



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ADICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS AL LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN FUNCIÓN A LA NORMA E-070- CAJAMARCA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Alex Javier Gutierrez Calua

Gregorio Oyarce Palma

Asesor:

Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

- El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno los anhelos más deseados.
- A nuestros padres, hermanos, esposas, hijos y a todas las personas que brindaron su apoyo, amor, comprensión e impartieron sus conocimientos para poder culminar con éxito esta hermosa carrera que es la Ingeniería Civil.

AGRADECIMIENTO

- Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.
- Gracias a nuestros padres: Elmer y Elvia; y, Eleuterio e Inés, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.
- A nuestro asesor Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez, por el apoyo en el desarrollo de la presente tesis de investigación, por ser un buen profesional y por tener paciencia con nosotros.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	16
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	33
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	33
1.4 OBJETIVOS.....	34
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	34
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	34
1.5 HIPÓTESIS.....	34
1.5.1 <i>Hipótesis específicas</i>	34
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	35
2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	35
2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	36
2.3 VARIABLES DE ESTUDIO	37
2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37

2.5	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	39
2.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS.....	40
2.6.1	<i>Métodos de procedimiento</i>	40
2.6.2	<i>Técnicas</i>	41
2.6.3	<i>Instrumentos de recolección de datos</i>	41
2.7	MATERIALES QUE SE UTILIZÓ EN NUESTRA INVESTIGACIÓN.	42
2.8	PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO	44
2.8.1	<i>Ensayos para las propiedades físicas de la arcilla</i>	44
2.8.2	<i>Elaboración de ladrillos de arcilla adicionando los 3 tipos de residuos (Cerámica molida, Aserrín de pino y Mortero de revestimiento)</i>	50
2.8.3	<i>Ensayos realizados en laboratorio de la Universidad Privada del Norte</i>	53
2.9	ANÁLISIS DE DATOS.	58
2.10	ASPECTOS ÉTICOS.....	59
2.11	APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS.	60
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....		61
3.1	ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ARCILLA	61
3.1.1	<i>Contenido de humedad</i>	61
3.1.2	<i>Límite líquido y límite plástico</i>	61
3.1.3	<i>Granulometría</i>	63
3.2	ENSAYOS CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.....	64
3.2.1	<i>Variación dimensional</i>	64
3.2.2	<i>Alabeo</i>	68
3.3	ENSAYOS NO CLASIFICATORIOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	69
3.3.1	<i>Absorción</i>	69
3.3.2	<i>Succión</i>	71
3.4	ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE ARCILLA.....	73

3.4.1	<i>Unidades de albañilería</i>	73
CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES.....		77
4.1	LIMITACIONES	77
4.2	INTERPRETACIÓN COMPARATIVA.....	77
4.3	IMPLICANCIAS.	80
4.4	CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.....		83
ANEXOS		86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas	22
Tabla 2. Clases de unidades de albañilería para fines estructurales	31
Tabla 3. Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación.....	31
Tabla 4. Numero total de muestras para cada ensayo	38
Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	41
Tabla 6. Ubicación geográfica de la ladrillera donde se realizó el estudio.....	51
Tabla 7. Dosificación por cada unidad de ladrillo	53
Tabla 8. Dosificaciones para 35 unidades de ladrillo	53
Tabla 9. Variación dimensional de las unidades de ladrillo artesanal	58
Tabla 10. Alabeo de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal	58
Tabla 11. Resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal	59
Tabla 12. Contenido de humedad	61
Tabla 13. Limite liquido	61
Tabla 14. Límite plástico	62
Tabla 15. Índice de plasticidad	62
Tabla 16. Análisi granulometrico	63
Tabla 17. Cálculo de la variación dimensional en la muestra patrón de 10 unidades de ladrillo de arcilla	64
Tabla 18. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de residuos.....	65
Tabla 19. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de residuos.....	66
Tabla 20. Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de residuos.....	67

Tabla 21. Resultado de las medidas de alabeo en las 10 unidades de ladrillo de arcilla	68
Tabla 22. Resultado promedio de la absorcion de la muestra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla	69
Tabla 23. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos	70
Tabla 24. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos	70
Tabla 25. Resultado promedio de la absorcion de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos	71
Tabla 26. Resultado promedio de la succion de la muestra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla	71
Tabla 27. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos	72
Tabla 28. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos	72
Tabla 29. Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos	73
Tabla 30. Resultado de resistencia a la compresión de la muestra patron de 5 unidades de ladrillo de arcilla.....	73
Tabla 31. Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos	74
Tabla 32. Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos	74
Tabla 33. Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos	75

Tabla 34. Resultado del incremento de la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla adicionado los diferentes porcentajes de residuos	75
Tabla 35. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 1.....	98
Tabla 36. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 2.....	99
Tabla 37. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 3.....	100
Tabla 38. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 4.....	101
Tabla 39. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra patrón 5.....	102
Tabla 40. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 3% de adición de residuos ...	103
Tabla 41. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 3% de adición de residuos ...	104
Tabla 42. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 3% de adición de residuos ...	105
Tabla 43. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 3% de adición de residuos ...	106
Tabla 44. esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 3% de adición de residuos...	107
Tabla 45. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 5% de adición de residuos ...	108
Tabla 46 . Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 5% de adición de residuos ..	109
Tabla 47. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 5% de adición de residuos ...	110
Tabla 48. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 5% de adición de residuos ...	111
Tabla 49. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 5% de adición de residuos ...	111
Tabla 50. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 7% de adición de residuos ...	112
Tabla 51. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 7% de adición de residuos ...	113
Tabla 52. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 7% de adición de residuos ...	113
Tabla 53. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 7% de adición de residuos ...	114
Tabla 54. Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 7% de adición de residuos ...	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de cocción de un producto de arcilla	28
Figura 2. Vista panorámica de la ladrillera “El cerrillo”.....	51
Figura 3. Curva de fluidez	62
Figura 4. Análisis granulométrico	63
Figura 5. Variación dimensional de la muestra patrón y de la NTP 331.017	65
Figura 6. Variación dimensional de la muestra con 3% de residuos y de la NTP 331.017.....	66
Figura 7. Variación dimensional de la muestra con 5% de residuos y de la NTP 331.017.....	67
Figura 8. Variación dimensional de la muestra con 7% de residuos y de la NTP 331.017.....	68
Figura 9. Peso de material para determinar contenido de humedad	87
Figura 10. Realizando ensayo de límite líquido	87
Figura 11. Realizando ensayo de límite plástico	88
Figura 12. Ensayo de granulometría.....	88
Figura 13. Pesando los porcentajes de residuos.....	89
Figura 14. Mezclando los porcentajes de residuos con la arcilla.....	89
Figura 15. Haciendo el batido de la arcilla con los residuos.....	90
Figura 16. Mezcla de los residuos con la arcilla listo para moldear	90
Figura 17. Moldeando los ladrillos	91
Figura 18. Colocando los ladrillos para el secado correspondiente.....	91
Figura 19. Ladrillos colocados para el proceso de secado.....	92
Figura 20. Ladrillos secos	92
Figura 21. Colocación del ladrillo para la cocción	93
Figura 22. Horno clausurado para la cocción	93
Figura 23. Ladrillo cocido después de sacarlos del horno.....	94
Figura 24. Realizando la variación dimensional.....	94

Figura 25. Realizando el ensayo de succión	95
Figura 26. Realizando el ensayo de Alabeo.....	95
Figura 27. Realizando el ensayo de Absorción.....	96
Figura 28. Colocando yeso a las caras del ladrillo	96
Figura 29. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión	97
Figura 30. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión	97
Figura 31. Deformación unitaria de la muestra P1	98
Figura 32. Deformación unitaria de la muestra P2	99
Figura 33. Deformación unitaria de la muestra P3	100
Figura 34. Deformación unitaria de la muestra P4	101
Figura 35. Deformación unitaria de la muestra P5	102
Figura 36. Deformación unitaria de la muestra 1 al 3% de adición de Residuos	103
Figura 37. Deformación unitaria de la muestra 2 al 3% de adición de Residuos	104
Figura 38. Deformación unitaria de la muestra 3 al 3% de adición de Residuos	105
Figura 39. Deformación unitaria de la muestra 4 al 3% de adición de Residuos	106
Figura 40. Deformación unitaria de la muestra 5 al 3% de adición de Residuos	107
Figura 41. Deformación unitaria de la muestra 1 al 5% de adición de Residuos	108
Figura 42. Deformación unitaria de la muestra 2 al 5% de adición de Residuos	109
Figura 43. Deformación unitaria de la muestra 3 al 5% de adición de Residuos	110
Figura 44. Deformación unitaria de la muestra 4 al 5% de adición de Residuos	111
Figura 45. Deformación unitaria de la muestra 5 al 5% de adición de Residuos	112
Figura 46. Deformación unitaria de la muestra 1 al 7% de adición de Residuos	112
Figura 47 Deformación unitaria de la muestra 2 al 7% de adición de Residuos	113
Figura 48. Deformación unitaria de la muestra 3 al 7% de adición de Residuos	114
Figura 49. Deformación unitaria de la muestra 4 al 7% de adición de Residuos	114

Figura 50. Deformación unitaria de la muestra 5 al 7% de adición de Residuos 115

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de humedad	45
Ecuación 2. Cálculo de la granulometria	49
Ecuación 3. Cálculo de la variación dimensional	54
Ecuación 4. Cálculo de la absorción en porcentaje.....	55
Ecuación 5. Cálculo de la succión	56
Ecuación 6. Cálculo de la resistencia a la compresión	57

RESUMEN

La presente investigación es experimental y tiene como objetivo mejorar las propiedades del ladrillo artesanal adicionando residuos sólidos, para comparar con el ladrillo de la Norma E-070. Para ello, se realizó la fabricación artesanal de 280 ladrillos de arcilla (4 grupos iguales), grupo control y grupos donde se añadió diferentes porcentajes (3%, 5% y 7%) de residuos sólidos (cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento); que pasado los 30 días se realizaron los ensayos de laboratorio en la Universidad Privada del Norte, como: variación dimensional, alabeo, y resistencia a la compresión. Resultando que el ladrillo de arcilla sin adición de residuos tiene una resistencia promedio a compresión de 28.84Kg/cm^2 y al adicionar el 3% de residuos se obtiene 35.96Kg/cm^2 , los cuales son favorables; en cambio al adicionar el 5% y 7% disminuye significativamente. Concluyendo, que al añadir el 3% de residuos; la resistencia a la compresión aumenta en un 24.69% en comparación a la muestra patrón y al adicionar residuos sólidos al 5% y 7% esta disminuye en el 10%; dando por válida la hipótesis planteada en estos porcentajes.

Palabras clave: Ladrillo artesanal, residuos sólidos, arcilla, propiedades, norma E-070.

ABSTRACT

The present research aimed to improve the properties of artisan brick by adding solid waste based on the E-070 standard. For this, the artisan manufacture of 280 clay bricks (4 equal groups), control group and groups where different percentages (3, 5 and 7%) of solid waste were added (pine sawdust, coating mortar and ground ceramic); that after 28 days the laboratory tests were carried out at the Universidad Privada del Norte, such as: dimensional variation, warping, absorption, suction and resistance to compression. Resulting in that the clay brick without the addition of residues has an average resistance to compression of 28.84Kg / cm² and when adding 3% of residues, 35.96Kg / cm² is obtained -which are favorable-; On the other hand, when adding 5% and 7%, it decreases significantly and they do not comply with the provisions of the standard. Concluding that when adding 3% of waste, the compressive strength increases by 24.69% compared to the standard sample, considering the hypothesis raised in that percentage as valid and rejecting the hypothesis when adding solid waste at 5% and 7 %, since they do not meet the minimum requirements stipulated in current regulations.

Keywords: Artisan brick, solid waste, clay, properties, E-070 standard.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La presente investigación contribuye con el desarrollo de la construcción en nuestro país porque demuestra que el uso de residuos sólidos para la fabricación de ladrillos artesanales puede ser favorables. Por ello, el objetivo de esta investigación es evaluar la mejora de las propiedades del ladrillo artesanal al adicionar residuos sólidos: cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento según Norma E-070.

Para lograr el objetivo principal se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, variación dimensional y alabeo; añadiendo los residuos sólidos los cuales se realizaron en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, para luego comparar con los resultados de las propiedades de los ladrillos artesanales sin adición de residuos sólidos.

Los residuos sólidos generados en el mundo de la construcción, industria maderera, etc., ya sea por la rehabilitación o fabricación de viviendas, son un problema porque no se sabe dónde almacenarlos o como reusarlos, ya que estos al estar expuestos al medio ambiente generan un impacto negativo. “Entendemos por residuos aquellos sobrantes de material de los procesos que tienen potencial para ser nuevamente utilizados en el mismo u otro proyecto para un mismo fin”. (Hernández 2007).

Después de haber observado el problema, surge la idea de cómo reutilizar los residuos sólidos generados en los ámbitos ya mencionados; llegando a la conclusión que una de las formas de uso es la fabricación de ladrillos por el gran

aumento de la utilización de este producto en el mundo de la construcción, ya que para su fabricación hacen uso de recursos naturales no renovables; es por ello que este estudio se basa en la fabricación y evaluación de las propiedades de ladrillos artesanales adicionando tres tipos de residuos (cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento), siguiendo los protocolos de la norma.

En resumen, el estudio se basa en la reutilización de residuos de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento para la fabricación de ladrillos, generando diferentes diseños de mezcla hasta obtener las propiedades en función Norma Técnica Peruana E-070.

A nivel internacional para la fabricación de ladrillo artesanal se pueden utilizar como materia prima la tierra las cuales se extraen de excavaciones en las cuales pueden ser tierra vegetal negra y arcillas rojas que se encuentra más en la superficie. “Una vez extraído el suelo es necesario dejarlo reposar para que se produzca un proceso llamado pudrición (meteorización), que los agentes atmosféricos, se encargan de desarrollar, homogeneizando la masa al disolver sales, pudren impurezas orgánicas, como raíces, etc., que luego dan un mejor manejo para moldear y mejorar los productos terminados”. (Bianucci, 2009).

Asimismo, “en diversos países se consideran otros elementos con la finalidad de fabricar mejores ladrillos artesanales, con un mejor impacto en el ambiente y un reducido costo de producción”. (Bianucci, 2009).

Así, por ejemplo, en Argentina, “para la fabricación de ladrillos artesanales es necesario agregar distintas materias orgánicas, para evitar las roturas o grietas debido a las contracciones, producidas en el secado o cocción. Estiércol, aserrín, carbonilla,

cáscara de arroz, o cascarilla de algodón, están entre los más usados y son denominados “liga”, por ser el elemento ligante de la mezcla”. (Bianucci, 2009).

Luego, en Ecuador, “se han realizado diversos proyectos enfocados en la fabricación de ladrillos artesanales aprovechando diversos elementos. Por un lado, se propuso el uso de “raquis” residuo de la planta de palma africana- como componente principal para la fabricación de ladrillos; y se encontró que al añadirla a la mezcla no solo tenía propiedades físicas y mecánicas para el ladrillo, sino que además disminuía costos y el impacto negativo en el ambiente”. (Páliz, 2015).

Por otro lado, “el uso de lodos resultantes del proceso de depuración de una Planta de tratamiento de aguas residuales, justamente con la finalidad de disminuir el impacto ambiental a través del aprovechamiento de los lodos residuales, utilizándolos como materia prima para la elaboración de ladrillos artesanales”. (Camargo & Yambay, 2020; Orellana, 2015).

A nivel nacional “la necesidad de construir edificaciones seguras y económicas han permitido elaborar la Norma Técnica de Edificaciones E-070 de albañilería, con la finalidad de estandarizar el proceso de elaboración y control de calidad de la unidad de albañilería y dentro de ello el ladrillo. Esto último dado que es un producto que se usa con frecuencia en el proceso masivo de construcción de edificaciones sobre todo en los sectores económicos medio y bajo de la población; por lo que en las principales ciudades de la costa peruana el proceso de fabricación del ladrillo ha pasado de lo artesanal a lo industrial, a fin de garantizar seguridad y economía”. (Ruiz, 2015)

Así, algunos trabajos realizados en el país se encuentran relacionados con la fabricación de ladrillos artesanales, y tienen su base en la norma E-070. Por ejemplo,

en Lima, “en un estudio acerca del uso de residuos sólidos de construcción para la fabricación de ladrillos, se encontró que dicha adición lograba mejorar la resistencia del ladrillo, a la par que colaboraba con la reducción de un 40% del costo de fabricación”. (Quispe, 2018). Además, en dicho estudio también se pudo concluir que, “ese ladrillo fabricado permite satisfacer las necesidades de construcción, en tanto es utilizado en albañilería, y a la vez colabora con la reducción del impacto ambiental, pues aprovecha el uso de residuos constantemente observados y permite dar una segunda vida a los materiales de demolición y construcción”. (Quispe, 2018).

Luego, de manera similar, en Cusco, Flores y Ochoa (2019) “proponían la sustitución de agregado fino -utilizado para la fabricación de ladrillo- por PET, siguiendo la norma E-070, para determinar las características de los ladrillos artesanales; de ello obtuvieron que aquellos ladrillos dosificados con PET tenían mejores características en comparación con otros ladrillos artesanales, y demostraron que podía ser aplicado en la albañilería, pues se trataba de un prototipo ligero y cumplía con la norma”. Así también sucede, en Ucayali, “un estudio planteaba la inclusión de plásticos PET y aserrín de Huayruro en la elaboración de ladrillos”. (Chino & Mathios, 2020). Luego del análisis respectivo, se puede concluir que, el ladrillo fabricado solo podría ser utilizado con fines no estructurales, y que, el uso de los residuos sólidos surge como alternativa para la reducción del impacto ambiental.

Olave (2017). En su tesis “Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente, concluye que el porcentaje del 3% de aserrín adicionado a los especímenes de ladrillo es el más idóneo para aumentar la resistencia a la compresión y que no afecte las

dimensiones finales de los ladrillos y así obtener ladrillos con resistencia adecuada bajo la norma técnica peruana 331.017”.

También, en otro estudio diferenciado a los anteriores, tenemos a Cruzado (2018). En su tesis “Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento, donde el diseño de la mezcla fue de manera empírica por aproximaciones sucesivas (ensayo – error), para cumplir principalmente los requisitos de resistencia”.

“Donde concluye que los diseños elaborados no alcanzan el límite requerido por la norma, sin embargo, la resistencia máxima alcanzada por una de las muestras (149.5 kg/cm²) hace pensar que mejorando y uniformizando el proceso de fabricación se podría llegar a cumplir con los requisitos de resistencia a la compresión. Finalmente, los resultados obtenidos son específicamente para el residuo de demolición no clasificado (muros de ladrillos)”. Cruzado (2018).

A nivel local se observó que, para la fabricación del ladrillo artesanal, no siempre se toman en cuenta las especificaciones de la norma E-070.

En esa línea, algunos estudios realizados en Cajamarca se enfocaron en el análisis de la fabricación de ladrillos aprovechando diversos materiales. Por ejemplo, (Ruiz, 2015) propuso la “adición de vidrio triturado a la fabricación de ladrillo de arcilla artesanal; dicho elemento fue adicionado de manera gradual y permitió obtener que los ladrillos artesanales que contenían vidrio triturado eran más resistentes que aquellos que no contenían ningún tipo de adición”. Así mismo, Astopilco (2015), “realizó un trabajo proponiendo la adición de residuos plásticos de PVC para la fabricación de los ladrillos; así, el autor encontró resultados favorables, pues algunas de las propiedades físico mecánicas de los ladrillos incrementaron tras la adición del

material; asimismo, se halló que los ladrillos fabricados podían usarse en muros, parapetos, jardinería, etc. pero que debía cuidarse que no sean usados con fines estructurales, ya que faltaban más pruebas. De todos modos, eran una alternativa que ayuda a reducir el impacto ambiental”.

Por su parte, Chilón y Posadas (2019) “propusieron el uso de lodos residuales generados por la Planta de Tratamiento de aguas ácidas para la fabricación de los ladrillos; de ello obtuvieron que tenían buena resistencia a la compresión y cumplían con la norma técnica peruana. Así, encontraron que ese tipo de ladrillo artesanal podría ser una alternativa económica, viable y ambientalmente aceptable”.

Así mismo Vásquez y Limay (2019) En la tesis “Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (*stipa ichu*), concluyen la obtención de una mejor resistencia adicionando el 15% de Ichu en su volumen, obteniendo un valor de 51.73 Kg/cm², clasificando como ladrillo de tipo I (50 Kg/cm²), según la norma E-070”.

En Cajamarca existe una gran demanda de ladrillos artesanales, los cuales son fabricados en los centros poblados de Cerrillo, Santa Barbará y Otuzco del distrito de Baños del Inca los mismos que no cuentan con un control de calidad, por tal motivo se torna necesario realizar el estudio de sus propiedades en función de la norma E-070.

Bases Teóricas.

Normas Técnicas Peruanas.

Las normas establecen los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso de albañilería y los procedimientos para el muestro y ensayos de las propiedades

físicas y mecánicas, respectivamente. Además, los ensayos como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 1

Normas Técnicas

ENSAYOS	NORMA TÉCNICA PERUANA
Resistencia a la compresión	NTP 331.017 / NTP 331.019 / NTP 399.604
Variación dimensional	NTP 331.017 / NTP 331.019 / NTP 399.604
Succión	NTP 331.018 / NTP 331.019 / NTP 399.613
Absorción	NTP 331.018 / NTP 331.019 / NTP 399.604
Alabeo	NTP 331.017 / NTP 331.018 / NTP 331.019

Fuente: Norma Técnica E. 070 Albañilería

Albañilería.

Albañilería o mampostería: “Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” (San Bartolomé, 2012).

Materia prima.

Arcilla.

“Es el agregado mineral terroso o pétreo que contiene esencialmente silicatos de aluminio hidratados. La arcilla es plástica cuando está suficientemente pulverizada y saturada, es rígida cuando está seca y es vidriosa cuando se quema a temperatura del orden de 1 000 °C”. (NTP 331.017, 2003)

Origen de las arcillas.

“La arcilla como material constructivo forma parte del paisaje habitual de nuestras modernas urbes, enormes edificios de vivienda, museos etc. en todos aparece este

material. Este elemento edilicio que ya era utilizado por las poblaciones de Mesopotamia (llanura aluvial entre los ríos Tigris y Eufrates) hacia el 6000 a.C.; y en el 3000 a.C. aparece el ladrillo cocido (palacio de Nippur en Mesopotamia); su uso en la construcción se difundió primero en Egipto y al lejano oriente, pasando después a Europa a través de Grecia y Roma. El mundo romano fue el gran difusor de la construcción en ladrillo que permitió la edificación de los vastos complejos monumentales del imperio; de esta forma, los romanos se convirtieron en los grandes difusores del uso del ladrillo, pues a su accesibilidad se añadía la posibilidad de producir grandes cantidades a corto plazo, con la consiguiente reducción de costos y de tiempo, además constituían un material muy resistente que podía conseguirse de diversas formas y tamaños”. (Maldonado D. A., 2003)

Características principales de las arcillas.

“Entre las características principales podemos citar las siguientes:

- Las arcillas están formadas por cristales muy pequeños.
- Tienen capacidad de intercambiar iones.
- Son capaces de variar su composición química interna.
- Pueden alojar moléculas en el espacio interlaminar.
- La superficie de las láminas presenta una actividad química considerable.
- Los cambios físicos de la estructura laminar, por ejemplo, el hinchamiento, son reversibles”. (Schifter, Isaac / Domínguez, José 1959)

Manufactura de las arcillas.

Artesanal.

“Es el ladrillo fabricado con procedimientos predominantemente manuales. El amasado o moldeado es hecho a mano o con maquina elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. El procedimiento de moldaje exige que se use arena o agua para evitar que la arcilla se adhiera los moldes dando un acabado característico al ladrillo. El ladrillo producido artesanalmente se caracteriza por variaciones de unidad a unidad”. (NTP 331.017, 2003)

Industrial.

“Es el ladrillo fabricado con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla; el ladrillo producido industrialmente se caracteriza por su uniformidad”. (NTP 331.017, 2003)

Ladrillos.

“Los ladrillos son pequeñas piezas cerámicas en forma de paralelepípedo, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo”. (Moreno, 1981)

Ladrillo macizo.

“Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% o más de área bruta de la misma sección”. (NTP 331.017, 2003)

Ladrillo perforado.

“Es el ladrillo en que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente a menos de 75% del área bruta de la misma sección”. (NTP 331.017, 2003)

Ladrillo con adición de residuos sólidos.

Es el ladrillo que se adiciona residuos sólidos de distintos materiales que pueden ser: plásticos, materiales de construcción, vidrios, desperdicios de vegetación, etc; Con la finalidad de mejorar sus propiedades.

Proceso de fabricación de ladrillos de arcilla.

Los pasos básicos para la fabricación de ladrillos son:

Selección y preparación de la mezcla.

“Etapa muy importante de la fabricación. De la fineza de la pasta depende en gran parte que el producto sea bien logrado aspecto, resistencia, etc”. (Barranzuela, 2014).

“La excavación manual en plantas de pequeña y mediana escala generalmente se realiza a una profundidad menor de dos metros. Para plantas de fabricación de ladrillos a gran escala se necesitan medios mecánicos como dragaminas y excavadoras de cucharas de diferentes tipos. Estos métodos requieren proporcionalmente menos área de excavación, pero hacen cortes profundos en el paisaje”. (Barranzuela, 2014)

“La arcilla debe someterse a un tratamiento de trituración, homogenización y reposo en acopio, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características mecánicas y químicas”. (Barranzuela, 2014)

“La exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia, sol, etc.) favorece a la descomposición de la materia orgánica que puede estar presente y permite la purificación química del material”. (Barranzuela, 2014)

Moldeado.

“Para el moldeado existen diferentes técnicas de moldeo, en esta operación se le da a la arcilla la forma que ha de tener el producto cerámico después de la cocción; se puede hacer a mano o a máquina. En ambos casos hay que dar al molde mayores dimensiones puesto que las pastas experimentan una contracción lineal del 1/10 al 1/7 de su volumen en la desecación y cocción”. (Toctaquiza, 2008)

“Las técnicas de moldeo que más frecuente se utilizan para la conformación de los ladrillos son los siguientes”. (Toctaquiza, 2008)

Moldeo a mano. “Práctica vertiendo la arcilla amasada con consistencia muy plástica en unos moldes llamados gradillas, El operario comprime la masa con sus manos y después pasa un rasero para eliminar el exceso de material”. (Toctaquiza, 2008)

Moldeo a máquina. “Con máquinas galleteras o al vacío”. (Toctaquiza, 2008)

Moldeo por prensas. “Se usa si las piezas a fabricar tienen relieves y superficies curvas, los cuales no pueden darse con las máquinas de hilera”.

(Toctaquiza, 2008)

Desecación.

“Tiene por objeto eliminar de la pasta la humedad libre (agua de amasado antes de la cocción) y parte de la combinación por exposición al ambiente, lo cual se hace así por costos, velocidad de contracción, lo que nos da una mejor calidad. La desecación debe practicarse de manera lenta y gradual, para evitar alabeos y resquebrajaduras”. (Toctaquiza, 2008)

Cocción.

“La cocción consiste en someter los ladrillos previamente secados a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de que adquieran sus propiedades mecánicas y físicas, ya que la arcilla sin cocer tiene propiedades muy bajas. Con este proceso no sólo se consiguen las propiedades físicas y mecánicas sino también la apariencia final”. (Barranzuela, 2014)

“Las fases de cocción en el horno son tres: precalentamiento, cocción y enfriamiento (ver figura 1). En la primera fase se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100 °C”. (Barranzuela, 2014).

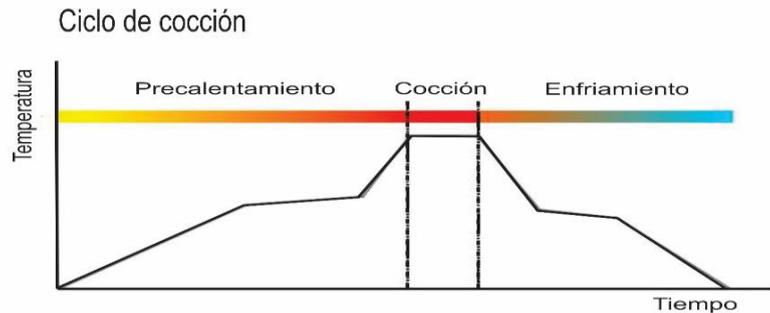


Figura 1. *Ciclo de cocción de un producto de arcilla*

Fuente: Barranzuela, 2014

Usos y propiedades de los ladrillos de arcilla.

Usos de los ladrillos.

Usos del ladrillo.

Usos del ladrillo en ambiente urbano: “El ladrillo brinda buenos resultados estilísticos además es práctico y permite diversas técnicas constructivas. Por sus propiedades, el ladrillo permite un lugar fresco en clima cálido y abrigado en clima frío”. (Pajuelo, 2008)

Usos del ladrillo en ambiente rural: “Por sus características de resistencia y durabilidad, el ladrillo es un material excelente para construir en zona rural”. (Pajuelo, 2008)

Usos del ladrillo en estructuras: “El ladrillo ha demostrado poseer una fortaleza superior para soportar estructuras. Además, debe de tomarse en cuenta que conserva una apariencia que armoniza estilísticamente”. (Pajuelo, 2008)

Usos del ladrillo en áreas de alto tránsito: “el ladrillo es un material que ha sido utilizado extensamente en la construcción de calzadas, espacios comunes, pasillos y otras zonas consideradas como de alto tránsito”. (Pajuelo, 2008)

Propiedades de los ladrillos.

Color: “Depende de su composición química de la materia prima y de la intensidad del quemado. De todos los óxidos comúnmente encontrados en las arcillas, el hierro tiene el mayor efecto sobre el color”. (Somayaji, 2001)

Textura: “Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad como resultado de la forma de elaboración”. (Somayaji, 2001)

Propiedades en ingeniería.

Las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcillas son las siguientes

Relacionadas con la resistencia estructural.

Resistencia a la compresión: “Propiedad mecánica que le permite al ladrillo soportar a compresión”. (Gallegos, 2005).

Variabilidad dimensional “con relación a la unidad nominal, o mejor con relación a la unidad promedio y principalmente, la variabilidad de la altura de la unidad”. (Gallegos, 2005).

Alabeos, “medidos como concavidades o convexidades en las superficies de asiento”. (Gallegos, 2005).

Succión o “velocidad inicial de absorción en la cara de asiento”. (Gallegos, 2005).

Relacionadas con la durabilidad.

Absorción: “Propiedad física que hace referencia a la capacidad de retener una sustancia (agua) en estado líquido”. (Gallegos, 2005).

Resistencia a la congelación: “Capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas”. (Gallegos, 2005).

Resistencia al fuego: “Propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños”. (Gallegos, 2005).

Aislamiento térmico: “Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica”. (Gallegos, 2005).

Clasificación de los ladrillos.

De acuerdo a sus propiedades, el Reglamento Nacional de Edificaciones clasifica al ladrillo en cinco tipos (E-070, 2006).

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

Tipo II: Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios moderadas.

Tipo III: Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

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

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

La Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), clasifica a los ladrillos de arcilla, en cuatro tipos, tal como sigue:

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

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

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

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

Tabla 2

Clases de unidades de albañilería para fines estructurales

	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	(Máxima en porcentaje)				
	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)

Fuente: NTP E-070

Tabla 3

Requisitos complementarios: absorción y coeficiente de saturación

Tipo	Absorción (máx. en %)	Coeficiente de saturación
I	Sin limites	Sin limites
II	Sin limites	Sin limites
III	25	0,90
IV	22	0,88
V	22	0,88

Fuente: ITINCTEC, 1978

Definición de términos básicos.

- **Arcilla:** “Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte del suelo y sedimentos debido a que son, en su mayor parte, productos finales de la meteorización de los silicatos que, formados a mayores presiones y temperaturas, en el medio exógeno se hidrolizan”. (Romero, s.f).
- **Resistencia:** “La capacidad de un sólido para soportar presiones y fuerzas aplicadas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros”. (Zanchetta, 2014).
- **Secado:** “El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado de esta manera, poder pasar a la fase de cocción”. (Franco, 2008).
- **Cocción:** “Se realiza en hornos de túnel, que en algunos casos pueden llegar a medir hasta 120 m de longitud y donde la temperatura de la zona de cocción oscila entre 900 °C y 1000 °C”. (Franco, 2008).
- **Durabilidad:** “La durabilidad es la capacidad de materiales y componentes de conservar las características y funcionalidad para la que fue seleccionado durante su vida útil prevista”. (Virginia, 2014).
- **Peso:** “Es la fuerza de la gravedad sobre el objeto y se puede definir como el producto de la masa por la aceleración de la gravedad”. (Hyperphysics, 2014).
- **Color:** “El color es una experiencia visual, una impresión sensorial que recibimos a través de los ojos, independiente de la materia colorante de la misma”. (Orozco, 2019)
- **Compresión:** “Esfuerzo máximo que presenta un material a la compresión sin romperse”. (Parro, 2014).
- **Textura:** “Es el elemento visual que sirve frecuentemente de “doble” de las cualidades de otro sentido, el tacto. Pero en realidad la textura podemos

apreciarla y reconocerla ya sea mediante el tacto, la vista o mediante ambos sentidos”. (Arquitectura, 2014).

1.2 Justificación.

La presente investigación tiene por finalidad comparar las propiedades del ladrillo de arcilla artesanal al adicionar residuos sólidos de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento, que resultan siendo desperdicios de la construcción los que generalmente van como desechos a la basura incrementando drásticamente la contaminación. Así nuestro interés es incorporar otros componentes en el ladrillo para observar sus propiedades y su comportamiento como unidad estructural.

La Universidad Privada de Norte dentro de su política de investigación propone evaluar la calidad y comportamiento de materiales alternativos que puedan mejorar la calidad y las propiedades de los diferentes componentes de la albañilería, el adobe, el concreto etc., para nosotros como investigadores es importante iniciarnos en el campo de la investigación para optar nuestro título profesional de ingeniero civil cumpliendo nuestros objetivos y metas como profesionales y personas humanas.

Por lo que esta investigación justifica plenamente como aporte al conocimiento y a la ingeniería civil, a la patria y a nuestra región.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es la mejora de las propiedades del ladrillo artesanal al adicionar residuos sólidos cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento según la norma E-070?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar la mejora de las propiedades del ladrillo artesanal al adicionar residuos sólidos cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento según la Norma E-070

1.4.2 Objetivos específicos.

Analizar las propiedades del ladrillo artesanal convencional como muestra patrón.

Analizar las propiedades del ladrillo artesanal adicionado residuos sólidos: cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento o en diferentes porcentajes al 3%, 5% y 7%.

1.5 Hipótesis

Las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla adicionado con residuos sólidos de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento cumplen con lo estipulado en la norma E-070.

1.5.1 Hipótesis específicas

- Las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla convencional cumplen con la Norma E-70.
- Las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla adicionado residuos sólidos: cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento en diferentes porcentajes al 3, 5 y 7 % cumplen con la Norma E-070.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La investigación es experimental porque manipularemos los residuos sólidos al 3%, 5% y 7% donde compararemos con respecto a la muestra patrón y en base a la norma E-070.

“El presente estudio por el tratamiento de datos para probar la hipótesis con base en la medición y análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), es cuantitativo porque obtenemos resultados numéricos obtenidos de análisis estadísticos; y por su finalidad corresponde al tipo aplicada, porque usa un procedimiento normativo de la ingeniería ya que se parte de la base de la observación, reflexión de las propiedades mecánicas del ladrillo artesanal y es transversal porque las actividades del proceso son en periodo determinado 2019, es correlacional porque la comparamos con una muestra patrón; asimismo se hace uso del conocimiento científico y bases teóricas de la ingeniería para dar solución a los residuos sólidos y así obtener ladrillos de calidad en sus propiedades mecánicas según exigencia de la norma E-070.

Además, se utilizaron indicadores que proveen información con un nivel de confianza de forma estadística y se compararon los resultados de conformidad con los experimentos realizados en cada grupo experimental, con la intención de proponer soluciones para enfrentar problemas reales.

2.2 Diseño de la investigación.

La investigación es experimental, porque se realizan manipulando deliberadamente las variables de los residuos al 3%, 5% y 7%. Es decir, en la investigación donde hacemos variar intencionalmente las variables independientes. “Se observan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos”.

(Hernández, 2014)

Respecto al término experimento propiamente dicho, Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Una acepción particular de experimento en un sentido científico del término, se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas- antecedentes), asimismo poder analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador”.

El estudio es de diseño metodológico experimental, diseño con pos pruebas únicamente y grupo de control. Además, es experimental, porque permite integrar a un conjunto de ensayos (reemplazando los residuos sólidos en diferentes proporciones comparando con la unidad patrón y analizando luego para determinar el más óptimo según norma E-70), actividades metódicas y técnicas que se realizan para recabar la información y datos necesarios sobre el tema que queremos investigar y para poderlo resolver.

Esta investigación es experimento puro, ya que posee las siguientes características según Hernández (2014), “como la manipulación intencional de variables (independientes), medición de variables (dependientes), control y validez, dos o más grupos de comparación y participantes asignados al azar o emparejados; y en nuestro

estudio se da lo mencionado en líneas anteriores, ya que realizaremos una serie de ensayos de los ladrillos con distintos porcentajes de residuos sólidos con la finalidad de encontrar uno ideal que sea óptimo para la mejora del desempeño de manera que fomentemos a la reutilización de residuos y a la mitigación de la contaminación ambiental, entonces es una serie de varias pos pruebas de la variable dependiente”.

Por lo expuesto líneas arriba, su representación esquemática es como sigue:

RG ₁	X ₁	O ₁
RG ₂	X ₂	O ₂
RG ₃	X ₃	O ₃
RG ₄		O ₄

Dónde:

RG: Grupo de casos u objetos al azar

X: Variable independiente (porcentaje de residuos sólidos adicionados)

O: Medición de los grupos (ensayos)

2.3 Variables de estudio

Independiente: Porcentaje de residuos sólidos adicionados al 3%, 5% y 7%

Dependiente: Propiedades del ladrillo de arcilla artesanal según la Norma E-070

2.4 Población y muestra

La población está constituida por 280 ladrillos de arcilla adicionados con tres tipos de residuos (Cerámica molida, aserrín de pino y Mortero de revestimiento), en un porcentaje del 3%, 5% y 7%.

La muestra fue de tipo probabilístico de aleatorio simple tomándose al azar 10 ladrillos para realizar el ensayo de variación dimensional, 10 ladrillos para el ensayo de Alabeo, 5 ladrillos para el ensayo de Absorción, 5 ladrillos para el

ensayo de Succión y 5 ladrillos para el ensayo de Resistencia a la compresión, de acuerdo a la norma ITINTEC 331.019.

Esta selección de ladrillos se realizó para cada uno de los porcentajes ya mencionados.

Tabla 4

Número total de muestras para cada ensayo

ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO DE LA UPN	CANTIDAD DE LADRILLOS DE ARCILLA ARTESANAL ADICIONADOS CON EL 3%, 5% Y 7% DE RESIDUOS SÓLIDOS.
Variación dimensional	10
Alabeo	10
Absorción	5
Succión	5
Resistencia a compresión	5

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Operacionalización de las variables

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	METODOLOGÍA
“ADICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS AL LADRILLO DE ARCILLA ARTESANAL PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES EN FUNCIÓN A LA NORMA E-070 - CAJAMARCA, 2019”	¿Cuál es la mejora de las propiedades del ladrillo artesanal al adicionar residuos sólidos cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento según la norma E-070?	<p>General:</p> <p>Evaluar la mejora de las propiedades del ladrillo artesanal al adicionar residuos sólidos cerámica molida aserrín de pino y mortero de revestimiento y según la Norma E-070</p> <p>Específicos:</p> <p>Analizar las propiedades del ladrillo artesanal convencional como muestra patrón.</p> <p>Analizar las propiedades del ladrillo artesanal adicionado residuos sólidos: cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento o en diferentes porcentajes al 3, 5 y 7 %</p>	Las propiedades del ladrillo artesanal de arcilla adicionado con residuos sólidos de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento cumplen con lo estipulado en la norma E-070.	<p>Variables:</p> <p>Independiente:</p> <p>Porcentaje de residuos sólidos adicionados al 3%, 5% y 7%</p> <p>Dependiente:</p> <p>Propiedades del ladrillo de arcilla artesanal según la Norma E-070</p>	La población está constituida por 280 ladrillos de arcilla adicionados con tres tipos de residuos (Cerámica molida, aserrín de pino y Mortero de revestimiento), en un porcentaje del 3, 5 y 7%. La muestra fue de tipo probabilístico de aleatorio simple tomándose al azar 10 ladrillos para realizar el ensayo de variación dimensional, 10 ladrillos para el ensayo de Alabeo, 5 ladrillos para el ensayo de Absorción, 5 ladrillos para el ensayo de Succión y 5 ladrillos para el ensayo de Resistencia a la compresión, de acuerdo a la norma ITINTEC 331.019.	Experimental con grupos de control	La metodología es experimental ya que se manipulo los residuos al 3,5 y 7%; procesándose los resultados en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte mediante los formatos establecidos, y así determinar los resultados de las propiedades de los ladrillos artesanales en función a la norma E-070. Además la investigación es cuantitativa por que obtenemos resultados numéricos obtenidos de análisis estadísticos, es correlacional porque la comparamos con una muestra patrón; es aplicada porque usa un procedimiento normativo de la ingeniería y es transversal porque las actividades del proceso son en periodo determinado 2019.

2.6 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.6.1 Métodos de procedimiento

El método que se realizó para esta investigación es experimental, ya que se procesaron los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte mediante los formatos establecidos, y así determino los resultados de las propiedades de los ladrillos artesanales en función a la norma E-070.

Los ensayos realizados son los siguientes:

- Contenido de humedad norma; MTC E 108/ ASTM D2216/ NTP 339.127.
- Límite líquido (ASTM D4318 / NTP 339.130 – NTP E111).
- Límite plástico (ASTM D4318 / NTP E111).
- Granulometría mediante tamizado por lavado (ASTM D421).
- Ensayo de Variación Dimensional (NTP 331.017 / NTP 399.019 / NTP 399.604).
- Ensayo de Alabeo ((NTP 331.017 / NTP 399.018 / NTP 331.604).
- Ensayo de Absorción (NTP 331.018 / NTP 399.019 / NTP 399.604).
- Ensayo de Succión NTP 331.018 / NTP 399.019 / NTP 399.613).

- Ensayos de resistencia a la compresión NTP 331.017 / NTP 399.019 / NTP 399.604).

2.6.2 Técnicas.

La técnica seleccionada que determinaron las propiedades de los ladrillos de arcilla artesanal, fue la observación directa, ya que se recogieron datos obtenidos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte mediante uso de formatos de acuerdo a la norma E - 070.

También es de observación documental, pues los procedimientos de los ensayos han sido basados en la Norma E – 070 y en los protocolos del laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

2.6.3 Instrumentos de recolección de datos.

Los siguientes instrumentos: Guías de observación, Protocolos de ensayos de la Universidad privada del Norte se utilizaron para realizar el Análisis granulométrico, Límite líquido, Límite plástico, Variación dimensional, Alabeo, Succión, Contenido de humedad y Resistencia a la compresión.

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumentos de Registro de datos
Normas y protocolos	Protocolos de ensayo	Formatos de protocolos
	Guías de observación	Papel, lápiz y cámara fotográfica

Fuente. Elaboración propia.

2.7 Materiales que se utilizó en nuestra investigación.

- Balanza graduada con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperaturas a $100 \pm 10^{\circ}\text{C}$
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Máquina de ensayo de resistencia a compresión.
- Cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo.
- Juego de tamices N° 4,10, 20, 30, 40, 60, 100, 200.
- Espátula.
- Probeta de 250ml.
- Taras codificadas
- Vernier (regla graduada al milímetro, de acero inoxidable, de 300 mm de longitud).
- Recipiente para agua.
- Materia Prima (arcilla).
- Máquina moladora.
- Residuos de aserrín de pino, cerámica molida, mortero de revestimiento.
- Taras codificadas.

- 1 horno.
- Guantes, franela, bandeja, cuchillo y otros.
- Agua.
- Recipiente de porcelana.
- Ranurador o acanalador.
- Porción de muestra preparada.
- Molde o gavera tradicional para 04 ladrillos, largo 22cm, ancho 12cm, alto 8 cm (medidas de la ladrillera).
- Bloques de carbón.
- Leña
- Plancha de vidrio de 40x40 cm.
- Horno Intermitente tipo chimenea o de columna.
- Balanza con una precisión de 0,5 g.
- Cinco unidades de ladrillos de arcilla para muestra patrón, y cinco para cada tratamiento en estudio (3%, 5% y 7%)
- Arcilla con humedad natural.

2.8 Procedimiento de tratamiento

2.8.1 Ensayos para las propiedades físicas de la arcilla.

2.8.1.1 Contenido de humedad.

Generalidades.

“Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de agua o humedad natural de un suelo. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica”. (Rodríguez, 2013)

Materiales y equipos.

- Arcilla con humedad natural de la ladrillera “el cerrillo”.
- 4 taras codificadas.
- 1 horno
- Balanza graduada con aproximación de 0.01 gr.
- Guantes, franela, bandeja, cuchillo y otros.

Procedimiento.

- Se determinó la cantidad de muestra con la que se trabajó.

- Se pesó las taras en una balanza eléctrica, los cuales nos proporcionan datos precisos.
- Se coló en las taras las muestras para luego pesarlas en una balanza eléctrica (tara + suelo húmedo).
- Se colocaron las taras con las muestras en el horno a una temperatura de 110° C por 24 horas.
- Después de haber pasado las 24 horas se retiraron las taras con las muestras del horno y se dejó enfriar a una temperatura ambiente para luego ser pesadas (tara + muestra seca).
- Se procedió al cálculo para cada una de las muestras el peso del suelo seco, del agua y obtener el porcentaje de humedad de cada muestra y el promedio que representa el estado final.
- El contenido de humedad en el suelo se representa por la siguiente expresión según la Norma; ASTM D2216/ NTP 339.127.

Ecuación 1

Porcentaje de humedad

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100$$

Dónde:

W% = Contenido de humedad del suelo.

Wh = Peso de la muestra húmeda.

Ws = Peso de la muestra seca.

2.8.1.2 Límite líquido

Material y equipo.

- Suelo seco que pasa por la malla N° 40
- Malla N° 40.
- Agua.
- Taras identificadas.
- Recipiente de porcelana.
- Balanza graduada con aproximación de 0.01 gr.
- Copa de Casagrande.
- Ranurador o acanalador.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula.
- Probeta de 250ml.

Procedimiento.

- Se pasó la muestra seca por la malla N° 40.
- Se pesó la muestra 100 gr.
- En una cápsula de porcelana se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme

- Se colocó una porción de la pasta en la copa de Casagrande, se niveló mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm, registrar el número de golpes.
- Con la espátula se retiró la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y se colocó en una tara, para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)
- Lavar y secar el acanalador.

2.8.1.3 Límite plástico

Material y equipo

- Muestra preparada para el límite líquido.
- Malla N° 40.
- Agua.
- Taras identificadas.
- Recipiente de porcelana.
- Balanza graduada con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula.
- Placa de vidrio.

Procedimiento.

- Se pasó la muestra seca por la malla N° 40.
- Se pesó la muestra de 100 gr.
- Se mezcló el agua con la muestra hasta lograr una masa consistente.
- Se tomó un pedazo de muestra y se empezó a enrollar con la presión de la mano hasta lograr una muestra de 3 mm de diámetro y que presenten agrietamientos.
- Se cortó la muestra por mitades iguales.

- Se pesaron las muestras y se llevaron al horno por 24 horas.

2.8.1.4 Granulometría de la arcilla.

Material y equipo.

- Suelo arcilloso con un peso de 200 gr.
- Juego de tamices N° 4,10, 20, 30, 40, 60, 100, 200.
- Balanza graduada con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Taras

Procedimiento.

- Se secó la muestra al aire libre.
- Se colocó la muestra en la malla número 200 y se lavó con mucho cuidado.
- Las partículas retenidas en la malla N° 200 se colocó en una tara y se colocó al horno por 24 horas.
- Se pasó la muestra por las mallas.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP)

Ecuación 2

Cálculo de la Granulometría.

$$\% R. P. = \left(\frac{P. R. P}{Wms} \right) * 100$$

Dónde

:

% R.P. = Porcentaje de retención.

P.R.P. = Peso de material retenido en cada tamiz.

Wms = Peso de la muestra seco.

2.8.2 Elaboración de ladrillos de arcilla adicionando los 3 tipos de residuos (Cerámica molida, Aserrín de pino y Mortero de revestimiento)

Las unidades de ladrillo artesanal de arcilla se realizaron en la ladrillera “El Cerrillo” propiedad del señor Moisés Rojas Mantilla, ubicado en el Centro Poblado El Cerrillo del distrito de Baños del Inca.

Tabla 6

Ubicación geográfica de la ladrillera donde se realizó el estudio

Ubicación geográfica ladrillera “El Cerrillo”	
Departamento	Cajamarca
Provincia	Cajamarca
Distrito	Baños del Inca
Centro poblado	El Cerrillo
Coordenadas UTM	Coordenada Este: 777293.96 m E Coordenada Norte: 9211265.11 m S
Altitud	2705 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia



Figura. 2 Vista panorámica de la ladrillera “El cerrillo”

Fuente: Google Earth

2.8.2.1 Materiales y Equipos

- Materia Prima (arcilla)
- Máquina moledora.
- Residuos de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento.
- Agua.
- Molde o gavera tradicional para 04 ladrillos, largo 21 cm, ancho 12 cm, alto 7 cm (medidas de la ladrillera).
- Bloques de carbón.
- Leña.
- Horno Intermitente tipo chimenea o de columna.

2.8.2.2 Procedimiento.

- Se realizó el recojo de los residuos (Cerámica molida, Aserrín de pino y Mortero de revestimiento), después se pesó la cantidad a utilizar en la mezcla.

- Se realizó la recepción de la materia prima de los ladrillos de arcilla
- Se añadió los residuos en un 3%, 5% y 7% (Cerámica molida, Aserrín de pino y Mortero de revestimiento). Para cada grupo de ladrillos
- Se vertió la mezcla con una palana, hasta mezclar cada tipo de residuo con la arcilla, añadiendo agua necesaria.
- Se colocó una cantidad necesaria de mezcla en cada molde.
- Se compactó bien la mezcla en el molde.
- Una vez moldeado se sacaron los ladrillos del molde con mucho cuidado, porque esto genera la deformación de la masa
- Se esperó 21 días para que las muestras sequen.
- Se pusieron las muestras en el horno por 8 días para su cocción.
- Se retiraron las muestras del horno.
- Se transportaron las muestras al laboratorio de la Universidad Privada del Norte para realizar los ensayos respectivos.

2.8.2.3 Proporciones.

A continuación, se presentan las diferentes proporciones de material para cada unidad de ladrillo en sus diversos porcentajes residuales.

Tabla 7

Dosificación por cada unidad de ladrillo

Residuos sólidos	0%	3%	5%	7%
Arcilla (kg)	3	3	3	3
Mortero de Revestimiento (Kg)	0	0.09	0.15	0.21
Aserrín de pino (kg)	0	0.09	0.15	0.21
Cerámica molida (Kg)	0	0.09	0.15	0.21
Agua (Kg/m ³)	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Dosificaciones para 35 unidades de ladrillo

Residuos sólidos	0%	3%	5%	7%
Arcilla (kg)	105	105	105	105
Mortero de Revestimiento (Kg)	0	3.15	5.25	7.35
Aserrín de pino (kg)	0	3.15	5.25	7.35
Cerámico molido (Kg)	0	3.15	5.25	7.35
Agua (Kg/m ³)	2	2	2	2

Fuente: Elaboración propia

2.8.3 Ensayos realizados en laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

2.8.3.1 Ensayo de variación dimensional (NTP 399.613 y NTP 399.604).

Equipo.

- Vernier (regla graduada al milímetro, de acero inoxidable, de 300 mm de longitud).

Procedimiento.

- Medir 10 unidades enteras y secas.
- Medir largo, ancho y altura.
- El largo se mide a través de los extremos y ambas caras.

- El ancho se mide a través de los extremos y ambas caras.
- El alto se mide a través de los extremos y ambas caras.

Ecuación 3

Cálculo de la variación dimensional.

$$V (\%) = \frac{De - Dp}{De} * 10$$

2.8.3.2 Ensayo de alabeo. NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.605

Materiales.

- Cuña de medición de 60 mm de longitud por 12,5 mm de ancho por 12,5 mm de espesor en un extremo.
- Plancha de vidrio de 40x40 cm.
- La cuña deberá estar graduada y numerada en divisiones de 1 mm.

Procedimiento.

- Se colocó el ladrillo sobre una plancha de vidrio, dependiendo del tipo de alabeo, si es cóncavo o convexo se introduce una cuña metálica graduada en la zona que presente mayor alabeo.
- La concavidad y convexidad se miden con una cuña graduada en milímetros.

2.8.3.3 Ensayo de absorción. (NTP 399.613 y NTP 399.604)

Materiales.

- Se seleccionaron 5 unidades de ladrillo de arcilla por cada muestra en estudio.
- Balanza con una precisión de 0,5 g.
- Recipiente de agua.

Procedimiento.

- Se pesaron los ladrillos secos hasta obtener su peso exacto.
- Se sumergieron los ladrillos de arcilla artesanal en un recipiente con agua por 24 horas a temperatura entre 15 °C y 30 °C.
- Se retiraron los ladrillos de arcilla artesanal sumergidos en el agua, secándolo superficialmente con un paño y se pesó para obtener su peso húmedo saturado.
- Se calculará la absorción A (%) de la siguiente manera.
- De esta forma usando la formula dada se calculó la absorción de los ladrillos.

Ecuación 4

Cálculo de la Absorción en porcentaje.

$$A(\%) = \left(\frac{WS - Wd}{Wd} \right)$$

2.8.3.4 Ensayo de succión. (NTP 331.017, NTP 399.613)

Procedimiento.

- Se tomó la medida del área del ladrillo, luego se pesaron los ladrillos secos hasta obtener su peso exacto.
- La bandeja metálica contendrá agua a una altura de 10 mm, la cual debe medirse con una regla graduada en milímetros.
- Se colocó el ladrillo dentro de la bandeja con agua por el tiempo de 1 min, Al pasado ese tiempo se retiró el ladrillo y se secó superficialmente con un paño y se volvió a pesar,
- De esta forma usando la formula dada se calculó la succión de los ladrillos.

Ecuación 5

Cálculo de la succión

$$\text{Succión} = \frac{P_m - P_s}{A} * 200$$

2.8.3.5 Ensayos de resistencia a la compresión axial del ladrillo (NTP 331.017, NTP 399.613).

Materiales / Equipos.

- Máquina para realizar la resistencia a la compresión axial.

- Se tomó 5 unidades de ladrillos de arcilla para muestra patrón, y cinco para cada tratamiento en estudio (3%, 5% y 7%)

Procedimiento.

- Se aliso con yeso las caras más anchas del ladrillo para que la distribución de fuerzas sea uniforme.
- Se colocó de manera correcta la muestra en la máquina de ensayo, de manera que quede en el centro del cabezal y centro de rótula. Y posteriormente se ajusta los accesorios de la máquina para que nos permita el recorrido del cabezal y se proceda a la ruptura del ladrillo.
- El ensayo a la resistencia a la compresión se realizó con la ayuda del técnico de laboratorio de la Universidad Privada del Norte.

Cálculos

- Se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación 6

Cálculo de la resistencia a compresión

$$f'_{b} = \frac{P_u}{A}$$

Dónde:

f'_{b} = Resistencia a compresión del ladrillo (Kg/cm²).

P_u = Carga de rotura aplicada por la máquina (kg).

A = Área de contacto de la unidad de albañilería (cm²).

2.9 Análisis de Datos.

Los datos obtenidos del laboratorio de los diferentes ensayos serán recolectados en fichas de acuerdo a los protocolos del laboratorio de la Universidad Privada de Norte, y verificados si estos cumplen con los valores mínimos de la Norma E.070, y así poder sacar conclusiones sobre nuestra investigación y poder tomar la decisión más adecuada.

Tabla 9

Variación dimensional de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal.

Variación Dimensional	Patrón	3%	5%	7%
Largo	7.14%	9.05%	8.57%	8.09%
Ancho	6.67%	9.17	10.83%	8.33%
Alto	5.71%	7.14	8.57%	11.43%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Alabeo de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal

Muestra	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Patrón	2	3
3% de Residuos	3	2
5% de Residuos	2	2
7% de Residuos	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Resistencia a la compresión de las unidades de ladrillo de arcilla artesanal

Resistencia a la compresión	Patrón	3%	5%	7%
Resistencia característica	25.18%	29.07%	18.41%	11.66%

Fuente: Elaboración propia.

2.10 Aspectos éticos.

La presente tesis se realizó teniendo en cuenta varios aspectos éticos, realizando primero un diagnóstico de la realidad actual en cuanto a la fabricación del ladrillo artesanal de arcilla y el uso indebido de los recursos naturales no renovables y optando como alternativa de solución el uso de residuos sólidos reciclados para la fabricación de los mismos, el presente trabajo se realizó con la técnica de observación directa y documental, los ensayos realizados para validar la hipótesis de la presente investigación pueden ser verificados por las evidencias que presentamos y todos los datos obtenidos cumplen con el rigor de la investigación según nuestros objetivos son veraces y verificables, siendo anotados en fichas de evaluación siguiendo los parámetros correspondientes según la norma E-070, estos datos anotados en sus respectivas fichas de evaluación proporcionadas por la Universidad Privada del Norte fueron reales y sin ningún tipo de alteración, lo que concluye que estos datos obtenidos fueron analizados de manera real y certificada; criterios más que fundamentales para considerar su originalidad y no existiendo ningún tipo de plagio en el estudio estos son veraces, además los datos obtenidos serán usados para fines académicos.

2.11 Aplicación de las herramientas.

Las principales herramientas utilizadas para el proceso de investigación experimental fue el programa estadístico de Excel, la cual se utilizó para calcular los promedios, desviación estándar, porcentaje de variación, concavidad, convexidad así como los ensayos de la resistencia a la compresión, variación dimensional, y alabeo.

La observación directa usando las fichas me ha permitido evaluar, tabular, procesar cada uno de los ensayos con las diferentes unidades de albañilería común y la mejorada con la adición de los porcentajes 3%, 5% y 7%.

Observación documental, porque se utilizó formatos del laboratorio de la Universidad Privada del Norte y la norma E-070, como referencia para la comparación de nuestros datos obtenidos en los diferentes ensayos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Ensayos para determinar las propiedades físicas de la arcilla

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en laboratorio de concreto la Universidad Privada del Norte.

3.1.1 Contenido de humedad.

Tabla 12

Contenido de humedad

Materia prima (arcilla)	Promedio porcentaje de humedad
Promedio Porcentaje	17.32

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se presenta los resultados de contenidos de humedad de la muestra de arcilla, arrojando un promedio de 17.32 %.

3.1.2 Límite líquido y límite plástico.

Tabla 13

Límite líquido

Descripción	Tara N° 1	Tara N° 2	Tara N° 3
Contenido de Humedad (%)	42.86	41.25	42.05
Límite líquido promedio (%)		42.05	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 13, se evidencia los resultados de límite líquido de tres muestras de arcilla. Arrojando un promedio de 42.05 %.

Tabla 14

Contenido de humedad

Descripción	Tara	
	Nº 1	Nº 2
Contenido de Humedad %	29.27	30.11
Promedio límite plástico %	29.69	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se presentan los resultados de limite plástico de dos muestras de arcilla. Arrojando un promedio de 29.69 %.

Tabla 15

Índice de plasticidad

Determinación	Promedio
Limite líquido %	42.05
Limite Plástico %	29.69
Índice de plasticidad %	12.36

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se presentan los resultados del índice de plasticidad de las muestras de arcilla. Arrojando un promedio de 12.36 %.

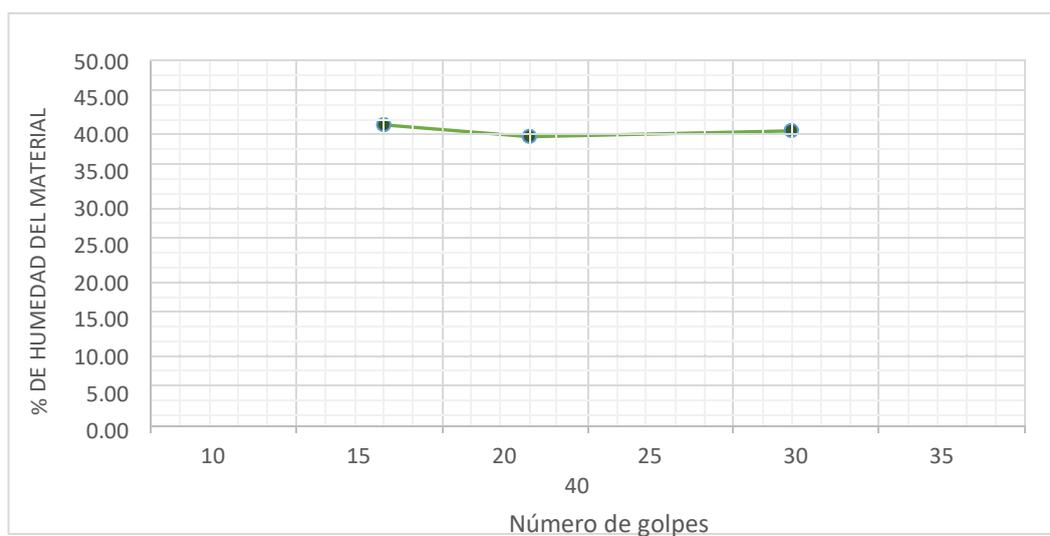


Figura 3. Curva de fluidez

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4, se presenta la curva de fluidez donde al realizar 25 golpes nos da como resultado un porcentaje de humedad de 41.4%.

3.1.3 Granulometría.

Tabla 16

Análisis granulométrico (Peso de la muestra 265 gr.)

Tamiz	Abertura	Peso retenido	% RP	% RA	% que pasa
N° 4	4.76	0.0	0	0	100.00
N° 10	2	16.7	6.30	6.30	93.7
N° 20	0.84	25.6	9.66	15.96	84.04
N° 30	0.59	17.9	6.75	22.71	77.28
N° 40	0.42	37.7	14.23	36.94	63.06
N° 60	0.25	40.4	15.25	52.19	47.81
N° 100	0.15	124.7	47.06	99.25	0.75
N° 200	0.074	0.0	0.00	99.25	0.75
Cazoleta			0.75	100.00	
Pérdida		2.0			
Total		265	100		

Fuente: Protocolos ensayo de la Universidad Privada del Norte.

En la tabla 16 se presentan los resultados de análisis granulométrico de la muestra de arcilla obteniendo una pérdida por lavado de 2.0 gr.

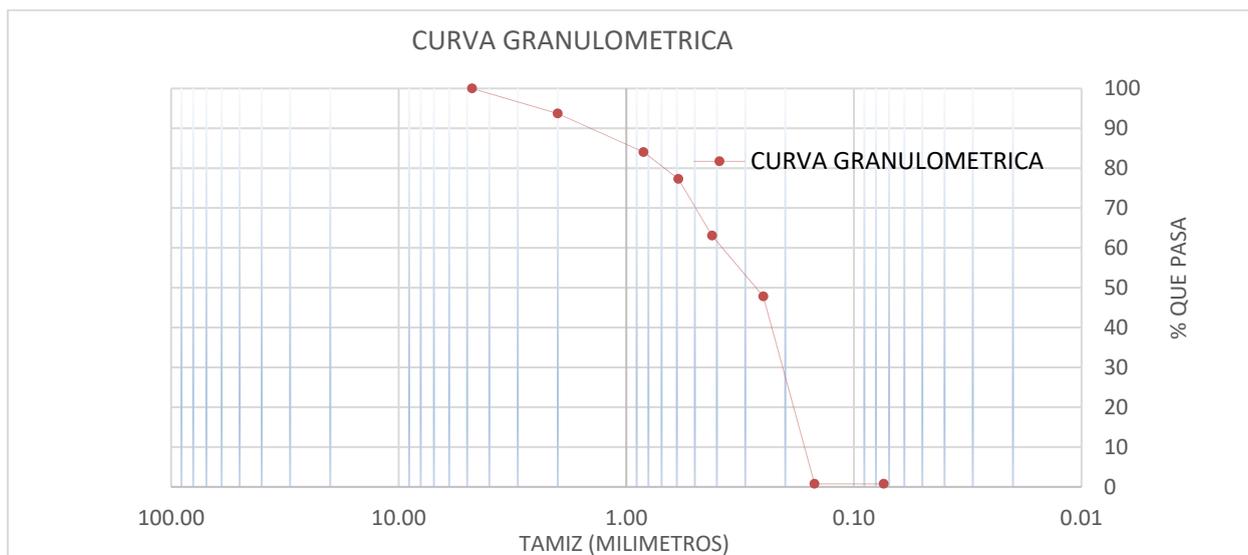


Figura 4. Análisis granulométrico

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se presenta la curva granulométrica de los resultados obtenidos del ensayo realizado con los tamices de diferentes medidas para determinar el porcentaje de material retenido, así como la pérdida por lavado dando una conclusión que se trata de un suelo limpio.

3.2 Ensayos clasificatorios de las unidades de albañilería

3.2.1 Variación dimensional.

Tabla 17

Cálculo de la variación dimensional en la muestra patrón de 10 unidades de ladrillo de arcilla.

Descripción	Largo	Ancho	Alto
Dimensión nominal (mm)	210	120	70
Dimensión promedio (mm)	195	112	66
Coefficiente de variación (C.V.)	0.63%	1.12%	2.49%
Variación dimensional	7.14%	6.67%	5.71%

En la tabla 17, se presentan los resultados de la variación dimensional de la muestra patrón teniendo como resultado en su largo, ancho, alto de 7.14%, 6.67% y 5.71% respectivamente; concluyendo que la variación dimensional del ladrillo de la muestra patrón son de tipo I y tipo II, cumpliendo con los rangos mínimos según la NTP E-070.

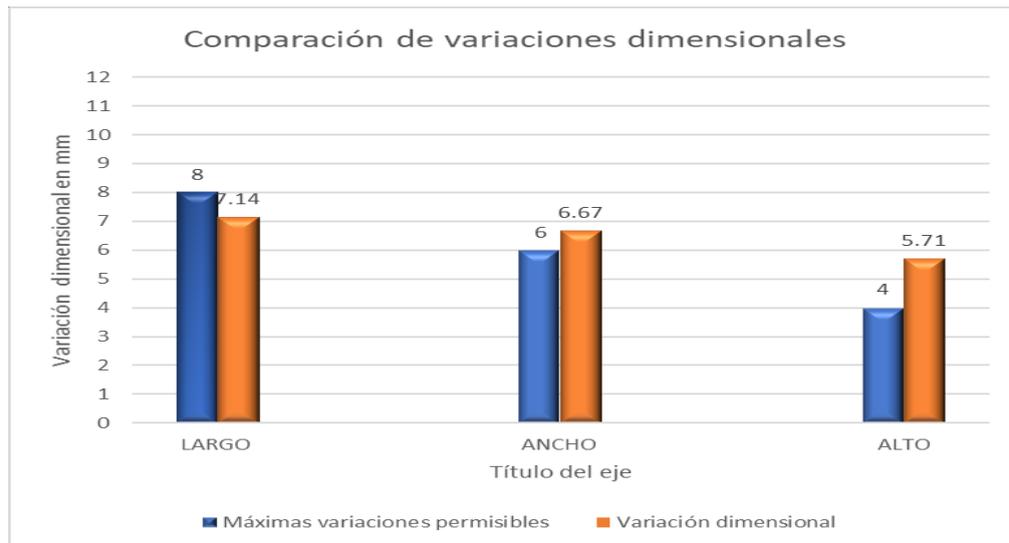


Figura 5. Variación dimensional de la muestra patrón y de la NTP 331.017

En la figura 6, se presenta las variaciones dimensionales de los ladrillos artesanales con respecto a la NTP 331.017

Tabla 18

Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos.

Descripción	Largo (mm.)	Ancho (mm.)	Alto (mm.)
Dimensión nominal (mm)	210	120	70
Dimensión promedio (mm)	191	109	65
Coefficiente de variación (C.V.)	0.94%	2.58%	1.96%
Variación dimensional	9.05%	9.17%	7.14%

En la tabla 18 se presentan los resultados de variación dimensional de los ladrillos artesanales adicionados con el 3% de residuos las variaciones dimensionales promedio son para el largo, ancho y alto de 9.05%, 9.17% y 7.14% respectivamente; concluyendo que la variación dimensional del ladrillo adicionando el 3% de residuos sólidos no cumplen con lo estipulado en la NTP E-070.

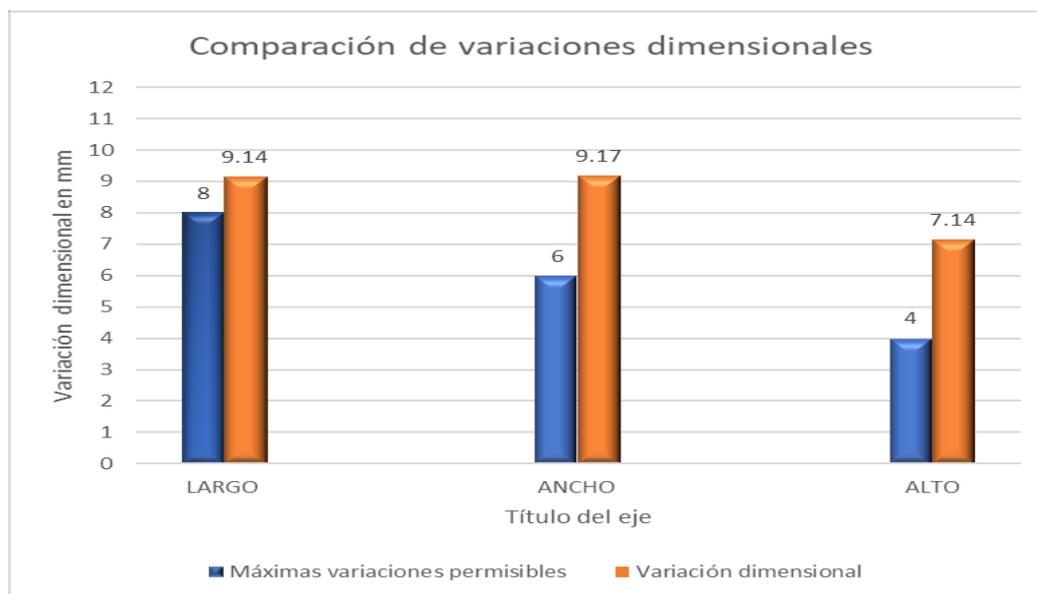


Figura 6. Variación dimensional de la muestra con 3% de residuos y de la NTP 331.017

En la figura 7 se presenta las variaciones dimensionales de los ladrillos artesanales adicionados con el 3% de residuos con respecto a la NTP 331.017

Tabla 19

Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos.

Descripción	Largo (mm.)	Ancho (mm.)	Alto (mm.)
Dimensión nominal (mm)	210	120	70
Dimensión promedio (mm)	192	107	64
Coficiente de variación (C.V.)	0.6%	1.38%	3.17%
Variación dimensional	8.57%	10.83%	8.57%

En la tabla 19, se presentan los resultados de variación dimensional de los ladrillos artesanales adicionados con el 5% de residuos las variaciones dimensionales promedio son para el largo, ancho y alto de 8.57%, 10.83% y 8.57% respectivamente; concluyendo que la variación dimensional del ladrillo adicionando el 5% de residuos sólidos no cumplen con lo estipulado en la NTP E-070.

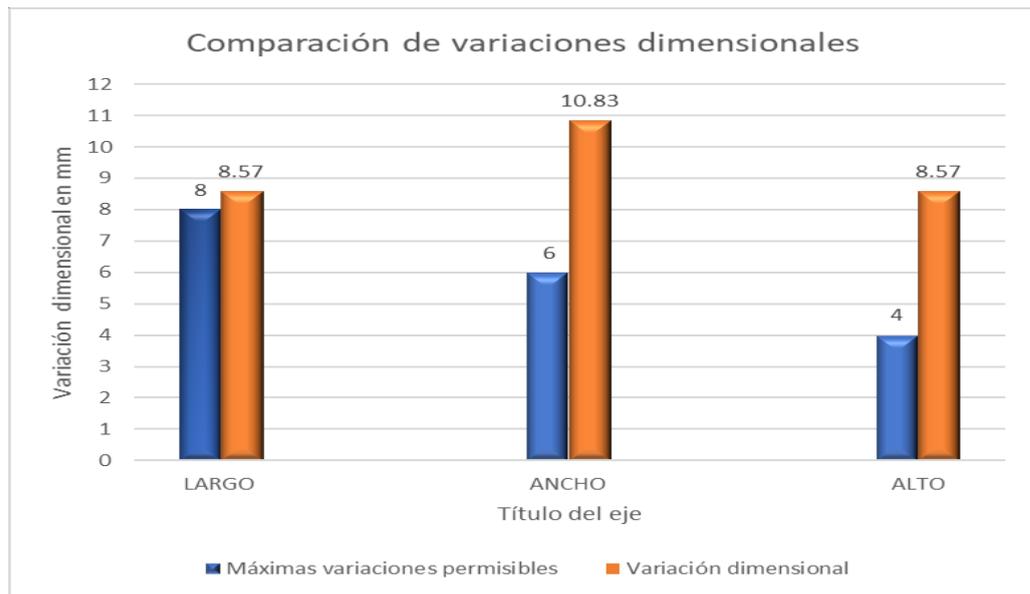


Figura 7. Variación dimensional de la muestra con 5% de residuos y de la NTP 331.017

En la figura 8, se presenta las variaciones dimensionales de los ladrillos artesanales adicionados con el 5 % de residuos con respecto a la NTP 331.017

Tabla 20

Cálculo de la variación dimensional en la muestra de 10 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos.

Descripción	Largo (mm.)	Ancho (mm.)	Alto (mm.)
Dimensión nominal (mm)	210	120	70
Dimensión promedio (mm)	193	110	62
Coefficiente de variación (C.V.)	0.95%	1.24%	4.19%
Variación dimensional	8.09%	8.33%	11.43%

De la tabla 20, se evidencia los resultados de variación dimensional de los ladrillos artesanales adicionados con el 7% de residuos las variaciones dimensionales promedio son para el largo, ancho y alto de 8.09%, 8.33% y 11.43% respectivamente; concluyendo que la variación dimensional del ladrillo

adicionando el 7% de residuos sólidos no cumplen con lo estipulado en la NTP E-070.

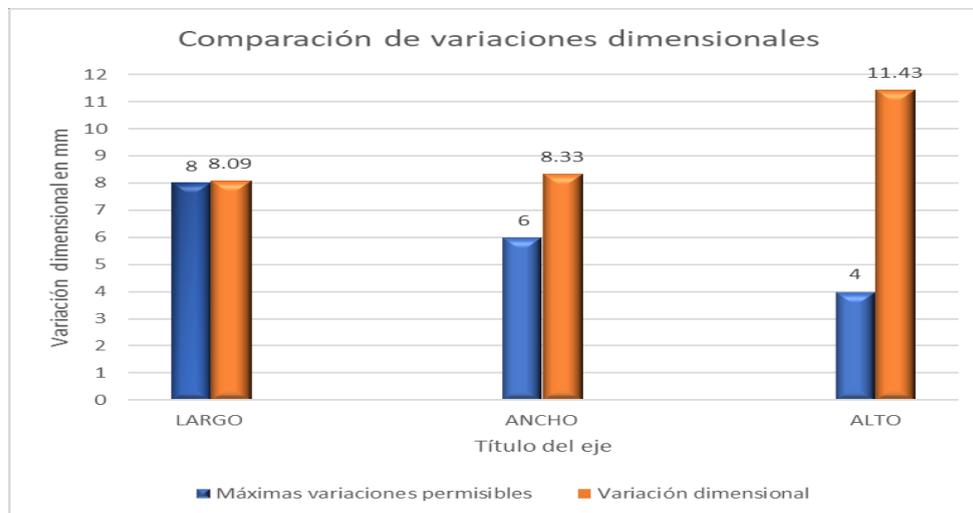


Figura 8. Variación dimensional de la muestra con 7% de residuos y de la NTP 331.017

En la figura 9, se presenta las variaciones dimensionales de los ladrillos artesanales adicionados con el 7% de residuos con respecto a la NTP 331.017

3.2.2 Alabeo.

Tabla 21

Resultado de las medidas de alabeo en las 10 muestras de ladrillo de arcilla.

Muestras de ladrillos	Promedio	
	Cóncavo	Convexo
Patrón	2	3
10 ladrillos adicionados con el 3% de residuos sólidos	3	2
10 ladrillos adicionados con el 5% de residuos sólidos	2	2
10 ladrillos adicionados con el 7% de residuos sólidos	3	2

La tabla 21, presenta los resultados obtenidos en las medidas de alabeo para los ladrillos artesanales teniendo por concavidad promedio de la muestra patrón de 2 mm y por convexidad es de 3mm; concluyendo que los ladrillos de la muestra patrón son de tipo V, cumpliendo con los rangos establecidos en la NTP E-070.

Para los ladrillos adicionados con el 3% se tiene por concavidad promedio de 3 mm y por convexidad es de 2mm, concluyendo que los ladrillos de la muestra patrón son de tipo V, cumpliendo con los rangos establecidos en la NTP E-070. Para los ladrillos adicionados con el 5% se tiene por concavidad promedio de 2 mm, y por convexidad es de 2mm; concluyendo que los ladrillos de la muestra patrón son de tipo V, cumpliendo con los rangos establecidos en la NTP E-070. Para los ladrillos adicionados con el 7% se tiene por concavidad promedio de 3 mm y por convexidad es de 2mm. Concluyendo que los ladrillos de la muestra patrón son de tipo V, cumpliendo con los rangos establecidos en la NTP E-070.

3.3 Ensayos no clasificatorios de las unidades de albañilería

3.3.1 Absorción.

Tabla 22

Resultado promedio de la absorción de la muestra patrón de 5 unidades de ladrillo de arcilla.

Muestra de ladrillo	Espécimen Seco (gr)	Espécimen húmedo (gr)	Absorción
Patrón	2833.4	3453.6	20.80

En la tabla 22, se presentan los resultados de absorción para el ladrillo artesanal de la muestra patrón; siendo 20.80 % la absorción promedio; concluyendo que la absorción promedio del ladrillo de la muestra patrón cumple con los parámetros de la Norma ITINTEC 331.017.

Tabla 23

Resultado promedio de la absorción de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos.

Muestra de ladrillo	Espécimen Seco (gr)	Espécimen húmedo (gr)	Absorción
5 ladrillos adicionados con el 3% de residuos sólidos	2271.2	2847.6	24.81

En la tabla 23, se presentan los resultados de absorción para el ladrillo artesanal adicionado el 3% de residuos; siendo 24.81 % la absorción promedio; concluyendo que dicho ladrillo cumple con los parámetros de la Norma ITINTEC 331.017.

Tabla 24

Resultado promedio de la absorción de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos.

Muestra de ladrillo	Espécimen Seco (gr)	Espécimen húmedo (gr)	Absorción
5 ladrillos adicionados con el 5% de residuos sólidos	2232.2	2749.6	28.96

De la tabla 24, se evidencia los resultados de absorción para el ladrillo artesanal adicionado el 5% de residuos; siendo 28.96 % la absorción promedio; concluyendo que la absorción promedio del ladrillo de la muestra patrón no cumple con los parámetros de la Norma ITINTEC 331.017.

Tabla 25

Resultado promedio de la absorción de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos.

Muestra de ladrillo	Espécimen Seco (gr)	Espécimen húmedo (gr)	Absorción
5 ladrillos adicionados con el 7% de residuos sólidos	1994	2640.8	32.44

En la tabla 25, se presentan los resultados de absorción para el ladrillo artesanal adicionado el 7% de residuos; siendo 32.44 % la absorción promedio; concluyendo que la absorción promedio del ladrillo de la muestra patrón no cumple con los parámetros de la Norma ITINTEC 331.017.

3.2.3 Succión.

Tabla 26

Resultado promedio de la succión de la muestra patrón de 5 unidades de ladrillo de arcilla.

Muestra de ladrillo	L (cm)	A(cm)	Área cm ²	Ws (gr)	Wh (gr)	Succión
Patrón	19.48	11.18	218.46	2800.6	2888.4	81.16

En la tabla 26, se presentan los resultados de la succión para el ladrillo artesanal como muestra patrón; siendo 125.35 (gr/cm²-min) la succión promedio; concluyendo que la succión del ladrillo no cumple con los parámetros de la norma técnica ITINTEC 331-017.

Tabla 27

Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos.

Muestra de ladrillo	L (cm)	A(cm)	Área cm ²	Ws (gr)	Wh (gr)	Succión
5 Ladrillos adicionados con el 3% de residuos sólidos	18.9	10.9	206.54	2298.4	2457	153.55

En la tabla 27, se presentan los resultados de la succión para el ladrillo artesanal adicionado el 3% de residuos; siendo 153.55 (gr/cm²-min) la succión promedio; concluyendo que la succión del ladrillo no cumple con los parámetros de la norma técnica ITINTEC 331-017

Tabla 28

Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos.

Muestra de ladrillo	L (cm)	A(cm)	Área cm ²	Ws (gr)	Wh (gr)	Succión
5 Ladrillos adicionados con el 5% de residuos sólidos	19.16	10.72	205.398	2134.6	2352.6	212.42

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28, se evidencia los resultados de la succión para el ladrillo artesanal con 5% de residuos; siendo 215.94 (gr/cm²-min) la succión

promedio; concluyendo que la succión del ladrillo no cumple con los parámetros de la norma técnica ITINTEC 331-017

Tabla 29

Resultado promedio de la succión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos

Muestra de ladrillo	L (cm)	A(cm)	Área cm ²	Ws (gr)	Wh (gr)	Succión
5 Ladrillos adicionados con el 7% de residuos sólidos	19.24	11.02	212.012	1991.8	2299	290.05

En la tabla 29, se presentan los resultados de la succión para el ladrillo artesanal al 7% de residuos; siendo 290.04 (gr/cm²-min) la succión promedio; concluyendo que la succión del ladrillo no cumple con los parámetros de la norma técnica ITINTEC 331-017

3.4 Ensayos de resistencia a la compresión de ladrillos de arcilla

3.4.1 Unidades de albañilería.

Tabla 30

Resultado de resistencia a la compresión de la muestra patrón de 5 unidades de ladrillo de arcilla.

Resistencia a la compresión de unidades	f'c (kg/cm ²)
Promedio f'c (kg/cm ²)	28.84
Desviación estándar (σ)	3.66
Resistencia característica (f'c (kg/cm ²))	25.18

De la tabla 30, se evidencia los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el ladrillo artesanal como muestra patrón, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de

25.18 kg/cm²; concluyendo que la resistencia a la compresión de la muestra patrón son de clase de bloque no portante (NP), los cuales solamente serán usados en muros no portantes.

Tabla 31

Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 3% de adición de residuos.

Resistencia a la compresión de unidades	f'c (kg/cm²)
Promedio f'c (kg/cm ²)	35.96
Desviación estándar (σ)	6.89
Resistencia característica (f'c (kg/cm ²))	29.07

En la tabla 31 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el ladrillo artesanal adicionado del 3% de residuos, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de 29.07 kg/cm²; concluyendo que la resistencia a la compresión del ladrillo adicionado el 3% de residuos sólidos son de tipo de bloque NP, los cuales solamente serán usados en muros no portantes.

Tabla 32

Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 5% de adición de residuos.

Resistencia a la compresión de unidades	f'c (kg/cm²)
Promedio f'c (kg/cm ²)	23.16
Desviación estándar (σ)	4.75
Resistencia característica (f'c (kg/cm ²))	18.41

En la tabla 32 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el ladrillo artesanal adicionado del 5% de residuos, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la

compresión de 18.41kg/cm^2 ; concluyendo que la resistencia a la compresión del ladrillo adicionado el 5% de residuos sólidos son de tipo de bloque NP, los cuales solamente serán usados en muros no portantes.

Tabla 33

Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 5 unidades de ladrillo de arcilla con el 7% de adición de residuos.

Resistencia a la compresión de unidades	f'c (kg/cm²)
Promedio f'c (kg/cm ²)	15.52
Desviación estándar (σ)	3.86
Resistencia característica (f'c (kg/cm ²))	11.66

En la tabla 33 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión para el ladrillo artesanal adicionado del 7% de residuos, obteniéndose su cálculo de la resistencia característica a la compresión de 11.66kg/cm^2 ; concluyendo que la resistencia a la compresión del ladrillo adicionado el 7% de residuos sólidos son de tipo de bloque NP, los cuales solamente serán usados en muros no portantes.

Tabla 34

Resultado del incremento de la resistencia a la compresión de los ladrillos de arcilla adicionado los diferentes porcentajes de residuos.

MUESTRA DE LADRILLOS	PROMEDIO f'c (kg/cm²)	INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN %
Patrón	28.84	
Ladrillos adicionados con el 3% de residuos sólidos	35.96	24.69
Ladrillos adicionados con el 5% de residuos sólidos	23.16	- 19.69
Ladrillos adicionados con el 7% de residuos sólidos	15.52	- 46.19

En la tabla 34, se muestran los resultados obtenidos del incremento a la resistencia a la compresión para los diferentes tipos de ladrillo artesanal

tanto como para la muestra patrón, así como para los ladrillos adicionados con los diferentes porcentajes de residuos. Notándose que al añadir el 3% de residuos el incremento a la resistencia a la compresión aumenta en un 24.69 % con respecto a la muestra patrón y al adicionar el 5% y 7% de residuos estos disminuyen en un -19.69% y -46.19% respectivamente.

CAPÍTULO IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

4.1 Limitaciones

- Los residuos sólidos que fueron utilizados para nuestra investigación se obtuvieron siguiendo una clasificación, ya que estos estaban mezclados con otros tipos de residuos.
- Las ladrilleras no cuentan con un control de calidad en la fabricación de sus ladrillos de arcilla artesanal. Por lo que se realizó la fabricación de estos, teniendo en cuenta la norma E-70.
- Limitada cantidad de equipos para la realización de ensayos.

4.2 Interpretación comparativa.

Luego de realizar los ensayos en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte y de hacer las comparaciones técnicas con trabajos de investigación similares, así como de comparar estos resultados con los establecidos en la NTP 331.017, NTP 331.018, NTP, 331.019 NTP 399.604 y NTP 399. 613; así como la norma E-070; estos cumplen parcialmente.

Es importante mencionar que la Norma ITINTEC 331.017 establece una absorción máxima del 22%, donde se presentan los resultados para nuestra investigación, en los especímenes ensayados como la muestra patrón, la cual cumple con los requisitos de la norma teniendo una absorción promedio de 20.80% y al adicionar el 3% de residuos también cumple con lo establecido según norma llegando a una absorción promedio de 24.81%, y al adicionar los porcentajes al 5% y 7%, la absorción sobrepasa el límite permitido, resultando con una absorción promedio de 28.96% y 32.44% respectivamente.

Con respecto a la succión de los ladrillos de arcilla la norma establece rangos comprendidos entre 10 y 20 gr/cm²-min. En nuestro estudio obtuvimos resultados desfavorables, ya que la succión en la muestra patrón y en las muestras de ensayo en los diferentes porcentajes, sobrepasaron los límites permitidos según la Norma ITINTEC 331.017.

En cuanto a la resistencia a la compresión, en el estudio de investigación se llegó a los siguientes resultados, que con el 3% de adición de tres tipos de residuos como son: cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento es el más adecuado ya que incrementa su resistencia a la compresión en un 24.69 % en base a la muestra patrón, los que al comparar con los resultados de Olave (2017), concluyen que el porcentaje del 3% de aserrín adicionado a los especímenes de ladrillo, también son favorables ya que la resistencia a la compresión no varía con los ensayos de la muestra patrón, lo que muestra la consistencia de la investigación.

Ruiz Fernández, Deisy en la tesis “Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015” Muestra una resistencia a la compresión de 97.74% adicionando vidrio triturado en 10% con respecto a su muestra patrón, pero al adicionar en otros porcentajes mayores la resistencia a la compresión disminuye notoriamente, caso similar es lo que ocurre con los ensayos realizados en nuestra investigación ya que al adicionar los residuos sólidos al 3% este incrementa su resistencia a la compresión en un 24.69% con respecto a la muestra patrón, pero al aumentar el porcentaje de residuos la resistencia a la compresión también disminuye.

Los resultados descritos por Cruzado (2018), en su tesis “Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento”; concluye, que el tipo de

residuo utilizado (Material de demolición no clasificado) proveniente de la demolición de un muro de ladrillos y mortero no fue el más adecuado, probablemente debido a la fragilidad de sus partículas, las cuales no alcanzan el límite requerido por la norma E-070.

Podemos afirmar que la adición de otros residuos sólidos en ciertos porcentajes, se logró obtener resultados mejores respecto a la resistencia, como lo realizaron Vásquez y Limay (2019) en su tesis “Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (*stipa ichu*)”, y obteniendo un valor de 51.73 Kg/cm², clasificando como ladrillo de tipo I (50 Kg/cm²), según la norma E-070.

De acuerdo, con lo evaluado anteriormente se afirma que se cumple nuestra hipótesis de manera parcial debido a que se mejoran ciertas propiedades físico – mecánicas de los ladrillos artesanales elaborados con adición de residuos sólidos como cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento en diferentes porcentajes, por lo cual, se debe considerar el porcentaje de adición a la mezcla para obtener resultados óptimos o aceptables lo que la norma E-070 exige.

Finalmente, es necesario hacer hincapié que la industria de la construcción genera demasiada contaminación, el aumento de la extracción de recursos naturales con la finalidad de satisfacer las necesidades de la construcción está descontrolado y no hay un equilibrio; por ello en esta investigación se propuso reutilizar los materiales de demolición y construcción y otros elementos como el aserrín de pino, dando así una segunda vida a estos materiales. “Así como en diversos países donde consideran utilizar otros materiales como estiércol, aserrín, carbonilla, cáscara de arroz, o cascarilla de algodón, están entre los más usados y son denominados “liga”, por ser el elemento ligante de la mezcla”. (Bianucci, 2009); con la finalidad de fabricar

mejores ladrillos artesanales, para obtener un mejor impacto ambiental reduciendo la contaminación y minimizar costos de producción como lo manifiesta Páliz (2015).

4.3 Implicancias.

En el análisis de nuestra investigación, se presentaron algunos efectos negativos al procesar los resultados de los diferentes ensayos de los ladrillos de arcilla artesanal adicionados con residuos sólidos en diferentes porcentajes al 3%, 5% y 7% de cerámica molida, aserrín de pino y mortero de revestimiento, los cuales cumplen parcialmente con los estándares de la norma E-070.

Si hablamos de proyectos de construcción tanto en el sector público y privado, los ladrillos de arcilla de nuestra investigación no serían recomendables para su uso ya que generarían consecuencias tanto en lo económico y humano por lo que sus propiedades no son favorables, adecuadas y seguras.

Al usar el ladrillo de arcilla artesanal producto de nuestra investigación, las entidades reguladoras podrían detener el avance de la obra por incumplir con los parámetros estipulados según las Normas de albañilería; así como también multar al propietario por el uso de material inadecuado ya que se estaría atentando con la integridad física de las personas, debido al colapso de los muros por lo que se debe de evitar el uso del ladrillo con adición de residuos sólidos en muros portantes; pudiendo usarse en parapetos.

4.4 Conclusiones

En la presente investigación, luego de analizar y discutir los resultados se concluye, que los ladrillos de arcilla elaborados con residuos sólidos en diferentes porcentajes 3%, 5% y 7%; cumplen parcialmente con la hipótesis, de acuerdo a sus propiedades en función de la norma E -070.

Esto nos lleva afirmar que al añadir el 3% de residuos se obtiene una resistencia a la compresión que aumenta en un 24.69% en comparación a la muestra patrón, dando por válida la hipótesis planteada, además se concluye que al añadir más porcentaje de residuos sólidos (cerámica molida, aserrín de pino, mortero de revestimiento) al 5% y 7% afecta en la resistencia a la compresión, y demás propiedades.

Dentro de las propiedades físicas de succión de agua de los ladrillos de arcilla se tiene como resultado que la muestra patrón así como los ladrillos adicionados con residuos sólidos al 3%, 5%, 7% no cumplen con la norma ITINTEC 331-017, ya que la succión que presentan es excesiva por lo que se necesitara humedecer las unidades durante el asentado.

Dentro de las propiedades físicas de absorción de agua la muestra patrón y la adición de 3% de residuos sólidos cumplen ligeramente con la norma INTINTEC 331.017 y al añadir los residuos sólidos al 5%, 7%, estos no cumplen; ya que están por encima del valor máximo que es el 22%.

Dentro de las propiedades físicas la variación dimensional del ladrillo como muestra patrón y los ladrillos adicionados con residuos sólidos al 3%, 5% y 7%, no cumplen con la norma INTINTEC 331.017; que concluye que a mayor variabilidad dimensional de las unidades, mayor será en el espesor de las juntas.

- Dentro de las propiedades físicas el ensayo de alabeo se concluye que el ladrillo artesanal como muestra patrón es de tipo V, al igual que los ladrillos adicionados con el 3%, 5% y 7% con residuos sólidos también son de tipo V cumpliendo con los parámetros de la norma E-070.

REFERENCIAS

- Averardo Bianucci, M. (2009). *El ladrillo orígenes y desarrollo*. Argentina: FAU- UNNE.
- Astopilco V., A. J. (2015). *Comparación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de pvc*, Cajamarca.
<http://hdl.handle.net/11537/6650>
- Barranzuela Lezcano, J. E. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. Piura.
- Camargo G., L. E., & Yambay Santamaría, B. D. (2020). *Elaboración de ladrillos artesanales mediante el aprovechamiento de lodos resultantes del proceso de depuración en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Quitumbe* (Tesis de Bachiller, Quito: UCE). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20679>
- Chilón V., M. D., & Posadas G., W. A. (2019). *Reutilización de lodos generados en el tratamiento de aguas ácidas para la elaboración de ladrillos artesanales en una empresa minera de Cajamarca*.
<http://hdl.handle.net/11537/14793>
- Chino R., L. A., & Mathios C., A. C. (2020). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de plásticos PET reutilizados y aserrín de la especie Huayruro (Ormosia coccinea) de las industrias madereras en Ucayali, Perú*.
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4305>
- Cordova Facundo, C. (1994). *Vulnerabilidad sísmica*. Huánuco.
- Cruzado Ruiz J. L. (2018). *Elaboración de ladrillos de 18 huecos tipo IV con residuos de demolición y cemento*. Lima.
- E-070, M. d. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones E-070*. Perú: El peruano.

Flores F., J. P., & Ochoa T., R. J. (2019). *Evaluación comparativa de un prototipo de ladrillo macizo de cemento sustituyendo el agregado fino por PET respecto a un ladrillo artesanal, Cusco-2018.*

<http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2863>

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería estructural* (Vol. Tercera Edición). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. 6a ed.

Hernández R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.

Limay Campos, E. O., & Vásquez Caruajulca, H. U. (2019). *Resistencia a compresión del ladrillo de arcilla con adición de ichu (Stipa ichu)*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte. <http://hdl.handle.net/11537/21089>

Maldonado Carrasco, D. A. (2003). *Estudio de la arcilla para la fabricación del ladrillo cocido en Huancayo y Pucallpa*. Lima.

Moreno, F. (1981). *El ladrillo en la construcción*. España.

NTP 331.017. (2003). *Elementos de arcilla cocida - ladrillos de arcilla usados en albañilería*.

Olave Cortez, J. C. (2017). *Influencia del aserrín en la resistencia a la compresión y variación dimensional de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente*. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo.

Orellana L., X. O. (2015). *Uso de los lodos, producto del tratamiento de aguas residuales, para la fabricación de ladrillos*.

<http://192.188.52.94/bitstream/3317/4344/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-128.pdf>

Páliz H., D. C. (2015). *Factibilidad del uso del raquis de palma africana en mezcla con agregados de construcción para la fabricación de ladrillos ecológicos*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4066>

Quispe Cerna, M. R. (2016). *Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en el distrito de Santa-Ancash-2016*. Santa - Ancash.

Quispe N., J. (2018). *Adición de Residuos Sólidos de Construcción para la Elaboración del ladrillo Hueco de Concreto*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/35464>

Rodríguez Villamil, J. C. (2013). *Mecánica de suelos*. Bogotá.

Ruíz F., D. M. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015*.

<http://hdl.handle.net/11537/10524>

San Bartolomé, A. (2012). *Construcciones de albañilería*. PUCP Lima.

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico



Figura 9. Peso de material para determinar contenido de humedad



Figura 10. Realizando ensayo de límite líquido



Figura 11. Realizando ensayo de límite plástico



Figura 12. Ensayo de granulometría



Figura 13. Pesando los porcentajes de residuos



Figura 14. Mezclando los porcentajes de residuos con la arcilla



Figura 15. Haciendo el batido de la arcilla con los residuos



Figura 16. Mezcla de los residuos con la arcilla listo para moldear



Figura 17. Moldeando los ladrillos



Figura 18. Colocando los ladrillos para el secado correspondiente



Figura 19. Ladrillos colocados para el proceso de secado



Figura 20. Ladrillos secos



Figura 21. Colocación del ladrillo para la cocción



Figura 22. Horno cerrado para el proceso de la cocción



Figura 23. Ladrillo cocido después de sacarlos del horno



Figura 24. Realizando la variación dimensional



Figura 25. Realizando el ensayo de succión



Figura 26 . Realizando el ensayo de Alabeo



Figura 27. Realizando el ensayo de Absorción



Figura 28. Colocando yeso a las caras del ladrillo



Figura 29. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión



Figura 30. Realizando el ensayo de resistencia a la compresión

Anexo 2. Tablas de procesamiento de datos

Tabla 35

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra (patrón 1)

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
P1	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.15	2.35	972.32
	1000	0.32	4.70	911.55
	1500	0.55	7.06	795.53
	2000	0.68	9.41	857.93
	2500	0.75	11.76	972.32
	3000	0.88	14.11	994.42
	3500	0.97	16.47	1052.51
	4000	1.06	18.82	1100.74
	4500	1.14	21.17	1151.43
	5000	1.19	23.52	1225.61
	5500	1.26	25.88	1273.28
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

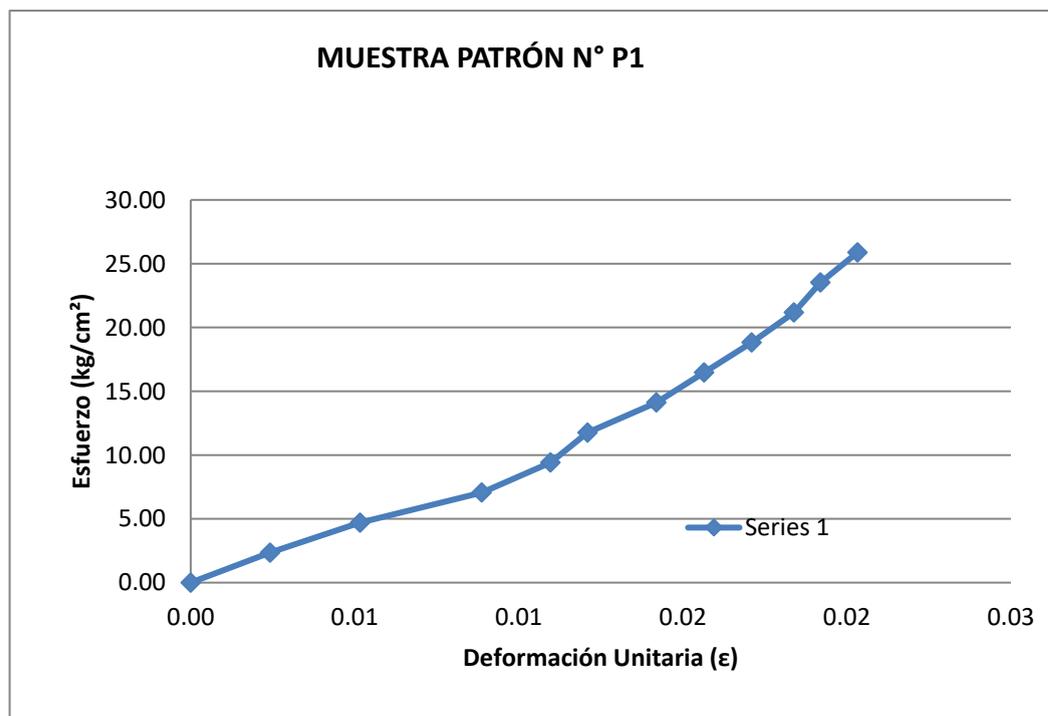


Figura 31. Deformación unitaria de la muestra P1

Tabla 36

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra (patrón 2)

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
P2	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.18	2.32	850.34
	1000	0.32	4.64	956.63
	1500	0.42	6.96	1093.29
	2000	0.50	9.28	1224.49
	2500	0.56	11.60	1366.62
	3000	0.66	13.91	1391.47
	3500	0.72	16.23	1488.10
	4000	0.76	18.55	1611.17
	4500	0.83	20.87	1659.70
	5000	0.88	23.19	1739.33
	5500	0.92	25.51	1830.08
	6000	0.98	27.83	1874.22
	6500	1.06	30.15	1877.17
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

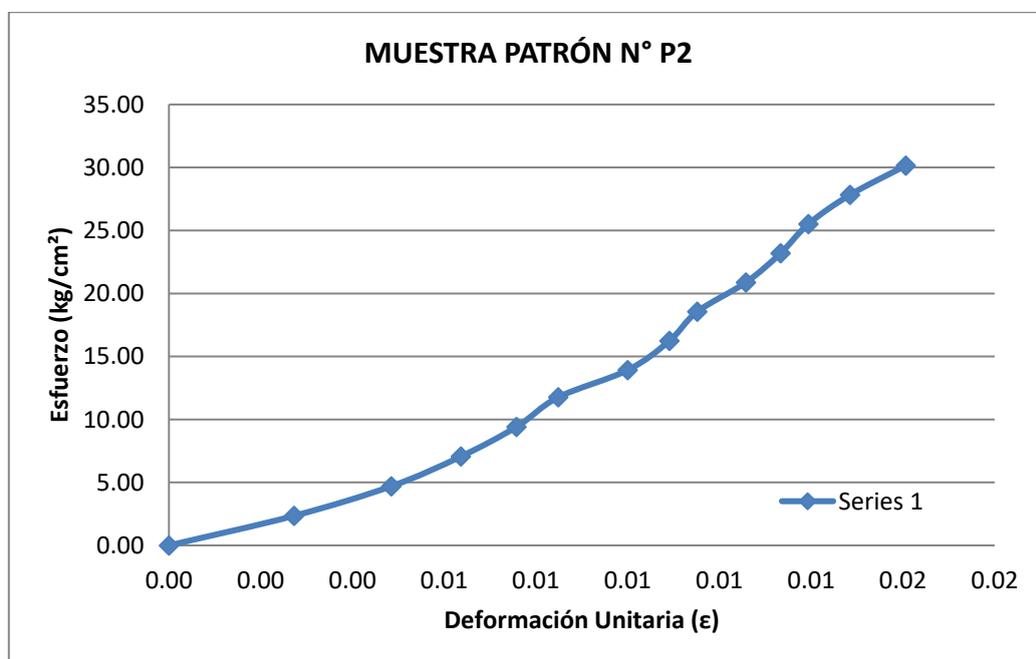


Figura 32. Deformación unitaria de la muestra P2

Tabla 37

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra (patrón 3)

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
P3	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.17	2.26	889.74
	1000	0.28	4.52	1080.39
	1500	0.36	6.77	1260.46
	2000	0.42	9.03	1440.53
	2500	0.55	11.29	1375.05
	3000	0.63	13.55	1440.53
	3500	0.71	15.80	1491.25
	4000	0.78	18.06	1551.34
	4500	0.84	20.32	1620.59
	5000	0.89	22.58	1699.50
	5500	0.96	24.83	1733.13
	6000	0.99	27.09	1833.40
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

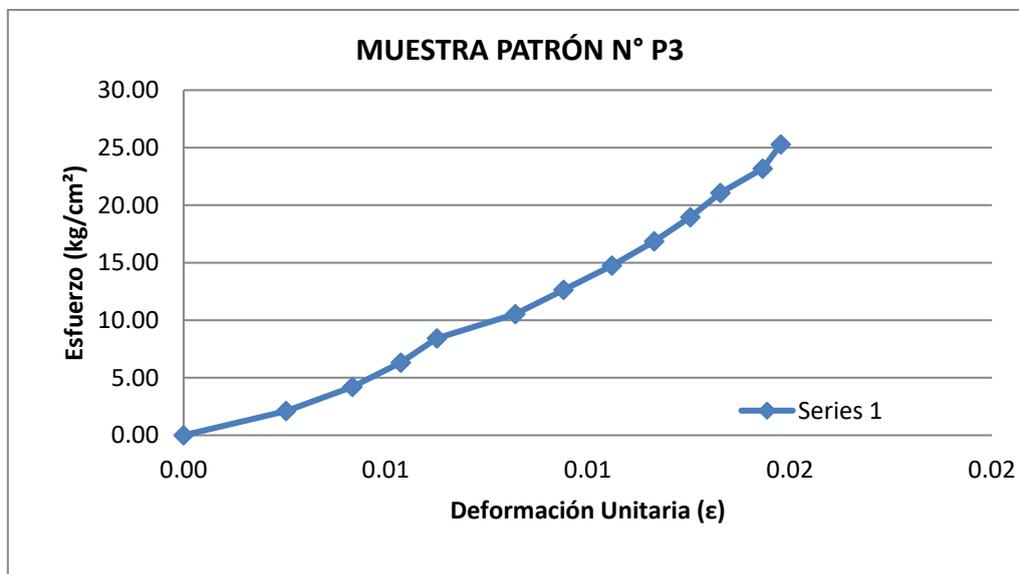


Figura 33. Deformación unitaria de la muestra P3

Tabla 38

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra (patrón 4)

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
P4	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.25	2.33	596.74
	1000	0.37	4.66	806.40
	1500	0.46	6.99	972.94
	2000	0.53	9.32	1125.92
	2500	0.58	11.66	1286.07
	3000	0.63	13.99	1420.80
	3500	0.72	16.32	1450.40
	4000	0.77	18.65	1549.97
	4500	0.83	20.98	1617.66
	5000	0.90	23.31	1657.60
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

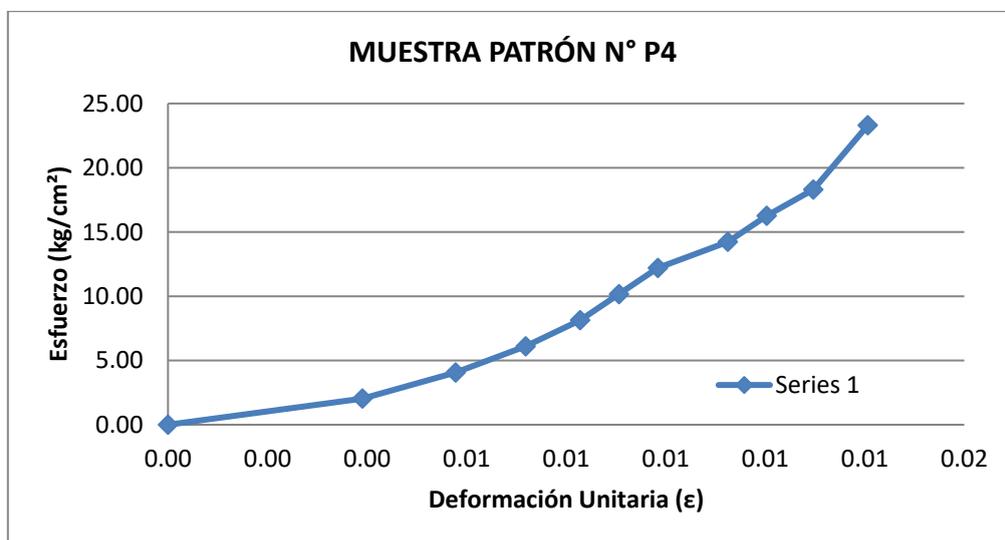


Figura 34. Deformación unitaria de la muestra P4

Tabla 39

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra (patrón 5)

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
P5	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.23	2.29	666.91
	1000	0.35	4.58	876.50
	1500	0.44	6.87	1045.83
	2000	0.52	9.16	1179.91
	2500	0.59	11.45	1299.90
	3000	0.63	13.74	1460.84
	3500	0.78	16.03	1376.56
	4000	0.81	18.32	1514.95
	4500	0.85	20.60	1624.11
	5000	0.90	22.89	1704.31
	5500	0.96	25.18	1757.57
	6000	1.03	27.47	1787.05
	6500	1.07	29.76	1863.60
	7000	1.13	32.05	1900.39
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				1337.23

Fuente: Elaboración propia.

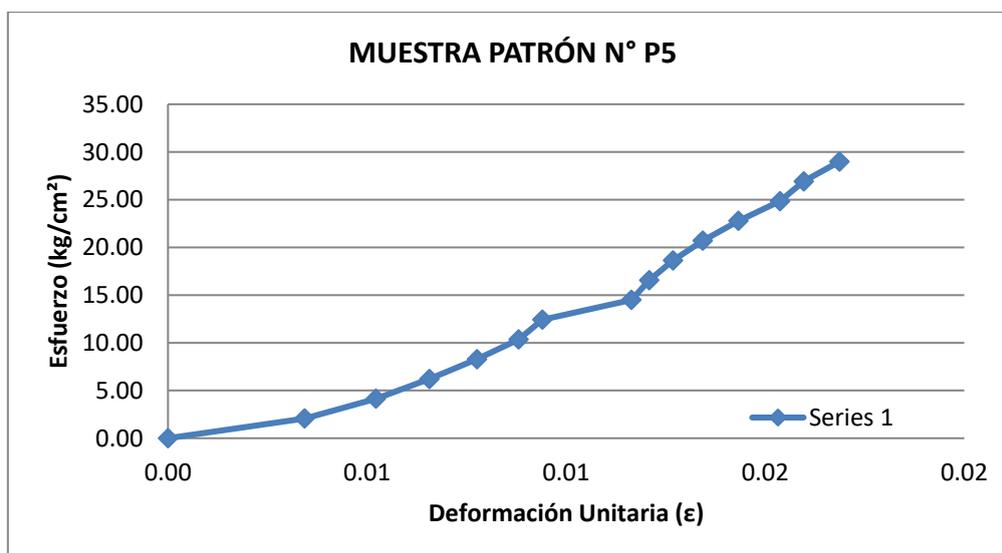


Figura 35 Deformación unitaria de la muestra P5

Tabla 40

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 3% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T1	0	0	0.00	0.00
	500	0.09	2.42	1669.79
	1000	0.12	4.85	2504.69
	1500	0.15	7.27	3005.62
	2000	0.19	9.70	3163.81
	2500	0.28	12.12	2683.59
	3000	0.41	14.54	2199.24
	3500	0.52	16.97	2023.02
	4000	0.65	19.39	1849.61
	4500	0.78	21.82	1734.01
	5000	0.92	24.24	1633.49
	5500	1.06	26.66	1559.52
	6000	1.26	29.09	1431.25
	6500	1.41	31.51	1385.57
	7000	1.58	33.93	1331.61
	7500	1.74	36.36	1295.53
	8000	1.96	38.78	1226.79
	8500	2.22	41.21	1150.80
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				1769.33

Fuente: Elaboración propia.

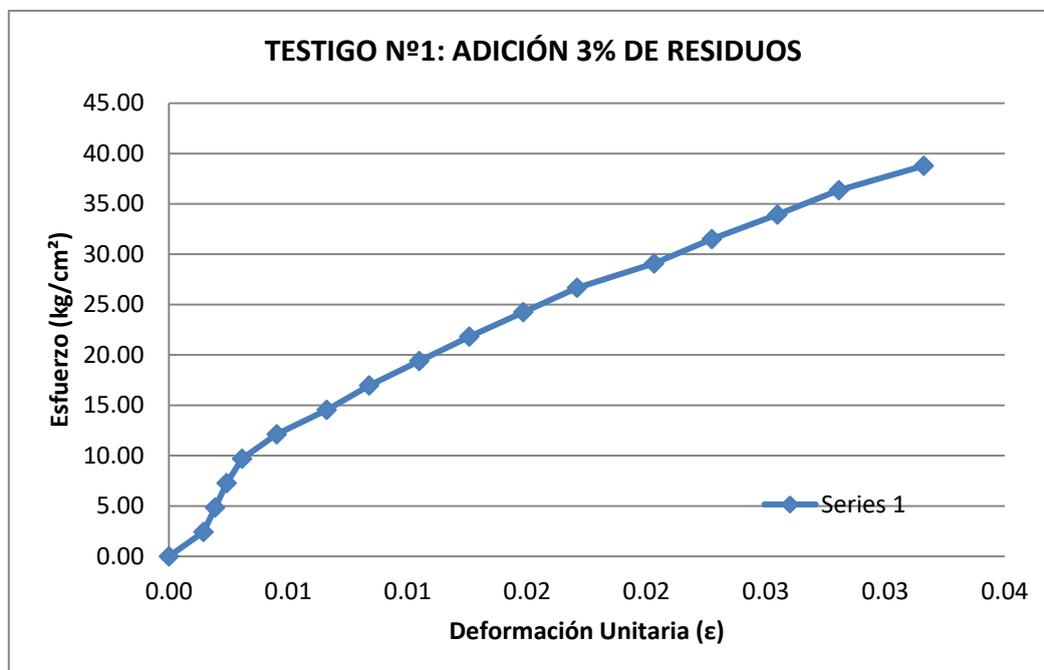


Figura 36. Deformación unitaria de la muestra 1 al 3% de adición de Residuos

Tabla 41

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 3% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T2	0	0	0.00	0.00
	500	0.09	2.42	1750.59
	1000	0.33	4.85	954.87
	1500	0.35	7.27	1350.45
	2000	0.46	9.70	1370.02
	2500	0.55	12.12	1432.30
	3000	0.63	14.54	1500.50
	3500	0.76	16.97	1451.14
	4000	0.84	19.39	1500.50
	4500	0.98	21.82	1446.91
	5000	1.14	24.24	1382.04
	5500	1.28	26.66	1353.97
	6000	1.56	29.09	1211.94
	6500	1.83	31.51	1119.23
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

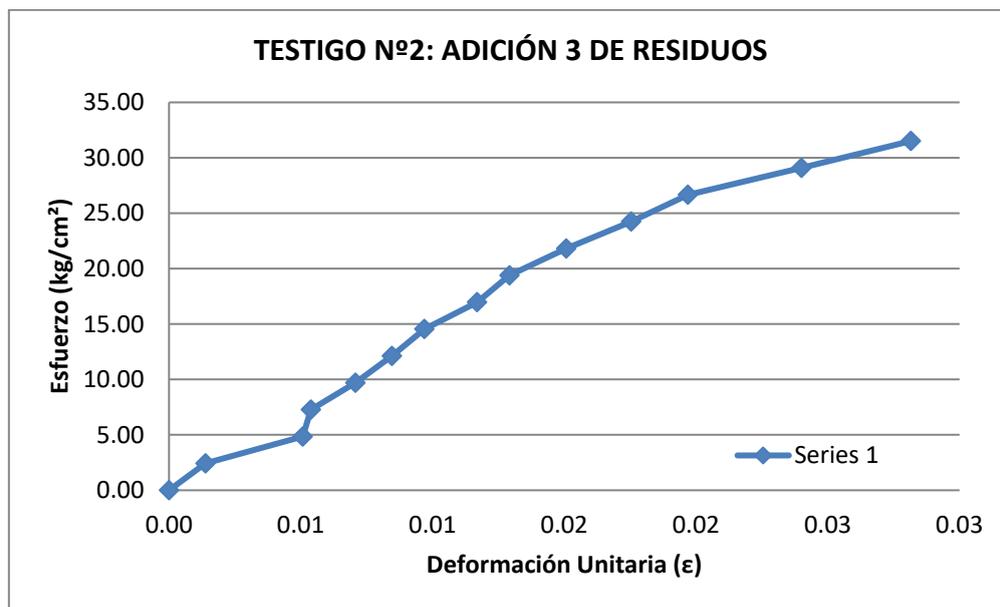


Figura 37. Deformación unitaria de la muestra 2 al 3% de adición de Residuos

Tabla 42

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 3% de adición de residuos

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T3	0	0	0.00	0.00
	500	0.08	2.43	1977.46
	1000	0.25	4.87	1265.58
	1500	0.34	7.30	1395.86
	2000	0.47	9.74	1346.36
	2500	0.56	12.17	1412.47
	3000	0.62	14.60	1530.94
	3500	0.73	17.04	1516.96
	4000	0.85	19.47	1488.91
	4500	0.96	21.90	1483.10
	5000	1.17	24.34	1352.11
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

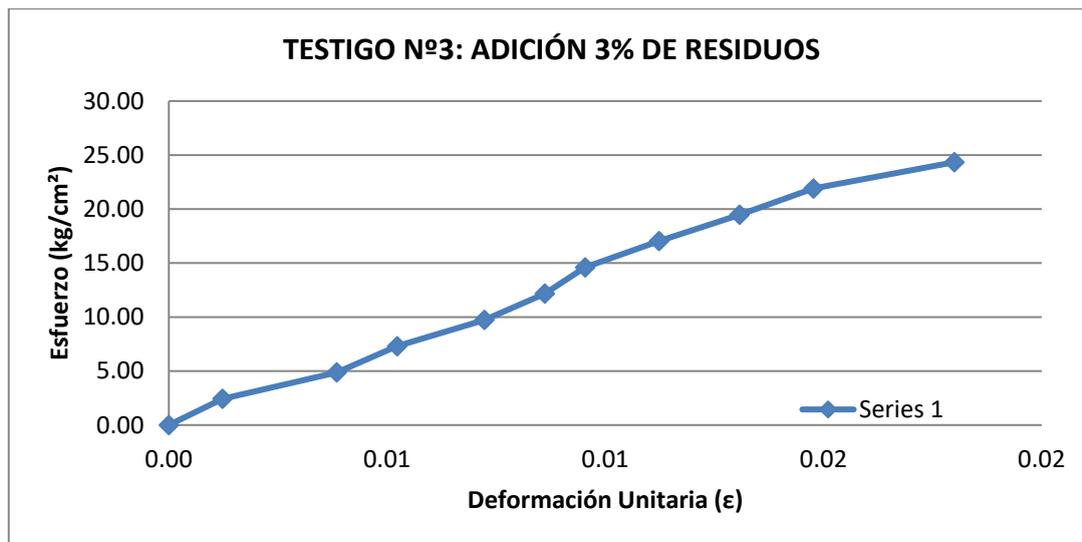


Figura 38. Deformación unitaria de la muestra 3 al 3% de adición de Residuos

Tabla 43

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 3% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T4	0	0	0.00	0.00
	500	0.08	2.47	2006.57
	1000	0.24	4.94	1337.71
	1500	0.32	7.41	1504.93
	2000	0.45	9.88	1426.89
	2500	0.57	12.35	1408.12
	3000	0.63	14.82	1528.81
	3500	0.78	17.29	1440.61
	4000	0.83	19.76	1547.23
	4500	0.94	22.23	1536.95
	5000	1.15	24.70	1395.87
	5500	1.24	27.17	1424.02
	6000	1.32	29.64	1459.32
	6500	1.38	32.11	1512.20
	7000	1.46	34.57	1539.29
	7500	1.55	37.04	1553.47
	8000	1.62	39.51	1585.44
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				1423.97

Fuente: Elaboración propia.

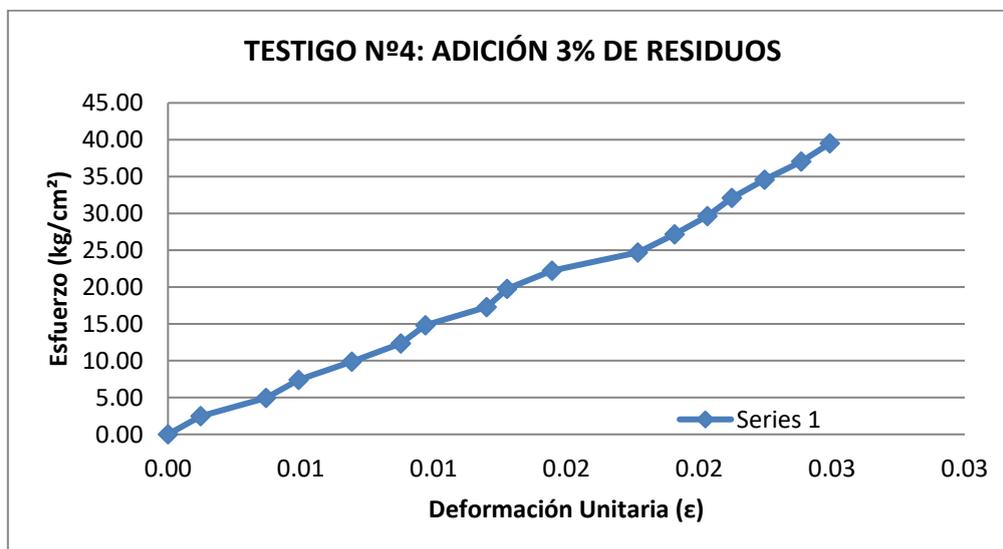


Figura 39. Deformación unitaria de la muestra 4 al 3% de adición de Residuos

Tabla 44

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 3% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T5	0	0	0.00	0.00
	500	0.12	2.48	1344.75
	1000	0.34	4.97	949.24
	1500	0.45	7.45	1075.80
	2000	0.53	9.93	1217.89
	2500	0.63	12.41	1280.72
	3000	0.78	14.90	1241.31
	3500	0.85	17.38	1328.93
	4000	0.92	19.86	1403.22
	4500	1.14	22.34	1273.98
	5000	1.28	24.83	1260.71
	5500	1.33	27.31	1334.64
	6000	1.46	29.79	1326.33
	6500	1.58	32.27	1327.73
	7000	1.67	34.76	1352.81
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

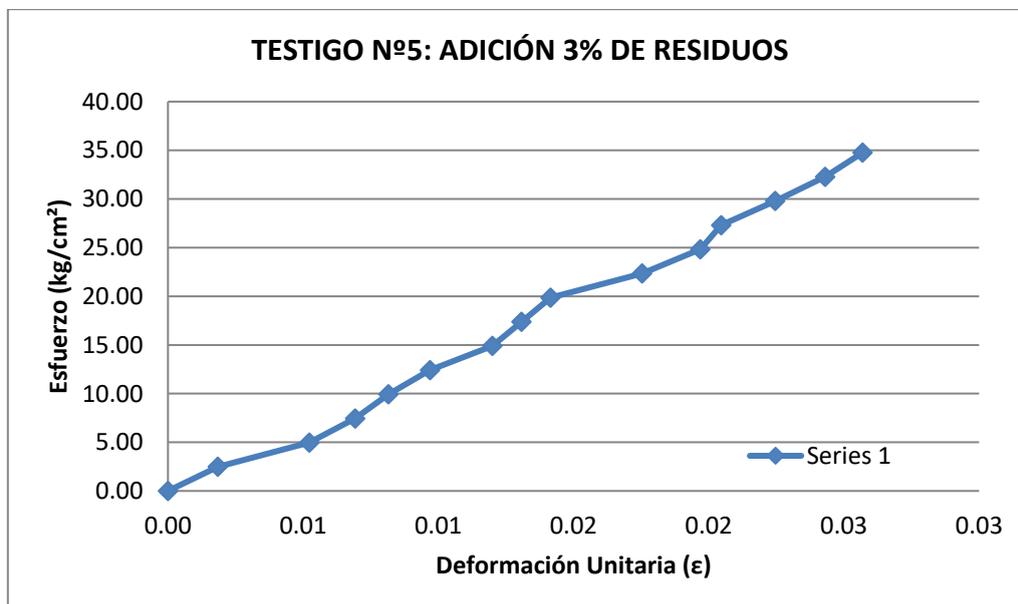


Figura 40. Deformación unitaria de la muestra 5 al 3% de adición de Residuos

Tabla 45

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 5% adición de residuos

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T1	0	0	0.00	0.00
	500	0.09	2.52	1791.66
	1000	0.13	5.04	2480.76
	1500	0.28	7.56	1727.68
	2000	0.36	10.08	1791.66
	2500	0.39	12.60	2067.30
	3000	0.58	15.12	1668.10
	3500	0.71	17.64	1589.79
	4000	0.85	20.16	1517.64
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				1639.62

Fuente: Elaboración propia.

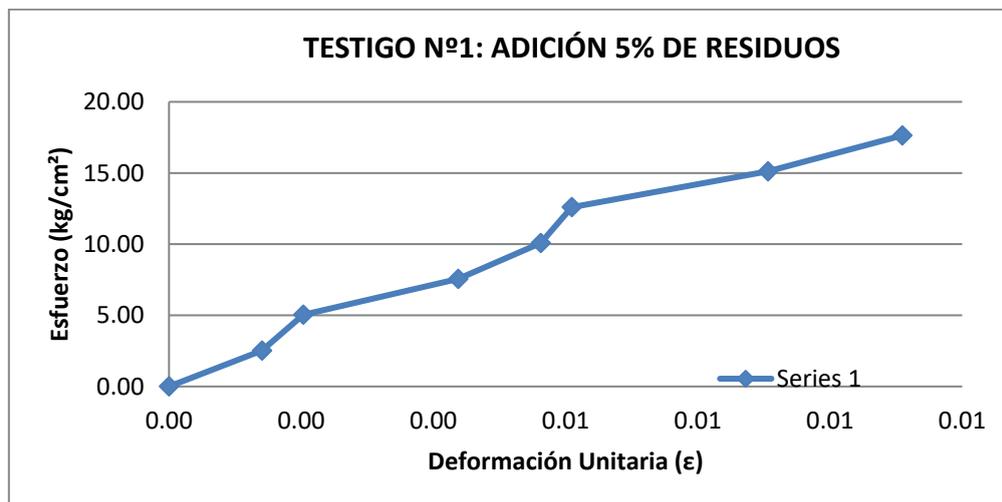


Figura 41. Deformación unitaria de la muestra 1 al 5% de adición de Residuos

Tabla 46

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 5%

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T2	0	0	0.00	0.00
	500	0.31	2.50	547.46
	1000	0.42	4.99	808.15
	1500	0.56	7.49	909.17
	2000	0.68	9.98	998.30
	2500	0.78	12.48	1087.89
	3000	0.94	14.97	1083.26
	3500	1.08	17.47	1099.98
	4000	1.33	19.97	1020.82
	4500	1.41	22.46	1083.26
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				863.83

Fuente: Elaboración propia.

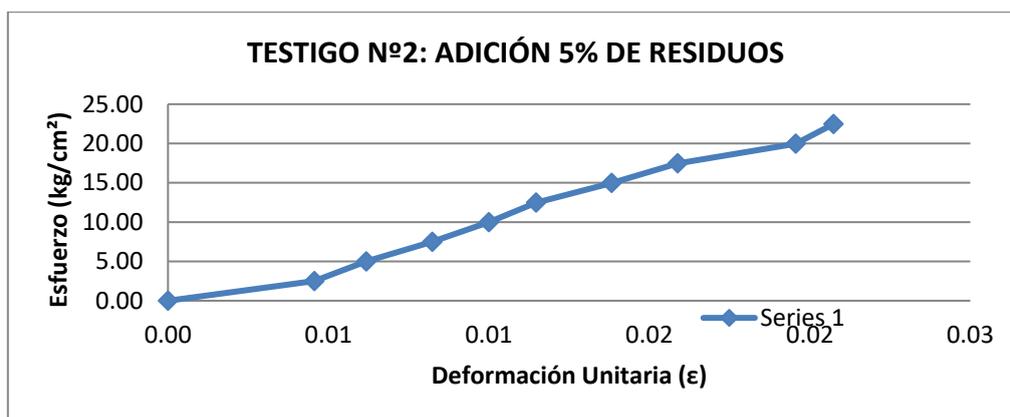


Figura 42. Deformación unitaria de la muestra 2 al 5% de adición de Residuos

Tabla 47

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 5% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T3	0	0	0.00	0.00
	500	0.28	2.45	567.95
	1000	0.35	4.89	908.72
	1500	0.44	7.34	1084.26
	2000	0.57	9.79	1115.97
	2500	0.66	12.23	1204.74
	3000	0.78	14.68	1223.27
	3500	0.95	17.13	1171.77
	4000	1.07	19.57	1188.97
	4500	1.31	22.02	1092.54
	5000	1.45	24.47	1096.73
	5500	1.53	26.91	1143.32
	6000	1.62	29.36	1177.97
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

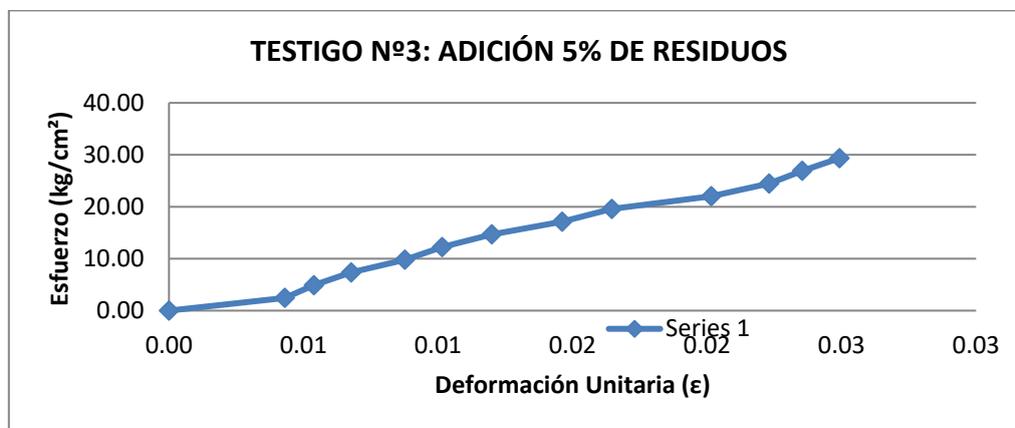


Figura 43. Deformación unitaria de la muestra 3 al 5% de adición de Residuos

Tabla 48

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 5% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T4	0	0	0.00	0.00
	500	0.08	2.04	1889.30
	1000	0.15	4.08	2015.25
	1500	0.26	6.13	1743.97
	2000	0.32	8.17	1889.30
	2500	0.38	10.21	1988.73
	3000	0.45	12.25	2015.25
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

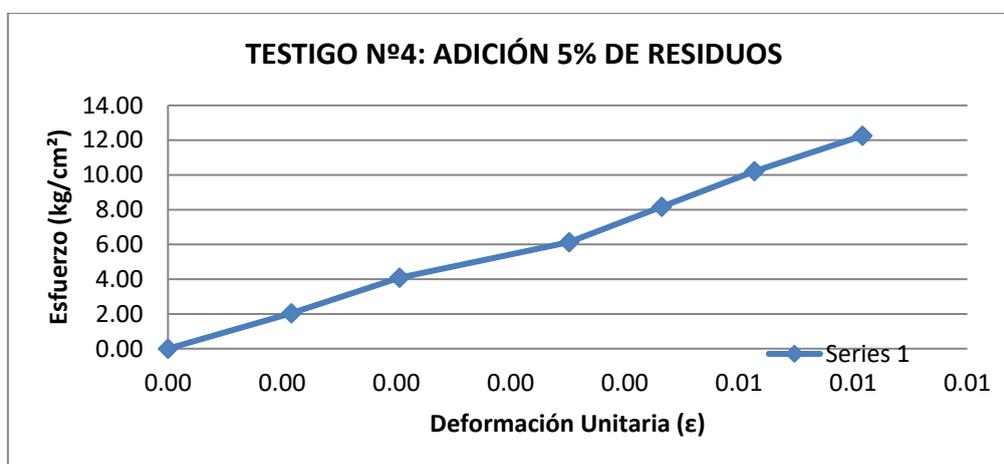


Figura 44. Deformación unitaria de la muestra 4 al 5% de adición de Residuos

Tabla 49

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 5% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T5	0	0	0.00	0.00
	500	0.09	2.48	1765.42
	1000	0.17	4.97	1869.27
	1500	0.23	7.45	2072.45
	2000	0.35	9.93	1815.86
	2500	0.39	12.41	2037.02
	3000	0.43	14.90	2217.04
	3500	0.48	17.38	2317.11
	4000	0.56	19.86	2269.83
	Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)			

Fuente: Elaboración propia.

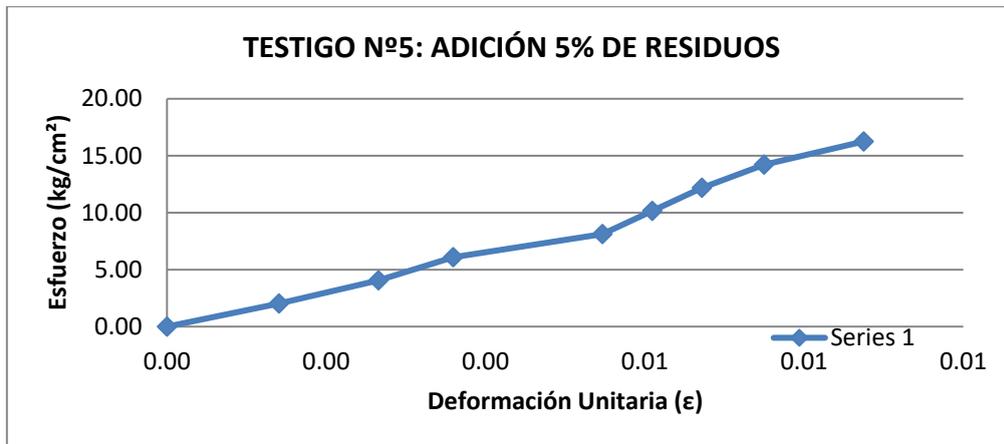


Figura 45. Deformación unitaria de la muestra 5 al 5% de adición de Residuos

Tabla 50

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 1 al 7% de adición de residuos

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
	0	0.00	0.00	0.00
T1	500	0.06	2.41	2451.45
	1000	0.33	4.82	891.44
	1500	0.47	7.23	938.85
	2000	0.68	9.65	865.22
	2500	1.85	12.06	397.53
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				924.08

Fuente: Elaboración propia.

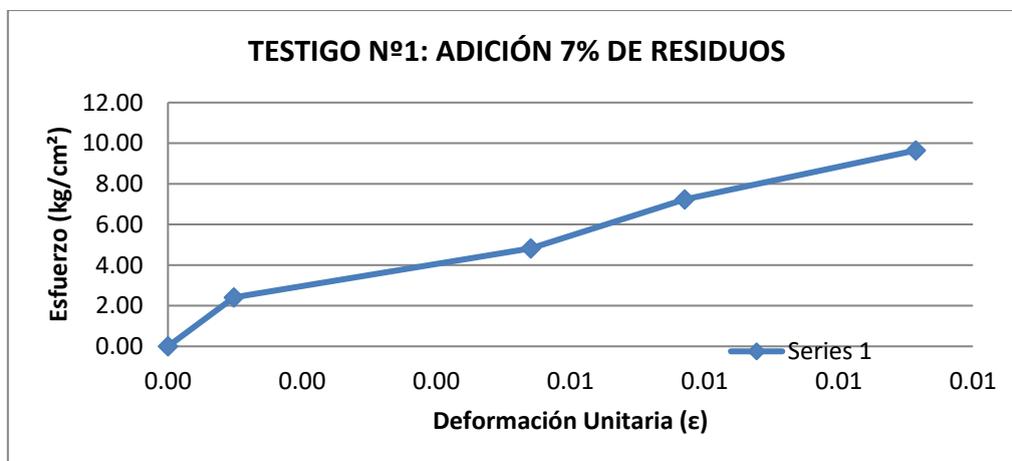


Figura 46. Deformación unitaria de la muestra 1 al 7% de adición de Residuos

Tabla 51

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 2 al 7% de adición de residuos

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T2	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.66	2.36	247.20
	1000	0.83	4.73	393.14
	1500	0.94	7.09	520.70
	2000	1.22	9.46	534.92
	2500	1.49	11.82	547.49
	3000	1.82	14.19	537.86
	3500	2.28	16.55	500.90
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				410.28

Fuente: Elaboración propia.

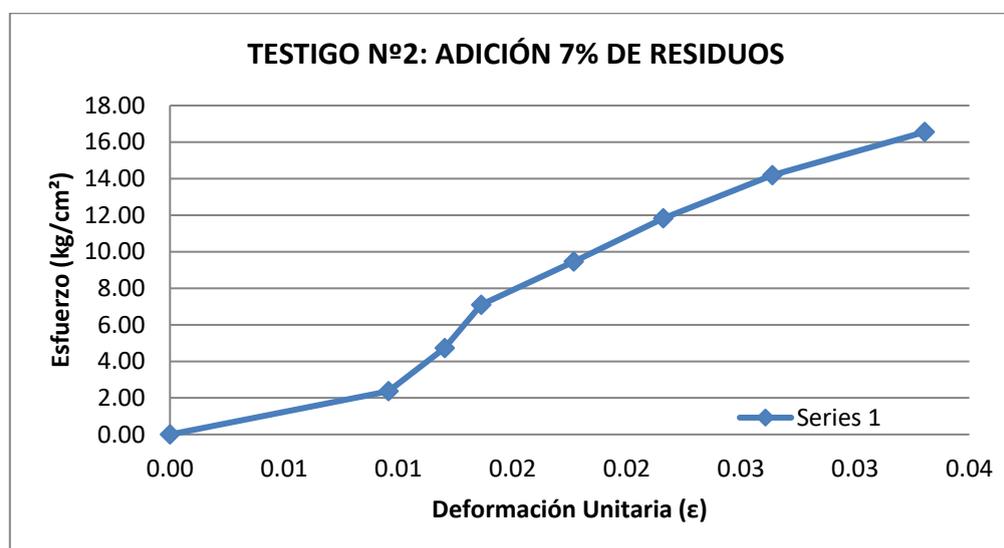


Figura 47 Deformación unitaria de la muestra 2 al 7% de adición de Residuos

Tabla 52

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 3 al 7% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T3	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.68	2.36	208.63
	1000	0.85	4.73	333.81
	1500	0.93	7.09	457.65
	2000	1.24	9.46	457.65
	2500	1.84	11.82	385.52
	3000	2.30	14.19	370.10
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				316.19

Fuente: Elaboración propia.

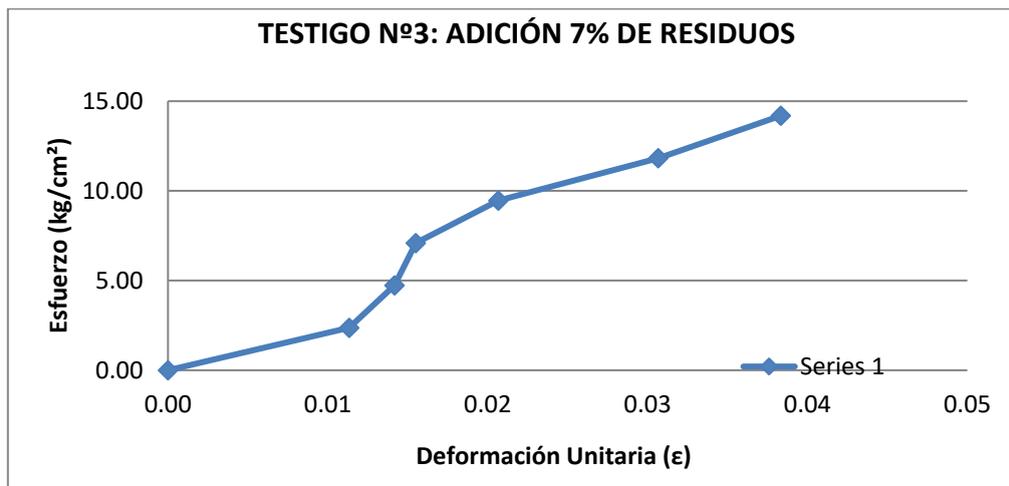


Figura 48. Deformación unitaria de la muestra 3 al 7% de adición de Residuos

Tabla 53

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 4 al 7% de adición de residuos.

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.68	2.36	219.07
	1000	0.81	4.73	367.81
T4	1500	0.97	7.09	460.71
	2000	1.28	9.46	465.51
	2500	1.45	11.82	513.67
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				337.80

Fuente: Elaboración propia.

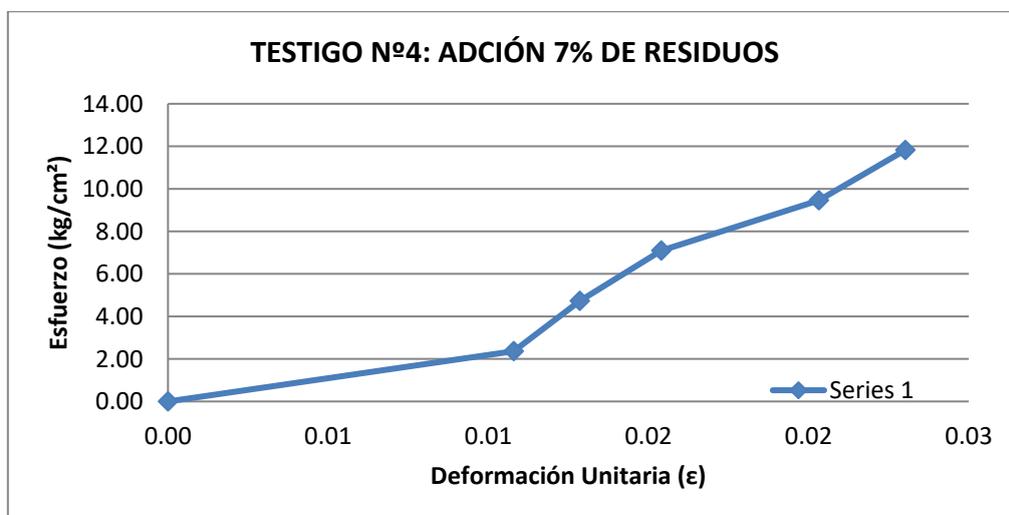


Figura 49. Deformación unitaria de la muestra 4 al 7% de adición de Residuos

Tabla 54

Esfuerzo y deformación máxima de la muestra 5 al 7% de adición de residuos

Muestra	Carga (kg)	ΔL (mm)	Esfuerzo en kg/cm ²	E kg/cm ²
T5	0	0.00	0.00	0.00
	500	0.56	2.35	260.44
	1000	0.66	4.70	441.96
	1500	0.83	7.06	527.16
	2000	0.95	9.41	614.10
	2500	1.32	11.76	552.45
	3000	1.43	14.11	611.95
	3500	1.67	16.47	611.34
	4000	1.86	18.82	627.30
	4500	2.14	21.17	613.38
Módulo de Elasticidad de la muestra E (kg/cm ²)				486.01

Fuente: Elaboración propia.

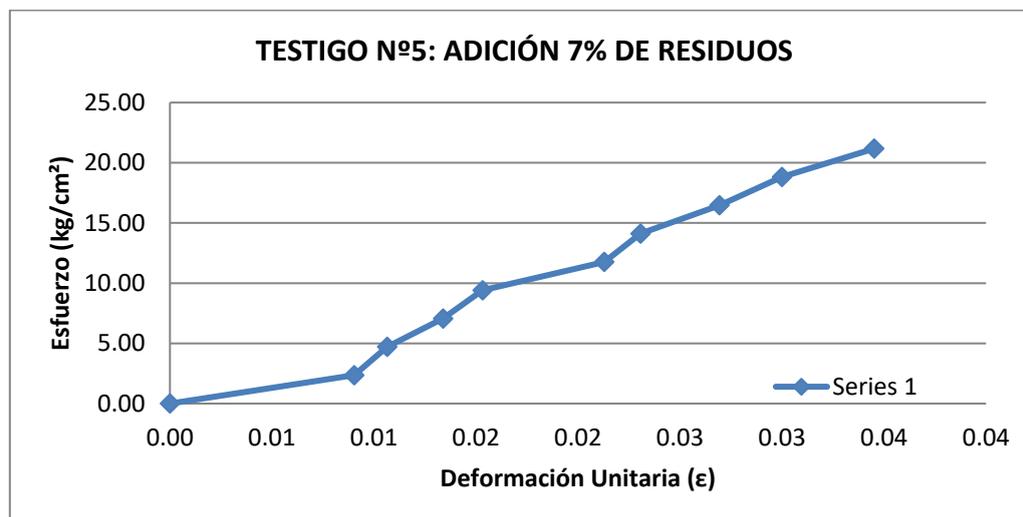


Figura 50. Deformación unitaria de la muestra 5 al 7% de adición de Residuos

Anexo 3. Protocolos de laboratorio

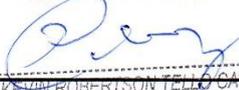
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA												
PROTOCOLO												
	ENSAYO:	CONTENIDO DE HUMEDAD							CÓDIGO DEL DOCUMENTO:			
	NORMA:	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127							CH-LS-UPNC: 01			
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal										
CANTERA:	CERRILLO			TIPO DE MATERIAL:			ARCILLA					
UBICACIÓN:	CERRILLO			COLOR DE MATERIAL:			MARRON AMARILLENTO					
FECHA DE MUESTREO:	20/08/2019			TESISTAS:			GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO					
FECHA DE ENSAYO:	20/08/2019			REVISADO POR:								

Temperatura de Secado	Método
110 °C	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	-	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄						
B	Peso del Recipiente	gr	37.9	38.1	37.3	39.6						
C	Recipiente + Material Natural	gr	337.5	422.5	432.0	404.3						
D	Recipiente + Material Seco	gr	323.6	365.3	387.7	353.3						
E	Peso del material húmedo	gr	339.6	384.4	394.7	364.7						
F	Peso del material Seco	gr	285.7	327.6	350.4	313.7						
W%	Porcentaje de humedad	%	18.87	18.61	15.52	16.26						
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	17.32									

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100$$

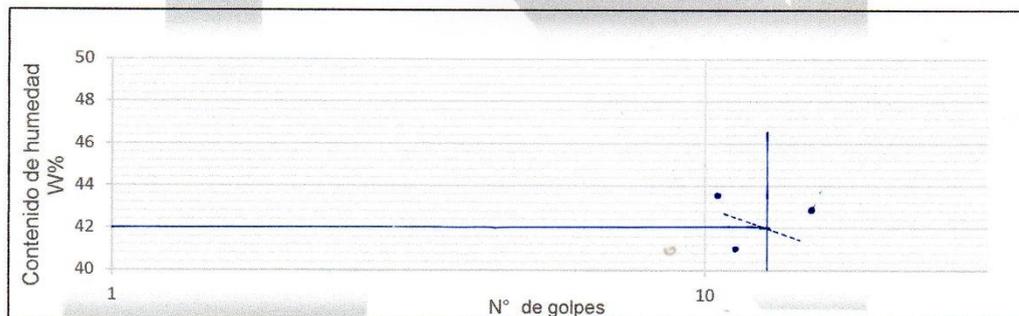
Nota: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

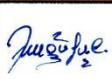
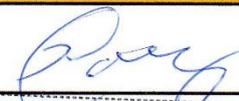
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua NOMBRE: Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 NOMBRE: Gregorio Oyarce Palma
FECHA: 20/08/2019	FECHA: 20-08-2019	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
ENSAYO:	LÍMITES DE PLASTICIDAD		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 – NTP E111		LP-LS-UPNC: 03
TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal		
CANETERA:	CERRILLO	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	CERRILLO	COLOR DE MATERIAL:	MARRON AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	28/08/2019	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
FECHA DE ENSAYO:	28/08/2019	REVISADO POR:	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	75	76	77		
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	39.1	41.4	40.7		
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	35.8	38.1	37.0		
D	Peso de Recipiente	gr	28.1	30.1	28.2		
E	Peso del Agua	gr	3.3	3.3	3.7		
F	Peso Suelo Seco	gr	7.7	8.0	8.8		
G	Número de Golpes	N	18	23	32		
H	Contenido de Humedad	%	42.86	41.25	42.05		

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)							
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5
A	Identificación de Recipiente	N°	78	79			
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	39.4	39.3			
C	Suelo Seco + Tara	gr	37.0	36.5			
D	Peso de Tara	gr	28.8	27.2			
E	Peso del Agua	gr	2.4	2.8			
F	Peso Suelo Seco	gr	8.2	9.3			
G	Contenido de Humedad	%	29.27	30.11			
H	Promedio Límite Plástico						

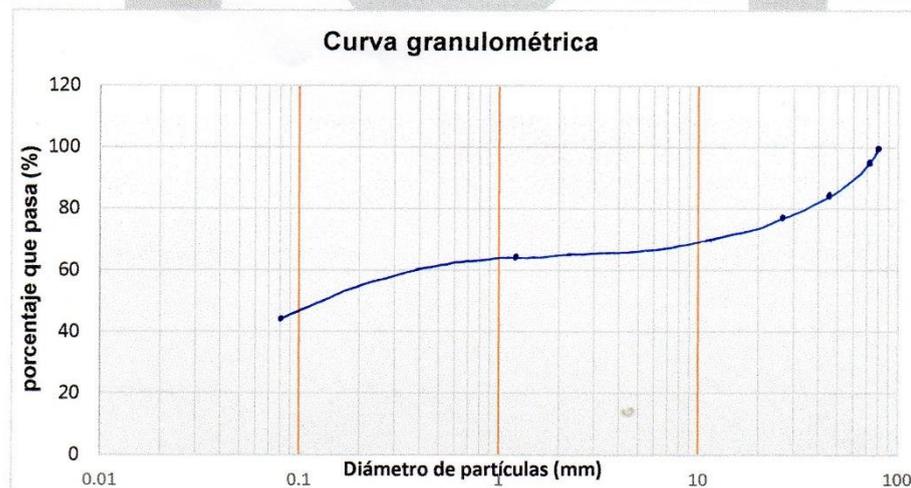


OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Gregorio Oyarce Palma
FECHA: 28/08/2019	FECHA: 28-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRIA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: AGTL-LS-UPNC: 02
	NORMA:	ASTM D421	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal	
CANTERA:	CERRILLO	TIPO DE MATERIAL:	ARCILLA
UBICACIÓN:	CERRILLO	COLOR DE MATERIAL:	MARRON AMARILLENTO
FECHA DE MUESTREO:	29/09/2019	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
FECHA DE ENSAYO:	29/09/2019	REVISADO POR:	

Peso de muestra seca; Ws 265 gr

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	16.7	6.30	6.30	93.7
Nº20	0,84	25.6	9.66	15.96	84.04
Nº30	0,59	17.9	6.75	22.71	77.28
Nº40	0,42	33.7	14.23	36.94	63.06
Nº60	0,25	40.4	15.25	52.19	47.81
Nº100	0,15	124.7	47.06	99.25	0.75
Nº200	0,074	0.0	0.00	99.25	0.75
Perdida	Lavado	2.0	0.75	100.00	
Cazoleta					
Total		265.0	100.00		



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ASESOR
FECHA: 29/09/2019	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	VARIACION DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VDUA-LS-UPNC: 04
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ENSAYO:	
FECHA DE ENSAYO:	08/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	1:40 h.	REVISADO POR:	

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Muestra Patrón	P1	19.6	11.2	6.2
	P2	19.2	11.0	6.6
	P3	19.6	11.1	6.7
	P4	19.5	11.4	6.4
	P5	19.5	11.2	6.7
	P6	19.6	11.3	6.6
	P7	19.5	11.0	6.6
	P8	19.6	11.2	6.7
	P9	19.5	11.2	6.5
	P10	19.6	11.1	6.7
	PROMEDIO	19.5	11.2	6.6

Tipo Tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Muestra Patrón	Dimensión nominal (mm)	210	120	70
	Dimensión promedio (mm)	195	112	66
	Coefficiente de variación (c.v.)	0.63%	1.12%	2.49%
	Variación dimensional	7.14%	6.67%	5.71%

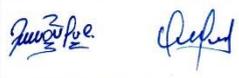
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Ing. Tomas Roberto Mosquera Romay ASESOR
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	VARIACION DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VDUA-LS-UPNC: 04
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ENSAYO:	
FECHA DE ENSAYO:	08/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	1:40 h.	REVISADO POR:	

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 1 con 3% de Residuos	T.1_1	19.5	11.1	6.2
	T.1_2	19.1	11.5	6.5
	T.1_3	19.0	10.5	6.5
	T.1_4	18.9	10.6	6.5
	T.1_5	19.1	10.8	6.5
	T.1_6	19.0	10.8	6.6
	T.1_7	19.2	10.8	6.6
	T.1_8	19.0	10.9	6.3
	T.1_9	19.0	10.7	6.4
	T.1_10	19.3	10.9	6.5
		PROMEDIO	19.1	10.9

Tipo Tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 1 con 3% de Residuos	Dimensión nominal (mm)	210	120	70
	Dimensión promedio (mm)	195	109	65
	Coefficiente de variación (c.v.)	0.63%	2.58%	1.96%
	Variación dimensional	9.05%	9.17%	7.14%

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ASESOR
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO:	VARIACION DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO: VDUA-LS-UPNC: 04
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604		
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.		
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:		
UBICACIÓN:	CERRILLO	ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:	08/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO	
TIEMPO DE ENSAYO:	1:40 h.	REVISADO POR:		

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 2 con 5% de Residuos	T.2_1	19.2	10.8	6.4
	T.2_2	19.1	10.6	6.3
	T.2_3	19.2	10.6	6.5
	T.2_4	19.1	10.7	6.5
	T.2_5	19.2	10.9	6.4
	T.2_6	19.3	10.8	6.5
	T.2_7	19.2	11.0	6.1
	T.2_8	19.3	10.6	6.2
	T.2_9	19.4	10.6	6.2
	T.2_10	19.0	10.6	6.3
	PROMEDIO		19.2	10.7

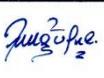
Tipo Tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 2 con 5% de Residuos	Dimensión nominal (mm)	210	120	70
	Dimensión promedio (mm)	192	107	64
	Coefficiente de variación (c.v.)	0.60%	1.38%	3.17%
	Variación dimensional	8.57%	10.83%	8.57%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ASESOR
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
	ENSAYO:	VARIACION DIMENSIONAL DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 y NTP 399.604		VDDA-LS-UPNC: 04
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.		
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:		
UBICACIÓN:	CERRILLO	ENSAYO:		
FECHA DE ENSAYO:		TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO	
TIEMPO DE ENSAYO:		REVISADO POR:		

Tipo de tratamiento	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
Testigo N° 3 con 7% de Residuos	T.3_1	19.0	11.3	6.1
	T.3_2	19.2	10.8	6.9
	T.3_3	19.4	11.1	6.0
	T.3_4	19.4	11.1	6.0
	T.3_5	19.2	11.0	6.1
	T.3_6	19.4	11.0	6.3
	T.3_7	19.3	11.0	6.2
	T.3_8	19.4	10.9	6.2
	T.3_9	19.4	10.9	6.1
	T.3_10	19.7	11.0	6.2
	PROMEDIO	19.3	11.0	6.2

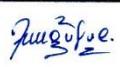
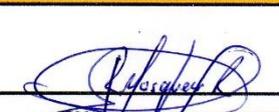
Tipo Tratamiento	Descripción	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
Testigo N° 3 con 7% de Residuos	Dimensión nominal (mm)	210	120	70
	Dimensión promedio (mm)	193	110	62
	Coefficiente de variación (c.v.)	0.95%	1.25%	4.01%
	Variación dimensional	8.09%	8.33%	11.43%

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C	NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ASESOR
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
	ENSAYO:	ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.605		AUA-LS-UPNC:05	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal			
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:			
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:			
FECHA DE ENSAYO:	09/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO		
TIEMPO DE ENSAYO:	1:20h	REVISADO POR:			

Muestra patrón	Espécimen	Cara A		Cara B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)		(mm)	
	P.1	1	2	1	2
	P.2	4	5	3	3
	P.3	3	1	2	0
	P.4	3	1	1	3
	P.5	6	5	0	4
	P.6	2	6	1	1
	P.7	2	1	3	1
	P.8	1	2	2	1
	P.9	2	4	1	2
	P.10	2	4	3	0
Promedio.	Cóncavo	2			
	Convexo	3			

Testigo n°1 con 3% de Residuos	Espécimen	Cara A		Cara B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)		(mm)	
	T.1_1	3	1	3	3
	T.1_2	1	0	2	0
	T.1_3	2	0	2	2
	T.1_4	2	4	1	1
	T.1_5	2	4	1	4
	T.1_6	3	0	2	1
	T.1_7	2	2	2	1
	T.1_8	3	4	3	1
	T.1_9	2	2	1	1
	T.1_10	4	2	1	1
Promedio.	Cóncavo	3			
	Convexo	2			

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	 NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera ASESOR
FECHA: 09/01/2020	FECHA: 20-01-20	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ALABEO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.605	AUA-LS-UPNC:05
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:	
FECHA DE ENSAYO:	09/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	1:20h.	REVISADO POR:	

	Espécimen	Cara A		Cara B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)		(mm)	
Testigo n°2 con 5% de Residuos	T.2_1	1	0	0	1
	T.2_2	3	3	1	3
	T.2_3	1	3	3	1
	T.2_4	3	3	1	1
	T.2_5	3	2	1	2
	T.2_6	3	2	1	1
	T.2_7	4	4	4	3
	T.2_8	2	1	3	1
	T.2_9	3	5	2	1
	T.2_10	3	3	4	3
Promedio.	Cóncavo	2			
	Convexo	2			

	Espécimen	Cara A		Cara B	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
		(mm)		(mm)	
Testigo n°3 con 7% de Residuos	T.3_1	1	2	3	0
	T.3_2	2	1	1	2
	T.3_3	3	4	1	0
	T.3_4	3	3	3	1
	T.3_5	2	2	2	1
	T.3_6	5	2	3	0
	T.3_7	5	3	4	1
	T.3_8	2	2	4	2
	T.3_9	2	3	2	1
	T.3_10	2	5	3	0
Promedio.	Cóncavo	3			
	Convexo	2			

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ABE 808
FECHA: 09/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
PROTOCOLO				
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ABSORCIÓN		CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.606		A-LS-UPNC: 07
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.		
CANTERA:	CERRILLO	TIPO DE MATERIAL:		
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:		
FECHA DE ENSAYO:	09/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO	
TIEMPO DE ENSAYO:	09/01/2020	REVISADO POR:		

Muestra patrón	Espécimen	W s (gr)	W h (gr)	Absorción
	p.11	2838.	3481	22.66
	p.12	2858	3480	16.12
	p.13	2819	3420	21.32
	p.14	2802	3402	21.63
	p.15	2850	3484	22.25
Absorción Promedio:		20.80		

Testigo Nº1 con 3% de Residuos	Espécimen	W s (gr)	W h (gr)	Absorción
	T.1_11	2300	2895	25.87
	T.1_12	2305	2869	24.47
	T.1_13	2185	2761	23.36
	T.1_14	2288	2880	25.98
	T.1_15	2278	2833	24.36
Absorción Promedio:		24.81		

Testigo Nº1 con 5% de Residuos	Espécimen	W s (gr)	W h (gr)	Absorción
	T.2_11	2163	2770	28.06
	T.2_12	2145	2763	28.81
	T.2_13	2129	2743	28.84
	T.2_14	2116	2766	30.71
	T.2_15	2108	2706	28.37
Absorción Promedio:		28.96		

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON TEMZO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Dr. Ing. James Roberto Mosquera Palma ASESOR
FECHA: 09/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	ABSORCIÓN	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: A-LS-UPNC: 07
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.606	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TIPO DE MATERIAL:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:	
FECHA DE ENSAYO:	09/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	09/01/2020	REVISADO POR:	

Testigo	Espécimen	W s (gr)	W h (gr)	Absorción
Nº1 con	T.3_11	2013	2699	34.08
	T.3_12	1970	2628	33.40
7% de Residuos	T.3_13	2066	2655	32.35
	T.3_14	2019	2639	30.71
	T.3_15	1962	2583	31.65
Absorción Promedio:		32.44		

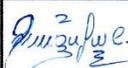
OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua NOMBRE: Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELVA CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE NOMBRE:	 Ing. Verónica Roberto Mosquera Ramirez ASESOR NOMBRE:
FECHA: 09/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA							
PROTOCOLO							
	ENSAYO:	SUCCIÓN				CÓDIGO DEL DOCUMENTO:	
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.607				S-LS-UPNC: 06	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.					
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:					
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:					
FECHA DE ENSAYO:	08/01/2020	TESISTAS:		GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO			
TIEMPO DE ENSAYO:	1:50 h.	REVISADO POR:					

Muestra patrón	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	W s (gr)	W h (gr)	Succión
	p.1	19.6	11.2	219.52	2822	2876	49.20
	p.2	19.2	11.0	211.2	2577	2731	145.83
	p.3	19.6	11.1	217.56	2781	2856	68.95
	p.4	19.5	11.4	222.3	2929	2994	58.48
	p.5	19.5	11.2	218.4	2894	2985	83.33
Succión Promedio:		81.16					

Testigo Nº1 con 3% de Residuos	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	W s (gr)	W h (gr)	Succión
	T.1.1	19.5	11.1	216.45	2285	2476	176.48
	T.1.2	19.1	11.5	219.65	2319	2467	136.58
	T.1.3	19.0	10.5	199.5	2329	2472	143.36
	T.1.4	18.0	10.6	190.8	2259	2408	156.18
	T.1.5	19.1	10.8	206.28	2302	2462	135.13
Succión Promedio:		153.55					

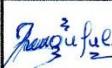
Testigo Nº2 con 5% de Residuos	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	W s (gr)	W h (gr)	Succión
	T.2.1	19.2	10.8	207.36	2140	2351	203.51
	T.2.2	19.1	10.6	202.46	2143	2364	218.31
	T.2.3	19.2	10.6	203.52	2136	2379	238.80
	T.2.4	19.1	10.7	204.37	2126	2339	208.04
	T.2.5	19.2	10.9	209.28	2128	2330	193.04
Succión Promedio:		212.42					

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua	 Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
 NOMBRE: Hermes Roberto Mosquera Ramallo ASESOR		
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	SUCCIÓN	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: S-LS-UPNC: 06
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.607	
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:	
FECHA DE ENSAYO:	08/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	1:50 h.	REVISADO POR:	

Testigo	Espécimen	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	W s (gr)	W h (gr)	Succión
Nº3 con 7% de Residuos	T.3 1	19.0	11.3	214.7	2031	2308	258.03
	T.3 2	19.2	10.8	207.36	1972	2317	332.75
	T.3 3	19.4	11.1	215.34	1988	2303	292.56
	T.3 4	19.4	10.9	211.46	1994	2296	285.63
	T.3 5	19.2	11.0	211.2	1974	2271	281.25
Succión Promedio:		290.05					

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 		
NOMBRE: Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	NOMBRE: KEVIN ROBERTSON YELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	NOMBRE: Dr. Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramirez ASESOR
FECHA: 08/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

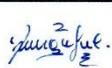
LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESION	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.608	RC-LS-UPNC: 08
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:	
FECHA DE ENSAYO:	13/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	2:30 h.	REVISADO POR:	

Muestra patrón	Espécimen	Área (cm ²)	Carga (kg) Pu	f _c (kg/cm ²)
	P.16	212.55	5991	28.19
	P.17	215.6	6752	31.32
	P.18	221.48	6272	28.32
	P.19	214.5	5019	23.40
	P.20	218.4	7205	32.99
Promedio				28.84
Desviación estándar (σ)				3.66
Resistencia característica				25.18

Testigo N°1 con 3% de Residuos	Espécimen	Área (cm ²)	Carga (kg) Pu	f _c (kg/cm ²)
	T.1_16	206.28	8991	43.59
	T.1_17	206.28	6888	33.39
	T.1_18	205.44	5372	26.15
	T.1_19	202.46	8359	41.29
	T.1_20	205.2	7260	35.38
Promedio				35.96
Desviación estándar (σ)				6.89
Resistencia característica				29.07

Testigo N°2 con 5% de Residuos	Espécimen	Área (cm ²)	Carga (kg) Pu	f _c (kg/cm ²)
	T.2_16	198.45	4321	21.77
	T.2_17	200.30	4986	24.89
	T.2_18	202.46	6070	29.98
	T.2_19	202.23	3442	17.02
	T.2_20	201.4	4464	22.16
Promedio				23.16
Desviación estándar (σ)				4.35
Resistencia característica				18.91

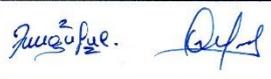
OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua NOMBRE: Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE NOMBRE:	 NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera ASESOR
FECHA: 13/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA:

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYO:	RESISTENCIA A COMPRESION	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
	NORMA:	NTP 331.017, NTP 399.613 Y NTP 399.608	RC-LS-UPNC: 08
	TESIS:	Adición de 3 tipos de residuos (aserrín de pino, cerámico molido y mortero de revestimiento) para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo artesanal.	
CANTERA:	CERRILLO	TAMAÑO DE MUESTRA:	
UBICACIÓN:	CERRILLO	ESPECIMEN:	
FECHA DE ENSAYO:	13/01/2020	TESISTAS:	GUTIERREZ CALUA, ALEX OYARCE PALMA, GREGORIO
TIEMPO DE ENSAYO:	2:30 h.	REVISADO POR:	

	Espécimen	Área (cm ²)	Carga (kg) Pu	f _c (kg/cm ²)
Testigo N°3 con 7% de Residuos	T.3 16	207.36	2466	11.89
	T.3 17	211.46	3135	14.83
	T.3 18	211.46	3135	14.83
	T.3 19	213.64	2983	13.96
	T.3 20	212.55	4694	22.08
Promedio				15.52
Desviación estándar (σ)				3.86
Resistencia característica				11.66

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
 Alex Gutierrez Calua Gregorio Oyarce Palma	 KEVIN ROBERTSON TELLO CASAS Laboratorios especializados UPN-C UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	 NOMBRE: Ing. Hermes Roberto Mosquera Ramallo ASESOR
FECHA: 13/01/2020	FECHA: 20-01-2020	FECHA: