-con-plastico-reciclado-o-cascaras-de-cacahuete/>

- Ayala, A. & Lagos, A. (2021). *Elaboración de Ladrillos Incorporando como materia prima vidrio reciclado y cenizas de biosólido de PTAR El Salitre* (tesis de pregrado). Universidad de Santo Tomas, Tunja, Colombia.
- Cabrera, L. (2014). *Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado, Cajamarca, 2014* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Camino, R. & Camino, R. (2017). *Evaluación de la conductividad térmica, propiedades físico - mecánicas del ladrillo King-Kong 18 huecos adicionado con puzolana de la cantera Raqchi en diferentes porcentajes, con respecto a un ladrillo tradicional* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Carrasco, T. (2019). *El reciclaje de vidrio y su impacto en la conservación del medio ambiente.* Recuperado de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/exploradordigital/article/view/319>
- Cornejo, A. (2019). *Evaluación comparativa de las características físico mecánicas de unidades de ladrillo tipo king kong de 18 huecos, elaboradas en la ladrillera Latesan, con arcillas y arenas de las canteras de Piñampa y San Jeronimo, Cusco, según la norma E70* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Decorex Pro. (2020). *Conductividad térmica y capacidad calorífica de los ladrillos.* Recuperado de <https://esn-d.techinfus.com/kirpich/teploprovodnost-i-teploemkost/>
- Echevarría, E. (2017). *Ladrillos de concreto con plástico pet reciclado* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Ecologistas en Acción. (2006, 18 de marzo). *Qué es el cambio climático.* Recuperado de <https://www.ecologistasenaccion.org/4450/por-que-el-cambio-climatico-es-un-problema-ambiental-grave/>
- Ecovidrio. (2019, 06 de junio). *Hablando de Vidrio.* Recuperado de <https://hablandoenvidrio.com/vidrio-reciclado-usos-pista-basket-nba/>
- Ecovidrio. (2022, 10 de febrero). *La cadena de reciclaje del vidrio, un ejemplo de sostenibilidad.* Recuperado de <https://hablandoenvidrio.com/la-cadena-de-reciclado-de-vidrio-un-ejemplo-de-sostenibilidad/>

- EFE. (2019, 05 de junio). *Poca rentabilidad económica debilita el reciclado de vidrio en México*. Recuperado de <https://www.efec.com/efe/america/mexico/poca-rentabilidad-economica-debilita-el-reciclado-de-vidrio-en-mexico/50000545-3968549>
- Elige Vidrio. (2017, 16 de enero). *Ladrillos de Vidrio, Fabricación sostenible*. Recuperado de <http://www.eligevidrio.cl/sustentabilidad/ladrillos-de-vidrio-fabricacion-sostenible/>
- Félix, J. & Sánchez, Y. (2020). *Influencia del vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto para muros portantes* (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.
- Gaynor, T. (2020, 30 de noviembre). *ACNUR: La Agencia de la ONU para los Desplazados*. Recuperado de <https://www.acnur.org/noticias/noticia/2020/11/5fc5dcb54/el-cambio-climatico-es-la-crisis-determinante-de-nuestro-tiempo-y-afecta.html>
- Goncalvez, A. (2015, 13 de julio). *Vidrio reciclado para fabricar ladrillos*. Recuperado de <https://www.sustentartv.com/vidrio-reciclado-fabricar-ladrillos/>
- Guadalupe, J. (2019). *Diseño de Ladrillo Artesanal con Vidrio Triturado y Puzolana para mejorar sus Propiedades Físico – Mecánicas* (tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Hidalgo, D. & Poveda, R. (2013). *Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Ecuador, Quito, Ecuador.
- Huacha, Y. (2020). *Determinación de la conductividad térmica de ladrillos utilizando vidrio reciclado para zonas alto andinas* (tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Industrial Consulting. (2021, 15 de marzo). *Ensayos de propiedades mecánicas: Materiales puestos a prueba*. Recuperado de <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-propiedades-mecanicas-materiales/>
- Levin, R. & Rubin, D. (2004). *"Estadística para Administración y Economía"*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Loaiza, A. (2022). *Ensayos de succión y absorción*. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-andina-del-cusco/materiales-de-construccion/ensayos-de-succion-y-absorcion/27660688>

- Molochó, J. (2019). *Propiedades físico-mecánicas de unidades de albañilería de tres ladrilleras en función de la Norma E.070, distrito de Bambamarca - Cajamarca – 2018* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Montes, Y. (2017). *"Evaluación del comportamiento de mezclas de gabros y vidrio reciclado en la producción de ladrillos macizos* (tesis de pregrado). Instituto Superior Minero Metalurgico, Moa, Cuba.
- Niño, B. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de concreto y el ladrillo adicionando vidrio reciclado - Distrito de Nuevo Chimbote - Ancash – 2019* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Ancash, Perú.
- Pinto, P. & Cuba, P. (2019). *Estudio de las propiedades térmicas y acústicas en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019* (tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Puentes, D. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia* (tesis de pregrado). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.
- Quimica.es. (2021). *Ladrillo*. Recuperado de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Ladrillo.html>
- Recytrans. (2013, 06 de agosto). *Reciclaje de vidrio*. Recuperado de <https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-vidrio/>
- RECYTRANS. (2013, 06 de agosto). *Reciclaje de vidrio*. Recuperado de <https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-vidrio/>
- Revisata Perú Construye. (2019, 14 de noviembre). *Mercado del ladrillo: «Una lucha imparable contra la informalidad»*. Recuperado de <https://peruconstruye.net/2019/11/14/mercado-del-ladrillo-una-lucha-imparable-contra-la-informalidad/>
- Revista Perú Construye. (2021, 08 de septiembre). *Entre la formalidad y la autoconstrucción: la creciente demanda de ladrillos en el sector*. Recuperado de <https://peruconstruye.net/2018/11/16/entre-la-formalidad-y-la-autoconstruccion-la-creciente-demanda-de-ladrillos-en-el-sector/>

- Roldan, L. (2019, 05 de septiembre). *Cómo reciclar vidrio*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/como-reciclar-vidrio-2190.html>
- Ruiz, D. (2015). *Influencia de la adición de vidrio reciclado triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015* (tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Schauenberg, T. (2021, 19 de febrero). *El Mundo*. Recuperado de <https://www.dw.com/es/crisis-clim%C3%A1tica-por-qu%C3%A9-2021-podr%C3%ADa-ser-el-a%C3%B1o-decisivo/a-56632394>
- SEGTEC VIDRIO. (2020, 10 de febrero). *Uso del vidrio reciclado como material de construcción*. Recuperado de <https://www.segtecvidrio.com/uso-del-vidrio-reciclado-como-material-de-construccion/>
- Toirac, J. (2022). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37 (3). Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>
- Universidad de Chile. (2021, 28 de septiembre). *Crisis Climática*. Recuperado de <https://www.uchile.cl/crisisclimatica>
- Vásquez, H. E. (12 de 06 de 2021). Evaluación de la Producción y Mejoramiento de la Calidad de Ladrillo Artesanal Producidos en la Comunidad del Frutillo, Bambamarca, Cajamarca 2016. *Informe Tecnológico Científico*, 12 (1). Recuperado de <https://revistas.ipen.gob.pe/ict/article/view/74>
- Villaquirá, M.; Hernández, E.; Agudelo, K.; Arias, J.; Viera, M. & Carvajal, D. (2021). Evaluación del desempeño térmico de ladrillos ecoamigables con incorporación de residuos de mullita. *Ingeniería y Desarrollo*, 9 (1). Recperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612021000100025#:~:text=La%20conductividad%20t%C3%A9rmica%20de%20los,m%20%C2%B0C%20%5B26%5D.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de operacionalización.

VARIABLES		DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	UND.	INSTRUMENTO
Dependiente	Propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal	Son las características natas que presenta el ladrillo artesanal, luego de terminado su proceso de elaboración.	Dimensiones	Largo, ancho y alto	cm	Regla graduada
			Alabeo	Superficie cóncava o convexa	cm	Regla graduada Cuña para ensayo de alabeo
			Succión	Peso	kg	Horno con control de temperatura
			Absorción	Saturación	kg	Balanza/horno
			Compresión	Fuerza	kg/cm ²	Máquina de compresión
			Conductividad térmica	Calor	°C	Aparato de placa caliente protegida Termómetro digital Sensor
Independiente	Vidrio reciclado	Se trata de un tipo de vidrio que cumplido su fin para el que fue creado y que por su naturaleza puede ser usado para la elaboración de otros productos	Granulometría	Grano fino/grueso	mm	Tamiz

Anexo N° 2. Matriz de consistencia.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cuál es la influencia en las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal fabricado con la adición del 5%, 10% y del 15% de vidrio reciclado, Cajamarca, 2022?</p>	<p>Objetivo general Determinar si las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal mejorarán proporcionalmente con la adición del 5%, 10% y del 15% de vidrio reciclado en su fabricación, Cajamarca, 2022.</p>	<p>Hipótesis general La adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal mejorarán proporcionalmente sus propiedades físico mecánicas, Cajamarca, 2022.</p>	<p>1. Tipo de Investigación Al tratarse de realizar ensayos experimentales para determinar las propiedades físico mecánicas del ladrillo artesanal, es por ello, que la presente investigación es del tipo Cuasi experimental.</p> <p>2. Nivel de Investigación Al tratarse de manipular una variable con la finalidad de observar su efecto sobre la otra variable, por lo que, el nivel de la investigación será explicativa.</p> <p>3. Metodología de la Investigación Se utilizará el método científico, a su vez nos apoyaremos con el inductivo, estadístico, análisis y deductivo.</p>
<p>Problema específico 1 ¿Qué influencia tendrá la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado en sus propiedades físicas como son dimensiones, alabeo, succión y absorción, Cajamarca, 2022?</p>	<p>Objetivo específico 1 Determinar la influencia de la adición de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado, en sus propiedades físicas: dimensiones, alabeo, succión y absorción, Cajamarca, 2022.</p>	<p>Hipótesis específica 1 La influencia de la fabricación de ladrillo con adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en las propiedades físicas de ladrillo artesanal como son variación dimensional, alabeo, succión y absorción, es positiva, Cajamarca, 2022.</p>	<p>4. Diseño de la Investigación Dada la naturaleza de las variables, que son materia de la presente investigación, se trata de una investigación por objetivos.</p> <p>5. Población Está constituida por los ladrillos artesanales fabricado en la ciudad de Cajamarca.</p> <p>6. Muestra De la población anteriormente citada se ha tomado como muestra una cantidad de 80 unidades de albañilería, distribuidas según los ensayos a realizar.</p> <p>7. Técnicas</p>
<p>Problema específico 2 ¿Qué influencia tendrá la fabricación de ladrillo con adición de vidrio reciclado en sus propiedades mecánicas como son resistencia a la compresión y conductividad térmica, Cajamarca, 2022?</p>	<p>Objetivo específico 2 Determinar la influencia de la adición de vidrio reciclado en la fabricación de ladrillo artesanal con adición de vidrio reciclado, en sus propiedades mecánicas: resistencia a la compresión y conductividad térmica, Cajamarca, 2022.</p>	<p>Hipótesis específica 2 La influencia de la fabricación de ladrillo con adición del 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado en las propiedades mecánicas, como son resistencia a la compresión y conductividad térmica, es positiva, Cajamarca, 2022.</p>	<p>Se usará las técnicas de Observación, Técnica Documental y Técnica Experimental.</p> <p>8. Instrumentos Los instrumentos aplicados a las técnicas serán Fichas de Laboratorio, Hojas de Cálculo, Norma E.070, Norma ASTM</p>

--	--	--	--

Anexo N° 3. Procesamiento y tabulación de datos.

Tabla 23

Resultados de granulometría por lavado.

Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
1/2 in.	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 in.	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 in.	6.300	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.80	0.13	0.13	99.87
N°10	2.000	17.40	2.90	3.03	96.97
N°20	0.85	66.10	11.02	14.05	85.95
N°40	0.425	71.00	11.83	25.88	74.12
N°60	0.25	51.10	8.52	34.40	65.60
N°140	0.106	73.90	12.32	46.72	53.28
N°200	0.075	18.80	3.13	49.85	50.15
Perdida	Lavado	300.90	50.15	100.00	0.00
Total		600.00	100.00		

Tabla 24
Resultados del ensayo de contenido de humedad.

Descripción	Muestra		
	M1	M2	M3
Peso de tara (gramos)	28.20	150.70	177.20
Peso de muestra húmeda + tara (gramos)	191.30	966.00	861.80
Peso de muestra seca + tara (gramos)	175.80	888.10	797.30
Peso de muestra húmeda (gramos)	163.10	815.30	684.60
Peso de muestra seca (gramos)	147.60	737.40	620.10
Peso de agua (gramos)	15.50	77.90	64.50
Contenido de humedad (%)	10.50%	10.56%	10.40%

Tabla 25
Resultados del ensayo de límite líquido.

Id	Descripción	Und	1	2	3
A	Identificación de la muestra	Nº	LL1	LL2	LL3
B	Suelo húmedo + recipiente	gr	38.00	38.40	36.10
C	Suelo seco + recipiente	gr	35.47	35.63	33.50
D	Peso de recipiente	gr	28.40	28.30	26.80
E	Peso del agua (B – C)	gr	2.53	2.77	2.60
F	Peso suelo seco (C – D)	gr	7.07	7.33	6.70
G	Número de golpes	N	29.00	26.00	24.00
H	Contenido de humedad (E/F)*100	%	35.79	37.79	38.81

Tabla 26

Resultados del ensayo de límite plástico.

Id	Descripción	Und	1	2	3
A	Identificación de la muestra	N°	LP1	LP2	LP3
B	Suelo húmedo + tara	gr	15.98	17.02	15.99
C	Suelo seco + tara	gr	15.64	16.49	15.62
D	Peso de tara	gr	13.97	13.92	13.86
E	Peso del agua (B – C)	gr	0.34	0.53	0.37
F	Peso suelo seco (C – D)	gr	1.67	2.57	1.76
G	Contenido de humedad (E/F)*100	%	20.36	20.62	21.02
H	Valor del límite plástico (Prom.)	%	20.67		

Tabla 27

Variación dimensional del ladrillo patrón.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			M1-LP	M2-LP	M3-LP	M4-LP	M5-LP
L1	Largo 1	cm	21.20	21.60	20.90	21.40	21.50
L2	Largo 2	cm	21.30	21.50	21.20	21.30	21.40
L3	Largo 3	cm	21.20	21.30	21.50	21.40	21.30
L4	Largo 4	cm	21.30	21.40	21.60	21.20	21.50
A1	Ancho 1	cm	12.50	12.70	12.50	12.60	12.50
A2	Ancho 2	cm	12.50	12.50	12.60	12.70	12.80
A3	Ancho 3	cm	12.50	12.30	12.50	12.60	12.50
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.60	12.40	12.30	12.50
H1	Alto 1	cm	7.80	7.80	7.90	7.70	7.60
H2	Alto 2	cm	7.80	7.60	7.70	7.60	7.60
H3	Alto 3	cm	7.60	7.70	7.80	7.70	7.50
H4	Alto 4	cm	7.70	7.80	7.60	7.80	7.80

Tabla 28

Variación dimensional del ladrillo con adición del 5%.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			M1-5%	M2-5%	M3-5%	M4-5%	M5-5%
L1	Largo 1	cm	21.00	21.40	21.50	21.60	21.40
L2	Largo 2	cm	21.00	21.40	21.50	21.60	21.40
L3	Largo 3	cm	21.00	21.20	21.10	21.60	21.40
L4	Largo 4	cm	21.10	21.30	21.50	21.40	21.20
A1	Ancho 1	cm	21.20	21.40	21.30	21.10	21.00
A2	Ancho 2	cm	12.60	12.70	12.80	12.60	12.50
A3	Ancho 3	cm	12.40	12.60	12.70	12.80	12.60
A4	Ancho 4	cm	12.50	12.70	12.50	12.50	12.60
H1	Alto 1	cm	12.50	12.50	12.60	12.50	12.70
H2	Alto 2	cm	7.70	7.60	7.80	7.50	7.60
H3	Alto 3	cm	7.80	7.70	7.60	7.90	7.70
H4	Alto 4	cm	7.70	7.80	7.50	7.60	7.70

Tabla 29

Variación dimensional del ladrillo con adición del 10%.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			M1-10%	M2-10%	M3-10%	M4-10%	M5-10%
L1	Largo 1	cm	20.90	21.40	21.10	21.60	21.10
L2	Largo 2	cm	21.00	21.30	21.20	21.10	21.50
L3	Largo 3	cm	21.20	21.30	21.60	21.30	21.40
L4	Largo 4	cm	21.00	21.10	21.40	21.50	21.30
A1	Ancho 1	cm	12.50	12.60	12.30	12.70	12.80
A2	Ancho 2	cm	12.50	12.40	12.50	12.60	12.70
A3	Ancho 3	cm	12.50	12.70	12.80	12.40	12.60

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			M1-10%	M2-10%	M3-10%	M4-10%	M5-10%
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.50	12.60	12.40	12.80
H1	Alto 1	cm	8.00	7.80	7.90	7.60	7.70
H2	Alto 2	cm	8.00	7.70	7.70	7.90	7.60
H3	Alto 3	cm	7.90	7.60	7.80	7.80	7.90
H4	Alto 4	cm	8.00	7.90	7.90	7.70	7.60

Tabla 30

Variación dimensional del ladrillo con adición del 15%.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			M1-15%	M2-15%	M3-15%	M4-15%	M5-15%
L1	Largo 1	cm	21.00	21.00	21.00	21.50	21.70
L2	Largo 2	cm	21.00	21.00	21.20	21.00	21.10
L3	Largo 3	cm	21.00	21.10	21.00	21.40	21.30
L4	Largo 4	cm	21.10	21.30	21.00	21.20	21.00
A1	Ancho 1	cm	12.70	12.40	12.50	12.70	12.60
A2	Ancho 2	cm	12.30	12.50	12.60	12.40	12.50
A3	Ancho 3	cm	12.60	12.50	12.50	12.20	12.40
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.50	12.60	12.50	12.70
H1	Alto 1	cm	7.50	7.90	8.00	7.70	7.70
H2	Alto 2	cm	7.80	8.00	7.70	8.00	7.60
H3	Alto 3	cm	8.00	7.90	7.80	8.00	7.90
H4	Alto 4	cm	8.00	7.80	8.00	7.90	7.80

Tabla 31
Ensayo de alabeo del ladrillo patrón.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			AL1-LP	AL2-LP	AL3-LP	AL4-LP	AL5-LP
A	Superficie cóncava	mm	3.50	0.00	2.50	1.00	2.00
B	Borde cóncavo	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C	Superficie convexa	mm	2.00	3.00	3.50	1.50	1.50
D	Borde convexo	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 32
Ensayo de alabeo del ladrillo con 5% de vidrio reciclado.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			AL1-5%	AL2-5%	AL3-5%	AL4-5%	AL5-5%
A	Superficie cóncava	mm	1.00	1.00	3.00	4.00	3.50
B	Borde cóncavo	mm	1.00	0.00	1.00	2.00	1.00
C	Superficie convexa	mm	3.00	1.00	2.00	3.50	3.00
D	Borde convexo	mm	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 33
Ensayo de alabeo del ladrillo con 10% de vidrio reciclado.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			AL1-10%	AL2-10%	AL3-10%	AL4-10%	AL5-10%
A	Superficie cóncava	mm	2.50	3.00	2.00	0.00	3.50
B	Borde cóncavo	mm	0.00	1.00	0.00	1.00	1.50
C	Superficie convexa	mm	3.50	0.00	2.00	0.00	3.00
D	Borde convexo	mm	1.50	0.00	0.00	0.00	2.00

Tabla 34

Ensayo de alabeo del ladrillo con 15% de vidrio reciclado.

Id	Descripción	Und	Identificación del espécimen				
			AL1-15%	AL2-15%	AL3-15%	AL4-15%	AL5-15%
A	Superficie cóncava	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B	Borde cóncavo	mm	0.00	0.00	1.00	1.50	0.00
C	Superficie convexa	mm	3.00	2.00	1.00	3.50	1.00
D	Borde convexo	mm	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00

Anexo N° 4. Base de protocolos de laboratorio de UPN Cajamarca.



DOCUMENTOS DE LOS LABORATORIOS ESPECIALIZADOS DE INGENIERÍA CIVIL – CAJAMARCA 2022



CORREOS INSTITUCIONALES DE LOS ENCARGADOS DE LOS LABORATORIOS:

- **Téc. Víctor Cuzco Minchan:** victor.cuzco@upn.edu.pe
- **Ing. Jorge Hoyos Martínez:** jorge.hoyos@upn.edu.pe
- **Ing. César Valdera Chávez:** cesar.valdera@upn.edu.pe

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en la Universidad Privada del Norte, bajo la supervisión del Asesor de Tesis y por parte de los encargados del laboratorio de suelos y concreto. Los protocolos para la realización de los ensayos están disponibles en la Nube (solo formatos) y se pueden descargar escaneando el siguiente código QR:

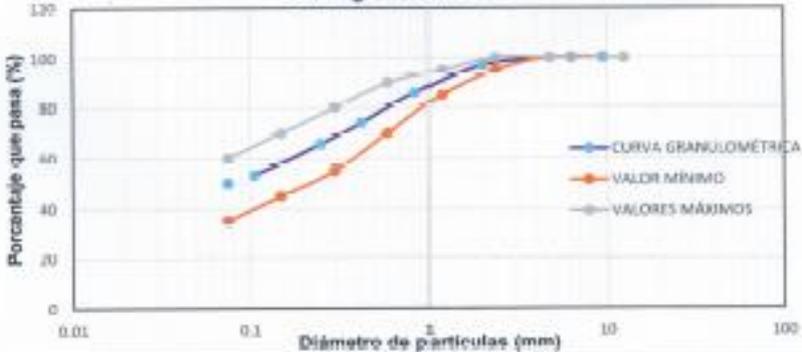
Anexo N° 5. Protocolo del análisis granulométrico mediante tamizado por lavado.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO			
	NORMA:	MTC E 107 / ASTM D421			
	TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"			
CALICATA:	"El Cerrillo"	ESTRATO:	-	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
UBICACION:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE MATERIAL:	Marrón		
FECHA DE MUESTREO:	26/05/2023	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/05/2023	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

Peso muestra seca, Ws	600	gr
-----------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Malta	Abertura (mm)	P.R.P. (gr)	% RP	% RA	% que pasa
1/2 in.	12.5	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 in.	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4 in.	6.3	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	0.80	0.13	0.13	99.87
N° 10	2	17.40	2.90	3.03	96.97
N° 20	0.85	66.10	11.02	14.05	85.95
N° 40	0.425	71.00	11.83	25.88	74.12
N° 60	0.25	51.10	8.52	34.40	65.60
N° 140	0.106	73.90	12.32	46.72	53.28
N° 200	0.075	18.80	3.13	49.85	50.15
Cazoleta	0	300.90	50.15	100.00	0.00
Total		600.00	100.00		

Curva granulométrica



Cu=	9.7488	Cc=	0.9553
-----	--------	-----	--------

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ADJUNTO DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: ALEXANDRA VARGAS GOICOCHEA	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ
FECHA: 26-05-23	FECHA: 26-05-23	FECHA: 26-05-23

Anexo N° 6. Protocolo del ensayo de contenido de humedad.

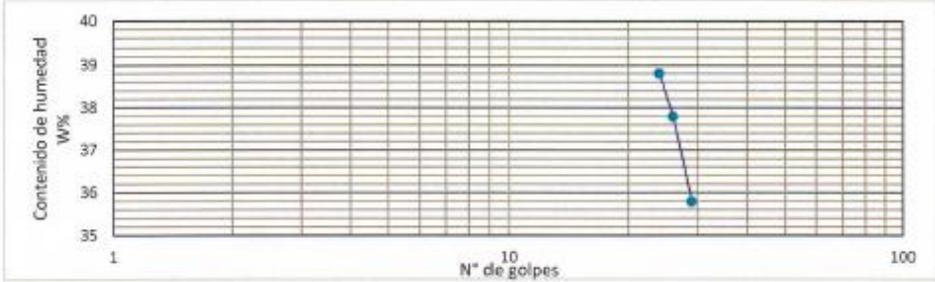
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO											
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD										
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127										
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"										
CALICATA:	"El Cerrillo"	ESTRATO:	-	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla							
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón							
FECHA DE MUESTREO:	26/07/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea							
FECHA DE ENSAYO:	27/07/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez							
Temperatura de Secado 110 °C						Método Horno 110 ± 5 °C						
CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del recipiente o tara	-	M1	M2	M3							
B	Peso del Recipiente	gr	28.20	150.70	177.20							
C	Recipiente + Material Natural	gr	191.30	966.00	861.80							
D	Recipiente + Material Seco	gr	175.80	888.10	797.30							
E	Peso del Material Húmedo (W _{mh}) = C - B	gr	163.10	815.30	684.60							
F	Peso del Material Seco (W _s) = D - B	gr	147.60	737.40	620.10							
W%	Porcentaje de Humedad (E - F / F) * 100	%	10.50	10.56	10.40							
G	Promedio Porcentaje de Humedad	%	10.49									
$\left(W\% = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100 \right)$												
Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.												
OBSERVACIONES:												
RESPONSABLE DEL ENSAYO			COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO				ASESOR					
							 Mario E. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 65922					
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea			NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ				NOMBRE: MARIO E. CARRANZA LIZA					
FECHA: 03-08-2022			FECHA: 03/08/2022				FECHA: 03-08-2022					

Anexo N° 7. Protocolo del ensayo de límites de plasticidad.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD				
	NORMA:	NTP E339.130 / MTC E111 / ASTM D4318				
	TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CALICATA:	"El Cerrillo"	ESTRATO:	-	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla	
UBICACION:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE MATERIAL:	Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	27/07/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea	
FECHA DE ENSAYO:	27/07/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez	

DETERMINACION LIMITE LIQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de la Muestra	N°	LL1	LL2	LL3	
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	38.00	38.40	36.10	
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	35.47	35.63	33.50	
D	Peso de Recipiente	gr	28.40	28.30	26.80	
E	Peso del Agua (B - C)	gr	2.53	2.77	2.60	
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	7.07	7.33	6.70	
G	Número de Golpes	N	29.00	26.00	24.00	
H	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	35.79	37.79	38.81	

DETERMINACION LIMITE PLASTICO (LP)						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
A	Identificación de la Muestra	N°	LP1	LP2	LP3	
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	15.98	17.02	15.99	
C	Suelo Seco + Tara	gr	15.64	16.49	15.62	
D	Peso de Tara	gr	13.97	13.92	13.86	
E	Peso del Agua (B - C)	gr	0.34	0.53	0.37	
F	Peso Suelo Seco (C - D)	gr	1.67	2.57	1.76	
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	20.36	20.62	21.02	
H	Promedio Limite Plástico	%	20.67			



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 03.08.2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 03/08/2022	NOMBRE: MARIO E. GERRAZA LITD FECHA: 03.08.2022

Anexo N° 8. Protocolo del ensayo de peso específico relativo de sólidos.

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS			
	NORMA:	MTC E 113 – 1999 / ASTM D854 / NTP 339 – 131			
	TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022”			
CALICATA:	“El Cerrillo”	ESTRATO:	-	TIPO DE MATERIAL:	Arcilla
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE MATERIAL:		Marrón	
FECHA DE MUESTREO:	01/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	01/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra			
B	Peso en el Aire	gr		
C	Peso Sumergido	gr		
D	Peso Especifico $Y_s = (B/(B-C))$	gr/cm ³		
E	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm ³		

PESO ESPECIFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra			
B	Peso de la Muestra Seca	gr		
C	Volumen de Agua + Muestra seca	cm ³		
D	Peso Especifico ($Y_s = B / D$)	gr/cm ³		
E	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm ³		

NORMA: MTC E 113 – 1999, ASTM D854, NTP 339 – 131

PESO ESPECIFICO DE ARENA GRUESA Y GRAVA				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra	-	PE-1	PE-2
B	Peso de la Muestra Seca	gr	150.00	150.00
C	Peso de Fiola + Agua (500ml)	cm ³	649.81	651.95
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra seca	cm ³	739.72	721.13
E	Peso de Fiola + Agua - Aire	cm ³	559.90	582.77
F	Peso Especifico ($Y_s = ((B / (D + C - E)))$)	gr/cm ³	1.67	2.17
G	Promedio del Peso Especifico "Ys"	gr/cm ³	1.92	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA: 03.08.2022	FECHA: 03/08/2022	FECHA: 03.08.2022

Anexo N° 9. Protocolo del ensayo de variación adimensional – ladrillo patrón.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
PROTOCOLO									
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO:	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
		NORMA:	NTP 399.613 - 339.604						
		TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"						
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal				
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro						
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea						
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez						

VARIACION DIMENSIONAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
-	Identificación del ladrillo	-	M1-LP	M2-LP	M3-LP	M4-LP	M5-LP	
L1	Largo 1	cm	21.20	21.60	20.90	21.40	21.50	
L2	Largo 2	cm	21.30	21.50	21.20	21.30	21.40	
L3	Largo 3	cm	21.20	21.30	21.50	21.40	21.30	
L4	Largo 4	cm	21.30	21.40	21.60	21.20	21.50	
A1	Ancho 1	cm	12.50	12.70	12.50	12.60	12.50	
A2	Ancho 2	cm	12.50	12.50	12.60	12.70	12.80	
A3	Ancho 3	cm	12.50	12.30	12.50	12.60	12.50	
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.60	12.40	12.30	12.50	
H1	Alto 1	cm	7.80	7.80	7.90	7.70	7.60	
H2	Alto 2	cm	7.80	7.60	7.70	7.60	7.60	
H3	Alto 3	cm	7.60	7.70	7.80	7.70	7.50	
H4	Alto 4	cm	7.70	7.80	7.60	7.80	7.80	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07.09.2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO P. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 88822 FECHA: 07.09.2022

Anexo N° 10. Protocolo del ensayo de variación adimensional – ladrillo 5%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO:	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
		NORMA:	NTP 399.613 - 339.604					
		TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal			
UBICACION:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro					
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea					
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez					

VARIACION DIMENSIONAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
-	Identificación del ladrillo	-	M1-5%	M2-5%	M3-5%	M4-5%	M5-5%	
L1	Largo 1	cm	21.00	21.40	21.50	21.60	21.40	
L2	Largo 2	cm	21.00	21.20	21.10	21.60	21.40	
L3	Largo 3	cm	21.10	21.30	21.50	21.40	21.20	
L4	Largo 4	cm	21.20	21.40	21.30	21.10	21.00	
A1	Ancho 1	cm	12.60	12.70	12.80	12.60	12.50	
A2	Ancho 2	cm	12.40	12.60	12.70	12.80	12.60	
A3	Ancho 3	cm	12.50	12.70	12.50	12.50	12.60	
A4	Ancho 4	cm	12.50	12.50	12.60	12.50	12.70	
H1	Alto 1	cm	7.70	7.60	7.80	7.50	7.60	
H2	Alto 2	cm	7.80	7.70	7.60	7.90	7.70	
H3	Alto 3	cm	7.70	7.80	7.50	7.60	7.70	
H4	Alto 4	cm	7.90	7.50	7.80	7.60	7.70	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		  Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 85922
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 11. Protocolo del ensayo de variación adimensional – ladrillo 10%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
	NORMA:	NTP 399.613 - 339.604						
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"						
	CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro			
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			

VARIACIÓN DIMENSIONAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
-	Identificación del ladrillo	-	M1-10%	M2-10%	M3-10%	M4-10%	M5-10%	
L1	Largo 1	cm	20.90	21.40	21.10	21.60	21.10	
L2	Largo 2	cm	21.00	21.30	21.20	21.10	21.50	
L3	Largo 3	cm	21.20	21.30	21.60	21.30	21.40	
L4	Largo 4	cm	21.00	21.10	21.40	21.50	21.30	
A1	Ancho 1	cm	12.50	12.60	12.30	12.70	12.80	
A2	Ancho 2	cm	12.50	12.40	12.50	12.60	12.70	
A3	Ancho 3	cm	12.50	12.70	12.60	12.40	12.60	
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.50	12.60	12.40	12.80	
H1	Alto 1	cm	8.00	7.80	7.90	7.60	7.70	
H2	Alto 2	cm	8.00	7.70	7.70	7.90	7.60	
H3	Alto 3	cm	7.90	7.60	7.80	7.80	7.90	
H4	Alto 4	cm	8.00	7.90	7.90	7.70	7.60	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	 NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	 NOMBRE: MARIO R. CARANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 85922 FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 12. Protocolo del ensayo de variación adimensional – ladrillo 15%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO:	VARIACIÓN DIMENSIONAL DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
		NORMA:	NTP 399.613 - 339.604					
		TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal			
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro					
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea					
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez					

VARIACION DIMENSIONAL								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6
-	Identificación del ladrillo	-	M1-15%	M2-15%	M3-15%	M4-15%	M5-15%	
L1	Largo 1	cm	21.00	21.00	21.00	21.50	21.70	
L2	Largo 2	cm	21.00	21.00	21.20	21.00	21.10	
L3	Largo 3	cm	21.00	21.10	21.00	21.40	21.30	
L4	Largo 4	cm	21.10	21.30	21.00	21.20	21.00	
A1	Ancho 1	cm	12.70	12.40	12.50	12.70	12.60	
A2	Ancho 2	cm	12.30	12.50	12.60	12.40	12.50	
A3	Ancho 3	cm	12.60	12.50	12.50	12.20	12.40	
A4	Ancho 4	cm	12.40	12.50	12.60	12.50	12.70	
H1	Alto 1	cm	7.50	7.90	8.00	7.70	7.70	
H2	Alto 2	cm	7.80	8.00	7.70	8.00	7.60	
H3	Alto 3	cm	8.00	7.90	7.80	8.00	7.90	
H4	Alto 4	cm	8.00	7.80	8.00	7.90	7.80	

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-22	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: VIDRIO E. LAZ PANIAGUA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 13. Protocolo del ensayo de alabeo – ladrillo patrón.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA						
	NORMA:	NTP 399.613						
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"						
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal			
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro			
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			

ALABEO								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	AL1-LP	AL2-LP	AL3-LP	AL4-LP	AL5-LP	
A	Superficie Cóncava	mm	3.50	0.00	2.50	1.00	2.00	
B	Borde Cóncavo	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
C	Superficie Convexa	mm	2.00	3.00	3.50	1.50	1.50	
D	Borde Convexo	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Promedio Concavidad	0.90
Promedio Convexidad	1.15

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 02-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 65828 FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 14. Protocolo del ensayo de alabeo – ladrillo 5%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
	NORMA:	NTP 399.613						
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"						
	CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro			
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			

ALABEO								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	AL1-5%	AL2-5%	AL3-5%	AL4-5%	AL5-5%	
A	Superficie Cóncava	mm	1.00	1.00	3.00	4.00	3.50	
B	Borde Cóncavo	mm	1.00	0.00	1.00	2.00	1.00	
C	Superficie Convexa	mm	3.00	1.00	2.00	3.50	3.00	
D	Borde Convexo	mm	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	

Promedio Concavidad	1.75
Promedio Convexidad	1.65

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	 NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	  NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 15. Protocolo del ensayo de alabeo – ladrillo 10%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
PROTOCOLO								
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA						
	NORMA:	NTP 399.613						
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"						
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal			
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro			
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022			RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022			REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			

ALABEO								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	AL1-10%	AL2-10%	AL3-10%	AL4-10%	AL5-10%	
A	Superficie Cóncava	mm	2.50	3.00	2.00	0.00	3.50	
B	Borde Cóncavo	mm	0.00	1.00	0.00	1.00	1.50	
C	Superficie Convexa	mm	3.50	0.00	2.00	0.00	3.00	
D	Borde Convexo	mm	1.50	0.00	0.00	0.00	2.00	

Promedio Concavidad	1.45
Promedio Convexidad	1.20

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07.04.2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 16. Protocolo del ensayo de alabeo – ladrillo 15%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYO:	ALABEO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA				
		NORMA:	NTP 399.613				
		TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro				
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea				
FECHA DE ENSAYO:	24/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez				

ALABEO								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	AL1-15%	AL2-15%	AL3-15%	AL4-15%	AL5-15%	
A	Superficie Cóncava	mm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
B	Borde Cóncavo	mm	0.00	0.00	1.00	1.50	0.00	
C	Superficie Convexa	mm	3.00	2.00	1.00	3.50	1.00	
D	Borde Convexo	mm	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	

Promedio Concavidad	0.25
Promedio Convexidad	1.25

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 17. Protocolo del ensayo de succión – ladrillo patrón.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	SUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA			
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604			
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"			
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro
FECHA DE MUESTREO:	26/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea	
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez	

SUCCIÓN								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	S1-LP	S2-LP	S3-LP	S4-LP	S4-LP	
Ws	Peso seco del espécimen	gr	3032.54	3063.48	3045.09	3022.14	3083.38	
Wm	Peso mojado y secado con paño del espécimen	gr	3082.02	3119.62	3104.11	3085.69	3130.84	
l	Largo del ladrillo	cm	21.20	21.00	20.90	21.40	21.50	
a	Ancho del ladrillo	cm	12.50	12.40	12.50	12.40	12.50	
A	Área del espécimen en contacto con agua	cm ²	265.00	260.40	261.25	265.36	268.75	
Suc	Succión del Especimen (gramos/200cm ²)	Suc	37.34	43.12	45.18	47.90	35.32	
Pr	Promedio de Succión (gramos/200cm ²)	Suc	41.77					

$$\left(Suc = \frac{(Wm - Ws) \cdot 200}{A} \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 27-09-2022	 NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	  NOMBRE: Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 60922 FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 18. Protocolo del ensayo de succión – ladrillo 5%.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	SUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA			
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604			
TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	26/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez		

SUCCIÓN								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	S1 - 5%	S2 - 5%	S3 - 5%	S4 - 5%	S4 - 5%	
Ws	Peso seco del espécimen	gr	3051.49	3091.05	3095.86	3070.55	3107.62	
Wm	Peso mojado y secado con paño del espécimen	gr	3126.50	3192.31	3188.79	3162.50	3196.77	
l	Largo del ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	
a	Ancho del ladrillo	cm	12.60	12.50	12.50	12.40	12.50	
A	Área del espécimen en contacto con agua	cm ²	264.60	262.50	262.50	260.40	262.50	
Suc	Succión del Especimen (gramos/200cm ²)	Suc	56.70	77.15	70.80	70.62	67.92	
Pr	Promedio de Succión (gramos/200cm ²)	Suc	68.64					

$$\left(Suc = \frac{(Wm - Ws) + 200}{A} \right)$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		 
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-04-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARABANA LIZA FECHA: 07-04-2022

Anexo N° 19. Protocolo del ensayo de succión – ladrillo 10%.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:		SUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA		
	NORMA:		NTP 399.613 / NTP 399.604		
	TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"		
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	26/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

SUCCIÓN								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	S1 - 10%	S2 - 10%	S3 - 10%	S4 - 10%	S4 - 10%	
Ws	Peso seco del espécimen	gr	3097.68	3000.39	3101.47	3147.00	3126.64	
Wm	Peso mojado y secado con paño del espécimen	gr	3181.42	3096.32	3192.43	3235.23	3208.33	
l	Largo del ladrillo	cm	20.90	21.00	21.10	21.00	21.00	
a	Ancho del ladrillo	cm	12.50	12.50	12.30	12.50	12.50	
A	Área del espécimen en contacto con agua	cm ²	261.25	262.50	259.53	262.50	262.50	
Suc	Succión del Especimen (gramos/200cm ²)	Suc	64.11	73.09	70.10	67.22	62.24	
Pr	Promedio de Succión (gramos/200cm ²)	Suc	67.35					

$$\left(Suc = \frac{(Wm - Ws) + 200}{A} \right)$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 20. Protocolo del ensayo de succión – ladrillo 15%.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	SUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA			
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604			
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca	COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	26/08/2022	RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022	REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

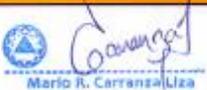
SUCCIÓN								
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	OBSERVACIONES
-	Identificación del espécimen	-	S1 - 15%	S2 - 15%	S3 - 15%	S4 - 15%	S4 - 15%	
Ws	Peso seco del espécimen	gr	3093.92	3127.55	3132.46	3096.47	3122.46	
Wm	Peso mojado y secado con paño del espécimen	gr	3182.92	3220.64	3217.13	3186.60	3210.47	
l	Largo del ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	
a	Ancho del ladrillo	cm	12.70	12.40	12.50	12.50	12.50	
A	Área del espécimen en contacto con agua	cm ²	266.70	260.40	262.50	262.50	262.50	
Suc	Succión del Especimen (gramos/200cm ²)	Suc	66.74	71.50	64.51	68.67	67.06	
Pr	Promedio de Succión (gramos/200cm ²)	Suc	67.70					

$$\left(Suc = \frac{(Wm - Ws) * 200}{A} \right)$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO P. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 21. Protocolo del ensayo de absorción – ladrillo patrón.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROCOLO						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604					
	TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	25/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			
Temperatura de Secado 110 °C				Método Horno 110 ± 5 °C			
ABSORCIÓN							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
-	Identificación del espécimen	-	AB1-LP	AB2-LP	AB3-LP	AB4-LP	AB5-LP
Wsec	Peso Seco del Ladrillo	gr	3018.98	3069.93	3083.95	2981.95	3087.31
Wsat	Peso Saturado del Saturado	gr	3476.71	3446.61	3509.56	3466.82	3505.24
Abs	Absorción del ladrillo	%	15.16	12.27	13.80	16.26	13.54
Prom	Promedio de Absorción del ladrillo	%	14.21				
$\left(Abs = \frac{(Wsat - Wsec)}{Wsec} \cdot 100 \right)$							
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE DEL ENSAYO		COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO			ASESOR		
					 Mario R. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 88922		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea		NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ			NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA		
FECHA: 07.09.2022		FECHA: 07/09/2022			FECHA: 07-09-2022		

Anexo N° 22. Protocolo del ensayo de absorción – ladrillo 5%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604					
	TESIS:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	25/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez			

<u>Temperatura de Secado</u> 110 °C	<u>Método</u> Horno 110 ± 5 °C
--	-----------------------------------

ABSORCIÓN							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
-	Identificación del espécimen	-	AB1-5%	AB2-5%	AB3-5%	AB4-5%	AB5-5%
Wsec	Peso Seco del Ladrillo	gr	3304.63	3132.41	3176.89	3266.55	3210.63
Wsat	Peso Saturado del Saturado	gr	3546.90	3570.80	3607.40	3575.20	3594.70
Abs	Absorción del ladrillo	%	7.33	14.00	13.55	9.45	11.96
Prom	Promedio de Absorción del ladrillo	%	11.26				

$$\left(Abs = \frac{(Wsat - Wsec)}{Wsec} \cdot 100 \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: MARIO E. CASARIEGO LIZA
FECHA: 02.08.2022	FECHA: 07/08/2022	FECHA: 07.08.2022

Anexo N° 23. Protocolo del ensayo de absorción – ladrillo 10%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604					
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	25/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez			

Temperatura de Secado	Método
110 °C	Horno 110 ± 5 °C

ABSORCIÓN							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
-	Identificación del espécimen	-	AB1-10%	AB2-10%	AB3-10%	AB4-10%	AB5-10%
Wsec	Peso Seco del Ladrillo	gr	3115.01	3129.02	3228.85	3159.82	3348.47
Wsat	Peso Saturado del Saturado	gr	3594.70	3592.30	3645.00	3535.80	3638.30
Abs	Absorción del ladrillo	%	15.40	14.81	12.89	11.90	8.66
Prom	Promedio de Absorción del ladrillo	%	12.73				

$$\left(Abs = \frac{Wsat - Wsec}{Wsec} \cdot 100 \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07.09.2022	 NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	  NOMBRE: Mayra R. Goicochea Liza FECHA: 07.09.2022

Anexo N° 24. Protocolo del ensayo de absorción – ladrillo 15%.

LABORATORIO DE CONCRETO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO						
	ENSAYO:	ABSORCIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604					
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal		
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	24/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea			
FECHA DE ENSAYO:	25/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martinez			

<u>Temperatura de Secado</u>	<u>Método</u>
110 °C	Horno 110 ± 5 °C

ABSORCIÓN							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
-	Identificación del espécimen	-	AB1-15%	AB2-15%	AB3-15%	AB4-15%	AB5-15%
Wsec	Peso Seco del Ladrillo	gr	3104.60	3110.48	3105.00	3152.68	3134.57
Wsat	Peso Saturado del Saturado	gr	3571.50	3567.90	3596.80	3579.70	3565.00
Abs	Absorción del ladrillo	%	15.04	14.71	15.84	13.54	13.73
Prom	Promedio de Absorción del ladrillo	%	14.57				

$$\left(Abs = \frac{(Wsat - Wsec)}{Wsec} * 100 \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ	NOMBRE: MARIO E. CARRANZA INZA
FECHA: 07-09-2022	FECHA: 07/09/2022	FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 25. Protocolo del ensayo de resistencia a la compresión – ladrillo patrón.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604				
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	25/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECÍMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-LP	21.20	12.50	7.80	16,213.00	265.00	61.18
RC2-LP	21.60	12.70	7.80	14,552.00	274.32	53.05
RC3-LP	20.90	12.50	7.90	16,229.00	261.25	62.12
RC4-LP	21.40	12.60	7.70	14,076.00	269.64	52.20
RC5-LP	21.50	12.50	7.60	13,866.00	268.75	51.59
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
					fb promedio (kg/cm ²)	56.03
					Desviación Estándar (σ)	5.17
					Coefficiente de Variación (CV)	9.22
					f'b (kg/cm ²)	50.86

$fb = \frac{P_{máx}}{Ab}$ $f'b = fb \text{ prom} - \sigma$
 $Ab = L \cdot A$ C. Variación = $\frac{\sigma}{fb} \cdot 100$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 03-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: Mario E. Carranza Liza FECHA: 03-09-2022

Anexo N° 26. Protocolo del ensayo de resistencia a la compresión – ladrillo 5%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
PROTOCOLO						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA					
	NORMA: NTP 399.613 / NTP 399.604					
	TESIS: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	25/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

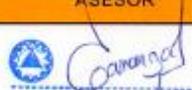
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECÍMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-5%	21.00	12.60	7.70	15,772.00	284.60	59.61
RC2-5%	21.40	12.70	7.60	16,536.00	271.78	60.84
RC3-5%	21.50	12.80	7.80	19,827.00	275.20	71.32
RC4-5%	21.60	12.60	7.50	16,140.00	272.16	59.30
RC5-5%	21.40	12.50	7.60	15,911.00	267.50	59.48
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
					fb promedio (kg/cm ²)	62.11
					Desviación Estándar (σ)	5.18
					Coefficiente de Variación (CV)	8.35
					f'b (kg/cm ²)	56.93

$$fb = \frac{P_{máx}}{A_b}$$

$$f'b = fb \text{ prom} - \sigma$$

$$A_b = L \cdot A$$

$$C. \text{ Variación} = \frac{\sigma}{fb} \cdot 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTÍNEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: Mario E. Carranza Liza INGENIERO CIVIL CIP 88922 FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 27. Protocolo del ensayo de resistencia a la compresión – ladrillo 10%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604				
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	25/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECIMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-10%	20.90	12.50	8.00	17,963.00	261.25	68.76
RC2-10%	21.40	12.60	7.80	16,713.00	269.64	61.98
RC3-10%	21.10	12.30	7.90	17,682.00	259.53	68.13
RC4-10%	21.60	12.70	7.60	16,835.00	274.32	61.37
RC5-10%	21.10	12.80	7.70	16,737.00	270.08	61.97
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
					fb promedio (kg/cm ²)	64.44
					Desviación Estándar (σ)	3.67
					Coefficiente de Variación (CV)	5.69
					f'b (kg/cm ²)	60.77

$$fb = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_b}$$

$$f'b = fb \text{ prom} - \sigma$$

$$A_b = L \cdot A$$

$$C. \text{ Variación} = \frac{\sigma}{fb} \cdot 100$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARÍA R. CAERANIA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 28. Protocolo del ensayo de resistencia a la compresión – ladrillo 15%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	NTP 399.613 / NTP 399.604				
	TESIS:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022”				
CANTERA:	“El Cerrillo”	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	25/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	26/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ESPECIMEN	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máx (kg)	Ab (cm ²)	fb (kg/cm ²)
RC1-15%	21.00	12.50	7.70	17,963.00	262.50	68.43
RC2-15%	21.00	12.70	7.60	16,713.00	266.70	62.67
RC3-15%	21.00	12.50	7.80	17,682.00	262.50	67.36
RC4-15%	21.50	12.60	7.50	16,835.00	270.90	62.14
RC5-15%	21.70	12.50	7.60	16,737.00	271.25	61.70
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
					fb promedio (kg/cm²)	64.46
					Desviación Estándar (σ)	3.18
					Coefficiente de Variación (CV)	4.93
					f'b (kg/cm²)	61.28

$fb = \frac{P_{máx}}{Ab}$

$f'b = fb \text{ prom} - \sigma$

$Ab = L \cdot A$

$C. \text{ Variación} = \frac{\sigma}{fb} \cdot 100$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTÍNEZ	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA
FECHA: 07-09-2022	FECHA: 07/09/2022	FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 29. Protocolo del ensayo de conductividad térmica – ladrillo patrón.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	ASTM C177-13				
TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"					
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	27/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	27/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-LP	CD2-LP	CD3-LP	CD3-LP
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.20	21.00	20.90	21.50
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.50	12.40	12.50	12.40
H	Alto del Ladrillo	cm	7.80	8.00	7.90	8.00
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	134.90		133.50	
	Temperatura Placa Fría	°C	40.70	31.40	39.60	37.20
T1	Temperatura de la Placa Caliente (*K = 273.15 + °C)	*K	408.05	408.05	406.65	406.65
T2	Temperatura de la Placa Fría (*K = 273.15 + °C)	*K	313.85	304.55	312.75	310.35
λ	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO (W / (m · °K))	-	0.87	0.77	0.87	0.81

Conductividad promedio =	0.83
--------------------------	------

$$\left(\lambda = \frac{Pot \cdot A}{L \cdot H \cdot (T1 - T2)} \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTÍNEZ	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA
FECHA: 07-09-2022	FECHA: 07/07/2022	FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 30. Protocolo del ensayo de conductividad térmica – ladrillo 5%.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:		CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA			
	NORMA:		ASTM C177-13			
	TESIS:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"			
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca		COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro		
FECHA DE MUESTREO:	27/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	27/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-5%	CD2-5%	CD3-5%	CD4-5%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.60	12.50	12.50	12.40
H	Alto del Ladrillo	cm	8.00	8.00	8.00	8.00
T*	Temperatura Placa Caliente	°C	112.80		109.70	
	Temperatura Placa Fría	°C	47.60	52.20	49.60	57.50
T1	Temperatura de la Placa Caliente (*K = 273.15 + °C)	*K	385.95	385.95	382.85	382.85
T2	Temperatura de la Placa Fría (*K = 273.15 + °C)	*K	320.75	325.35	322.75	330.65
A	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO (W / (m · °K))	-	1.24	1.33	1.34	1.53

Conductividad promedio = 1.36

$$\left(\lambda = \frac{Pot \cdot A}{L \cdot H \cdot (T1 - T2)} \right)$$

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		  Mario E. Carrazza Liza INGENIERO CIVIL CIP 55982
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO E. CARRAZZA LIZA FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 31. Protocolo del ensayo de conductividad térmica – ladrillo 10%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROCOLO					
	ENSAYO:	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	ASTM C177-13				
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	27/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	27/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-10%	CD2-10%	CD3-10%	CD4-10%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	20.90	21.00	21.10	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.50	12.50	12.30	12.50
H	Alto del Ladrillo	cm	8.00	7.80	7.90	8.00
T°	Temperatura Placa Caliente	°C	114.80		107.90	
	Temperatura Placa Fría	°C	75.50	61.00	65.40	72.40
T1	Temperatura de la Placa Caliente (*K = 273.15 + °C)	*K	387.95	387.95	381.05	381.05
T2	Temperatura de la Placa Fría (*K = 273.15 + °C)	*K	348.65	334.15	338.55	345.55
λ	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO (W / (m · °K))	-	2.05	1.53	1.88	2.26

Conductividad promedio =	1.93
--------------------------	------

$$\lambda = \frac{Pot \cdot A}{L \cdot H \cdot (T1 - T2)}$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: María E. Liza Carzaniga FECHA: 07-09-2022

Anexo N° 32. Protocolo del ensayo de conductividad térmica – ladrillo 15%.

LABORATORIO DE MATERIALES - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA				
	NORMA:	ASTM C177-13				
	TESIS:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL LADRILLO ARTESANAL MEDIANTE LA ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA - 2022"				
CANTERA:	"El Cerrillo"	MUESTRA:	-	TIPO DE LADRILLO:	Artesanal	
UBICACIÓN:	El Cerrillo - Sta. Bárbara - Cajamarca			COLOR DE LADRILLO:	Naranja Claro	
FECHA DE MUESTREO:	27/08/2022		RESPONSABLE:	Alexandra Vargas Goicochea		
FECHA DE ENSAYO:	27/08/2022		REVISADO POR:	Jorge Hoyos Martínez		

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4
-	Identificación de la Muestra	-	CD1-15%	CD2-15%	CD3-15%	CD4-15%
Pot	Potencia de Energía Eléctrica	W	1080.00	1080.00	1080.00	1080.00
L	Largo del Ladrillo	cm	21.00	21.00	21.00	21.00
A	Ancho del Ladrillo	cm	12.70	12.40	12.50	12.50
H	Alto del Ladrillo	cm	7.50	7.90	8.00	7.70
T*	Temperatura Placa Caliente	°C	107.10		97.20	
	Temperatura Placa Fría	°C	55.90	59.90	47.40	56.60
T1	Temperatura de la Placa Caliente (*K = 273.15 + °C)	*K	380.25	380.25	370.35	370.35
T2	Temperatura de la Placa Fría (*K = 273.15 + °C)	*K	329.05	333.05	320.55	329.75
λ	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL LADRILLO (W / (m · °K))	-	1.70	1.71	1.61	2.06

Conductividad promedio =	1.77
--------------------------	------

$$\left(\lambda = \frac{Pot \cdot A}{L \cdot H \cdot (T1 - T2)} \right)$$

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR / ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		  MARIO R. CARRANZA LIZA INGENIERO CIVIL CIP 65922
NOMBRE: Alexandra Vargas Goicochea FECHA: 07-09-2022	NOMBRE: JORGE HOYOS MARTINEZ FECHA: 07/09/2022	NOMBRE: MARIO R. CARRANZA LIZA FECHA: 07-09-2022