

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE MORTEROS PARA
ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR
PARCIALMENTE EL CEMENTO POR
CERÁMICO RECICLADO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Ytalo Antonio Campian Calderon

Asesor: Ing. Christian Mallaupoma Reyes

Línea de Investigación: Nuevas tecnologías y procesos

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Jurado

Jurado

Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

Dedicatoria

- A mi hermana Adriana, gracias por toda la alegría que brindas a mi vida.
- A mis padres, gracias por su apoyo constante a lo largo de mi formación académica y profesional.

Ytalo Antonio Campián Calderón.

Agradecimientos

- Al Ing. Christian Mallaupoma Reyes, por su guía y apoyo que permitieron el desarrollo de esta tesis.

Ytalo Antonio Campián Calderón.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0245 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECICLADO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. CAMPAN CALDERON YTALO ANTONIO
 Facultad : INGENIERÍA
 Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
 Asesor(a) : Ing. MALLAUPOMA REYES CHRISTIAN

Fue analizado con fecha **04/07/2024**; con **154** págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **15** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 04 de julio del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
 JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	v
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	14
1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	18
1.2.3. Económica	18
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Práctica	19
1.4.2. Teórica	20
1.4.3. Metodológica	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Nacionales	22
2.1.2. Internacionales	24
2.2. Bases teóricas o científicas	26
2.2.1. Cerámica	26
2.2.2. Albañilería	28
2.2.3. Propiedades mecánicas de elementos para albañilería estructural	34
2.3. Marco conceptual	40

3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	42
3.1. Hipótesis general	42
3.2. Hipótesis específicas	42
3.3. Variables	42
3.3.1. Definición conceptual de las variables	42
3.3.2. Definición operacional de las variables	43
3.3.3. Operacionalización de las variables	43
4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	45
4.1. Método de investigación	45
4.2. Tipo de investigación	46
4.3. Nivel de investigación	46
4.4. Diseño de la investigación	47
4.5. Población y muestra	47
4.5.1. Población	47
4.5.2. Muestra	48
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	49
4.6.1. Técnicas de recolección de datos	49
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos	49
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	50
4.7.1. Procesamiento de datos	50
4.7.2. Análisis de datos	51
4.8. Aspectos éticos de la investigación	51
5. CAPÍTULO V: RESULTADOS	52
5.1. Descripción del diseño tecnológico	52
5.2. Consideraciones preliminares	53
5.3. Descripción de resultados	55
5.3.1. Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería	56
5.3.2. Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería	58
5.3.3. Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería	60
5.4. Contrastación de hipótesis	62
5.4.1. Pruebas de normalidad	62
5.4.2. Hipótesis específica “a”	63
5.4.3. Hipótesis específica “b”	65
5.4.4. Hipótesis específica “c”	67

6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
6.1. Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería	70
6.2. Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería	72
6.3. Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería	73
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	83
Anexo N° 01: matriz de consistencia	84
Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables	86
Anexo N° 03: matriz de operacionalización del instrumento	88
Anexo N° 04: fichas de recolección de datos	90
Anexo N° 05: validación de instrumentos por juicio de expertos	93
Anexo N° 06: certificados de ensayos realizados en laboratorio	100
Anexo N° 07: fichas técnicas de insumos utilizados	110
Anexo N° 08: certificados de calibración de equipos de laboratorio	114
Anexo N° 09: panel fotográfico	132

Contenido de tablas

Tabla 2.1. Requisitos de ladrillos para la conformación de elementos con responsabilidad estructural.	30
Tabla 2.2. Propiedades del ladrillo King Kong de 18 huecos de la marca “Pirámide”.	31
Tabla 2.3. Proporción de componentes para la obtención de mortero.	32
Tabla 2.4. Composición mineralógica del cemento Portland tipo I de la marca “Andino”.	32
Tabla 2.5. Requisito granulométrico de agregado fino para conformación de morteros.	33
Tabla 2.6. Clasificación del mortero por su resistencia a la compresión axial.	35
Tabla 2.7. Resistencia de prismas de albañilería.	37
Tabla 2.8. Factor de corrección de resistencia a la compresión de prismas por esbeltez.	37
Tabla 2.9. Resistencia de muretes de albañilería.	39
Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.	44
Tabla 4.1. Cantidad de especímenes de muestra.	48
Tabla 4.2. Codificación de datos.	51
Tabla 5.1. Granulometría de la arena gruesa.	54
Tabla 5.2. Granulometría del cerámico reciclado.	55
Tabla 5.3. Resultados de ensayos realizados a nivel de laboratorio.	56
Tabla 5.4. Resultados de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	57
Tabla 5.5. Resultados de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	58
Tabla 5.6. Resultados de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	60
Tabla 5.7. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	62
Tabla 5.8. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	62
Tabla 5.9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	63
Tabla 5.10. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compersión axial del mortero de albañilería.	63

Tabla 5.11. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	64
Tabla 5.12. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	65
Tabla 5.13. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compersión axial de prismas de albañilería.	65
Tabla 5.14. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	66
Tabla 5.15. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	67
Tabla 5.16. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compersión diagonal de muretes de albañilería.	67
Tabla 5.17. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	68
Tabla 5.18. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	69

Contenido de figuras

Figura 2.1. Retazos cerámicos no aptos para venta almacenados.	27
Figura 2.2. Polvo cerámico pasante del tamiz de la malla N° 200.	28
Figura 2.3. Edificaciones de albañilería en el distrito de El Tambo – Huancayo.	29
Figura 2.4. Ladrillo industrial King Kong de 18 huecos de la marca “Pirámide”.	30
Figura 2.5. Límites de la curva granulométrica de agregado fino para conformación de morteros.	33
Figura 2.6. Ensayo de resistencia a la compresión axial de mortero de albañilería.	34
Figura 2.7. Ensayo de resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería.	36
Figura 2.8. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería.	38
Figura 5.1. Curva granulométrica de la arena gruesa.	54
Figura 5.2. Comparación de promedios de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	57
Figura 5.3. Variación de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.	58
Figura 5.4. Comparación de promedios de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	59
Figura 5.5. Variación de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.	60
Figura 5.6. Comparación de promedios de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	61
Figura 5.7. Variación de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	61

Resumen

La presente investigación se desarrolló contemplando como problema general: ¿cuál es el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas en morteros para albañilería?, teniendo el objetivo de evaluar el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas de morteros para albañilería. Siguiendo el método científico hipotético deductivo, siendo una investigación del tipo aplicada, nivel explicativo y con diseño experimental, se realizaron cinco mezclas de mortero tipo P2 con la sustitución del cemento por cerámico reciclado pasante de la malla N° 200 en proporciones del 0.00, 3.00, 6.00, 9.00 y 12.00 %, con estas mezclas se elaboraron un total de 75 especímenes entre probetas de mortero, prismas y muretes de albañilería para evaluar su resistencia a la compresión axial y diagonal a los 28 días. Los resultados dieron a conocer incrementos de resistencia en los morteros con 9.00 % de reemplazo: 190.12 kg/cm² para los testigos de mortero, 88.712 kg/cm² para los prismas y 8.868 kg/cm² para los muretes, siendo superiores a la resistencia de los grupos patrón. Se concluye que la dosis óptima de sustitución es del 9.00 % de cemento por cerámico triturado, pues en todos los casos permitió la obtención de aumentos significativos de resistencia a la compresión respecto a los grupos elaborados con mortero convencional, sumado a ello, se supera con creces cada una de las resistencias requeridas tanto por la NTP 399.610 y la E.070 del RNE.

Palabras clave: mortero, albañilería, cerámico, cemento, propiedades mecánicas.

Abstract

The present research was developed considering a general problem: what is the effect of the partial replacement of cement by recycled ceramics on the mechanical properties of mortars for masonry? With the objective of evaluating the effect of the partial replacement of cement by recycled ceramics on the mechanical properties of mortars for masonry. Thus, following the hypothetical deductive scientific method, of the applied type, explanatory level and with experimental design, five mixtures of mortar type P2 were made with the replacement of cement by recycled ceramic passing through mesh No. 200 in proportions of 0.00, 3.00, 6.00, 9.00 and 12.00 %, with these mixtures a total of 75 specimens were elaborated among mortar test pieces, prisms and masonry walls to evaluate their resistance to axial and diagonal compression at 28 days. The results showed strength increases in the mortar groups with 9.00 % replacement with 190.12 kg/cm² for the mortar test pieces, 88.712 kg/cm² for the prisms and 8.868 kg/cm² for the walls, being higher than the strength of the standard groups. It is concluded that the optimum substitution dose is 9.00 % of cement by crushed ceramic, since in all cases it allowed obtaining significant increases in compressive strength in comparison to the groups elaborated with conventional mortar, in addition to this, each of the strengths required by both NTP 399.610 and E.070 of the RNE are exceeded by far.

Keywords: mortar, masonry, ceramic, cement, mechanical properties.

Introducción

La presente tesis de grado titulada “Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado” tiene como finalidad principal evaluar el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas de morteros para albañilería. Es así como, la metodología de investigación comprende el método científico hipotético-deductivo, siendo del tipo aplicada, un nivel explicativo y un diseño de investigación experimental, considerando como población al mortero de albañilería tipo P2 de relación cemento/arena 1 a 4, tanto sin como con sustitución parcial del cemento por cerámico reciclado, habiendo elaborado como muestra 75 especímenes entre mortero, prismas y muretes de albañilería, los cuales se sometieron a análisis de laboratorio para la determinación de su resistencia a la compresión axial y diagonal a los 28 días en cada caso.

Esta investigación es ideada a partir de la identificación de que la generación de residuos de construcción y demolición está fuertemente ligada al aumento de la producción de la industria de la construcción a nivel nacional e internacional, dado que cada vez se van requiriendo más proyectos de edificaciones de mayor calidad, lo que, por otro lado, supone un enorme impacto ambiental. Es a partir de esta problemática que esta investigación propone una alternativa de solución que funcione para mitigar el efecto ocasionado por la alta producción de desechos en el campo de la construcción enfocado en los materiales cerámicos que ni siquiera llegan a ser comercializados y, a la vez, satisfacer la demanda de mejores materiales. De este modo, en esta tesis se evalúa el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en la elaboración de mortero de albañilería.

El desarrollo del documento académico comprende seis (6) capítulos, a continuación, se expone un preámbulo de cada uno de estos.

Capítulo I - Planteamiento del problema. – En el primer capítulo se aborda el planteamiento del problema identificado a través de la descripción de la realidad problemática, la delimitación del problema, seguidamente se presenta la formulación del problema, la justificación y los objetivos planteados para la elaboración de la investigación.

Capítulo II - Marco teórico. – Dentro del segundo capítulo se expone el marco teórico, que sirvió como guía para la realización de la investigación, pues en este capítulo se adjuntan los antecedentes tanto nacionales como internacionales, las bases teóricas y el marco conceptual.

Capítulo III - Hipótesis. – El tercer acápite de la presente investigación contiene el planteamiento de la hipótesis general, las hipótesis específicas y las variables de la investigación.

Capítulo IV - Metodología. – En este cuarto capítulo son presentados el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra considerados, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las técnicas de procesamiento y análisis de datos, y los aspectos éticos de la investigación.

Capítulo V – Resultados. – Tal como indica su título, en este capítulo se presentan los hallazgos obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio realizados a los especímenes de mortero y albañilería, sumado a ello, se presenta la contrastación de cada una de las hipótesis específicas realizada a través de la estadística inferencial.

Capítulo VI – Análisis y discusión de los resultados. – Como último acápite considerado en el desarrollo de la tesis, se exponen el análisis y la discusión de los resultados, donde se realiza la comparación de los datos obtenidos con los antecedentes de la investigación y se verifica el cumplimiento de la normativa peruana vigente para cada parámetro evaluado.

Posterior a ello, se presentan las conclusiones de la investigación, que reflejan los resultados más resaltantes alcanzados y la validez de estos respecto a las normas peruanas, asimismo, se presentan las recomendaciones orientadas a aconsejar sobre futuros trabajos en esta área, luego se presentan las referencias bibliográficas que sustentan esta investigación y, finalmente, los anexos donde se incluyen la matrices de consistencia, la operacionalización de variables y la operacionalización del instrumento, los instrumentos utilizados en la recolección de datos, las fichas de validación de los instrumentos, los certificados de los ensayos, los certificados de calibración y el panel fotográfico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El gran avance tecnológico con el que se cuenta hoy en día a nivel mundial debería ser sinónimo de un alto desarrollo sostenible plasmado en los distintos campos del progreso humano, siendo específico, en la industria de la construcción deberíamos contar con métodos que nos permitan reducir la demanda de extracción de materiales nuevos y a la vez ser capaces de reciclar materiales provenientes de residuos de construcción y demolición. Esto permitiría reducir costos de producción, mermar el volumen de residuos de la industria y disminuir el impacto por la producción del cemento, dadas las ingentes cantidades de CO₂ que son liberados a la atmósfera cada año, todo esto sería algo sumamente positivo, más aún, para los países en vías de desarrollo (Shanmugam et al., 2020).

Lamentablemente, la realidad en países como el Perú está muy alejada de ello, pues de acuerdo con cifras publicadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2014), tan solo en Lima de las casi 3 000 millones de toneladas de residuos producidas anualmente, más del 4.5 % corresponde a residuos de la industria de la construcción, además citando lo expuesto por Hernández y Saravia (2018) se conoce que muchos de estos desperdicios incluso son productos que no fueron usados y simplemente se descartaron por alguna falla de producción o problemas en el transporte, como en Quito donde al año se eliminan más de cuatro toneladas de residuos cerámicos sin haber sido utilizados.

A esto se suma que, también según el INEI (2022), la producción de la industria de la construcción peruana sigue creciendo mes a mes, incluso después del paro generado por la pandemia de COVID-19, sin embargo, no se aprecian mejoras consistentes en los procesos de elaboración de estos componentes sabiendo que los mejores desempeños en este sector son los obtenidos por la construcción para fines residenciales y empresariales, registrando aumentos de productividad de 1.62 % en comparación con años anteriores, lo cual está directamente relacionado con un aumento de la demanda de materiales de construcción de 20.3 % durante el 2022. En suma, todo esto se traduce en que en el Perú existe una mayor producción de la industria de la construcción, lo que se traduce en mayores volúmenes de desperdicios que ni siquiera pueden ser tratados.

En ese sentido, el problema está en la manera en la que es posible alcanzar aquella situación de progreso, actualizando procesos, ofreciendo mayor productividad, calidad, rendimiento y reduciendo el impacto ambiental, en otras palabras, avanzando hacia la sostenibilidad de una industria tan importante para el país como es la construcción dado que, su crecimiento está directamente relacionado con el desarrollo del país, por lo que no puede desatenderse, pero al mismo tiempo tampoco puede servir como excusa para dejar de lado otros aspectos que intervienen en el progreso de toda sociedad (Heredia, 2019).

Vista la necesidad y el problema ocasionados, es que nace la idea de esta investigación que, analizados los datos, demandan la elaboración de un proceso que permita reducir el requerimiento de ciertos materiales nuevos y reemplazarlos por otros reciclados, es decir, previamente tratados, permitiendo así, mantener un estándar mínimo de calidad sobre el producto final. La solución está en el cómo reemplazar el cemento en la elaboración de morteros de albañilería, pues con esto se podría reducir la huella ambiental generada por los proyectos de edificación (Montenegro, 2019).

Además, contemplando la alta cantidad de materiales cerámicos como porcelanatos y cerámicas que hay entre los residuos producidos en el Perú, así como el alto impacto ambiental que tiene la producción de cemento y el aumento en la demanda de proyectos de construcción. Por ejemplo, en la región Junín las viviendas, tan solo en las zonas urbanas, que se están construyendo o reparando alcanzan un 9.2 % del total buscando, en muchos casos, hacerlas mucho más grandes de lo que las familias buscaban hace 20 años, lo que nuevamente se relaciona directamente con el aumento de la demanda

de materiales, la mayor producción de residuos de construcción y, por lo tanto, un mayor impacto ambiental (INEI, 2018).

Con base en esta problemática, es que se propone estudiar el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado y su efecto en las propiedades mecánicas de morteros para albañilería, siendo necesario para ello evaluar estos parámetros tanto del mortero como de la albañilería considerando la resistencia a la compresión axial y diagonal en función de las especificaciones de la norma E.070 del RNE, así como de las NTP 399.605 y 399.610. De esta manera, se garantiza que los resultados alcanzados son confiables y da cabida al uso del cerámico reciclado en la conformación del mortero para edificaciones de albañilería en el Perú.

Con esto se pretende generar una guía apropiada para la aplicación de nuevos procesos en el campo de la ingeniería civil, ofreciendo una alternativa acorde a las normas peruanas y ofreciendo sostenibilidad desde el punto de vista técnico y medioambiental.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

Esta investigación se desarrolló en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, en el departamento de Junín, considerando los residuos cerámicos generados por el deterioro del material de los distribuidores de esta clase de productos en la ciudad y los ensayos se realizaron a nivel de laboratorio.

1.2.2. Temporal

Las actividades necesarias para la ejecución de la presente tesis contemplaron un periodo de aproximadamente siete (07) meses desde abril hasta octubre del 2023.

1.2.3. Económica

El costo necesario para la realización de la presente investigación fue asumido completamente por el tesista, ya que no se recibieron contribuciones económicas de terceros por ningún medio.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas en morteros para albañilería?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería?
- b) ¿De qué manera el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado varía la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería?
- c) ¿Cómo el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica

Tal como establece Bernal (2010), la justificación práctica de una investigación expone la contribución a la solución de determinados problemas que afectan al medio en el que se desenvuelve una población o incluso individuos específicos, en otras palabras, todo trabajo académico cuyo fin sea generar opciones para la solución de un problema en la realidad presentará una justificación práctica.

De este modo, la presente tesis se elaboró contemplando una justificación práctica dado que con su realización se buscó ofrecer una alternativa para la reutilización de los materiales cerámicos, tanto aquellos que no son aptos para ser comercializados en el mercado de la construcción debido al quiebre o fallas de fabricación en los mismos, como también aquellos procedentes de los residuos de construcción y demolición. De esta manera, se busca utilizarlos en la conformación de morteros de albañilería de mayores capacidades, que beneficien a gran parte de la población que elige el sistema de albañilería para la construcción de sus viviendas y, además, reducir el volumen de desperdicio de materiales que de otro modo irían a parar a botaderos informales convirtiéndose en pasivos ambientales.

1.4.2. Teórica

Bernal (2010) también expone que, una justificación teórica estará presente en una investigación siempre que en su afán de desarrollo busque realizar un aporte al conocimiento científico mediante un aporte teórico o, de otro modo, confrontar la teoría a través de la generación de debate o reflexión académica contrastando los resultados obtenidos.

Siguiendo esta lógica, el desarrollo de esta tesis presentó una justificación teórica debido a que se proyectó la evaluación de las capacidades e influencia de la utilización de cerámico reciclado en las características que definen la calidad de morteros para albañilería a fin de que tienda a un comportamiento puzolánico, es decir, que esta mezcla con cemento Portland tipo I pueda tener una reacción de este tipo, en mayor o menor grado, como la de un cemento modificado tan solo con la adición de un material alternativo proveniente del reciclaje que cumpla con los requerimientos de las normas peruanas vigentes para morteros de asentado de ladrillo en componentes con responsabilidad estructural.

1.4.3. Metodológica

Para el caso de una justificación metodológica de una investigación, Bernal (2010) comenta que esta ocurre cuando el estudio propone un nuevo método o cambio en la manera de investigar.

Debido a que en el presente trabajo no se pretende generar un cambio o proponer una metodología de investigación nueva, esta tesis no cuenta con justificación metodológica.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas de morteros para albañilería.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar como el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería.

- b) Establecer la manera en que el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado varía la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería.
- c) Determinar como el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Irigoín (2022) desarrolló una investigación titulada “Evaluación del mortero de albañilería reemplazando parcialmente arena por residuos de ladrillos del caserío El Frutillo, Bambamarca, 2019”, cuyo objetivo consistió en la caracterización de las propiedades mecánicas de un mortero de albañilería elaborado con residuos de ladrillo en reemplazo parcial de la arena en la mezcla. De este modo, siguió una metodología de experimentación a partir de la fabricación de morteros de albañilería de un mortero 1:4 y una relación agua/cemento de 0.85 con proporciones del cerámico molido del 0, 10, 25, 50 y 75 %, a partir de ello separó muestras para ser evaluadas en su resistencia a la compresión a los 28 días y clasificarlas de acuerdo con la NTP 399.610, asimismo confeccionó muretes con cada uno de estos morteros para evaluar sus resistencias al corte diagonal también a los 28 días y su cumplimiento con los parámetros establecido en la norma E.070. Los resultados de sus ensayos dieron a conocer que a los 28 días las resistencias a la compresión alcanzadas por los morteros con sustituciones del 0, 10, 25, 50 y 75 % fueron de 115.9, 126.5, 80.6, 57.4 y 39.9 kg/cm² respectivamente, de este modo, el mortero de sustitución del 10 % es clasificado del tipo “S”, los de 0, 25 y 50 % como tipo N y el del 75 % de reemplazo como tipo “O” por lo que su uso solo es recomendado para tabiquería, a continuación prosiguió con el ensayo de los muretes asentados con ladrillo King Kong de 18 huecos con los morteros de hasta el 50 % de sustitución, de donde obtuvo resistencias al corte diagonal de 8.33, 8.39, 8.12 y 6.07

kg/cm², respectivamente, para los morteros de 0, 10, 25 y 50 % de sustitución, es decir que los reemplazos de menor porcentaje y el mortero patrón son aptos para usarse de acuerdo con la norma E.070, pues alcanzaron resistencias promedio mayores a los 8.10 kg/cm². De este modo concluye con su investigación señalando lo positivo de la inclusión de hasta un 10 % de polvo de residuo cerámico en las mezclas de mortero, ya que se obtienen mejores comportamientos que el mortero estándar.

Arévalo (2022) en su tesis doctoral de título “Caracterización de mortero ecológico empleando residuos sólidos de construcción”, tuvo el objetivo de realizar la evaluación de morteros de albañilería con el reemplazo de cemento por polvo cerámico reciclado proveniente de desmontes de la ciudad de Trujillo. Para conseguir tal fin, siguió una metodología experimental que consistió en primera instancia de la recolección de material cerámico como mayólicas y porcelanatos de los desmontes de la ciudad de Trujillo, luego siguió con la elaboración de mezclas de mortero de albañilería con proporciones arena/aglomerante de 3:1 y relación agua/cemento de 0.55, con reemplazos de cemento de 0 % (a modo de patrón), 10 %, 30 %, 50 %, 70 % y 100 % por polvo de cerámico previamente lavado y molido para ser pasante de la malla N° 200; posteriormente realizó ensayos de resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días. Los resultados que obtuvo de resistencia del mortero para los reemplazos de cemento por cerámica reciclada de 0, 10, 30, 50, 70 y 100 % fueron de 12.03, 17.70, 13.50, 8.35, 3.92 y 2.48 MPa para cada caso respectivamente. En conclusión, destaca los resultados positivos obtenidos de realizar sustituciones parciales del cemento de hasta un 30 % por cerámicos provenientes de residuos del sector construcción.

Balarezo (2021) desarrolló una investigación denominada “Evaluación de las propiedades del mortero de asentado elaborado con porcelanato reciclado, Lambayeque”, contando con el objetivo de realizar una evaluación sobre las propiedades del mortero de albañilería con porcelanato reciclado como reemplazo de la arena gruesa. Para este fin, siguió una metodología experimental que consistió en la elaboración de mezclas de mortero 1:4, sustituyendo el agregado por porcelanato reciclado molido proveniente de residuos de construcción, materiales no utilizados tales como retazos sobrantes o piezas rotas, en proporciones de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 % para finalmente realizar ensayos de resistencia a la compresión de los especímenes a la edad de 28 días. En esa línea, los resultados obtenidos dieron a conocer resistencias de 259.30, 244.47, 238.32, 203.74,

132.61 y 109.48 kg/cm² para los morteros con sustituciones de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 % respectivamente. En conclusión, señala que la inclusión parcial de residuos cerámicos en el mortero de albañilería es positiva hasta en proporciones del 20 %, además de ofrecer una alternativa más amigable con el medio ambiente.

2.1.2. Internacionales

Catalán et al. (2020) desarrollaron un artículo de investigación titulado “Valorización de residuos cerámicos mediante su uso como puzolana en morteros de cemento Portland”, con el objetivo de estudiar la actividad puzolánica de los residuos cerámicos como sustituto parcial del cemento en morteros. Es así como siguieron una metodología experimental que consistió en el tratamiento de residuos cerámicos, conseguidos de actividades de demolición, triturándolos hasta obtener partículas pasantes del tamiz estandarizado N° 200, con la finalidad de elaborar grupos de mortero de proporciones de cemento, arena y agua de 1:3:0.5 con sustituciones del cemento Portland en proporciones del 15, 25, 35 y 50 % además de una mezcla de control (0 %); posteriormente evaluaron la resistencia a la compresión a los 28 días de cada grupo de mortero elaborado. De este modo, obtuvieron como resultados que los morteros experimentaban pérdidas progresivas en su resistencia a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución del cemento, ya que al sustituir tan solo el 15 % las pérdidas de resistencia eran inferiores al 10 % respecto al control. Sin embargo, las demás sustituciones condujeron a reducciones en la resistencia a la compresión superiores al 20 %. De este modo concluyen señalando que puede ser factible elaborar morteros de albañilería con la inclusión de cerámicos reciclados hasta un máximo de 25 % en reemplazo del cemento Portland.

Molina y Terán (2019) en su artículo de investigación titulado “Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico”, tuvieron como objetivo de proponer un nuevo uso a los residuos cerámicos producidos por el sector de la construcción en Ecuador. Con este objetivo es que deciden seguir una metodología de investigación que consistió en la recolección de residuos cerámicos de rellenos sanitario de la ciudad de Quito, luego los molieron hasta conseguir partículas pasantes del tamiz estandarizado N° 200, a continuación los usaron en la elaboración de mortero con una relación agua/cemento de 0.5 sustituyendo el cemento en proporciones del 5.0 %, 7.5 %, 10.0 %, 12.5 % y 15.0 %, finalmente

elaboraron cubos de 50 mm con los cuales realizaron ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días. Los resultados de su investigación dieron a conocer ligeras reducciones de la resistencia respecto a la mezcla patrón siendo de 28.300, 27.803, 26.369, 24.689, 23.445, 22.443 MPa para los morteros con cerámico reciclado del 0.0, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 y 15.0 % respectivamente. Concluyen su investigación señalando que la sustitución del cemento por cerámicos reciclados no tiene mayores incidencias en sus propiedades, de modo que suponen una alternativa ideal para la reducción de la cantidad de cemento requerido para estas mezclas y la reducción del desperdicio de cerámicos.

Viera y Chicaiza (2018) realizaron un artículo de investigación titulado “Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros”, y cuyo objetivo fue el de comparar la resistencia a la compresión del mortero elaborado con cemento al 100 % y el mortero elaborado con diferentes porcentajes de sustitución de residuos de cerámica triturada. De tal modo que siguieron una metodología experimental que consistió en la recolección de materiales cerámicos que no llegaron a comercializarse en la industria de la construcción, los cuales fueron triturados hasta generar que el cerámico sea capaz de pasar el tamiz de la malla N° 200; posteriormente elaboraron mezclas de morteros con proporciones de reemplazo del cemento del 0 % (control), 3 %, 5 %, 7 %, 10 % y 15 %, las cuales fueron ensambladas en especímenes cúbicos de 50 mm de arista y luego ensayadas respecto a su resistencia a la compresión a los 28 días. Los resultados de su investigación dieron a conocer pequeños incrementos en la resistencia del mortero sustituyendo hasta el 10 % de cemento, siendo estas de 34.330, 35.157, 36.070, 36.015, 36.551 y 31.014 MPa para los morteros con sustituciones del 0.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0 y 15.0 %. Concluyeron su investigación señalando que los resultados positivos fueron gracias a los componentes puzolánicos que ofrecía el polvo de cerámica a la mezcla, comprobándose no solo su capacidad de aprovecharse para mejorar las propiedades mecánicas del mortero, sino también como opción para reducir la cantidad de cemento que requiere la mezcla y ser una opción ante los residuos cerámicos.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Cerámica

Concepto comúnmente utilizado para la denominación de los también conocidos como materiales cerámicos, los cuales consisten en aquellas placas delgadas de entre 5 a 10 mm de espesor compuestas principalmente de arcilla cocida a altas temperaturas y sometida a grandes cargas de presión, las cuales son empleadas a manera de acabados como recubrimiento de las superficies de los pisos y paredes (Espinoza y Pipa, 2021).

La composición exacta y las características específicas del proceso de elaboración de estos materiales varían en función de los resultados que cada fabricante desea obtener para su producto. En términos generales, es posible dividir estos materiales en dos tipos: (1) Mayólica y (2) Porcelanato; el primero tiene una composición de arcilla sumada a feldespatos y sílice, prensados a presiones de entre los 200 a 400 kg/cm² y cocidos a temperaturas de entre 900 a 1000 °C, por lo que llegan a presentar densidades de entre los 1.5 a 2.0 g/cm³, siendo así menos duraderos y más frágiles en comparación con el porcelanato, el cual está conformado por arcilla, caolín, feldespato y sílice, prensado a presiones en el orden de los 350 a 450 kg/cm² y cocidos a temperaturas superiores a los 1200 °C, teniendo densidades finales que oscilan desde los 2.30 g/cm³ hasta los 2.40 g/cm³ (Tapia, 2021).

Estas características, hacen que las mayólicas sean el residuo cerámico de mayor volumen, sumada a su alta propensión a quebrarse haciendo que muchos de estos elementos ni siquiera lleguen a comercializarse quedando en forma de retazos y siendo almacenados sin tener mayor uso tal como se presenta en la fotografía adjunta en la siguiente página.



Figura 2.1. Retazos cerámicos no aptos para venta almacenados.

Puesta la evidencia, autores como Tapia (2021) afirman que esta industria es la que mayor cantidad de residuos cerámicos produce y que, dado su proceso de fabricación, se están desperdiciando gran cantidad de elementos arcillosos-puzolánicos que podrían tener un segundo uso sin mayores inconvenientes. Es así que, investigadores como Viera y Chicaiza (2018) plantean el reciclado de estos materiales a través de procesos de trituración, generando polvo que pueda complementar con una acción puzolánica al cemento en la elaboración de concretos y morteros para la conformación de elementos de responsabilidad estructural, haciendo para ello que este material sea pasante de la malla N° 200. En esa línea, la Figura 2.2 presenta el polvo cerámico realizado en la presente investigación a partir de los retazos recolectados.



Figura 2.2. Polvo cerámico pasante del tamiz de la malla N° 200.

2.2.2. Albañilería

En términos sencillos, Gallegos y Casabonne (2005) definen a la albañilería como el material estructural conformado por la integración de unidades asentadas con la ayuda de un mortero, por lo tanto según explican, suele ser un material de características heterogéneas y anisotrópicas, cuya resistencia mecánica estará determinada en gran medida por las características de las unidades utilizadas en su ensamblaje y las capacidades del mortero. Un ejemplo de estas construcciones, altamente comunes en el Perú se presenta en la Figura 2.3 expuesta en la siguiente página.



Figura 2.3. Edificaciones de albañilería en el distrito de El Tambo – Huancayo.

Entendiendo que las características que presentará la albañilería estarán relacionadas directamente con las características de sus componentes, es que a continuación se presenta la caracterización de cada uno de ellos.

Unidades de albañilería

Esta denominación, tal como indican Gallegos y Casabonne (2005), hace referencia a los ladrillos y bloques que con utilizados para la conformación de elementos de albañilería.

Con el fin de clasificar los conceptos de bloque y ladrillo, el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma E.070 de Albañilería define: (1) ladrillos como aquellas unidades que son fácilmente manipulables con una sola mano gracias a sus cortas dimensiones y menor masa, y (2) bloques a aquellas unidades cuya manipulación requiere de dos manos dado sus mayores dimensiones y masa (MVCS, 2020).

En ese sentido y dado que en la presente investigación se pretende alcanzar resultados que puedan aportar brindando alternativas de mejora en los procesos constructivos más comunes en el Perú, al análisis estará centrado en los ladrillos como las unidades de albañilería de uso más común en el país. Por ello, la Tabla 2.1 presenta las características exigidas para todo ladrillo a usarse en la conformación de elementos de albañilería en todo el territorio nacional.

Tabla 2.1. Requisitos de ladrillos para la conformación de elementos con responsabilidad estructural.

Clase o tipo	Máxima variación dimensional permisible por lado (%)			Máximo alabeo (mm)	Mínima resistencia a compresión [f'_{b}] (kg/cm ²)
	≤ 100 mm	100 a 150 mm	> 150 mm		
I	8.00	6.00	4.00	10.00	50.00
II	7.00	6.00	4.00	8.00	70.00
III	5.00	4.00	3.00	6.00	95.00
IV	4.00	3.00	2.00	4.00	130.00
V	3.00	2.00	1.00	2.00	180.00

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

Como puede apreciarse, las resistencias mínimas exigidas en las unidades de albañilería oscilan desde los 50 kg/cm² a los 180 kg/cm² según la clase de ladrillo a utilizar, no obstante, es imperativo resaltar que estos valores de resistencia mecánica corresponden a unidades elaboradas bajo estrictos controles de calidad con el fin de obtener materiales aptos, es así como, en el desarrollo de esta tesis se vio por conveniente la utilización de ladrillos industriales tal como se presentan en la figura adjunta.



Figura 2.4. Ladrillo industrial King Kong de 18 huecos de la marca “Pirámide”.

Por lo tanto, a continuación, se adjuntan las características físico-mecánicas de este ladrillo, el cual en concordancia con la clasificación propuesto por el Reglamento Nacional de Edificaciones se trata de una ladrillo de tipo IV.

Tabla 2.2. Propiedades del ladrillo King Kong de 18 huecos de la marca “Pirámide”.

Parámetro	Unidad	Valor
Masa	kg	2.61 - 2.80
Largo	cm	23.00
Ancho	cm	12.50
Alto	cm	9.00
Absorción de agua	%	< 22.00
Área de vacíos	%	47.00 - 50.00
Alabeo	mm	< 4.00
Densidad	g/cm ³	1.90 - 2.00
Eflorescencia	-	No presenta
Clase o tipo	-	IV
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	> 130.00

Fuente: Pirámide (2022).

Asimismo, es necesario indicar que la ficha técnica de este producto se encuentra en el Anexo N° 07: fichas técnicas de insumos utilizados.

Mortero de albañilería

Puede entenderse al mortero de albañilería como el material que funge como el adherente con el que se asientan y unen las unidades de albañilería conformando las juntas (Gallegos y Casabonne, 2005). Este material es elaborado a partir del mezclado de agua, un aglomerante (principalmente cemento) y un agregado fino (arena gruesa), todos estos elementos se unen en determinadas proporciones, buscando la obtención de una buena trabajabilidad evitando la segregación de material en estado fresco y alta capacidad de adhesividad y resistencia en estado endurecido, por ello, para todo mortero fabricado en el territorio peruano es exigido el cumplimiento de los requerimientos expresados en la norma E.070, NTP 399.610 y NTP 399.607 (MVCS, 2020).

En esa línea, para la fabricación de este material el Reglamento Nacional de Edificaciones, tal como se expone en la Tabla 2.3, brinda las proporciones de cada uno de los componentes en función de una clasificación orientada a su uso en la conformación de albañilería portante o no portante, es decir, para elementos con responsabilidad estructural como lo son los muros o para elementos sin responsabilidad estructural como lo son los tabiques. Nótese también que para todos los casos el uso de cal es opcional,

además de que la cantidad de agua requerida para todos los casos será aquella que permita tener una buena trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 2.3. Proporción de componentes para la obtención de mortero.

Clasificación	Partes de cada componente por unidad de aglomerante			Aplicación
	Aglomerante	Cal	Agregado fino	
P1	1.00	0.00 - 0.25	3.00 - 3.50	Portante
P2	1.00	0.00 - 0.50	4.00 - 5.00	Portante
NP	1.00	0.00	6.00	No portante

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

Sumado a ello, el MVCS (2020) a través de la norma E.070 brinda las consideraciones necesarias para la utilización de cada uno de estos componentes, esto se presenta a continuación.

– Agua. –

El único requisito que exige el reglamento para este elemento es que sea potable y libre de impurezas o contaminantes.

– Aglomerante. –

Como fue mencionado previamente, el aglomerante del mortero consiste principalmente en cemento el cual puede recibir alguna adición como la cal según se considere necesario.

En la presente investigación, fue utilizado cemento Portland tipo I de la marca “Andino”, el cual de acuerdo con su ficha técnica adjunta en el Anexo N° 07: fichas técnicas de insumos utilizados cumple con las exigencias de las normativas peruanas para su uso en la elaboración de concreto y mortero de estructuras con responsabilidad estructural. En la tabla expuesta a continuación, se presentan las fases mineralógicas que componen este cemento industrial.

Tabla 2.4. Composición mineralógica del cemento Portland tipo I de la marca “Andino”.

Denominación	Fórmula	Abreviatura	Unidad	Valor
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	%	55.00
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	%	16.00
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	%	7.00
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	%	10.00

Fuente: UNACEM (2021).

– Agregado fino. –

Respecto a este componente, corresponde a la arena gruesa como un árido mineral cuyas partículas que lo constituyen son pasantes de la malla N° 4 de 4.75 mm y son retenidas como mucho en el tamiz estandarizado de la malla N° 200. Para ser apta, esta arena gruesa debe cumplir con la granulometría exigida en la Tabla 2.5 con su curva granulométrica dentro de los límites de la Figura 2.5, además de que debe obedecer a los siguientes requisitos: (1) no ser arena de mar, (2) tener un módulo de fineza entre 1.60 y 2.50, (3) no tener material retenido en un valor mayor al 50 % entre dos tamices consecutivos.

Tabla 2.5. Requisito granulométrico de agregado fino para conformación de morteros.

Malla estandarizada		Material pasante (%)	
Denominación	Medida (mm)	Límite mínimo	Límite máximo
N° 4	4.750	100.00	
N° 8	2.360	95.00	100.00
N° 16	1.180	70.00	100.00
N° 30	0.600	40.00	75.00
N° 50	0.300	10.00	35.00
N° 100	0.150	2.00	15.00
N° 200	0.075	< 2.00	

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

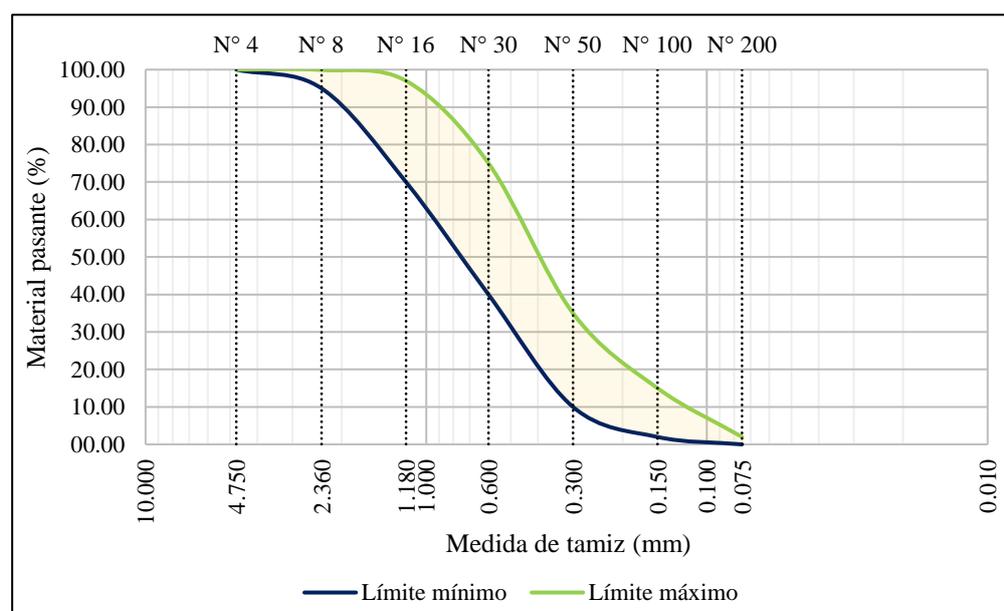


Figura 2.5. Límites de la curva granulométrica de agregado fino para conformación de morteros.

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

2.2.3. Propiedades mecánicas de elementos para albañilería estructural

Una vez reconocidas las características de los componentes de la albañilería, ahora es indispensable destacar a las propiedades mecánicas de estos elementos debido a su gran importancia al permitir la conformación de edificaciones. En la presente tesis de investigación se tomaron en cuenta las tres principales resistencias a compresión de estos elementos en consideración de las exigencias presentadas en la norma E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, y las Normas Técnicas Peruanas 334.051, 399.605, 399.610 y 399.621.

Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería

Como una propiedad mecánica de la albañilería, consiste en la capacidad o firmeza que puede alcanzar el mortero de albañilería al anteponerse a esfuerzos de compresión verticales dirigidos sobre una de sus caras. Para la determinación de la resistencia a la compresión del mortero pueden realizarse ensayos a nivel de laboratorio tal como se presenta en la Figura 2.6 (MVCS, 2020).



Figura 2.6. Ensayo de resistencia a la compresión axial de mortero de albañilería.

Estos ensayos permitirán la clasificación del mismo en función de la resistencia alcanzada tal como se expone en la Tabla 2.6 (INACAL, 2024).

Tabla 2.6. Clasificación del mortero por su resistencia a la compresión axial.

Tipo	Valor mínimo (kg/cm²)
O	24.47
N	53.02
S	126.44
M	175.39

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.610 (INACAL, 2024).

Como puede notarse, esta clasificación proporcionada por la norma peruana da a conocer los valores de resistencia para los morteros de todo tipo de usos basados en la clasificación de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés), que van desde aplicaciones no estructurales hasta aquellas que si lo requieren. A continuación, se presentan cada uno de estos tipos:

- Tipo “O”: Del inglés "Overgrout" (mortero proyectado o colocado, no tiene traducción exacta al español). Originalmente, esta categoría se utiliza para morteros que tienen una mayor cantidad de cal que el mortero común, siendo más suave y menos resistente, lo que lo hace adecuado para aplicaciones no estructurales en las que se necesita gran trabajabilidad.
- Tipo “N”: Del inglés "Normal". Este tipo de mortero se encuentra en el medio en términos de resistencia y trabajabilidad, lo que lo hace el más versátil.
- Tipo “S”: De "Structural" (estructural en inglés). Este tipo de mortero se desarrolló para aplicaciones estructurales teniendo capacidad para soportar cargas y aplicaciones más demandantes.
- Tipo “M”: De "Masonry" (mampostería en inglés). Es el mortero más fuerte de todos los tipos y se utiliza en aplicaciones de alta resistencia, siendo ideal que el mortero de albañilería se ubique en esta clasificación al superar la resistencia mínima establecida por la NTP 399.610.

En general, este parámetro es el medido por ciertos autores a fin de obtener ciertos parámetros muy específicos en los morteros, sin embargo, para conocer su viabilidad en albañilería son necesarios más ensayos. De este modo en el desarrollo de la presente investigación se buscó que los resultados de resistencia a la compresión del mortero superen al menos el valor de 175.39 kg/cm² correspondiente a un mortero tipo “M”, además fueron complementados con los resultados de más ensayos.

Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería

Además de la determinación de la capacidad de resistencia ante esfuerzos de compresión del mortero y del ladrillo que conforman los elementos de albañilería, es indispensable reconocer estas mismas características en los elementos de albañilería como un conjunto de sus dos componentes principales. En este caso, la resistencia a la compresión axial para prismas (también conocidas como pilas por ciertos autores) de albañilería consiste, tal como se presenta en la Figura 2.7, en la capacidad que tienen prismas ensamblados mediante el asentado de unidades una encima de la otra de aguantar esfuerzos de carga (Gallegos y Casabonne, 2005).



Figura 2.7. Ensayo de resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería.

De acuerdo con el MVCS (2020), para hallar estos valores debe realizarse el ensayo de resistencia a la compresión axial a varios prismas de albañilería siguiendo los lineamientos de la NTP.399.605. Esta norma, menciona que los prismas de albañilería deben tener una altura mínima de dos unidades, además de cumplir con una resistencia mínima tal como se exhibe en la Tabla 2.7, en función del tipo de unidad que lo conforma.

Tabla 2.7. Resistencia de prismas de albañilería.

Ladrillo	Compresión axial de prisma [$f'm$] (kg/cm²)
King Kong artesanal	35.00
King Kong industrial	65.00
Rejilla industrial	85.00

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

No obstante, antes de obtener esta resistencia la NTP 399.605 también indica que la resistencia obtenida debe ser ajustada de acuerdo a la esbeltez que presente el prisma, el cual es calculado según la relación entre la altura y la menor dimensión lateral (ancho del ladrillo) y corresponderá al uso de alguno de los factores presentados en la Tabla 2.8, además, de darse el caso de que la esbeltez del prisma no es igual a alguno de los factores expuestos en la tabla esta deberá hallarse a partir de una interpolación.

Tabla 2.8. Factor de corrección de resistencia a la compresión de prismas por esbeltez.

Esbeltez de prisma	Factor
1.30	0.75
1.50	0.86
2.00	1.00
2.50	1.04
3.00	1.07
4.00	1.15
5.00	1.22

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.605 (INACAL, 2024).

En ese sentido, la resistencia a la compresión axial de un prisma de albañilería está definida por la siguiente expresión:

$$f'm = \frac{C}{l \times a} \times e$$

Donde:

- $f'm$ Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería (MPa).
- C Carga máxima (N).
- l Largo del prisma o ladrillo (mm).
- a Ancho del prisma o ladrillo (mm).
- e Factor de corrección por esbeltez.

Luego esta resistencia puede ser transformada de MPa a kg/cm^2 y para el promedio por grupos se ha de restar la desviación estándar, en esa línea, la presente investigación tiene como límite de resistencia ajustada mínima los 65 kg/cm^2 , dado que fueron elaborados prismas con unidades de ladrillo King Kong industrial.

Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería

También denominado ensayo de corte es utilizado para la determinación de la resistencia a la compresión o tracción diagonales de elementos de albañilería, siendo útil principalmente para predecir el comportamiento del elemento de albañilería ante la ocurrencia de movimientos sísmicos (Gallegos y Casabonne, 2005).

Este ensayo es realizado en el Perú siguiendo las exigencias expuestas en la Norma Técnica Peruana 399.621, la cual explica que este ensayo se desarrolla mediante la aplicación de esfuerzos diagonales a especímenes del menor tamaño posible pero que a la vez sean representativos de un muro de albañilería tal como se expone en la Figura 2.8. Estos especímenes son denominados muretes, debiendo tener unas dimensiones mínimas de 600 mm en cada lado considerando al menos dos unidades enteras por hilada.



Figura 2.8. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería.

A partir de estas consideraciones, en la norma E.070 de albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones son expuestas las resistencias mínimas (Tabla 2.9) que deben superar los muretes de albañilería para considerarse aptos para su uso en la construcción de edificaciones.

Tabla 2.9. Resistencia de muretes de albañilería.

Ladrillo	Compresión diagonal de murete [$v'm$] (kg/cm ²)
King Kong artesanal	5.10
King Kong industrial	8.10
Rejilla industrial	9.20

Fuente: Norma E.070 Albañilería (MVCS, 2020).

Sumado a ello, la NTP 399.621 expone las ecuaciones necesarias para la obtención de la resistencia a la compresión axial de los muretes de albañilería, dando a conocer en primera instancia el cálculo del área bruta:

$$A_b = \frac{l + h}{2} \times t$$

Donde:

- A_b Área bruta del murete (mm²).
- l Largo del murete (mm).
- h Altura del murete (mm).
- t Espesor del murete (mm).

Una vez reconocida el área bruta del murete, puede determinarse la resistencia diagonal o al corte mediante:

$$v'm = \frac{0.707 \times P}{A_b}$$

Donde:

- $v'm$ Resistencia a la compresión diagonal (MPa).
- P Carga aplicada sobre el murete (N).

Respecto al factor de 0.707, es una aproximación de la relación entre el esfuerzo cortante y el esfuerzo axial en el muro, y es utilizado para tener en cuenta la distribución no uniforme de esfuerzos en la sección crítica del muro bajo carga diagonal. Este factor

se deriva de consideraciones teóricas y experimentales sobre el comportamiento de muros de albañilería sometidos a carga diagonal (Gallegos y Casabonne, 2005).

Finalmente, al igual que con los prismas de albañilería, los resultados aquí obtenidos pueden transformarse de MPa a kg/cm^2 , mientras que para los promedios por grupos será necesario descontar el valor de desviación estándar. Es así como, en esta tesis se tomó como valor mínimo aceptable de resistencia los 8.1 kg/cm^2 .

2.3. Marco conceptual

- Anisotrópico: Es una palabra que describe la propiedad física de ciertos materiales de tener comportamientos diferentes en diferentes direcciones (Gallegos y Casabonne, 2005).
- Axial: En el campo de la ingeniería y tecnología de los materiales, es usado para referirse a lo relacionado con el eje central de un objeto o sistema, es decir, a lo largo o alrededor del eje como fuerzas que actúan a lo largo del eje central de un elemento (Kosmatka et al., 2004).
- Diagonal: Este concepto se refiere a la línea recta que conecta dos vértices no adyacentes en un polígono, definiendo así la distancia más corta que los conecta, Dentro de la tecnología de materiales, se refiere a las fuerzas que actúan en una dirección diagonal en lugar de a lo largo del eje longitudinal. Esto sucede cuando un elemento está sujeto a fuerzas de carga no alineadas con su eje principal (Gallegos y Casabonne, 2005).
- Hilada: Es cada una de las franjas horizontales conformadas por unidades y mortero de albañilería (Gallegos y Casabonne, 2005).

- Junta: Consiste en las capas de mortero que unen las unidades de albañilería tanto en sus extremos (junta vertical) como sobre las que se asientan las unidades (junta horizontal) (Gallegos y Casabonne, 2005).
- Módulo de fineza: También denominado como módulo de finura y representado por la abreviatura “MF”, es la representación de cuan fino es el agregado, por ello, a menor valor del módulo más fino es el agregado y a mayor valor del módulo más grueso es el agregado (Kosmatka et al., 2004).
- Muro portante: Son todos aquellos muros que son diseñados y construidos en edificaciones con el objetivo de que sean capaces de soportar y transmitir cargas hasta los niveles más bajos (MVCS, 2020).
- Tabique: Concepto que designa a los muros no portantes, en otras palabras, este término designa a los muros cuya función es la de separar ambientes (Gallegos y Casabonne, 2005).
- Trabajabilidad: Consiste en una propiedad reológica del mortero de albañilería respecto a la facilidad que tiene en su manejo para la realización de los trabajos de construcción (Gallegos y Casabonne, 2005).
- Triturado: Describe a los materiales que pasaron por un proceso de molienda para la reducción de su tamaño, pudiendo llegar hasta convertirse en polvo (Kosmatka et al., 2004).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora las propiedades mecánicas de morteros de albañilería.

3.2. Hipótesis específicas

- a) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería.
- b) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería.
- c) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): Cerámico reciclado. – Contempla a todo material cerámico triturado pasante de la malla estandarizada N° 200, que proviene de todos aquellos retazos de mayólica y porcelanato que fueron producidos en las actividades de carga y transporte que ya no son aptos para comercializarse (Viera y Chicaiza, 2018).

Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería. – Comprende aquellas propiedades relacionadas con la capacidad que tiene el mortero para albañilería para soportar y oponerse ante cargas o esfuerzos en especímenes de mortero y testigos de albañilería (prismas y muretes) evaluado preferentemente a los 28 días de edad (Shanmugam et al., 2020).

3.3.2. Definición operacional de las variables

Variable independiente (X): Cerámico reciclado. – En el desarrollo de la presente tesis el cerámico reciclado estuvo constituido por todo el material procesado a partir de la trituración de retazos sin usar que no son aptos para su comercialización, pasantes de la malla N° 200, siendo usado para la fabricación de mortero en sustitución parcial del cemento.

Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería. – Consisten en las tres principales resistencias a compresión en consideración de las exigencias presentadas en la norma E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, y las Normas Técnicas Peruanas 334.051, 399.605, 399.610 y 399.621. Siendo la resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería, la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería y la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

3.3.3. Operacionalización de las variables

A partir de lo expuesto previamente, la tabla adjunta en la siguiente página contiene la operacionalización de las variables, que sirvió para la realización de la presente tesis.

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable independiente (X): Cerámico reciclado	Cantidad de cerámico reciclado	Sustitución del 0 % de cemento	%
		Sustitución del 3 % de cemento	%
		Sustitución del 6 % de cemento	%
		Sustitución del 9 % de cemento	%
		Sustitución del 12 % de cemento	%
Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería	Compresión axial del mortero de albañilería	Carga	kg
		Área transversal	cm ²
	Compresión axial de prisma de albañilería	Carga	kg
		Área transversal	cm ²
	Compresión diagonal de murete de albañilería	Carga	kg
		Área bruta	cm ²

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

Hernández et al. (2018) establecen que la metodología de la investigación describe un conjunto de postulados que rigen la manera en la que se investiga, es decir, brindan los alcances para el desarrollo del trabajo del investigador. En ese sentido, destaca en gran manera el método científico como el principal método de investigación general dado que su aplicación orienta a generar conocimientos objetivos y basados en el desarrollo de una secuencia sistematizada y ordenada, lo que hace que los resultados sean de alta confiabilidad y describan fielmente la realidad. Sumado a ello, un método de investigación específico que resaltan es el hipotético-deductivo, pues es aquel en el que se busca sea comprobar o refutar hipótesis planteadas a través del análisis.

Considerando ello, la presente tesis de investigación se elaboró en función de los parámetros expuestos por el método de investigación general científico con el método específico hipotético-deductivo, debido a que se siguió una secuencia que partió de la identificación del problema de la investigación, luego se plantearon los objetivos e hipótesis respecto a la elaboración de morteros para usarse en albañilería estructural a partir de la sustitución parcial del cemento por residuos cerámicos reciclados. Seguidamente, se llevó a cabo la etapa experimental mediante la fabricación de especímenes para la identificación de sus propiedades mecánicas en laboratorio, posteriormente estos datos se analizaron y procesados para, finalmente, a exponer los resultados y conclusiones de la investigación.

4.2. Tipo de investigación

Uno de los conceptos más populares respecto al tipo de investigación es el planteado por Borja (2016), quien expone que el tipo de investigación estará directamente relacionada con el objetivo de la misma. Esto se traduce en que el tipo de investigación permite reconocer fácilmente el fin que se persigue y la manera en la que se llevará a cabo, teniendo así a las investigaciones del tipo aplicada, las cuales tienen el propósito de conocer para luego actuar sobre determinado problema identificado en la realidad mediante la aplicación directa de los conocimientos teóricos.

Es así que, esta tesis fue desarrollada como una investigación del tipo aplicada pues se buscó la aplicación de los principios respecto a la fabricación de mortero para albañilería tal como se encuentran expuestos en el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma de estructuras E.070 de albañilería y las Normas Técnicas Peruanas 334.051, 399.605, 399.610 y 399.621, con el propósito de caracterizar mezclas de mortero modificadas con la inclusión de cerámico reciclado en sustitución parcial del cemento para presentar una alternativa para el uso de los materiales cerámicos que no son aptos para ser comercializados en el mercado de la construcción en la elaboración de morteros aptos para su uso en componentes con responsabilidad estructural.

4.3. Nivel de investigación

Respecto al nivel de investigación, Bernal (2010) expone que este aspecto tiene que ver con la extensión, complejidad o grado de comprensión que se pretende alcanzar con el estudio de determinado fenómeno o variable. De este modo, una investigación de nivel explicativo es aquella que va más allá de la simple descripción de un fenómeno o de la determinación del grado de correlación entre variables, contemplando un estudio de mayor profundidad, ya que explica, con base en el análisis, las características de la relación de causa y efecto entre las denominadas variables independiente y dependiente.

Con la realización de la presente tesis se explicó de manera certera la relación de causa y efecto entre las variables consideradas en el estudio, siendo la variable independiente el cerámico reciclado y la variable dependiente las propiedades mecánicas del mortero para albañilería, en otras palabras, se analizó la influencia presentada por el cerámico reciclado en sustitución parcial del cemento sobre las propiedades mecánicas

del mortero para albañilería. En esa línea, esta tesis es de un nivel de investigación explicativo.

4.4. Diseño de la investigación

Otro aspecto relevante es el diseño de la investigación que, según Bernal (2010), consiste en la estrategia o dirección que tomará el investigador para ser capaz de responder a los problemas que identificó en un inicio. Esto, a su vez, es complementado por Hernández et al. (2018), quienes mencionan que el diseño de una investigación puede describirse en función de si la variable independiente será manipulada de forma directa e intencional a fin de determinar las variaciones que esto causa en la variable dependiente, lo que permite diferenciar entre un diseño experimental y un diseño no experimental.

El diseño de la presente investigación fue experimental, específicamente del tipo cuasiexperimental, dado que consistió en la manipulación de forma directa e intencional de la variable independiente, cambiando la cantidad de cemento sustituido por cerámico reciclado en la elaboración de diferentes muestras de morteros para albañilería, a fin de determinar las variaciones que estos cambios indujeron en la variable dependiente, correspondiente a las propiedades mecánicas del mortero de albañilería.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

A fin de establecer apropiadamente la población de la presente tesis, se consideró el concepto explicado por Ccanto (2010), quien indica que para el desarrollo de una investigación ha de considerarse una población objetiva (una población grande) y, después, una población accesible a la cual el investigador tenga acceso y sea factible su estudio al menos de forma parcial.

Considerando los aspectos mencionados previamente, la población en el desarrollo de esta investigación comprende el mortero de albañilería tipo P2 elaborado con una relación de cemento/arena de 1:4 sin y con sustitución parcial del cemento por cerámico reciclado en la ciudad de Huancayo. Este conjunto es relativamente accesible para su análisis, ya que como investigador tengo acceso a los insumos necesarios, disponibles en el mercado de la construcción local.

4.5.2. Muestra

En la misma línea, Ccanto (2010) también señala que la muestra representa una parte de la población a la cual el investigador puede estudiar cuando no es factible analizar la totalidad de la población por diferentes motivos.

La muestra determinada a través de la aplicación de un muestreo del tipo no probabilístico intencional considerada en el desarrollo de la presente tesis se encuentra detallada en la Tabla 4.1 adjunta en este ítem. En dicha tabla se expone que se elaboraron un total setenta y cinco (75) especímenes con la sustitución parcial del cemento por cerámico reciclado en dosis del 0 (patrón), 3, 6, 9 y 12 %, los cuales fueron sometidos a rotura controlada en tres ensayos distintos a nivel de laboratorio, con el fin de reconocer apropiadamente las características de cada mortero y su comportamiento en el asentado de muros y prismas de albañilería. Esto permitió reconocer con certeza las características de la población seleccionada tal como se detalla en los análisis adjuntos en los capítulos posteriores.

Tabla 4.1. Cantidad de especímenes de muestra.

Propiedad	Unidad	Dosis de sustitución				
		0 %	3 %	6 %	9 %	12 %
Compresión axial de mortero de albañilería	kg/cm ²	5	5	5	5	5
Compresión axial de prisma de albañilería	kg/cm ²	5	5	5	5	5
Compresión diagonal de murete de albañilería	kg/cm ²	5	5	5	5	5

Las dosificaciones contempladas en el desarrollo de la presente investigación fueron seleccionadas en consideración de los resultados obtenidos por los antecedentes más recientes consultados en la revisión bibliográfica, buscando determinar en esta tesis la dosis de material que puede obtener los mejores. Sumado a ello, cabe destacar que se tomaron en cuenta aspectos económicos y medioambientales, pues la creación de mayores grupos para el análisis teniendo menores intervalos de variación hubiera incurrido no solo en un incremento significativo de los gastos, sino también en la generación innecesaria de residuos. De este modo, teniendo cinco grupos de morteros con intervalos de variación de sustitución del 3 % se logró un equilibrio adecuado entre la obtención de los mejores

resultados respecto a las propiedades mecánicas del mortero y la sostenibilidad de la investigación.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos en una investigación pueden entenderse como los recursos que se complementan entre sí, permitiendo al investigador para la obtención de datos objetivos y confiables sobre el fenómeno o variable que estudia. A continuación, se explica cada uno de estos recursos y su uso en la recolección de datos realizada para el desarrollo de esta tesis.

4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Palella y Martins (2012) mencionan que las técnicas para la recolección de datos comprenden las formas en las que el investigador obtendrá los datos e información necesarios para el desarrollo de su trabajo. Así, estas dependerán del objeto del estudio y los resultados esperados, por ello, al seguir la presente tesis una línea de investigación respecto a nuevas tecnologías y procesos en el campo de la ingeniería civil y que, habiendo identificado lo que se desea notar de las variables de estudio, la técnica utilizada fue la observación científica.

Asimismo, con el fin de precisar mejor la técnica utilizada en la presente investigación, es necesario destacar que, tal como detallan Palella y Martins (2012), la observación científica se clasifica en varias modalidades. En esa línea, considerando que los datos recolectados consistieron en información sobre las capacidades mecánicas de los especímenes de albañilería estudiados y que se utilizaron elementos técnicos para su apropiada recolección, la técnica utilizada en la presente investigación fue la observación estructurada.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Puede entenderse al instrumento como un recurso del que se vale el investigador para la recolección de datos al acercarlo al fenómeno de estudio para extraer información (Palella y Martins, 2012).

Considerando ello, durante el desarrollo de la presente tesis, los instrumentos de investigación utilizados fueron:

- Ficha de recolección de datos: Aplicadas exclusivamente para el registro de los datos obtenidos en los trabajos realizados a nivel de laboratorio, siendo realizadas de acuerdo con las consideraciones presentes en las Normas Técnicas Peruanas 399.610, 334.051, 399.605 y 399.621. Es así como, se presentan en el Anexo N° 04: fichas de recolección de datos y se adjunta su validación en el Anexo N° 05: validación de instrumentos por juicio de expertos.
- Equipos para ensayos: Para la fase de experimentación que estuvo comprendida por los trabajos a nivel de laboratorio, fueron utilizados equipos calibrados y certificados para los usos requeridos por las Normas Técnicas Peruanas 399.610, 334.051, 399.605 y 399.621. Cabe señalar que los certificados de calibración de los equipos se adjuntan en el Anexo N° 08: certificados de calibración de equipos de laboratorio.

Todo esto permite señalar con total seguridad que los resultados presentados en los siguientes capítulos son precisos, correctos y reflejan fielmente el comportamiento de los especímenes ensayados.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos para el desarrollo de la presente investigación se realizó mediante el ordenamiento de los datos registrados en las fichas de observación proporcionadas por los laboratorios digitalizándolos mediante el uso del software Microsoft Excel conformando así tablas y gráficos que facilitaron el análisis de los datos.

Con el fin de facilitar el proceso de análisis, se desarrolló la codificación de los datos tal como se presenta en la Tabla 4.2 adjunta en la siguiente página. Los códigos presentados constan de un prefijo que designa el tipo de espécimen (entre murete, prisma y testigo), mientras que el sufijo designa la dosis de sustitución (considerando al 0 % como patrón) de cemento por cerámico reciclado.

Tabla 4.2. Codificación de datos.

Especimen	Dosis de sustitución				
	0 %	3 %	6 %	9 %	12 %
Murete de albañilería	MP	M3	M6	M9	M12
Prisma de albañilería	PP	P3	P6	P9	P12
Testigo de mortero	TP	T3	T6	T9	T12

4.7.2. Análisis de datos

Con base en lo expuesto previamente, el análisis de los datos durante el desarrollo de esta tesis comprendió dos etapas, primero el uso del programa Microsoft Excel para el análisis estadístico descriptivo en la determinación de los promedios, desviaciones estándar y variación de cada propiedad evaluada de los distintos grupos de morteros de albañilería. Luego la segunda etapa se desarrolló con el programa IBM SPSS Statistics, realizando el análisis estadístico inferencial, procediendo a hallar el tipo de distribución al que se ajustaron los valores de los resultados de cada ensayo, y de acuerdo con ello se llevaron a cabo las pruebas paramétricas a cada grupo de datos a fin de determinar la existencia o no de cambios significativos en los comportamientos mecánicos evaluados en los morteros de albañilería según el porcentaje de reemplazo del cemento.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

A lo largo del desarrollo de la presente investigación se ha priorizado un enfoque ético integral velando por la preservación del medio ambiente y los que lo habitan. Cada etapa de este estudio se ha llevado a cabo considerando minimizar cualquier posible impacto negativo en los ecosistemas y asegurando el bienestar de las comunidades locales. Estas consideraciones éticas fueron los pilares centrales en la planificación y ejecución de cada aspecto de esta investigación, especialmente en los trabajos de laboratorio, garantizando que los resultados alcanzados no solo sean científicamente correctos, sino también social y ambientalmente responsables.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

Para la elaboración de las muestras y los trabajos de laboratorio, se siguió el procedimiento descrito a continuación:

1. Adquisición de materiales: En primer lugar, se adquirieron los materiales necesarios para la elaboración de los especímenes que consistieron en arena gruesa, cemento y ladrillos King Kong de 18 huecos. La arena gruesa se envió a analizar a los laboratorios de la empresa Silver Geo S.A.C. a fin de garantizar su calidad para la elaboración de morteros.
2. Recolección de cerámico: Simultáneamente, se recolectó el cerámico dañado del depósito de “DIMACOF”, de su local ubicado en la Av. Mariscal Castilla en el distrito de El Tambo. Los trabajadores de esta tienda almacenan los materiales cerámicos deteriorados y rotos que ya no son aptos para la venta, es decir, piezas sin uso.
3. Triturado del cerámico: Dado que el cerámico requerido debía ser convertido en partículas finas pasantes de la malla estandarizada N° 200, el cerámico recolectado fue llevado a la fábrica de refractarios “Alfaro” ubicada en el distrito de San Agustín de Cajas. En esta fábrica cuentan con trituradoras especiales para materiales cerámicos y refractarios que pueden producir materiales pasantes hasta de la malla N° 400.

4. Elaboración de los especímenes: Para la elaboración de los especímenes fue necesaria la contratación de un maestro albañil y un peón, con el propósito de obtener testigos de mortero, prismas y muretes de albañilería rectos, con espesores de junta de 1.5 cm, y sobre todo en un tiempo prudente dada la cantidad de muestras requeridas (75).
5. Transporte de muestras: Pasados 27 días de la elaboración de los especímenes, y siguiendo las recomendaciones de las NTP para el transporte de muestras, los especímenes se llevaron a los laboratorios de la facultad de ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes (en el caso de los muretes y prismas) y al de la empresa Silver Geo S.A.C. (en el caso de los testigos).
6. Ensayos de laboratorio: Finalmente, a los 28 días de haber sido elaborados, se desarrollaron los ensayos de resistencia a la compresión requeridos para cada caso.

En el Anexo N° 09: panel fotográfico, se presenta la evidencia fotográfica del procedimiento descrito en este apartado.

5.2. Consideraciones preliminares

Previo al desarrollo de los resultados por cada uno de los objetivos planteados, es indispensable exponer las características de los materiales utilizados para la conformación de los elementos de albañilería evaluados. De este modo, en la Tabla 2.2 se exponen las características del ladrillo utilizado, que fue del tipo King Kong de 18 huecos, el cual cumple con los requerimientos expuestos en la Tabla 2.1, asimismo las características del cemento Portland tipo I son presentadas en la Tabla 2.4.

Respecto a la arena utilizada, en función de las indicaciones de la norma E.070 Albañilería es que fue realizado el ensayo de análisis granulométrico presentando los resultados en la Tabla 5.1 adjunta en la siguiente página, teniendo así un módulo de finura igual a 2.184, sumado a ello el contenido de humedad de la arena gruesa utilizada tuvo el valor de 1.87 %.

Tabla 5.1. Granulometría de la arena gruesa.

Malla estandarizada		Material			
Denominación	Medida (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	22.00	2.29	2.29	97.71
N° 16	1.180	91.00	9.47	11.76	88.24
N° 30	0.600	215.00	22.37	34.13	65.87
N° 50	0.300	398.00	41.42	75.55	24.45
N° 100	0.150	184.00	19.15	94.69	5.31
N° 200	0.075	51.00	5.31	100.00	0.00
Fondo de tamices		0.00	0.00	100.00	0.00
Suma		961.00	100.00		

De este modo, se comprueba que la arena gruesa cumple con todos los requisitos estipulados por la norma E.070 ya que (1) no es arena de mar, (2) tiene un módulo de fineza de 2.18 dentro de los límites de 1.60 y 2.50, y (3) no tiene material retenido en un valor mayor al 50 % entre dos tamices consecutivos tal como se aprecia en la columna de material retenido. Además, estas buenas características hallados a partir del ensayo granulométrico se aprecian en la Figura 5.1, exponiendo que el porcentaje de material pasante se encuentra dentro de los límites especificados por la norma, por lo que, es apta para su uso en la mezcla de mortero.

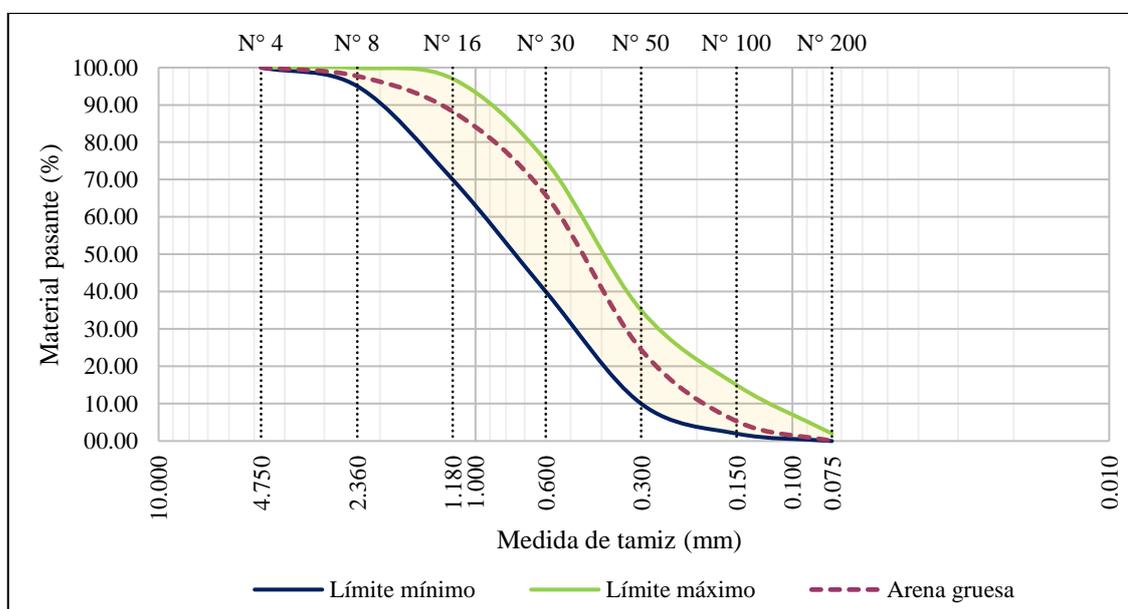


Figura 5.1. Curva granulométrica de la arena gruesa.

También fue analizado el cerámico reciclado (Tabla 5.2) como reemplazo parcial del cemento en la mezcla de mortero, corroborando su fineza y la efectividad del proceso de trituración, teniendo gran parte de este (más del 80 %) pasando la malla N° 200.

Tabla 5.2. Granulometría del cerámico reciclado.

Malla estandarizada		Material			
Denominación	Medida (mm)	Retenido (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.180	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 50	0.300	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 100	0.150	86.00	8.52	8.52	91.48
N° 200	0.075	101.00	10.01	18.53	81.47
Fondo de tamices		822.00	81.47	100.00	0.00
Suma		1009.00	100.00		

Fue separado todo el material pasante de la malla N° 200, siendo reemplazado por el cemento en los porcentajes especificados de 3, 6, 9 y 12 %. La mezcla del mortero fue del tipo P2, con una relación de cemento/arena igual a 1:4, asimismo el agua potable utilizada provino de la red de abastecimiento de la ciudad de Huancayo siendo utilizada, tal como indica la norma, en un volumen que permitió obtener una mezcla de una consistencia trabajable correspondiendo así a un (01) litro por cada 11.3 kg de arena.

5.3. Descripción de resultados

Tal como fue descrito en el apartado 5.1 de la presente investigación, una vez corroborada la idoneidad de los materiales, fueron elaborados los especímenes mencionados en la Tabla 4.1, siendo mantenidos en las condiciones de temperatura y humedad tal como piden cada una de las NTP respectivas.

De esta manera, en la Tabla 5.3 se exhiben los resultados generales obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados a cada uno de los quince (15) especímenes entre los testigos de mortero (probetas), prismas de albañilería y muretes de albañilería de los cinco (5) grupos evaluados en la presente investigación. Estos valores son presentados en los certificados adjuntos en el Anexo N° 06 de la presente tesis.

Tabla 5.3. Resultados de ensayos realizados a nivel de laboratorio.

Mortero	Resistencia a la compresión de mortero [f'c] (kg/cm²)	Resistencia a la compresión de prisma [f'm] (kg/cm²)	Resistencia a la compresión diagonal [v'm] (kg/cm²)
Patrón	188.00	78.202	8.002
	179.40	83.901	8.137
	190.00	82.931	8.318
	178.30	72.495	8.125
	181.30	80.574	8.187
Polvo de cerámico al 3 %	184.90	79.454	8.160
	188.90	82.184	8.459
	188.50	84.018	8.607
	183.70	83.264	7.764
	190.80	82.935	8.032
Polvo de cerámico al 6 %	187.20	83.085	8.722
	189.90	84.040	8.444
	192.90	87.792	8.697
	189.80	84.380	8.507
	188.50	80.746	7.872
Polvo de cerámico al 9 %	194.00	88.151	8.784
	194.40	90.724	8.973
	190.30	90.142	8.975
	196.20	89.304	8.744
	189.70	90.489	8.866
Polvo de cerámico al 12 %	180.70	72.543	7.886
	182.40	68.930	7.089
	176.90	65.146	7.820
	179.20	62.770	7.379
	184.80	60.761	7.363

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 5.3 obtenidos de los ensayos a nivel de laboratorio, fue desarrollado el procesamiento y análisis de los datos tal como se expone en los siguiente ítems. Para ello, es necesario hacer hincapié en que fue utilizada la codificación presentada en la Tabla 4.2.

5.3.1. Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería

Considerando lo expuesto previamente, la Tabla 5.4 exhibe los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión axial realizado a muestras de las cinco mezclas de mortero elaboradas en el desarrollo de la presente investigación. En esa línea, se aprecian los promedios de resistencia obtenidos, la desviación estándar, así como la variación de resistencia en

comparación con la mezcla de mortero patrón, notando incrementos de resistencia hasta el pico de sustitución de cemento del 9 %.

Tabla 5.4. Resultados de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

Código de identificación	Resistencia a la compresión de mortero [$f'c$] (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Variación (%)
TP	178.13	5.27	0.00
T3	184.40	2.96	3.52
T6	187.54	2.12	5.28
T9	190.12	2.80	6.73
T12	177.79	3.01	-0.19

Con el fin de apreciar mejor estos cambios, en la Figura 5.2 se adjunta la comparación de los cambios en la resistencia a la compresión axial del mortero con los diferentes porcentajes de sustitución del cemento por el cerámico reciclado. Destaca así, el resultado de resistencia de las muestras del grupo T9 con un valor promedio de 190.12 kg/cm² siendo el mayor de todos, no obstante, es dable señalar además que en todos los casos las muestras analizadas en el desarrollo de la presente tesis superan el requisito de resistencia señalado en la NTP 399.610 para morteros del tipo “M” de 175.39 kg/cm² (2500 lb/plg²), siendo algo sumamente positivo.

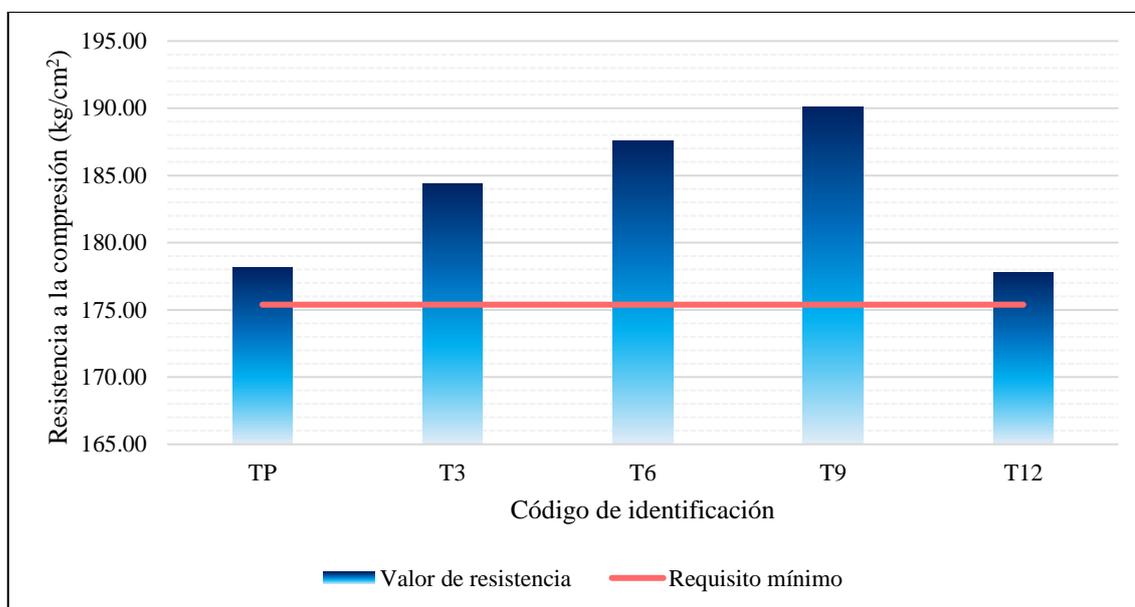


Figura 5.2. Comparación de promedios de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

Del mismo modo, la Figura 5.3 exhibe las variaciones de los promedios de resistencia a la compresión de los grupos de mortero modificados con las diferentes dosis

de cerámico reciclado en sustitución del cemento. Así, se observa que con una dosis de cerámico de 9 % es alcanzada la máxima variación siendo un aumento del 6.73 % respecto al patrón, mientras que con la máxima dosis (12 %) el valor de resistencia de la mezcla es inferior que el patrón en un 0.19 %, por ello, no sería recomendable superar la dosis de sustitución del cemento en más del 10 %.

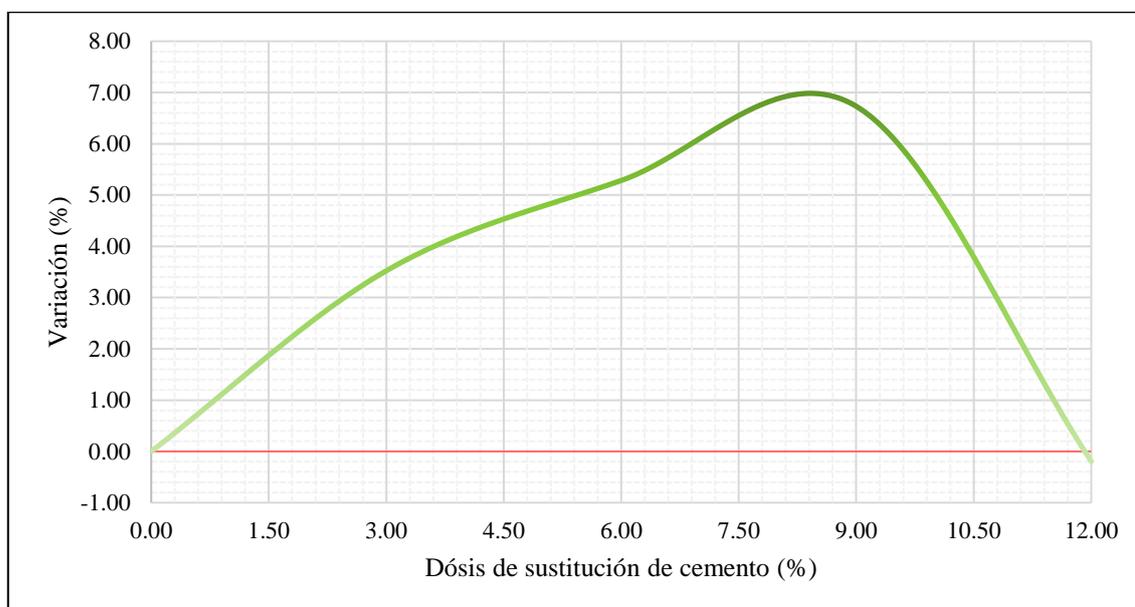


Figura 5.3. Variación de resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

5.3.2. Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería

Teniendo los resultados expuestos en la Tabla 5.3, fue calculada la desviación estándar y restada al promedio para cada uno de los grupos de los prismas de albañilería con la mezcla de mortero con diferentes dosis de sustitución del cemento por cerámico reciclado, sumado a ello, la Tabla 5.5 contiene también la variación de los promedios respecto al patrón haciendo evidente que los mejores resultados fueron obtenidos por el grupo de sustitución del 9 %.

Tabla 5.5. Resultados de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Código de identificación	Resistencia a la compresión de prisma [$f'm$] (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Variación (%)
PP	75.066	4.55	0.00
P3	80.612	1.76	7.39
P6	81.461	2.55	8.52
P9	88.712	1.05	18.18
P12	61.286	4.74	-18.36

La Figura 5.4 expone una comparación de los resultados de resistencia a la compresión axial de las pilas de albañilería, evidenciando de forma clara que el pico fue alcanzado por el grupo que sustituye el 9 % del cemento, alcanzando un valor de 88.712 kg/cm². Asimismo, es necesario mencionar que el único grupo que no alcanza la resistencia mínima de 65 kg/cm² es aquella que sustituye el 12 % de cemento.

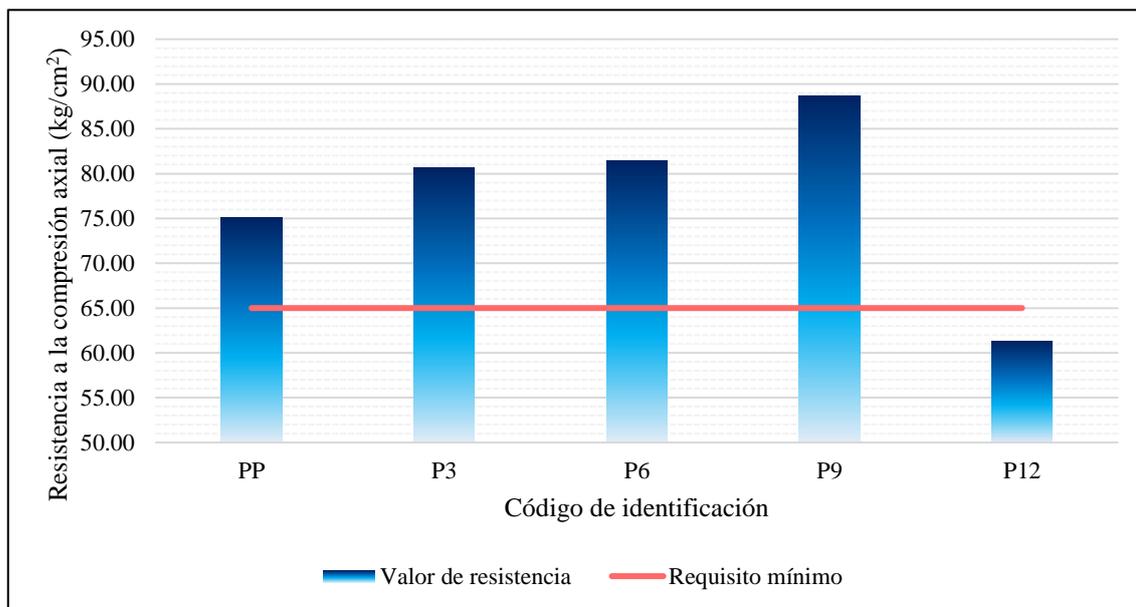


Figura 5.4. Comparación de promedios de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Por último, en la Figura 5.5 adjunta en la siguiente página se exhibe gráficamente la variación de la resistencia a la compresión axial de los prismas modificados respecto al patrón. Así, se demuestra que los mejores resultados son obtenidos con el reemplazo del 9 % de cemento por cerámico reciclado teniendo un aumento de resistencia del 18.18 %, en contraparte, el peor resultado corresponde a la reducción de 18.36 % obtenido por los grupos con 12 % de cerámico reciclado. Por lo tanto, se puede establecer como dosis óptima el reemplazo de 9 %, haciendo énfasis en evitar superar el 10 % de reemplazo del aglomerante.

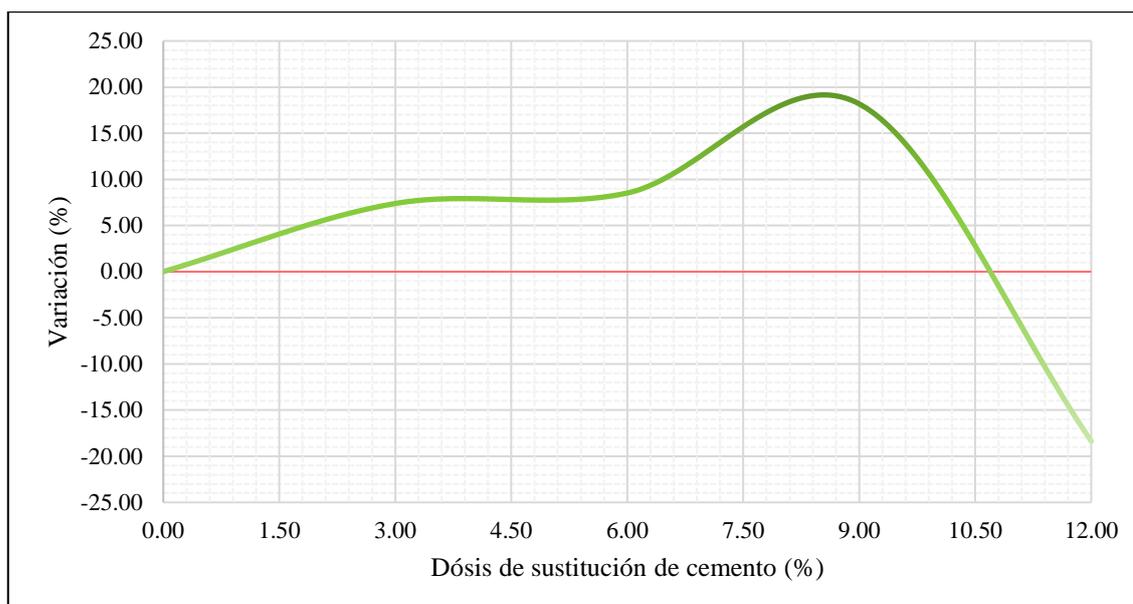


Figura 5.5. Variación de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

5.3.3. Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería

Los resultados del análisis estadístico descriptivo de los datos de resistencia a la compresión diagonal se presentan en la Tabla 5.6, donde se tiene el promedio, desviación estándar y variación respecto al patrón de cada grupo. Siguiendo la misma tendencia que en los otros ensayos, la mejor resistencia es la obtenida por aquella con 9 % de cerámico.

Tabla 5.6. Resultados de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Código de identificación	Resistencia a la compresión diagonal [$v'm$] (kg/cm ²)	Desviación estándar (kg/cm ²)	Variación (%)
MP	8.154	0.11	0.00
M3	8.204	0.34	0.62
M6	8.448	0.34	3.61
M9	8.868	0.11	8.76
M12	7.507	0.34	-7.93

De este modo, en la Figura 5.6 se aprecia la superioridad de la resistencia de los muretes elaborados con el mortero de 9 % de sustitución de cemento por cerámico reciclado, teniendo un valor de 8.868 kg/cm² siendo mayor al valor de los muretes patrón de 8.154 kg/cm² y por supuesto ampliamente mayor a los 8.100 kg/cm² de la resistencia mínima exigida en la norma E.070.

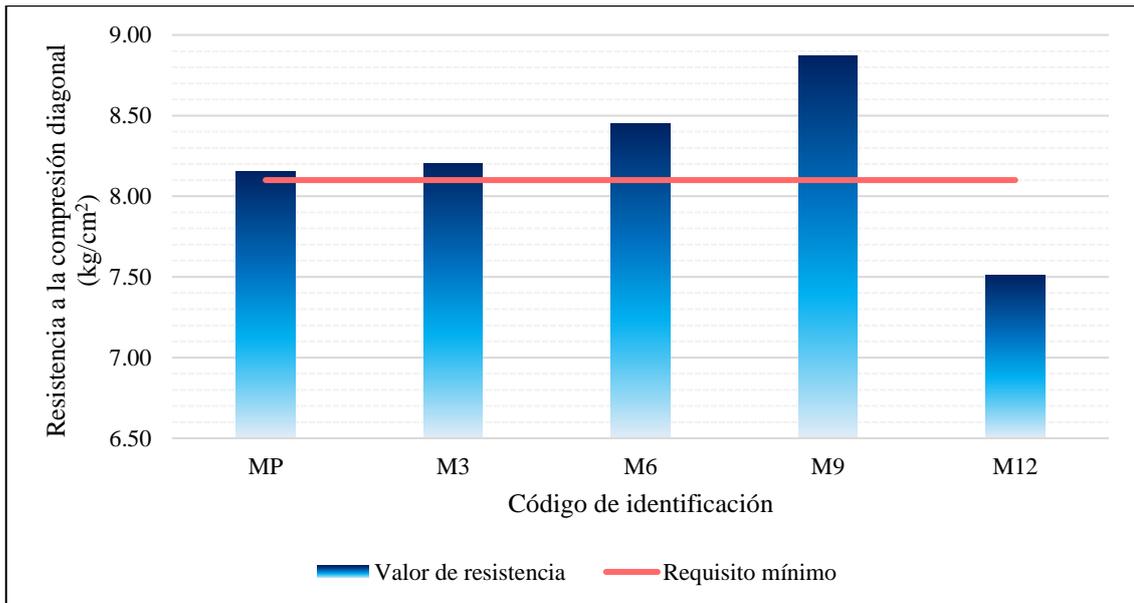


Figura 5.6. Comparación de promedios de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Finalmente, la Figura 5.7 expresa la variación de los promedios de la resistencia diagonal de los muretes de albañilería, señalando como porcentaje óptimo al 9 % de sustitución siendo un 8.76 % superior al patrón, mientras que el peor resultado nuevamente es el del mortero de 12 % de reemplazo siendo un 7.93 % menor al patrón.

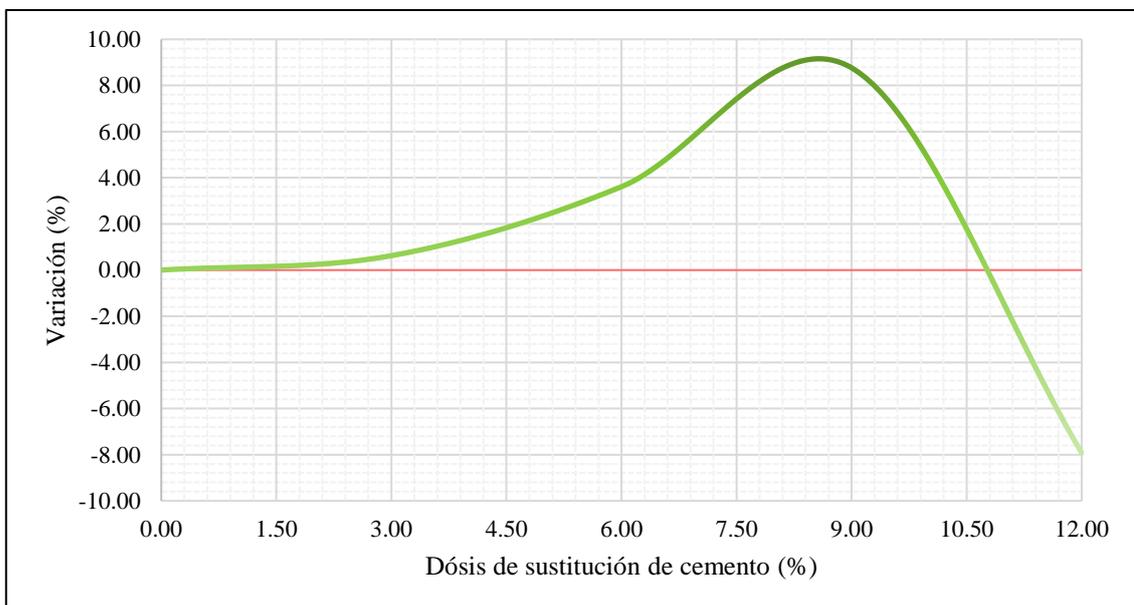


Figura 5.7. Variación de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

5.4. Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico inferencial de los datos consistió en la realización de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk con el objetivo de comprobar el tipo de distribución a la que se ajustan los datos, luego, en función del nivel de significación de cada caso se llevó a cabo la prueba estadística (paramétrica o no paramétrica) para corroborar la significancia de los cambios en los valores de resistencia producidos por la sustitución del cemento por cerámico reciclado en las mezclas de mortero.

5.4.1. Pruebas de normalidad

Iniciando con los datos de la resistencia a la compresión axial de los especímenes de mortero de albañilería, la Tabla 5.7 exhibe los resultados de la prueba de normalidad aplicada. Aquí, se tienen niveles de significancia superiores al 5 % para todos los casos, lo que es un indicativo de que todos estos datos se ajustan a un tipo de distribución normal y deben ser evaluados mediante la aplicación de una prueba paramétrica.

Tabla 5.7. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

Ensayo específico	Grupos	Estadístico	Grados de libertad	Nivel de significación
Resistencia a la compresión axial de mortero de albañilería	TP	0.873	5	0.280
	T3	0.924	5	0.559
	T6	0.947	5	0.719
	T9	0.899	5	0.406
	T12	0.998	5	0.999

Siguiendo la misma tendencia, la Tabla 5.8 presenta que los niveles de significancia respecto a la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería son superiores al 5 % traduciéndose en que los datos de estos ensayos se ajustan a una distribución normal, por lo que también se evaluaron por una prueba paramétrica.

Tabla 5.8. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Ensayo específico	Grupos	Estadístico	Grados de libertad	Nivel de significación
Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería	PP	0.917	5	0.510
	P3	0.877	5	0.296
	P6	0.962	5	0.820
	P9	0.905	5	0.437
	P12	0.965	5	0.840

La Tabla 5.9 por su lado, tiene los resultados de la aplicación de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk en la que, al igual que los resultados anteriores, todos los niveles de significancia son mayores al 5 % (0.05), por lo que también fueron evaluados con el uso de una prueba paramétrica.

Tabla 5.9. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Ensayo específico	Grupos	Estadístico	Grados de libertad	Nivel de significación
Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería	MP	0.969	5	0.871
	M3	0.972	5	0.890
	M6	0.830	5	0.138
	M9	0.883	5	0.324
	M12	0.903	5	0.429

5.4.2. Hipótesis específica “a”

Previamente planteadas las hipótesis específicas:

H_{ia} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería.

H_{0a} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado no aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería.

Con base a los resultados de la Tabla 5.7, es que fue realizada la prueba paramétrica ANOVA para la contrastación de la hipótesis específica “a” en función de los resultados alcanzados a nivel de laboratorio de la resistencia a la compresión axial del mortero para albañilería. Los resultados de este análisis se exponen en la Tabla 5.10, destacando que el nivel de significancia es del 0 %, lo que señala la existencia de diferencias significativas entre los grupos.

Tabla 5.10. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

Parámetro	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Valor estadístico de prueba [F]	Nivel de significación
Entre grupos	467.518	4	116.880	10.087	0.000
Dentro de grupos	231.752	20	11.588		
Total	699.270	24			

Es así como, con el propósito de detectar los grupos específicos entre los que se encuentran estas diferencias se adjunta la Tabla 5.11, la cual presenta las comparaciones

múltiples por el método Tukey. Aquí, se ha resaltado la única comparación del grupo patrón cuyo nivel de significancia es menor al 5 % el cual corresponde al grupo con sustitución del cemento en un 9 % por cerámico reciclado, lo que se traduce en la existencia de un aumento significativo de resistencia a la compresión axial al tener además una diferencia de medias negativa.

Tabla 5.11. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Nivel de significación	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
TP	T3	-3.96	2.153	0.380	-10.402	2.482
	T6	-6.26	2.153	0.059	-12.702	0.182
	T9	-9.52*	2.153	0.002	-15.962	-3.078
	T12	2.60	2.153	0.747	-3.842	9.042
T3	TP	3.96	2.153	0.380	-2.482	10.402
	T6	-2.30	2.153	0.820	-8.742	4.142
	T9	-5.56	2.153	0.112	-12.002	0.882
	T12	6.56*	2.153	0.045	0.118	13.002
T6	TP	6.26	2.153	0.059	-0.182	12.702
	T3	2.30	2.153	0.820	-4.142	8.742
	T9	-3.26	2.153	0.566	-9.702	3.182
	T12	8.86*	2.153	0.004	2.418	15.302
T9	TP	9.52*	2.153	0.002	3.078	15.962
	T3	5.56	2.153	0.112	-0.882	12.002
	T6	3.26	2.153	0.566	-3.182	9.702
	T12	12.12*	2.153	0.000	5.678	18.562
T12	TP	-2.60	2.153	0.747	-9.042	3.842
	T3	-6.56*	2.153	0.045	-13.002	-0.118
	T6	-8.86*	2.153	0.004	-15.302	-2.418
	T9	-12.12*	2.153	0.000	-18.562	-5.678

* Existe significancia en la diferencia de medias a un nivel de 0.05

Por último, la Tabla 5.12 contiene los subconjuntos homogéneos respecto a la resistencia a la compresión axial del mortero. Estos resultados comprueban lo expuesto previamente teniendo tres subconjuntos homogéneos lo que indica que los valores de resistencia son significativamente distintos teniendo como valor de sustitución óptimo al 9 % de cerámico, dado que se evidencia de forma clara que la diferencia del promedio en el grupo T9 (subconjunto 3) con el grupo TP (subconjunto 1) es significativa.

Tabla 5.12. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería.

Grupos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T12	5	180.80		
TP	5	183.40	183.40	
T3	5		187.36	187.36
T6	5		189.66	189.66
T9	5			192.92
Significancia		0.747	0.059	0.112

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Habiendo alcanzado estos resultados, se procede a aceptar la hipótesis alterna H_{ia} que dice: El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería. Esto debido a que se comprobó que la adición de cerámico reciclado a cambio de cemento produce aumentos significativos de la resistencia a la compresión axial del mortero tipo P2, especialmente con la dosis óptima de sustitución del 9 %, siendo resultados positivos.

5.4.3. Hipótesis específica “b”

Previamente planteadas las hipótesis específicas:

H_{ib} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería.

H_{0b} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado no mejora la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería.

A continuación, se adjunta la Tabla 5.13 que contiene el resumen de los resultados de la prueba paramétrica aplicada sobre los datos de resistencia a la compresión axial de los 25 prismas de albañilería elaborados. En esa línea, destaca un nivel de significancia del 0 %, lo que indica que hay grupos significativamente diferentes.

Tabla 5.13. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Parámetro	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Valor estadístico de prueba [F]	Nivel de significación
Entre grupos	1558.248	4	389.562	36.120	0.000
Dentro de grupos	215.703	20	10.785		
Total	1773.951	24			

Para hallar los grupos específicos donde se encuentran estas diferencias de resistencia, se presenta la Tabla 5.14 de comparaciones por el método Tukey, donde se resaltó la comparación del grupo de prismas patrón con el grupo de prismas de 9 % de sustitución de cemento por cerámico reciclado, la cual presenta una diferencia de medias negativa y una significancia de apenas 0.1 % lo que señala que el aumento de resistencia a la compresión del grupo modificado con respecto al patrón es significativa.

Tabla 5.14. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Nivel de significación	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
PP	P3	-2.750	2.077	0.680	-8.966	3.465
	P6	-4.388	2.077	0.253	-10.603	1.827
	P9	-10.141*	2.077	0.001	-16.357	-3.926
	P12	13.591*	2.077	0.000	7.375	19.806
P3	PP	2.750	2.077	0.680	-3.465	8.966
	P6	-1.638	2.077	0.931	-7.853	4.578
	P9	-7.391*	2.077	0.015	-13.606	-1.176
	P12	16.341*	2.077	0.000	10.126	22.556
P6	PP	4.388	2.077	0.253	-1.827	10.603
	P3	1.638	2.077	0.931	-4.578	7.853
	P9	-5.753	2.077	0.078	-11.969	0.462
	P12	17.979*	2.077	0.000	11.763	24.194
P9	PP	10.141*	2.077	0.001	3.926	16.357
	P3	7.391*	2.077	0.015	1.176	13.606
	P6	5.753	2.077	0.078	-0.462	11.969
	P12	23.732*	2.077	0.000	17.517	29.947
P12	PP	-13.591*	2.077	0.000	-19.806	-7.375
	P3	-16.341*	2.077	0.000	-22.556	-10.126
	P6	-17.979*	2.077	0.000	-24.194	-11.763
	P9	-23.732*	2.077	0.000	-29.947	-17.517

* Existe significancia en la diferencia de medias a un nivel de 0.05

Estos resultados se sustentan a su vez con lo exhibido en la Tabla 5.15, pues se tienen tres subconjuntos homogéneos que señalan en primera instancia que es sumamente negativa la sustitución del cemento por cerámico reciclado en valores del 12 % o más dado que las reducciones pasan a ser significativas, por otro lado, la dosis óptima es la del 9 % pues el aumento propiciado es significativo, siendo el único distinto al grupo patrón de forma positiva.

Tabla 5.15. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería.

Grupos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
P12	5	66.030		
PP	5		79.621	
P3	5		82.371	
P6	5		84.009	84.009
P9	5			89.762
Significancia		1.000	0.253	0.078

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Contemplados estos resultados, se acepta la hipótesis alterna H_{1b} que menciona: El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería. Dado el aumento significativo en la resistencia a la compresión axial obtenida por el grupo P9 con respecto al grupo PP, lo que es un indicativo además de que la dosis óptima de sustitución es del 9 % para un mortero de relación cemento/arena de 1:4, siendo igual a lo obtenido en la contrastación de la hipótesis específica “a”, algo positivo.

5.4.4. Hipótesis específica “c”

Previamente planteadas las hipótesis específicas:

H_{1c} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.

H_{0c} : El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado no incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.

Ha sido realizada la prueba ANOVA de un factor para los datos obtenidos del ensayo a nivel de laboratorio de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería. En la Tabla 5.16, se presenta un nivel de significancia del 0 % (menor al 5 %) siendo indicador de que existen grupos con diferencias significativas de resistencia.

Tabla 5.16. Resultados de prueba paramétrica ANOVA de un factor para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Parámetro	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Valor estadístico de prueba [F]	Nivel de significación
Entre grupos	4.918	4	1.230	16.667	0.000
Dentro de grupos	1.475	20	0.074		
Total	6.394	24			

Por lo tanto, para poder identificar correctamente los grupos específicos entre los que existen estas diferencias es que se presenta la Tabla 5.17 de comparaciones múltiples por el método Tukey. Nuevamente, fue resaltada la única comparación del grupo patrón que tiene una diferencia significativa, la cual sigue la misma tendencia que los resultados obtenidos previamente, pues con una diferencia de medias negativa y una significancia de apenas 0.4 % el grupo M9 (sustitución del 9 %) presenta una resistencia a la compresión diagonal significativamente mayor que la de los muretes patrón.

Tabla 5.17. Resultados del método Tukey de comparaciones múltiples para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

(I) Grupos	(J) Grupos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Nivel de significación	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
MP	M3	-0.051	0.172	0.998	-0.565	0.463
	M6	-0.295	0.172	0.448	-0.809	0.219
	M9	-0.715*	0.172	0.004	-1.229	-0.201
	M12	0.646*	0.172	0.010	0.132	1.160
M3	MP	0.051	0.172	0.998	-0.463	0.565
	M6	-0.244	0.172	0.622	-0.758	0.270
	M9	-0.664*	0.172	0.008	-1.178	-0.150
	M12	0.697*	0.172	0.005	0.183	1.211
M6	MP	0.295	0.172	0.448	-0.219	0.809
	M3	0.244	0.172	0.622	-0.270	0.758
	M9	-0.420	0.172	0.144	-0.934	0.094
	M12	0.941*	0.172	0.000	0.427	1.455
M9	MP	0.715*	0.172	0.004	0.201	1.229
	M3	0.664*	0.172	0.008	0.150	1.178
	M6	0.420	0.172	0.144	-0.094	0.934
	M12	1.361*	0.172	0.000	0.847	1.875
M12	MP	-0.646*	0.172	0.010	-1.160	-0.132
	M3	-0.697*	0.172	0.005	-1.211	-0.183
	M6	-0.941*	0.172	0.000	-1.455	-0.427
	M9	-1.361*	0.172	0.000	-1.875	-0.847

* Existe significancia en la diferencia de medias a un nivel de 0.05

A manera de comprobación de estos resultados y, en general, de la tendencia seguida en la presente investigación, se presenta la Tabla 5.18 con los subconjuntos homogéneos de la hipótesis específica “c” respecto a la resistencia a la compresión diagonal de los muretes. Aquí se presenta que el pico de resistencia es alcanzado por el grupo M9, mientras que con un aumento de la sustitución del 3 % esta resistencia puede

ser significativamente menor que el patrón. En ese sentido, el valor de sustitución óptimo vuelve a ser del 9 % de cemento por cerámico reciclado.

Tabla 5.18. Subconjuntos homogéneos del método Tukey para la hipótesis específica “c” – Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.

Grupos	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
M12	5	7.507		
MP	5		8.154	
M3	5		8.204	
M6	5		8.448	8.448
M9	5			8.868
Significancia		1.000	0.448	0.144

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Finalmente, teniendo estos resultados es que se procede a aceptar la hipótesis alterna H_{ic} que expresa: El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería. Pues fue comprobado que con la dosis óptima de sustitución del 9 % de cemento por cerámico reciclado en el mortero tipo P2, es obtenido un aumento significativo de la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería, siendo también superiores al requisito de resistencia mínima de la norma E.070 Albañilería, lo que es positivo.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería

Como un parámetro del comportamiento mecánico del mortero, desempeña un papel fundamental en la integridad estructural y la durabilidad de las construcciones de albañilería. Este parámetro representa la capacidad intrínseca del mortero para soportar cargas axiales, contribuyendo directamente a la estabilidad y resistencia global de las estructuras de albañilería. En contextos académicos y prácticos, la evaluación y comprensión de la resistencia a la compresión del mortero revisten importancia significativa, ya que dicha propiedad influye en la selección adecuada de materiales y en la formulación de mezclas propicias para satisfacer las demandas estructurales específicas, según lo establecido en la NTP 399.610. La investigación y análisis de la resistencia a la compresión permite determinar las capacidades portantes de los elementos de albañilería, contribuyendo así a la optimización de diseños y a la mitigación de posibles fallos estructurales (Gallegos y Casabonne, 2005). En última instancia, una resistencia a la compresión apropiada no solo asegura la estabilidad a corto plazo de las construcciones, sino que también contribuye a su longevidad y resistencia ante condiciones ambientales y de carga variadas.

Considerando ello, en el desarrollo de la presente investigación fue realizada la evaluación de la resistencia a la compresión axial de especímenes de mortero a los 28 días de edad. En esa línea, se obtuvieron los promedios de resistencia de cada una de las mezclas con 0.00, 3.00, 6.00, 9.00 y 12.00 % de sustitución de cemento por el cerámico reciclado, es así que descontando la desviación estándar se obtuvieron valores de 178.13,

184.40, 187.54, 190.12 y 177.79 kg/cm² para cada grupo respectivo, es decir que fueron detectados aumentos progresivos a medida que fue incrementando el porcentaje de sustitución del cemento hasta llegar al valor máximo correspondiente al grupo con 9 % de cerámico triturado, para luego descender drásticamente tal como se aprecia en la Figura 5.2. Asimismo, cabe mencionar que en todos los casos los grupos superaron el valor mínimo de resistencia de 175.39 kg/cm² exigido por la Norma Técnica Peruana 399.610 para morteros de conformación de albañilería estructural.

Posterior al análisis estadístico descriptivo, se realizó el análisis estadístico inferencial donde fue confirmada la hipótesis alterna H_{1a} que menciona: El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería. Ya que fue obtenido un valor de significancia menor al 5 % en la prueba paramétrica ANOVA de un factor, así como en la comparación múltiple por el método Tukey de la mezcla patrón y la mezcla de 9 % de reemplazo de cemento por cerámico reciclado mostrando una diferencia de medias igual a -9.52 kg/cm² evidenciada en la Tabla 5.11.

En suma, los resultados del análisis demostraron de forma irrefutable que la sustitución de un 9 % de cemento por cerámico reciclado en la elaboración de mezclas de mortero de albañilería tipo P2 orienta a un incremento significativo en el valor de resistencia a la compresión axial del material. Por lo que, es posible mencionar que esta es la proporción de sustitución óptima.

Al realizar la comparación de resultados con lo obtenido por los antecedentes citados en el marco teórico de la presente tesis, en primera instancia estos contradicen a lo obtenido por Molina y Terán (2019) debido a que exponen reducciones de resistencia por la inclusión del cerámico; no obstante, se presenta gran similitud en lo obtenido por Irigoín (2022) y Balarezo (2021) quienes hallaron aumentos de resistencia con la sustitución de la arena gruesa hasta en dosis del 20 %; asimismo, Arévalo (2022), Catalán et al. (2020) y Viera y Chicaiza (2018) encontraron que para sustituciones del cemento por cerámico reciclado el valor óptimo rondaba el 10 %, siendo la dosis óptima que permitía alcanzar los mejores resultados, siendo incluso significativamente mayores al resultados de los morteros convencionales. Relacionando estos resultados a la acción puzolánica que tiene el cerámico reciclado en el mortero de albañilería.

6.2. Resistencia a la compresión axial de prisma de albañilería

Esta propiedad mecánica en la evaluación del comportamiento de los elementos de albañilería ante cargas de gravedad constituye un aspecto de alta importancia en la determinación de la capacidad portante y la integridad estructural de edificaciones constituidas mediante un sistema de albañilería. Este parámetro, expresado en términos de la carga máxima que un prisma de albañilería puede soportar por unidad de área bajo compresión axial, se erige como un indicador esencial en el diseño y construcción de albañilería respecto a la formulación de mezclas de mortero y la disposición adecuada de los elementos de albañilería siguiendo así, los requerimientos expresados en la norma E.070 de Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones. La investigación y medición precisa de la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería permiten establecer límites de carga seguros, garantizando la capacidad de resistir esfuerzos compresivos durante la vida útil de una estructura, esto se presenta en la Tabla 2.7. En el ámbito académico, la comprensión profunda de este parámetro se traduce en mejoras continuas en las metodologías constructivas y en la promoción de prácticas que aseguren la estabilidad y confiabilidad de las edificaciones de albañilería en diversas condiciones de servicio (Gallegos y Casabonne, 2005). En consecuencia, la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería emerge como un componente central en la ingeniería estructural, donde su evaluación sistemática contribuye significativamente a la seguridad y rendimiento a largo plazo de las estructuras construidas con este método tradicional de tan alta popularidad en el Perú.

Al igual que con la resistencia a la compresión axial del mortero, para esta propiedad de la albañilería se consideraron mezclas de mortero del tipo P2 con una relación cemento/arena de 1 a 4 de sustituciones del cemento por cerámico triturado de 0.0, 3.0, 6.0, 9.0 y 12.0 %, los cuales sirvieron para la adhesión de tres ladrillos King Kong industriales. Es así como, para cada uno de los grupos fueron obtenidos promedios (descontando la desviación estándar tal como exige la norma E.070) de resistencia a la compresión a los 28 días igual a 75.066, 80.612, 81.461, 88.712 y 61.286 kg/cm² respectivamente estando presentados también en la Tabla 5.5. De estos resultados, es necesario destacar que siguen una tendencia similar a lo hallado con los especímenes de mortero, dado que existe un aumento de resistencia a medida que se sustituyen mayores porcentajes de cemento hasta llegar al 9 %, el cual es el pico de resistencia, además de

que al superar esta dosis se exhibe una reducción abrupta de la capacidad mecánica de las pilas de albañilería, siendo inferiores incluso al límite inferior de 65 kg/cm^2 .

Seguidamente, se realizó el análisis estadístico inferencial sobre los datos de la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería mediante la aplicación de la prueba paramétrica ANOVA y el método Tukey, teniendo la Tabla 5.14 donde se resalta la comparación del grupo de prismas patrón (PP) con los prismas elaborados con mortero de sustitución del cemento al 9 % por cerámico (P9), pues es el único que con una diferencia de medias negativa de 10.141 kg/cm^2 presenta también un nivel de significancia de 0.1 %, esto se traduce en que el único aumento significativo de la resistencia a la compresión axial de los prismas ocurre con la dosis del 9 %.

En resumen, estos resultados demuestran que la dosis óptima de sustitución de cemento por cerámico reciclado pasante de la malla N° 200 en una mezcla de mortero del tipo P2 es del 9 %, en añadidura, se hace énfasis respecto a que deben evitarse sustituciones mayores en la cantidad de cemento puesto que orientan a pérdidas significativas en sus capacidades tanto de resistencia como de adherencia.

Respecto a la comparación de resultados, es preciso mencionar de que a pesar de que en investigaciones recientes no son realizados los ensayos a los prismas de albañilería, la dosis óptima de sustitución del cemento por cerámico reciclado del 9 % en la elaboración de morteros corrobora los resultados obtenidos por autores como Arévalo (2022) y Viera y Chicaiza (2018), quienes llegan a señalar que el pico de resistencia del mortero es alcanzado en una dosis de sustitución alrededor del 10 %.

6.3. Resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería

Constituyendo un parámetro indispensable del comportamiento mecánico de la albañilería al realizarse sobre un elemento representativo de un muro portante, representa una dimensión importante en la evaluación de la estabilidad y seguridad estructural de construcciones levantadas mediante el empleo del sistema de albañilería. Este parámetro, intrínsecamente ligado a la capacidad del murete para resistir cargas como las producidas durante movimientos sísmicos, desempeña un rol esencial en la prevención de posibles fallas por esfuerzos cortantes permitiendo discernir la capacidad de la albañilería para resistir fuerzas aplicadas en una dirección no alineada con su eje principal (no axial). Desde un enfoque académico, comprender este aspecto de la resistencia de los muretes

de albañilería impulsa avances en el diseño y la construcción, facilitando el desarrollo de estrategias que fortalezcan la respuesta de las estructuras frente a fuerzas diagonales (Gallegos y Casabonne, 2005). En última instancia, este parámetro emerge como un componente esencial en el estudio de la albañilería tal como establece la norma E.070 Albañilería en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

La presente tesis presenta en la Tabla 5.6 los valores de resistencia a la compresión de los cinco grupos de muretes evaluados respecto a su resistencia a la compresión diagonal a los 28 días de edad. De esta manera, para los muretes elaborados con ladrillo King Kong industrial asentados sobre mortero del tipo P2 con el reemplazo del cemento en proporciones que van del 0.00 % al 12.00 % en intervalos de 3.00 %, se hallaron valores de 8.154, 8.204, 8.448, 8.868 y 7.507 kg/cm² para cada grupo respectivo. Es así como el grupo M9 (9 % de reemplazo) es aquel que presenta el mayor valor de resistencia al corte, sumado a ello, cabe destacar que el grupo patrón (MP) apenas pudo superar el requerimiento normativo de 8.100 kg/cm², mientras que el grupo de la mayor sustitución (M12) se encontró muy por debajo de esta marca lo que hace que el reemplazo del 12 % del cemento por cerámico reciclado en la conformación de morteros sea no apta.

Con el propósito de establecer si es que estos cambios son significativos y contrastar de la hipótesis específica “c”, fue realizada el análisis inferencial mediante la prueba paramétrica ANOVA en conjunto con el método Tukey de comparación de grupos, llegando a los resultados mostrados en la Tabla 5.17 donde se encuentra nuevamente resaltada la comparación entre el grupo patrón y el grupo de 9 % de sustitución, teniendo en este caso una diferencia de medias negativa de 0.715 kg/cm² y un nivel de significación de 0.4 %. En contraparte, es sumamente necesario hacer hincapié en que no deben ser superados los porcentajes de sustitución del 10 %, pues la prueba paramétrica demostró que las reducciones en la resistencia al corte del grupo M12 (reemplazo del 12 %) también son significativas, algo que debe evitarse.

En general, estos resultados denotan un incremento significativo de la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería al usar un mortero con el reemplazo del 9 % de cemento por cerámico reciclado, siendo esta la proporción de sustitución óptima.

Finalmente, al visualizar estos resultados y buscar comparaciones con lo hallado por las investigaciones que sirvieron de base para la elaboración de esta tesis, se aprecia

que en la mayoría de estos señalan que la inclusión de cerámico reciclado en reemplazo de algún componente del mortero hasta en dosis del 10 % permite alcanzar los mejores resultados posibles en comparaciones con las mezclas estándar, asimismo, se hace especial énfasis en lo obtenido por Irigoín (2022), quien demostró que la inclusión del cerámico propicia incrementos significativos de las capacidades mecánicas de la albañilería incluyendo a los muretes, lo que atribuye a la capacidad de actuar como un compuesto puzolánico al material en polvo proveniente de la trituración.

CONCLUSIONES

1. Tras evaluar el efecto que tiene el reemplazo del cemento por cerámico reciclado pasante de la malla N° 200 en proporciones del 0.00, 3.00, 6.00, 9.00 y 12.00 % sobre las propiedades mecánicas del mortero tipo P2 elaborado con una relación cemento/arena de 1 a 4. Se concluye que la dosis óptima de sustitución es del 9.00 % de cemento por cerámico triturado, pues en todos los casos permitió la obtención de aumentos significativos de resistencia a la compresión respecto a los grupos elaborados con mortero convencional, sumado a ello, se supera con creces cada una de las resistencias requeridas tanto por la Norma Técnica Peruana 399.610 y la E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones.
2. Al haber determinado como se modifica la resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería debido al reemplazo del cemento por cerámico reciclado. Puede concluirse que la dosis de reemplazo óptima es del 9 %, pues propicia aumentos significativos en la resistencia a la compresión axial del mortero, pasando de presentar un promedio de 178.13 kg/cm² a 190.12 kg/cm², siendo mayor también que el requisito de la NTP 399.610 de 175.39 kg/cm² clasificándose como un mortero del tipo “M”, siendo apto para aplicaciones estructurales de albañilería. Asimismo, se acepta la hipótesis alterna H_{ia} al haber encontrado un aumento significativo de la resistencia comprobado a través de la prueba paramétrica ANOVA y el método Tukey de comparación de grupos con un nivel de significación de 0.2 %.
3. Habiendo establecido la manera en la que varía la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería debido a la sustitución del cemento por cerámico reciclado. Se concluye que la resistencia de los prismas de albañilería mejora significativamente al estar conformados por morteros con la dosis óptima de sustitución del 9 %, pues pasa de tener un valor promedio de 75.066 kg/cm² en el grupo de prismas patrón a 88.712 kg/cm² en el grupo de prismas del mortero con la dosis óptima, siendo, mayores a los 65.000 kg/cm² exigidos por la norma E.070 para la aceptación de los elementos de albañilería a usarse en la conformación de estructuras. Sumado a ello, se acepta la hipótesis alterna H_{ib} dado que este aumento es significativo a un nivel del 5 % como ha sido comprobado mediante la aplicación de la prueba paramétrica ANOVA de un factor.

4. Tras determinar cómo es modificada la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería. Se concluye que la resistencia al corte de los muretes es modificada positivamente, especialmente con el mortero de la dosis óptima de reemplazo del 9 %, dado a que alcanzó un valor de resistencia de 8.868 kg/cm^2 en comparación de los 8.154 kg/cm^2 del grupo de muretes con mortero convencional, y también ampliamente superior a la resistencia mínima de 8.100 kg/cm^2 especificada por la norma E.070 para muretes que representan elementos de albañilería elaborados con ladrillo King Kong industrial. Adicionalmente, estos resultados permiten aceptar la hipótesis alterna H_{ic} en vista de que la prueba paramétrica ANOVA muestra un nivel de significancia de 0.4 % en la comparación de los resultados de resistencia a la compresión diagonal mediante el método Tukey del grupo de muretes patrón con el grupo de muretes con mortero de 9 % de sustitución.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda reemplazar el cemento por cerámico reciclado en polvo pasante de la malla N° 200 en una proporción del 9 % en la elaboración de morteros de albañilería del tipo P2, pues se demostró su gran capacidad de mejorar las características mecánicas de los elementos de albañilería con responsabilidad estructural. Asimismo, se recomienda evitar reemplazar el cemento en valores mayores al 10 %, pues se ha comprobado que esto ocasiona reducciones significativas en las propiedades mecánicas de la albañilería.
2. Para futuras investigaciones, se recomienda analizar el impacto que tiene el reemplazo del cemento por cerámico reciclado en la conformación de mortero de mayores responsabilidades tales como los P1 de relaciones cemento/arena 1 a 3. Además, se recomienda realizar investigaciones acerca de la compatibilidad del cerámico reciclado con aditivos químicos en la creación de morteros especiales, especialmente por las propiedades puzolánicas que ciertos autores destacan de este insumo.
3. Considerando los resultados obtenidos tanto en esta investigación como en los antecedentes consultados, se recomienda iniciar con el mejoramiento de los procesos de triturado, así como la capacitación de personal de obra en el uso del cerámico reciclado para la elaboración de mezclas de mortero de albañilería.
4. Finalmente, se recomienda que investigar más de cerca la proporción de sustitución ideal en la conformación de morteros de albañilería que pudiera estar entre el 3.0 y 10.0 % de reemplazo del cemento por cerámico en polvo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÉVALO, C., 2022. *Caracterización de mortero ecológico empleando residuos sólidos de construcción* [en línea]. S.I.: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19504>.
- BALAREZO, M., 2021. *Evaluación de las propiedades del mortero de asentado elaborado con porcelanato reciclado, Lambayeque - 2020* [en línea]. S.I.: Universidad de Chiclayo. Disponible en: <http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/1049>.
- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. Tercera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- BORJA, M., 2016. *Metodología de la investigación científica para ingenieros* [en línea]. 2016. Chiclayo: s.n. Disponible en: https://www.academia.edu/33692697/Metodología_de_Investigación_Científica_para_ingeniería_Civil.
- CATALÁN, T., ESTER, A., ROIG, P., BALAGUER, F. y CERDÀ, R., 2020. Valorización de residuos cerámicos mediante su uso como puzolana en morteros de cemento Portland. *Qualicer*, vol. 83, no. 1, pp. 1-10.
- CCANTO, G., 2010. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil* [en línea]. Primera Ed. Huancayo: Gerccantom. ISBN 0260-89-330-0. Disponible en: gerccantom@yahoo.es.
- ESPINOZA, A. y PIPA, J., 2021. *Residuos de cerámica como sustitución porcentual del agregado para mejorar las propiedades mecánicas del concreto* [en línea]. S.I.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4718>.
- GALLEGOS, H. y CASABONNE, C., 2005. *Albañilería estructural* [en línea]. Tercera Ed. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. ISBN 9972-42-754-4. Disponible en: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/181453>.

- HEREDIA, C., 2019. *Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$; incorporando cerámico en 3 % y 5 % en reemplazo del agregado grueso* [en línea]. S.l.: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/22271>.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMES, A. y MORENO, L., 2018. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera Ed. Alicante: 3 Ciencias. ISBN 9788494825705. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-chaco-austral/derecho-constitucional/3-c1-hernandez-escobar-y-otros-2018-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-edit-area-de-innovacion-y-desarrollo/13898258>.
- HERNÁNDEZ, E. y SARAVIA, F., 2018. *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con cerámicos reciclados como sustituto del agregado grueso* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15547>.
- INACAL, 2024. Normas Técnicas Peruanas. *Instituto Nacional de Calidad* [en línea]. [Consulta: 8 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- INEI, 2014. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2013. *Instituto Nacional de Estadística e Informática* [en línea], pp. 1-639. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/Libro.pdf.
- INEI, 2018. *Resultados definitivos* [en línea]. 2018. Lima - Perú: s.n. ISBN 9789892501857. Disponible en: http://www.inr.pt/uploads/docs/recursos/2013/20Censos2011_res_definitivos.pdf.
- INEI, 2022. *Informe técnico: Producción Nacional Mayo 2022* [en línea]. 2022. Lima - Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/produccion-nacional/1/#lista>.
- IRIGOÍN, R., 2022. *Evaluación del mortero de albañilería reemplazando parcialmente arena por residuos de ladrillos del caserío El Frutillo, Bambamarca, 2019* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de Chota. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14142/298>.

- KOSMATKA, S., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J., 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto* [en línea]. Primera. S.l.: Portland Cement Association. ISBN 0893122335. Disponible en: https://issuu.com/gustavochochongalcivar/docs/dise_o_y_control_de_mezclas_de_con.
- MOLINA, B. y TERÁN, J., 2019. *Análisis del fraguado y de la resistencia a la compresión de pastas de cemento sustituidas parcialmente por polvo cerámico* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18190>.
- MONTENEGRO, J., 2019. *Evaluación de residuos cerámicos y arcillas expandidas como agregados ligeros para curado interno del concreto* [en línea]. S.l.: Escuela Colombiana de Ingeniería. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1025>.
- MVCS, 2020. *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* [en línea]. 2020. S.l.: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>.
- PALELLA, S. y MARTINS, F., 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa* [en línea]. Tercera. Caracas: FEDUPEL. ISBN 980-273-445-4. Disponible en: <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigac3b>.
- PIRÁMIDE, 2022. *Ficha técnica de ladrillo King Kong 18 huecos* [en línea]. 2022. Lima - Perú: s.n. Disponible en: <https://www.ladrillospiramide.com/producto/ladrillo-king-kong-18/>.
- SHANMUGAM, D., CHINNASAMY, K., KUMAR, K.N.S., ELANGO VAN, S. y RAJ, J.P., 2020. “Eco-Efficient” Concrete incorporating Ceramic Waste powder and Red brick dust as an effective replacement for Ordinary Portland Cement and Fine aggregate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 955, no. 1, pp. 012041. ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899X/955/1/012041. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/955/1/012041>.
- TAPIA, C., 2021. *Evaluación del concreto adicionando residuos de cerámica y*

- porcelanato* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de Chota. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14142/176>.
- UNACEM, 2021. *Cemento Andino Premium* [en línea]. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://www.cementoandino.com.pe/cementos/cemento-premium>.
- VIERA, P. y CHICAIZA, C., 2018. Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros. *Ciencia* [en línea], vol. 20, no. 1, pp. 34. ISSN 1390-1117. DOI 10.24133/ciencia.v20i1.554. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/554>.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Tesis: “Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas en morteros para albañilería?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cómo el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería? b) ¿De qué manera el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado varía la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería? c) ¿Cómo el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el efecto del reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado en las propiedades mecánicas de morteros para albañilería.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar como el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería. b) Establecer la manera en que el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado varía la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería. c) Determinar como el reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado modifica la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.</p>	<p>Hipótesis general: El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora las propiedades mecánicas de morteros de albañilería.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado aumenta la resistencia a la compresión axial de los morteros de albañilería. b) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado mejora la resistencia a la compresión axial de los prismas de albañilería. c) El reemplazo parcial del cemento por cerámico reciclado incrementa la resistencia a la compresión diagonal de los muretes de albañilería.</p>	<p>Variable independiente (X): Cerámico reciclado</p> <p>Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería</p>	<p>- Cantidad de cerámico reciclado.</p> <p>- Compresión axial del mortero de albañilería.</p> <p>- Compresión axial de prisma de albañilería.</p> <p>- Compresión diagonal de murete de albañilería.</p>	<p>- Sustitución de cemento.</p> <p>- Carga</p> <p>- Área transversal</p> <p>- Carga</p> <p>- Área transversal</p> <p>- Carga</p> <p>- Área bruta</p>	<p>Método de investigación: Científico, hipotético-deductivo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativa.</p> <p>Diseño de investigación: Experimental.</p> <p>Población: Mortero de albañilería tipo P2 elaborado con una relación de cemento/arena de 1:4 sin y con sustitución parcial del cemento por cerámico reciclado.</p> <p>Muestra: Consistió en 75 especímenes de mortero de albañilería determinados con un tipo de muestreo no probabilístico intencional.</p>

Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual de las variables	Definición operacional de las variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad
Variable independiente (X): Cerámico reciclado	Contempla todo material cerámico triturado hasta convertirse en polvo pasante de la malla del tamiz estandarizado N° 200, que proviene de todos aquellos retazos de mayólica y porcelanato que fueron producidos en las actividades de carga y transporte que ya no son aptos para comercializarse (Viera y Chicaiza, 2018).	En el desarrollo de la presente tesis el cerámico reciclado estuvo constituido por todo el material reciclado a partir de la trituración de retazos de materiales sin usar que no son aptos para su comercialización, pasantes de la malla N° 200, siendo usado para la fabricación de mortero en sustitución parcial del cemento.	Cantidad de cerámico reciclado	Sustitución del 0 % de cemento	%
				Sustitución del 3 % de cemento	%
				Sustitución del 6 % de cemento	%
				Sustitución del 9 % de cemento	%
				Sustitución del 12 % de cemento	%
Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería	Comprende aquellas propiedades relacionada con la capacidad que tiene el mortero para albañilería para soportar y oponerse ante cargas o esfuerzos en especímenes de mortero y albañilería (prismas y muretes) evaluado preferentemente a los 28 días de edad (Shanmugam et al., 2020).	En la presente tesis de investigación consisten en las tres principales resistencias a compresión en consideración de las exigencias presentadas en la norma E.070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, y las Normas Técnicas Peruanas 334.051, 399.605, 399.610 y 399.621. Siendo la resistencia a la compresión axial del mortero de albañilería, la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería y la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería.	Compresión axial del mortero de albañilería	Carga	kg
				Área transversal	cm ²
			Compresión axial de prisma de albañilería	Carga	kg
				Área transversal	cm ²
			Compresión diagonal de murete de albañilería	Carga	kg
				Área bruta	cm ²

Anexo N° 03: matriz de operacionalización del instrumento

Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad	Modos/técnicas	Instrumento	Equipos/herramientas
Variable independiente (X): Cerámico reciclado	Cantidad de cerámico reciclado	Sustitución del 0 % de cemento	%	Trabajo en laboratorio	Ficha de recolección	Balanza
		Sustitución del 3 % de cemento	%	Trabajo en laboratorio	Ficha de recolección	Balanza
		Sustitución del 6 % de cemento	%	Trabajo en laboratorio	Ficha de recolección	Balanza
		Sustitución del 9 % de cemento	%	Trabajo en laboratorio	Ficha de recolección	Balanza
		Sustitución del 12 % de cemento	%	Trabajo en laboratorio	Ficha de recolección	Balanza
Variable dependiente (Y): Propiedades mecánicas del mortero para albañilería	Compresión axial del mortero de albañilería	Carga	kg	Observación estructurada	Ficha de recolección	Prensa automática de ensayos de compresión para rotura
		Área transversal	cm ²	Observación estructurada	Ficha de recolección	Flexómetro
	Compresión axial de prisma de albañilería	Carga	kg	Observación estructurada	Ficha de recolección	Prensa automática de ensayos de compresión para rotura
		Área transversal	cm ²	Observación estructurada	Ficha de recolección	Flexómetro
	Compresión diagonal de murete de albañilería	Carga	kg	Observación estructurada	Ficha de recolección	Prensa automática de ensayos de compresión para rotura
		Área bruta	cm ²	Observación estructurada	Ficha de recolección	Flexómetro

Anexo N° 04: fichas de recolección de datos

Anexo N° 05: validación de instrumentos por juicio de expertos



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón		
Fecha	01/08/2023	E.A.P.	Ingeniería Civil
Validador	Ing. Rafael Ventura Cepeda		
Cargo e institución de labores	Catedrático en la Facultad de Ingeniería - UNCP		
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería		
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería		
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.		

Criterios de validación del instrumento

Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a

Condición	Puntaje	Característica
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.
Regular (R)	1	Entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.
Buena (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.

Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Buena (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
Total					

Coeficiente de validez		Firma y sello del validador
$(D+R+B)/20 =$	$\frac{19}{20} = 95\%$	



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón				
Fecha	01/08/2023	E.A.P.	Ingeniería Civil		
Validador	Ing. Rafael Ventura Cepeda				
Cargo e institución de labores	Catedrático de la Facultad Ing. Civil - UNCP				
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería				
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería				
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.				
Criterios de validación del instrumento					
Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a					
Condición	Puntaje	Característica			
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.			
Regular (R)	1	Entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Bueno (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Bueno (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.		X		
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
Total					
Coefficiente de validez			Firma y sello del validador		
$(D+R+B)/20 =$					
$\frac{19}{20} = 95\%$					



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ylalo Antonio Campián Calderón				
Fecha	04/08/2022	E.A.P.	Ingeniería Civil		
Validador	<i>Dr. Thalena Isabel Tejeda Burgos</i>				
Cargo e institución de labores	<i>Docente de ATHEENEA SAC</i>				
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería				
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería				
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.				
Criterios de validación del instrumento					
Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a					
Condición	Puntaje	Característica			
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.			
Regular (R)	1	Entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Bueno (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Bueno (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.		X		
Total					
Coefficiente de validez			Firma y sello del validador		
$(D+R+B)/20 =$		$\frac{19}{20} = 95\%$			



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón				
Fecha	01/08/2023	E.A.P.	Ingeniería Civil		
Validador	<i>Mg. Thaliona Isabel Tejeda Burgos</i>				
Cargo e Institución de labores	CEO de AIINGENIERA S/C				
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería				
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería				
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.				
Criterios de validación del instrumento					
Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a					
Condición	Puntaje	Característica			
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.			
Regular (R)	1	Entre 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Buena (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.			
Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Buena (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.		X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.			X	
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
Total					
Coefficiente de validez		Firma y sello del validador			
$(D+R+B)/20 = \frac{19}{20} = 95\%$					



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón		
Fecha	01/08/23	E.A.P.	Ingeniería Civil
Validador	Iny. Helder Huairo Damión		
Cargo e institución de labores	Jefe de estructuras del laboratorio Silver Geo SAC		
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería		
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería		
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.		

Criterios de validación del instrumento

Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a

Condición	Puntaje	Característica
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.
Regular (R)	1	Entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.
Bueno (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.

Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Bueno (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.		X		
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
Total					

Coeficiente de validez		Firma y sello del validador
$(D+R+B)/20 =$	$\frac{18}{20} = 90\%$	



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Formato de validación de criterios de expertos

Autor del instrumento	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón		
Fecha	01/08/23	E.A.P.	Ingeniería Civil
Validador	Ing. Helder Hualpa Damiani		
Cargo e institución de labores	Jefe de estructuras del laboratorio Sauer 600 S.A.C.		
Instrumento a validar	Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería		
Objetivo del instrumento	Determinar la resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería		
Nombre de la investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.		

Criterios de validación del instrumento

Examinar cada ítem del instrumento de recolección de datos y marcar con una equis (X) según corresponda a cada uno de los indicadores para la asignación de puntajes en función de los criterios expuestos a

Condición	Puntaje	Característica
Deficiente (D)	0	Menos del 30 % de los ítems cumplen el indicador.
Regular (R)	1	Entre el 31 % y 70 % de los ítems cumplen el indicador.
Buena (B)	2	Más del 70 % de los ítems cumplen el indicador.

Criterio	Indicador	Deficiente (D)	Regular (R)	Buena (B)	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.			X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.			X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.			X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.			X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X	
Oportunidad	El instrumento se aplica en un momento adecuado.		X		
Estructura	El instrumento cuenta con instrucciones y opciones de respuesta bien definidas.			X	
Total					

Coefficiente de validez		Firma y sello del validador
$(D+R+B)/20 =$	$\frac{14}{20} = 95\%$	

Anexo N° 06: certificados de ensayos realizados en laboratorio



Av. Angel Hernandez Torres N° 2859 Int. 100 Urb. 27da Linea
 P.O. Box N° 121702 Lima, Huancayo
 Telf: 44424489 / 41010124
 Correo: silvergeotec@pernet.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA RUCIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13-08-23	14-08-23	Carrera	SG. N°1702023

SOLICITANTE: CAMPIÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO

TEMA: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECICLADO"

UBICACIÓN DEL PROYECTO: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.
 DISTRITO: CHILCA
 PROVINCIA: HUANCAYO
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:
 - Requisitos de unidades de obra para mortero según NTP 400.037
 - Análisis granulométrico de agregados según NTP 400.012
 - Humedad evaporable según NTP 339.185

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
 Modalidad: Muestreado por el cliente Profundidad: Superficial Altitud (Cm): 1000 m.s.n.m.
 Muestra: Agregado Fino Lugar de Muestreo: Carrera (no Muestreo) Coordenadas UTM: E 0 N 0
 Método de Muestreo: Muestreo desde el almacenamiento o unidades de transporte según ASTM C136-05

Análisis Granulométrico agregado fino NTP 400.012

Tamices ASTM E11	Apertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 8	2.36 mm	22.00 g	2.3%	2.3%	97.7%
N° 16	1.18 mm	91.00 g	9.5%	11.8%	88.2%
N° 30	0.60 mm	215.00 g	22.4%	34.1%	65.9%
N° 50	0.30 mm	398.00 g	41.4%	75.5%	24.5%
N° 100	0.15 mm	194.00 g	19.1%	94.7%	5.3%
N° 200	0.07 mm	31.00 g	3.2%	100.0%	0.0%
FONDO		0.00 g	0.0%	100.0%	0.0%
		961.00 g		100.0%	100%

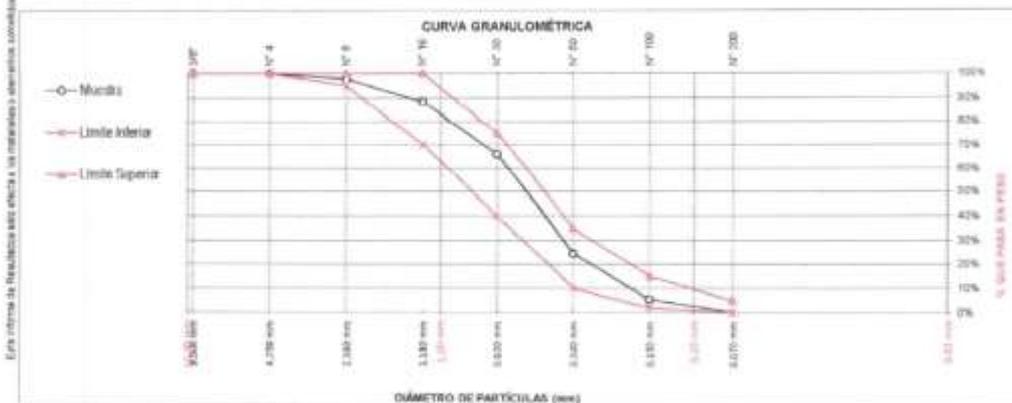
Humedad evaporable según NTP 339.185

Variable	No		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	-	-	9.00
(A) Peso de Tara Vacia	M ₁	(g)	266.00
(B) Peso de Tara & Suelo Húmedo	M ₂	(g)	1247.00
(C) Peso de Tara & Suelo Seco	M ₃	(g)	1220.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M ₄	(g)	181.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M ₅	(g)	127.00
(F) Contenido Humedad (100 * E/D)	w	(%)	7.02%

Según ASTM C138 el resultado de humedad corresponde al valor de: **7.14%**

Límites Granulométricos agregado fino NTP 339.007

Ítem	Tamaño máximo nominal		Porcentaje que pasa
	Medida en, mm	Medida en, pulg.	
1	4.75 mm	[N° 4]	100
2	2.36 mm	[N° 8]	95 a 100
3	1.18 mm	[N° 16]	70 a 100
4	600 µm	[N° 30]	40 a 75
5	300 µm	[N° 50]	10 a 35
6	150 µm	[N° 100]	2 a 15
7	75 µm	[N° 200]	0 a 5



OBSERVACIONES:

Realizado: Ing. Eduardo D. C.
 Revisado: Ing. Johnny R. C.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOP, con Resolución N° 004566-2016-DO/DI

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Civil
 Laboratorio de Suelos, Cimentación y Pavimentos

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
 C.I.P. N° 20412
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC: 25601981524
 [Pág. 01]



Av. Angat Huancaico Guaya 17 2001 H. 100-00, E.M. L. H. No. 10015 CHICLA HUANCAYO
 Telef. 042424444 / 042424444
 Correo: info@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-08-23	14-08-23	Cemento	SG- N°17020023

SOLICITANTE	TEMA
CAMPIÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECYCLADO"

UBICACIÓN DEL PROYECTO	ENSAYOS REALIZADOS
UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO : CHICLA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	- Análisis granulométrico de agregados según NTP 400.012

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD	Modalidad : Muestreado por el cuarteo Profundidad : Superficial Altura (Cota) : --- m s.n.m. Muestra : Cerámico reciclado Lugar de Muestreo : --- Coordenadas UTM : E3 N10 Método de Muestreo : Muestras de cada el submuestreo a unidades de manipulación según ASTM C136-05
-------------------------------------	---

Análisis Granulométrico agregado fino NTP 400.012

Tarroses ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 8	2.36 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 16	1.18 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 30	0.60 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 50	0.30 mm	0.00 g	0.0%	0.0%	100.0%
N° 100	0.15 mm	86.00 g	8.3%	8.3%	91.7%
N° 200	0.075 mm	101.00 g	10.0%	18.3%	81.7%
FONDO		822.00 g	81.9%	100.0%	0.0%
		1000.00 g		100.0%	100%

Humedad evaporable según NTP 339.185

Variable	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	---
(A) Peso de Tarro vacío	M _c	(g)	---
(B) Peso de Tarro & Suelo Húmedo	M _{húmedo}	(g)	---
(C) Peso de Tarro & Suelo Seco	M _{seco}	(g)	---
(D) Peso de Suelo Seco (D-A)	M _s	(g)	---
(E) Peso de Agua (B-C)	M _a	(g)	---
(F) Contenido Humedad (100* E/D)	w	(%)	---
Según ASTM C136 el resultado de flexa corresponde al valor de			
			0.000

Límites Granulométricos agregado fino NTP 339.607

Ítem	Tamaño máximo nominal		Porcentaje que pasa
	Medida en mm	Medida en pulg.	
1	4.75 mm	[N° 4]	100
2	2.36 mm	[N° 8]	85 a 100
3	1.18 mm	[N° 16]	70 a 100
4	600 µm	[N° 30]	40 a 75
5	300 µm	[N° 50]	10 a 35
6	150 µm	[N° 100]	2 a 15
7	75 µm	[N° 200]	0 a 5



OBSERVACIONES:

Realizado: Ing. Giovanni B. C.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Soils, Concrete & Pavement

Ing. César Juárez A. BAYMUNDO OLIVERA
 C.I. N° 204162
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PLC 2050168524
 [Pág. 02]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004086-2018/080



J. Ángel Fernández Gómez N. 20714 - 28426 - 100 Lima
 Pisco Sur N. 10192 - 28426 - 100 Lima
 Telf: (0422) 7188440 / 7188441 / 7188442
 www.silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA FINAL DE ENSAYO	FECHA EMISIÓN INFORME	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE MUESTRAS
12-09-2023	12-09-2023	CM-01	50 N°1760003

SOLICITANTE: CAMPAÑA CALDERÓN YTALO ANTONIO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO REICLADO

UBICACIÓN DEL PROYECTO: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C

UBICACIÓN: CHILCA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS: ASTM C109/C109M-15 Especificación y prueba / espesímetro concreto (Laboratorio)
 ASTM C267/C267M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto
 Método C267.1C-12.11M-12 Utilización de calibrador con atmósferas de nitrógeno

TITULO DE MUESTRA O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de concreto de 100 mm Ø x 200 mm de longitud a los 28 días
 Modalidad: Muestras sueltas, moldeadas y curadas en Laboratorio
 Método de Muestreo: ASTM C109/C109M-15 Pruebas normalizadas para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo	Diámetro Probado	Área Sección	Carga Máxima	Esfuerzo de Compresión (Mpa)	Esfuerzo de Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Estructura, ubicación y Resistencia de Diseño
1	CM-01_01	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	186.71 kN	186768	186.0	Tipo 5a	Patón
2	CM-01_02	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	215.72 kN	215719	175.4	Tipo 5a	Patón
3	CM-01_03	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	231.07 kN	231072	190.0	Tipo 3	Patón
4	CM-01_04	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	206.66 kN	206664	178.3	Tipo 5a	Patón
5	CM-01_05	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	216.64 kN	216636	181.3	Tipo 2a	Patón
							213.66 kN	213660	175.2		

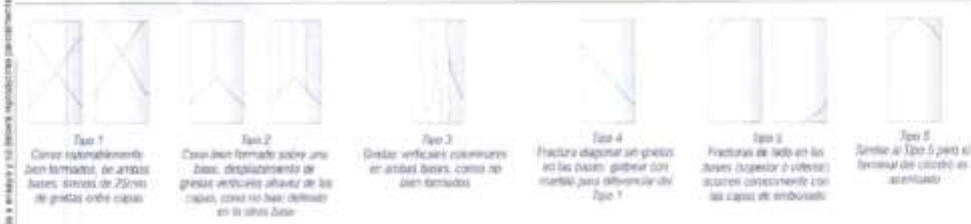


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15



NOTAS:

- Los testigos bien sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del Laboratorio PRONAR LTDA, modelo PG-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 MPa/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

COORDINADOR:

Revisado: Bach. Denis F.R.
 Revisado: Ing. Jeffrey R.G.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 044586-2019-C60

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Estudios Geotécnicos
 Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pruebas

Ing. Chris Johnny E. XAYMUNDO OLIVERA
 C.I.R. N° 24.413
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

REG. 20601605504
 (Pag. 3)

Este informe de resultados solo aplica a los materiales y elementos probados y no deberá reproducirse para otros usos sin la autorización por escrito del LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.



Av. Angélica 1000, Jirón 10, 08.00.00, Lima
 Pisco Sur 1° 03' 42" Sur, 76° 49' 00" W
 Telf: (01) 2027 / 7646449 / 7646444
 Email: comercial@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA FINAL DE ENSAYO	FECHA EMISIÓN INFORME	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
15-08-2023	12-09-2023	CM-02	SG-N-1790023

SOLICITANTE: CAMPÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO	PROYECTO: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO REICLADO"
UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	REFERENCIAS NORMATIVAS: ASTM C130/C126M-15 Preparación y curado / especímenes de concreto (Laboratorio) ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto ASTM C1201/C1201M-18 Liberación de ciclovías con prioridades de rediseño

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de concreto de 100 mm Ø x 200 mm de longitud a los 28 días. Materiales: Morteros, concreto, morteros y sustitutos en Laboratorio. Método de Muestreo: ASTM C130/C126M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.
--

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo	Diámetro Promedio	Área Sección	Carga Máxima	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Fractura, ubicación y Resistencia de Diseño
1	CM-02-01	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	211.72 kN	2117.16	184.5	Tipo 3b	Cerámico a 3%
2	CM-02-02	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	219.40 kN	2193.96	188.9	Tipo 2a	Cerámico a 3%
3	CM-02-03	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	214.49 kN	2144.88	188.5	Tipo 2b	Cerámico a 3%
4	CM-02-04	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	216.82 kN	2168.2	183.7	Tipo 5b	Cerámico a 3%
5	CM-02-05	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	216.50 kN	2165.00	190.8	Tipo 5a	Cerámico a 3%
							214.54 kN	2145.43	184.4		

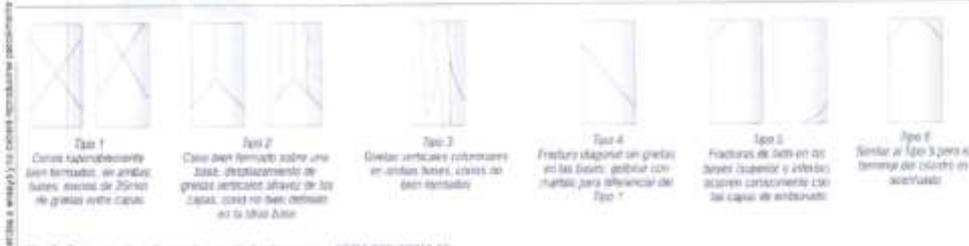


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

- NOTAS:**
- 1) Los testigos son sólo utilizados en conformidad con la Norma ASTM C130/C126M-15 por personal técnico capacitado.
 - 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRISMA LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

DEL INGENIERO:		
Analizó: Bach. Denis F.R.		<p>Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA C.R. N° 39452 ESPECIALISTA GRC/TECNICO</p>
Revisó: Ing. Jeffrey R. G.		
Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004288-2018/CI-00		RUC 20801035524 [Pg. 4]



Av. Angatzenes Suroeste N° 26706, DISTRITO DE LIMA
 Postal: Lima N° 00 90 Dpto. Huancayo
 Telef: (0432) 7106468 / 7106504
 E-mail: silvergeotec@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA FINAL DE ENSAYO	FECHA EMISIÓN INFORME	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-2023	12-09-2023	CM-03	00.N°1792023

SOLICITANTE	PROYECTO
CAMPIÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECICLADO"
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	REFERENCIA NORMATIVAS:
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	ASTM C150C/150M-15 Elaboración y curado / ensayamiento concreto (Látexresino) ASTM C683C/68M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto ASTM C1287C/1287M-15 Utilización de capataces con armaduras de resina

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de concreto de 100 mm diámetro x 200 mm de longitud a los 28 días
Modalidad: Muestras, curado, ensayo y control en Laboratorio
Método de Muestreo: ASTM C150C/128M-15 Pruebas normalizadas para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo	Diámetro Promedio	Área Sección	Carga Máxima	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kgf/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Rotura, ubicación y Resistencia de diseño
1	CM-03-01	15-06-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	213.53 kN	21908	187.2	Tipo 1	Rotura al 6%
2	CM-03-02	15-06-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	215.62 kN	21976	189.9	Tipo 3	Rotura al 6%
3	CM-03-03	15-06-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	217.90 kN	21796	182.9	Tipo 3B	Rotura al 6%
4	CM-03-04	15-06-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	215.47 kN	21872	189.8	Tipo 3A	Rotura al 6%
5	CM-03-05	15-06-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	214.34 kN	21436	185.5	Tipo 3B	Rotura al 6%
							215.41 kN	21541	187.5		

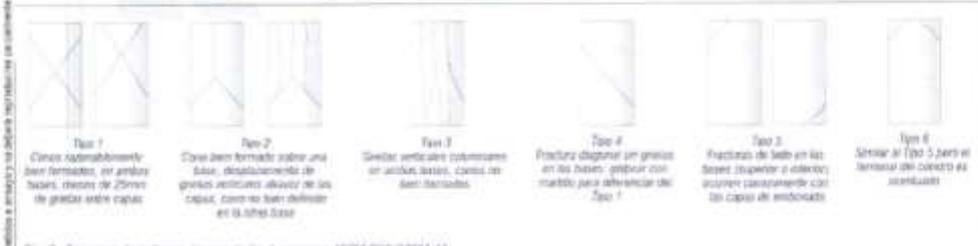


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

--

NOTAS:
 1) Los testigos fueron moldeados en conformidad con la Norma ASTM C150C/150M-15 por personal técnico capacitado.
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUDER LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1300 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C683C/68M-20.

DEFINICIONES:	<p>Ing. Camilo R. RAMÍREZ OLIVERA C.R. N° 20452 ESPECIALISTA GEOTECNICO</p>	RUC 20961605524 (Pag. 1)
Analizó: Sth. Denis Y.R. Revisó: Ing. Willy R. J. Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del IFCOPRI con Resolución N° 004588-2018/C60		

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o sistemas ensayados y no deberá reproducirse en su totalidad sin el consentimiento escrito de SILVER GEOTEC S.A.C.



S. Angel Fernando Gomez N° 20104 06106 Edo. Lima
 Pisco Tulum N° 10 02 Chilo, Huancayo
 Your REALTY AND BUSINESS INFORMATION
 Center: 00511 445 00 00000000

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA FINAL DE ENVIÓ	FECHA Emisión Informe	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
12-09-2023	12-09-2023	CM-04	SG-N°1796/023

SOLICITANTE CAMPIÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO	PROYECTO "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑERÍA AL INSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECICLADO"
UBICACIÓN DEL PROYECTO UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	REFERENCIAS NORMATIVAS ASTM C 150/C 150M-15 (Preparación y curado / especificaciones control de calidad) ASTM C 39/C 39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto ASTM C 1018/C 1018M-15 Utilización de probetas con geometrías de ensayo.

TOMA DE MUESTRA O ACTIVIDAD Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de concreto de 100 mm ϕ x 200 mm de longitud a los 28 días Modalidad: Muestras, curado, ensayo y curado en Laboratorio Método de Muestreo: ASTM C1018/C1018M-15 Pruebas normalizadas para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

N°	Diseño del Testigo	Fecha de Muestra	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo	Diámetro Probetas	Área Sección	Carga Máxima	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Estradales, ubicación y Resistencia de diseño
1	CM-04 01	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm ϕ	7854 mm²	218.77 kN	218.77	194.0	Tipo 4	Cedencia al 9%
2	CM-04 02	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm ϕ	7854 mm²	219.02 kN	219.02	194.4	Tipo 2b	Cedencia al 9%
3	CM-04 03	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm ϕ	7854 mm²	216.90 kN	216.90	190.3	Tipo 5b	Cedencia al 9%
4	CM-04 04	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm ϕ	7854 mm²	220.43 kN	220.43	196.2	Tipo 5a	Cedencia al 9%
5	CM-04 05	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm ϕ	7854 mm²	210.41 kN	210.41	189.7	Tipo 4	Cedencia al 9%
							217.91 kN	217.906	190.1		

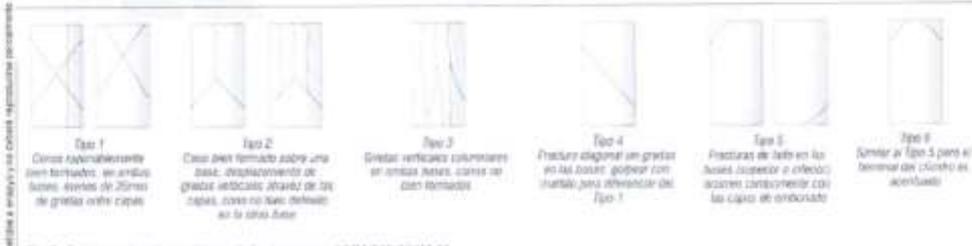
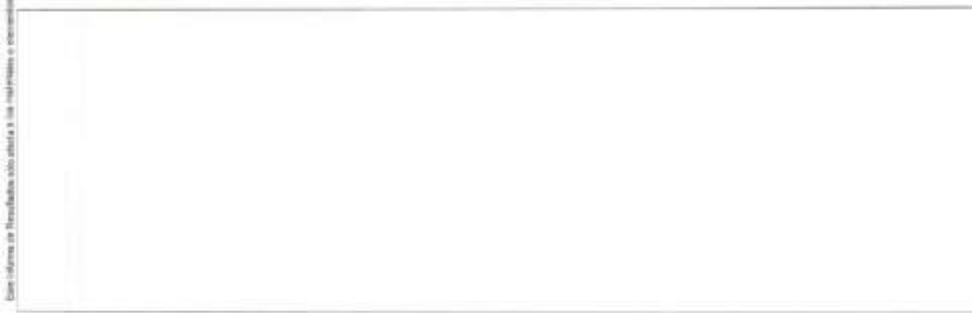


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15



NOTAS:
 1) Los ensayos han sido realizados en conformidad con la Norma ASTM C150/C150M-15 por personal técnico capacitado.
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUZAR LTDA, modelo PC-42, serie AS7 con carga máxima de 1000 kN, aplicando una velocidad de carga de 2.0 MPa/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

<p>REALIZADO POR: Sr. Denis R. R. REVISADO POR: Ing. Jeffrey R. G.</p> <p>Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 204568-2018-DGCI</p>	<p>SILVER GEOTEC S.A.C. (Sociedad Anónima) Ing. Cesar Javier R. RAMÍREZ OLIVERA C.I. N° 244502 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO</p>	<p>RUC 2060168824 (Pag. 1)</p>
--	---	---



Ing. Fernando Dávalos, 28198, 18126, 18a. Lima
 Pisco Pisco N° 04-01 Chila, Huancayo
 Telf: (841021) 909440, 10990044
 Correo: central@silvergeo.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA FAMIL DE ENSAYO	FECHA EMISIÓN INFORME	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
12-09-2023	12-09-2023	CM-05	SG-N179033

SOLICITANTE	PROYECTO
CAMPESIN CALDERÓN Y TALO ANTONIO	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MONTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECHIZADO"
UBICACIÓN DEL PROYECTO	REFERENCIAS NORMATIVAS
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	ASTM C109/C109M-15 Evaluación y curado / experimentos controlados (Laboratorio) ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de viguetas cilíndricas de concreto ASTM C1251/C1251M-12 Utilización de bases con superficies de refuerzo
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD	
Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de concreto de 100 mm Ø x 200 mm de longitud a los 28 días. Modalidad: Muestras, curado, molde y curado en Laboratorio. Método de Muestreo: ASTM C190/C190M-15 Pruebas normalizadas para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.	

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo	Diámetro Procedido	Área Sección	Carga Máxima	Esfuerzo en Compresión (MPa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	Tipo de Estrés, ubicación y Resistencia de diseño
1	CM-05-01	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	223.87 kN	223.72	180.7	Tipo 2a	Cedencia al 12%
2	CM-05-02	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	225.19 kN	225.182	182.4	Tipo 3b	Cedencia al 12%
3	CM-05-03	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	220.96 kN	220.966	176.9	Tipo 3b	Cedencia al 12%
4	CM-05-04	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	222.73 kN	222.732	179.2	Tipo 4	Cedencia al 12%
5	CM-05-05	15-08-23	12-09-23	28 días	100 mm Ø	7854 mm²	227.03 kN	227.025	184.8	Tipo 3b	Cedencia al 12%
							223.86 kN	223.856	177.8		

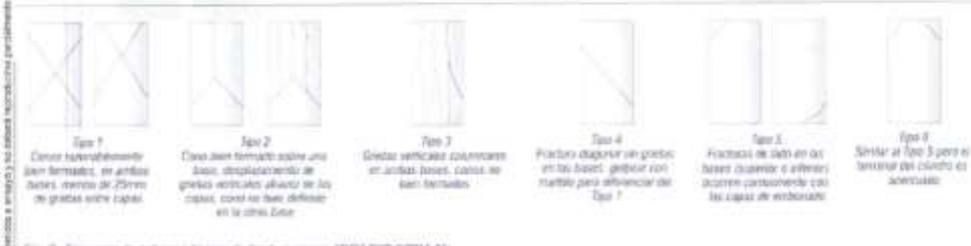


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-20

NOTAS:
 1) Los ensayos fueron realizados en conformidad con la Norma ASTM C190/C190M-15 por personal técnico capacitado.
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del Laboratorio PRISMA LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1300 kN. Aplicando una velocidad de carga de 7.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-20.

DESTINATARIO	SEVER GEOTECH S.A.C. Ingeniería Geotécnica y Pavimentos Ing. Chel Jellison R. KAYMUNDO OLIVERA C.I.R. N° 304352 INGENIERA CILÍNDRICO
Realizado: Bach. Denis T.R. Revisado: Fp. Jhony R. D. Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/CI-00	RUC: 2080168524 [Pg. 1]



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Certificado de ensayos de laboratorio

Solicitante	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón	E.A.P.	Ingeniería Civil
Ensayos	Resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería		
Investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.		
Fecha de ensayos	04/09/2023	Fecha de fabricación de muestras	07/08/2023
Edad de muestras	28 días	Referencia normativa	NTP 399.605
Altura	3 unidades	Relación de esbeltez	300/125 = 2.40

Fondos de escala de los canales analíticos:

Fuerza: 294.20 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V
Velocidad: 294.20 kN/s Sentido: Compresión

Muestra	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Factor de corrección por esbeltez	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión axial (MPa)	Resistencia a la compresión ajustada (MPa)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
PP	01	230	125	28750	1.032	213.650	7.43130	78.202
	02	230	125	28750	1.032	229.220	7.97287	83.901
	03	230	125	28750	1.032	226.570	7.88070	82.931
	04	230	125	28750	1.032	198.060	6.88904	72.495
	05	230	125	28750	1.032	220.130	7.65670	80.574
P3	01	230	125	28750	1.032	217.070	7.55026	79.454
	02	230	125	28750	1.032	224.530	7.80974	82.184
	03	230	125	28750	1.032	229.540	7.98400	84.018
	04	230	125	28750	1.032	227.480	7.91235	83.264
	05	230	125	28750	1.032	226.580	7.88104	82.935
P6	01	230	125	28750	1.032	226.990	7.89530	83.085
	02	230	125	28750	1.032	229.600	7.98609	84.040
	03	230	125	28750	1.032	239.850	8.34261	87.792
	04	230	125	28750	1.032	230.530	8.01843	84.380
	05	230	125	28750	1.032	220.600	7.67304	80.746
P9	01	230	125	28750	1.032	240.830	8.37670	88.151
	02	230	125	28750	1.032	247.860	8.62122	90.724
	03	230	125	28750	1.032	246.270	8.56591	90.142
	04	230	125	28750	1.032	243.980	8.48626	89.304
	05	230	125	28750	1.032	247.220	8.59896	90.489
P12	01	230	125	28750	1.032	198.190	6.89357	72.543
	02	230	125	28750	1.032	188.320	6.55026	68.930
	03	230	125	28750	1.032	177.980	6.19061	65.146
	04	230	125	28750	1.032	171.490	5.96487	62.770
	05	230	125	28750	1.032	166.000	5.77391	60.761

Observaciones:

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - UPLA

Ing. Javier Alberto Sotomayor Herrera
DNI: 73597473
TÉCNICO EN ESTRUCTURAS

Jefe del laboratorio de estructuras
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA



Certificado de ensayos de laboratorio

Solicitante	Bach. Ytalo Antonio Campián Calderón	E.A.P.	Ingeniería Civil
Ensayos	Resistencia a la compresión diagonal de muretes de albañilería		
Investigación	Evaluación de las propiedades mecánicas de morteros para albañilería al sustituir parcialmente el cemento por cerámico reciclado.		
Fecha de ensayos	04/09/2023	Fecha de fabricación de muestras	07/08/2023
Edad de muestras	28 días	Referencia normativa	NTP 399.621

Fondos de escala de los canales analíticos:

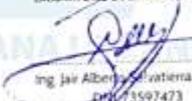
Fuerza: 98.066 kN Posición: 400.000 mm Auxiliar 1: 10.000 V Auxiliar 2: 10.000 V
Velocidad: 001.50 mm/s Sentido: Compresión

Muestra	Largo (mm)	Espesor (mm)	Alto (mm)	Área bruta (mm ²)	Carga aplicada (kN)	Resistencia a la compresión diagonal (MPa)	Resistencia a la compresión diagonal (kg/cm ²)	
MP	01	605	125	615	76250	84.630	0.78470	8.00159
	02	605	125	615	76250	86.057	0.79793	8.13651
	03	605	125	615	76250	87.981	0.81577	8.31842
	04	605	125	615	76250	85.932	0.79677	8.12469
	05	605	125	615	76250	86.594	0.80291	8.18728
M3	01	605	125	615	76250	86.304	0.80022	8.15986
	02	605	125	615	76250	89.471	0.82959	8.45930
	03	605	125	615	76250	91.033	0.84407	8.60698
	04	605	125	615	76250	82.121	0.76144	7.76437
	05	605	125	615	76250	84.950	0.78767	8.03185
M6	01	605	125	615	76250	92.250	0.85535	8.72205
	02	605	125	615	76250	89.311	0.82810	8.44417
	03	605	125	615	76250	91.980	0.85285	8.69652
	04	605	125	615	76250	89.973	0.83424	8.50676
	05	605	125	615	76250	83.260	0.77200	7.87206
M9	01	605	125	615	76250	92.903	0.86141	8.78379
	02	605	125	615	76250	94.906	0.87998	8.97317
	03	605	125	615	76250	94.921	0.88012	8.97458
	04	605	125	615	76250	92.484	0.85752	8.74417
	05	605	125	615	76250	93.771	0.86946	8.86585
M12	01	605	125	615	76250	83.407	0.77336	7.88596
	02	605	125	615	76250	74.982	0.69524	7.08939
	03	605	125	615	76250	82.706	0.76686	7.81968
	04	605	125	615	76250	78.041	0.72361	7.37861
	05	605	125	615	76250	77.875	0.72207	7.36292

Observaciones:

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - UPLA


 Ing. Javier Albornoz
 DNI 73597473
 TÉCNICO EN ESTRUCTURAS

Jefe del laboratorio de estructuras
Facultad de Ingeniería

Anexo N° 07: fichas técnicas de insumos utilizados

	FORMATO	CDC-F-017
	FICHA TÉCNICA	
	Versión: 01 Fecha: 01.09.2022 Rev: JPCP Aprob: GGA	

EL CONTENIDO DE LA FICHA PUEDE VARIAR POR CAMBIOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN O ESPECIFICACIONES DE NORMAS TÉCNICAS PERUANAS.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO				
 <small>IMAGEN REFERENCIAL</small>		LADRILLO KING KONG 18 HUECOS		
USO:		<i>Ladrillo para muros portantes.</i>		
MATERIAS PRIMAS:				Normas de Referencia:
Mezcla de arcillas.		Unidad	Especificación de Producto	NTP 331.017 (Requisito) RNE E.070 (Requisito) NTP 399.613 (Ensayos)
CLASE Y/O TIPO		-	Tipo IV	Tipo IV
PROPIEDADES FÍSICAS:				
PESO: Mínimo - Máximo		Kg	2.610 - 2.800	No Aplica
DIMENSIONES	Largo	cm	23.0	± 2%
	Ancho	cm	12.5	± 3%
	Alto	cm	9.0	± 4%
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 22.0	22.0 Máx.
ÁREA DE VACÍOS		%	47.0 - 50.0	No Aplica
ALABEO		mm	< 4.0	4.0 Máx.
ORTOGONAL (ESCUADRA 90°)		mm	< 4.0	No Aplica
DENSIDAD APARENTE		g/cm ³	1.90 - 2.100	No Aplica
EFLORESCENCIA (SALITRE)		-	No Eflorescente	Eflorescente / No Eflorescente
RENDIMIENTO INCL. 5% DESPERDICIO	Soga / Cabeza	Und/m ²	44 Sog. 78 Cab.	Mortero 10 mm Mín.
	Soga / Cabeza		41 Sog. 71 Cab.	Mortero 15 mm Máx.
RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN UNIDAD f' b				
RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN UND. f' b		Kg/cm ²	> 130.0	130.0 Mín.
EFICACIA DEL PRODUCTO:				
Se refiere al porcentaje mínimo de ladrillos conformes (es decir sin defectos) en el lote ofrecido al cliente		%	90	-

Nota:

Los Ladrillos de Arcilla, destinados para uso en albañilería estructural (No Decorativo) donde la apariencia externa tales como identificaciones menores o grietas superficiales inherentes al método usual de fabricación, o los astillamientos resultantes de los métodos habituales de manipulación en la estiba y/o describa, no serán consideradas causa de rechazo. Los lotes de todo producto ofrecido poseen más del 90% de eficacia de conformidad del producto.

Planta: Panamericana Norte, altura
Km 30.5 - Carabayillo
T. (511) 660 2808
T. (511) 660 2805

Oficina: República de Panamá
3563 Sto Pao - Of. 501
T. (511) 422 2468

www.ladriillospiramide.com



FICHA TÉCNICA CEMENTO ANDINO PREMIUM

DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Excelente Trabajabilidad.
- > Acabado perfecto.
- > Alta resistencia a mediano y largo plazo.
- > Alta durabilidad.
- > Alto desempeño.
- > Bajo contenido de álcalis.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

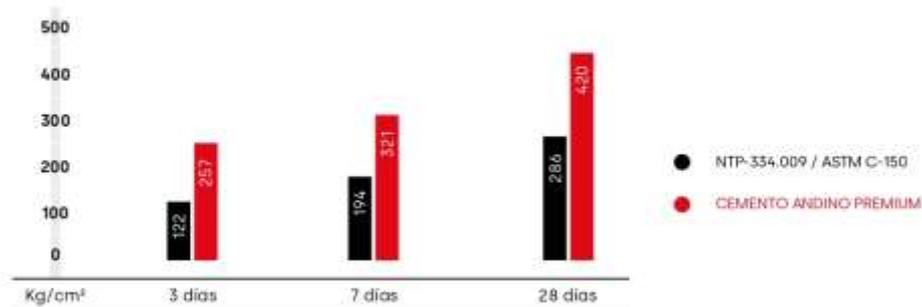
- > Para estructuras sólidas de acabados perfectos.
- > Construcciones en general de gran envergadura.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO ANDINO PREMIUM.



PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO ANDINO PREMIUM	REQUISITOS NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.03	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	386	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.18	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	257	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	321	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	420	Mínimo 286
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	122	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	285	Máximo 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	1.6	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida al fuego	%	1.2	Máximo 3.0
Residuo insoluble	%	0.5	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C3S	%	55	No específica
C2S	%	16	No específica
C3A	%	7	No específica
C4AF	%	10	No específica
ÁLCALIS EQUIVALENTES			
Contenido de alcalis equivalentes	%	0.53	Máximo 0.60*

*Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES**DOSIFICACIÓN:**

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirías con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.

Anexo N° 08: certificados de calibración de equipos de laboratorio



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima
Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
Celular: 964046688 / 955505584
Teléfono Fijo: 064-212021
Correo: silvergeosac@gmail.com

TESIS DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DE TESIS:

"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MORTEROS PARA ALBAÑILERÍA AL SUSTITUIR PARCIALMENTE EL CEMENTO POR CERÁMICO RECICLADO"

CERTIFICADOS

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS SILVER GEOTEC S.A.C.
DISTRITO : CHILCA
PROVINCIA : HUANCAYO
DEPARTAMENTO : JUNÍN

TESISTA:

CAMPIÁN CALDERÓN YTALO ANTONIO.

Huancayo, 12 de setiembre del 2023



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 95505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN - EQUIPOS ELECTRONICOS

Item	Empresa Certificadoras	Descripción	Procedencia	Marca	Modelo	Serie	Certificado de calibración	Fecha de Certificación	Fecha de Vencimiento
1	TEST & CONTROL	Balanza de precisión, AC 220V, clase II, capacidad de 30 kg, lectura mínima 1 g	USA	OHAUS	R31P30	8336130194	TC-09248-2023	09-04-23	09-04-24
2	TEST & CONTROL	Balanza de precisión, AC 220V, clase II, capacidad de 2 kg, lectura mínima 0.01 g	USA	OHAUS	P92200/E	8935184778	TC-09249-2023	09-06-23	09-06-24
3	TEST & CONTROL	Horno eléctrico digital de 76 Litros, AC 220V, precisión ± 1 °C, rango de temperatura de 50 a 300 °C	CHINA	A&A INSTRUMENT	SD-K-1A	18635	TC-09902-2022	10-10-22	10-10-23
4	TEST & CONTROL	Máquina Automática Digital de Concreto, AC 220V, carga máxima 1000 MN	COLOMBIA	PIQUAR	PC-42	857	TC-09901-2022	09-10-22	09-10-23


 SILVER GEOTECH S.A.C.
 Laboratorio de Suelos, Geotecnia y Asfalto
 Ing. César Roberto RIVERA OLIVERA
 C.E.F. N° 204-012
 ESPECIALISTA GEOTECNICO



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elin, Lima
Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
Celular: 964046688 / 955505584
Teléfono Fijo: 064-232021
Correo: silvergeosac@gmail.com



Certificado

La Comisión de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

En su sede ubicada en: Calle Condessa de Lampa N° 117 Urb. San Miguel, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Laboratorio de Calibración

Calibradas en la norma

ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Elaborando el presente Certificado de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el ámbito de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-001-019-2017 que forma parte integral del presente certificado. Se otorga el número folio de registro señalado líneas abajo:

Fecha de Emisión: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2024

ESTELA CORTEZAS FOGO
Directora Ejecutiva de Acreditación - INACAL

DA-001-019-2017
Fecha de Emisión: 24 de marzo de 2019
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2024

Fecha de emisión: 09 de junio de 2019

El presente certificado otorga el reconocimiento de competencia al laboratorio y a sus resultados de laboratorio que se emiten en el ámbito de la acreditación otorgada. El presente certificado es válido en el ámbito de la acreditación otorgada. El presente certificado es válido en el ámbito de la acreditación otorgada. El presente certificado es válido en el ámbito de la acreditación otorgada.



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima
 Pje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeotec@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL / DA CON REGISTRO N° 01 - 019



Certificado de Calibración
TC - 09248 - 2023

Robama 11317A Fecha de emisión: 2023-04-08

Solicitante: SILVER GEOTEC S.A.C.
Dirección: Pje. Nuñez Nro. 122-Jirón Huancayo, Chilca

Instrumento de medición: Balanza
Tipo: Electrónica
Marca: OHAUS
Modelo: 101130
N° de Serie: 8336130194
Capacidad Máxima: 30000 g
Resolución: 10 g
División de Verificación: 10 g
Clase de Exactitud: II
Capacidad Mínima: 200 g
Procedente: CHINA
Identificación: No indica
Ubicación: Laboratorio
Velocidad de Trazado: 5 °C
Fecha de Calibración: 2023-04-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición, basado a la Norma Técnica Peruana (NTEC 11025)

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, se le recomienda al usuario realizar los mantenimientos o servicios apropiados.

Lugar de calibración:
 instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Método de calibración:
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y los pesos aplicados mediante pesos patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesar de Funcionamiento No Automatizado Clase II" y 01ª Versión Edición - Mayo 2019, DM-INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración mostrados en el presente documento.
 El presente documento deberá de estar sellado y firmado.

Lita Nilda Ramos Pizarro
 Gerente Técnica
 CPF: 0318



1 Continúa del Anexo M117
 San Miguel, Lima

2 041 282 9030
 3 041 988 901 160

4 www.testandcontrol.com.pe
 5 www.testandcontrol.com.pe



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima
 Pje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - SA CON REGISTRO N° 01 - 015



Certificado de Calibración
 TC - 09245 - 2023

Trasabilidad

Trasabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC 00526-2023 Abril 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC 05242-2023 Abril 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC 05243-2023 Abril 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC 05244-2023 Abril 2023
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC 05245-2023 Julio 2023

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Siempre	Escala	No Tiene
Calibración Lineal	Siempre	Cuenta	No Tiene
Platillos	Siempre	Verificación	Siempre
Sistema de Trazo	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	56 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	M (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	M (g)	E (g)
1	10000	15.000	7	-2	1	30000	10.000	8	-3
2		15.000	5	-3	2		30.000	8	-3
3		15.000	5	-3	3		30.000	8	-3
4		15.000	6	-1	4		30.000	7	-2
5		15.000	8	-1	5		30.000	7	-2
6		15.000	5	0	6		30.000	8	-3
7		15.000	7	-2	7		30.000	8	-3
8		15.000	7	-2	8		30.000	7	-2
9		15.000	6	-1	9		30.000	8	-3
10		15.000	5	0	10		30.000	8	-3
(Emax - Emin) (g)					(Emax - Emin) (g)				
s.m.p. 1 (g)					s.m.p. 1 (g)				





Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima
 Psje. Núñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeo.sac@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 (INACAL - DA LSP) REGISTRO N° LC - 018



Certificado de Calibración
 TC - 09248 - 2023



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	66 %	66 %

N°	Determinación de E0				Determinación del Error Corregido E0				e.m.p. t (g)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	100	0	0	0	10 000	7	2	-1		20
2	100	4	1		10 000	5	3	-4		
3	100	7	-2		10 000	0	-1	1		
4	100	7	3		10 000	0	-1	1		
5	100	5	0		10 000	5	2	0		

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,2 °C
Humedad Relativa	66 %	67 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. t (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	1						
200	200	7	-2	1	300	6	1	0	10
1 000	1 000	6	-1	0	1 000	7	-2	-1	10
5 000	5 000	6	-1	0	5 000	6	-1	0	10
7 000	7 000	4	1	2	7 000	5	0	1	10
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	1	0	10
15 000	15 000	7	-2	1	15 000	7	-2	-1	10
17 000	17 000	6	-1	0	17 000	7	-2	-1	10
20 000	20 000	7	-2	-1	20 000	6	1	0	10
25 000	25 000	7	-2	-1	25 000	7	-2	-1	10
30 000	30 000	6	-1	0	30 000	7	-2	-1	10

Nota:

- I : Indicación de la balanza
- ΔL : Carga incrementada
- E : Error anular
- e.m.p. : Error máximo permitido
- E : Error acumulado
- Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

$$\text{Lectura Corregida} = 10 + 0,004 \times 10^{-3} \times 0$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{2,93 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 0 \text{ g}^2}$$

Nota: Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g).

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 20 000 g para una carga de referencia 30000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida (se resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente al 95%).

Fin del documento



Av. Condesa de Santa Rosa 1717
 La Molina, Lima

Tel: 262 95 90
 Fax: 262 95 1069

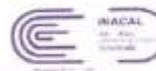
www.testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chica, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - SA CON REGISTRO N° LC - 076



Certificado de Calibración
TC - 09249 - 2023

Patente: 11317A Fecha de emisión: 2023-08-09

Substancia: SILVER GEOTEC S.A.C.
 Dirección: Pj. Nuñez 100, 122 Avda Huancayo Chica

Instrumento de medición:
 Tipo: Balanza
 Marca: Escabrilas
 Modelo: OHAUS
 N° de Serie: P92302C
 Capacidad Máxima: 899914778
 Resolución: 0.01 g
 División de Verificación: 0.1 g
 Clase de Exactitud: II
 Capacidad Máxima: 1.5 g
 Procedencia: OHAUS
 N° de Parte: HO-187CA
 Identificación: HO-187CA
 Ubicación: 1 ubicación
 Variación de LT Límit: 5 °C
 Fecha de Calibración: 2023-08-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de acopos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, se le recomendará el cuidado, custodia, uso, mantenimiento e instalación apropiados.

Lugar de calibración:
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Método de calibración:
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y los pesos aplicados mediante pesas patrón según procedimiento PG-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II" Cuarta Edición - Abril 2011. SIBI - I&D/SCM.

Los resultados son válidos solamente para el item solicitado a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad (ISO 9000).

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de las precisiones que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación, uso indebido, o a una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración documentada en el presente documento.

El presente documento cancela de valor sin firma y sello.

Lita Natalia Ramos Fernal
 Gerente Técnico
 CPF: 8716

PGC-16-08/ Diciembre 2019/Rev 04

Página : 1 de 3



📍 P. Continente de Surcos N°172
 San Miguel, Lima

📞 964 262 793
 📠 264-466888

✉️ silvergeosac@comcel.com.pe
 🌐 www.testandcontrol.com.pe



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima
 Peje, Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964045688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 084-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
 TC - 00249 - 2023

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de KOSCOMET	Juego de Pesas 1 kg a 1 kg Clase de Exactitud F1	PT21A.C.1010 Agozo 2022
Patrones de Referencia de EDUNTO SAC	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	ET074-2008-2023-1 Agozo 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Siempre	Estado	Siempre
Clasificación Línea	Siempre	Cumple	Siempre
Plataforma	Siempre	Divulgación	Siempre
Sistema de Traba	Siempre		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,3 °C
Humedad Relativa	72 %	66 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (mg)	E (mg)
1	1 000,000	1 000,00	5	0	1	2 000,000	2 000,30	8	-1
2		1 000,01	7	0	2		2 000,21	9	7
3		1 000,01	7	0	3		2 000,30	4	1
4		1 000,00	5	0	4		2 000,01	5	7
5		1 000,00	8	-1	5		2 000,01	7	8
6		1 000,00	4	-1	6		2 000,00	5	0
7		1 000,07	8	7	7		2 000,00	4	1
8		1 000,00	4	-1	8		2 000,01	5	7
9		1 000,00	5	0	9		2 000,01	-7	-6
10		1 000,01	2	8	10		2 000,00	-2	-1
[Error - Error] (mg)					0				
error máximo permitido (mg)					200				
[Error - Error] (mg)					0				
error máximo permitido (mg)					200				



Av. Carabaya de Arica 1117
 San Mateo, Lima

991 262 903
 241 188 101 066

info@laboratorio.com.pe
 www.laboratorio.com.pe



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 95505584
 Teléfono Fijo: 054-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración
 TC - 08248 - 2021



Ensayo de exactitud

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	50 %	50 %

N°	Determinación de Error E ₀				Determinación de Error Corregido E _c				e.m.p. (mg)
	Carga (g)	I (g)	Δ (mg)	E ₀ (mg)	Carga (g)	I (g)	Δ (mg)	E _c (mg)	
1	0,100	0,10	7	7	700,000	700,01	7	8	10
2		0,10	6	1		700,02	7	10	10
3		0,10	3	2		700,00	0	0	-2
4		0,10	6	1		699,99	1	8	-7
5		0,10	8	3		700,01	7	8	11

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	50 %	49 %

Carga (g)	Crecientes					Decrecientes					e.m.p. (mg)
	I (g)	Δ (mg)	E (mg)	E ₀ (mg)	E _c (mg)	I (g)	Δ (mg)	E (mg)	E ₀ (mg)	E _c (mg)	
0,100	0,10	7	2			0,10	6	0	2	10	
0,500	0,50	4	1	3	0,50	5	0	2	1	10	
1,000	1,00	8	1	1	1,00	8	1	1	1	10	
100,000	100,00	6	1	1	100,00	7	3	0	0	10	
500,000	500,00	5	0	2	500,01	7	9	10	10	10	
700,000	700,00	8	3	1	700,01	9	7	9	20	20	
1 000,000	1 000,00	4	1	3	1 000,01	8	7	8	20	20	
1 500,000	1 500,00	7	3	0	1 500,01	7	8	10	20	20	
1 700,000	1 700,00	4	1	3	1 700,00	4	1	3	20	20	
2 000,000	2 000,00	5	0	3	2 000,00	3	0	3	20	20	
2 300,000	2 300,00	0	0	4	2 300,00	0	0	4	20	20	

Donde:

- I : Indicación de la balanza
- Δ : Carga adicional
- E₀ : Error en cero
- E : Lectura de la balanza, pesaje o la calibración (g)
- E_c : Error del instrumento
- E_c : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	$R_{\text{corregida}} = R + 3,84 \times 10^{-7} \times R$
incertidumbre Expandida	$U_{95} = 2 \times \sqrt{0,20 \times 10^{-6} \times R^2 + 0,35 \times 10^{-10} \times R^4}$

Observaciones

Con fines de verificación de la calibración se colocó una muestra aditiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 1 300,00 g para una carga de valor nominal 2000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

Fin del documento



© Silver Geo Sac S.A.C. - Calle 1044, Lima
 Tel: +51 (0) 1 441 1111

☎ 011 262 9039
 ☎ 011 440 401345

www.silvergeosac.com.pe
 www.indecopi.gob.pe



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima
 Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046588 / 95505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 09902 - 2022

Perfiloma : 11317 Fecha de Emisión : 2022-10-10

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.
 Dirección : P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNÍN/HUANCAYO-CHILCA

EQUIPO : HORNO
 Marca : ASA INSTRUMENTS
 Modelo : SH-X-1A
 Número de Serie : 16835
 Identificación : NO INDICA
 Procedencia : NO INDICA
 Circulación del aire : Ventilación natural
 Ubicación : LABORATORIO
 Fecha de Calibración : 2022-10-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0.1 °C
Selector	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0.1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE LA CALIBRACIÓN
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018, 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración y caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicado por el INM/INDECOP.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	14.6 °C	56 %/v	221 V
Final	15 °C	51 %/v	221 V

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Pausar
 Gerente Técnico
 CFP- 6318

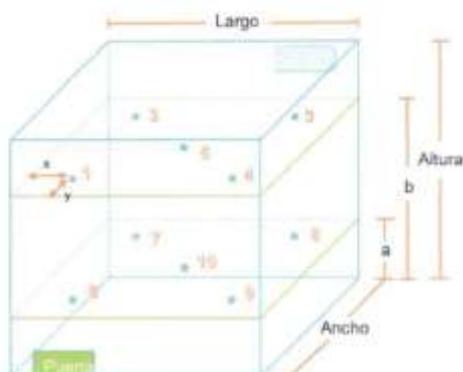
PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 1 de 6

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbre del orden de $\pm 0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$.	LT-0845-2022

UBICACIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DEL MEDIO ISOTERMO



Largo :	90,0 cm	a :	5,0 cm	x :	6,0 cm
Ancho :	36,0 cm	b :	34,0 cm	y :	5,0 cm
Altura :	60,0 cm				

Los termopares 6 y 10 se ubican en el centro de sus respectivos niveles.
El medio isoterma tiene 2 perfiles al momento de iniciar la calibración.

NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS

t	Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante.
I	Indicación del termómetro del equipo.	T.prom	Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante.
T.MÁX	Temperatura máxima por sensor.	DTT	Desviación de temperatura en el tiempo.
T.MÍN	Temperatura mínima por sensor.		
T.max	Temperatura máxima para un instante dado.		
T.min	Temperatura mínima para un instante dado.		



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elito, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964045688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado | TC - 09902 - 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN (1ER PUNTO DE CALIBRACIÓN)

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador/Selector	Tiempo de Calentamiento Estabilización	Porcentaje de carga	Descripción de la carga
115 °C ± 5 °C	115 °C	240 min	30%	MUESTRAS DE PIEDRA

t (h)	i (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel inferior						
00:00	115.0	114.1	114.3	115.7	112.5	114.8	116.7	117.0	116.6	116.3	117.3	115.7	5.8
00:01	115.0	114.1	114.7	115.7	112.3	114.8	116.7	117.0	116.7	116.4	116.9	116.9	6.1
00:02	115.0	114.1	115.1	115.7	112.3	114.8	116.7	117.0	116.5	116.4	117.4	115.9	5.9
00:03	115.0	114.1	114.6	115.7	112.4	114.8	116.7	117.0	116.7	116.7	116.4	117.2	6.2
00:04	115.0	114.1	114.7	115.7	112.2	115.0	116.7	116.9	116.7	116.4	117.5	116.0	6.0
00:05	115.0	114.1	114.4	115.7	112.5	115.0	116.7	116.5	117.0	116.4	117.3	116.0	5.8
00:06	115.0	114.1	114.4	115.7	112.4	115.1	116.7	116.0	117.0	116.4	117.3	116.5	6.0
00:07	115.0	114.1	114.2	115.6	112.6	115.2	116.8	116.5	116.9	116.4	117.3	116.0	5.8
00:08	115.0	114.1	114.5	115.6	112.5	115.2	116.8	117.2	117.0	116.4	117.6	115.9	5.9
00:09	115.0	114.1	114.3	115.6	112.6	115.2	117.0	116.0	117.2	116.4	117.3	116.0	5.8
00:10	115.0	114.1	114.1	115.5	112.4	115.2	117.0	116.1	117.2	116.4	117.3	116.0	6.0
00:11	115.0	114.1	113.5	115.5	112.6	115.3	117.1	117.0	117.2	116.4	116.9	115.9	5.8
00:12	115.0	114.1	114.1	116.0	112.0	115.2	117.1	116.0	117.5	116.4	117.3	116.0	5.8
00:13	115.0	114.1	114.5	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.6	116.4	117.7	116.0	5.8
00:14	115.0	114.1	114.5	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.3	116.4	117.5	116.0	5.8
00:16	115.0	114.1	114.1	116.0	112.6	115.3	117.1	117.4	117.4	116.4	117.6	116.0	5.9
00:16	115.0	114.1	114.3	116.0	112.4	115.2	117.2	117.3	117.4	116.5	117.5	116.0	6.1
00:17	115.0	114.1	114.5	116.0	112.4	115.2	117.4	116.8	117.0	116.5	116.0	116.0	6.1
00:18	115.0	114.1	114.5	116.0	112.5	115.0	117.4	116.8	117.1	116.5	117.9	116.0	6.0
00:19	115.0	114.2	114.2	116.0	112.6	115.0	117.4	116.8	117.2	116.5	117.1	115.9	5.9
00:20	115.0	114.2	114.0	116.0	112.5	115.0	117.4	117.1	117.0	116.5	116.8	116.0	6.0
00:21	115.0	114.2	113.5	116.0	112.2	115.0	117.4	117.0	117.0	116.5	116.8	115.8	6.3
00:22	115.0	114.2	113.2	116.0	112.4	115.0	117.2	117.2	117.3	116.5	116.3	115.7	6.1
00:23	115.0	114.2	113.1	115.9	112.4	114.9	117.2	116.2	117.1	116.5	116.7	115.8	6.1
00:24	115.0	114.2	112.7	115.9	112.1	114.7	117.1	116.3	116.9	116.5	116.9	115.5	6.4
00:25	115.0	114.2	112.8	115.9	112.1	114.8	117.1	116.2	116.9	116.5	117.7	115.8	6.4
00:26	115.0	114.2	112.7	115.7	112.1	114.5	117.1	116.5	116.8	116.5	117.2	115.5	6.4
00:27	115.0	114.2	112.6	115.7	112.1	114.5	117.1	116.2	116.8	116.5	116.8	115.5	6.4
00:28	115.0	114.2	113.0	115.7	112.1	114.4	117.1	117.1	116.8	116.5	116.8	115.8	6.3
00:29	115.0	114.2	113.1	115.7	112.1	114.3	117.1	117.0	116.8	116.4	116.8	115.8	6.3
00:30	115.0	114.2	113.0	115.7	111.9	114.3	117.1	117.1	116.8	116.4	117.1	115.8	6.5



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima
 Pje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046588 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 06902 - 2022

t (h)	f (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmáx Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:31	115.0	114.2	113.0	115.7	112.1	114.3	117.1	116.7	116.9	116.4	116.7	116.5	6.3
00:32	116.0	114.3	113.0	115.6	112.3	114.3	117.1	117.3	116.8	116.4	117.1	115.8	6.1
00:33	115.0	114.3	113.0	115.6	112.1	114.4	117.2	116.8	116.4	116.4	117.3	115.6	6.3
00:34	116.0	114.3	112.8	115.6	112.1	114.6	117.2	116.7	116.6	116.3	117.4	115.6	6.2
00:35	115.0	114.3	113.0	115.6	112.1	114.6	117.2	117.1	116.8	116.3	117.1	115.6	6.2
00:36	116.0	114.5	112.8	115.6	112.1	114.6	117.3	117.0	116.9	116.3	116.0	115.6	6.2
00:37	115.0	114.5	113.1	115.6	112.1	114.6	117.3	117.1	116.8	116.3	117.1	115.7	6.2
00:38	115.0	114.5	112.9	115.6	112.4	114.7	117.6	117.2	117.0	116.3	117.8	115.8	5.9
00:39	115.0	114.6	112.9	115.6	112.4	115.0	117.6	117.7	117.0	116.3	116.1	115.9	6.0
00:40	115.0	114.7	113.1	115.6	112.5	115.0	117.7	116.1	117.3	116.3	117.9	116.0	5.8
00:41	115.0	114.8	112.9	115.6	112.4	115.2	117.7	117.7	117.3	116.4	116.0	116.0	6.0
00:42	116.0	114.8	113.1	115.7	112.5	115.3	117.8	116.1	117.7	116.4	116.3	116.2	5.9
00:43	116.0	114.8	113.1	115.7	112.6	115.5	117.9	116.9	117.7	116.4	117.9	116.3	6.2
00:44	115.0	115.0	113.2	115.8	112.6	115.9	118.1	118.3	118.2	116.6	116.7	116.4	6.1
00:45	116.0	115.0	113.3	115.8	112.6	115.9	118.2	118.5	118.4	116.5	116.6	116.5	6.1
00:46	116.0	115.1	113.2	115.8	112.5	115.9	118.3	117.8	118.8	116.5	116.6	116.4	6.1
00:47	115.0	115.1	113.3	115.9	112.5	116.0	118.3	118.5	116.9	116.5	116.4	116.7	6.0
00:48	115.0	115.1	113.4	115.9	112.5	116.1	118.4	118.4	116.8	116.5	116.0	116.7	6.0
00:49	116.0	115.2	113.4	115.9	112.3	116.4	118.4	119.0	116.9	116.7	116.1	116.7	6.0
00:50	115.0	115.3	113.3	116.0	112.4	116.4	118.7	118.9	116.9	116.7	116.6	116.7	6.0
00:51	116.0	115.5	113.3	116.0	112.4	116.5	118.7	118.9	116.9	115.7	116.3	116.8	6.0
00:52	116.0	115.3	113.4	116.0	112.6	116.3	118.8	119.1	115.1	116.8	116.5	116.9	6.0
00:53	115.0	115.6	113.3	116.0	112.6	116.3	118.8	119.0	116.8	116.7	116.0	116.0	7.0
00:54	115.0	115.6	113.1	116.0	112.6	116.3	118.8	119.4	119.1	116.9	116.9	116.9	6.9
00:55	115.0	115.6	113.0	116.0	112.6	116.7	119.0	119.4	119.1	116.9	116.1	116.9	6.9
00:56	115.0	115.6	113.2	116.0	112.6	116.7	119.0	119.5	119.5	119.0	116.9	117.0	6.9
00:57	116.0	115.6	113.5	116.0	112.6	116.8	119.0	119.4	118.3	119.0	116.9	117.1	6.9
00:58	116.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	119.1	119.5	119.0	116.9	116.9	6.9
00:59	115.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	118.5	119.3	119.0	116.7	116.8	6.7
01:00	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	116.6	116.9	6.7
T PROM	115.0	114.6	113.6	115.8	112.4	115.3	117.6	117.8	117.5	116.3	117.8	116.1	
T MAX	115.0	115.6	115.1	116.0	112.6	116.7	119.1	119.6	119.5	119.0	119.5		
T MIN	115.0	114.1	112.7	115.6	111.9	114.3	116.7	116.2	116.4	116.3	116.3		
DTT	0.0	1.5	2.3	0.4	0.7	2.5	2.4	3.5	3.1	0.7	3.2		

RESUMEN DE RESULTADOS

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	119.5	0.8
Temperatura Mínima Medida	111.9	0.3
Desviación de Temperatura en el Espacio	8.1	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3.6	0.1
Estabilidad Medida (s)	1.7	0.06
Uniformidad Medida	1.6	0.7



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elin, Lima
 Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 954046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com

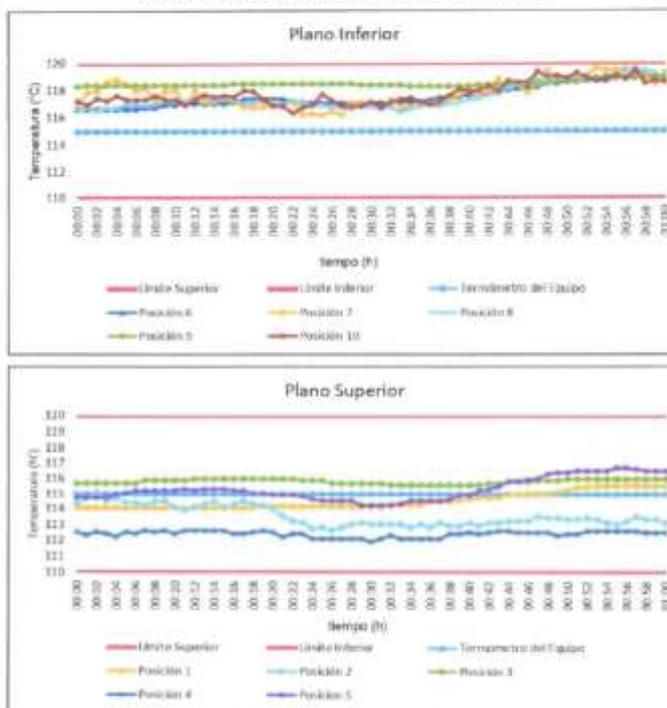


SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 09602 - 2022

GRÁFICA PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE 115 °C ± 3 °C



DECLARACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LIMITES ESPECIFICADOS DE TEMPERATURA

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, al medio isotermo:

- Cumple con los límites especificados de temperatura.

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 5 de 6

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones especiales para un mismo instante de tiempo.

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,03 °C.
 La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isotermo:



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente al 95%.

Fin del Documento

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 6 de 6



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeo@permail.com



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-09901-2022

PROFORMA 11317A Fecha de emisión 2022-10-08 Página 1 de 2

SOLICITANTE: SILVER GEOTEC S.A.C
 Dirección: Pje. Nuñez N° 122 Avda. Huancayo-Chilca

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: Prensas de Concreto
 Marca: PNCUAM
 Modelo: PC-42
 Nº Serie: 457
 Intervalo de indicación: 1000kN
 Resolución: 0,01kN
 Precisión: No aplica
 Código de identificación: No aplica
 Ubicación: Laboratorio
 Fecha de Calibración: 2022-09-07

LUGAR DE CALIBRACIÓN:
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN:
 La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	16,3°C	16,2°C
HUMEDAD RELATIVA	48,0%	48,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no es responsable de los errores que pueden surgir después de la calibración. Debido a la mala manipulación de este instrumento se da una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración descritos en el presente documento.

El presente documento cambia de estado en línea y está:

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado en la Norma Técnica Peruana ENEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, generando la certificación de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la exactitud a los patrones nacionales u internacionales de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalcular sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el bien calibrado y calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como evidencia de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Lic. Ricardo Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 C.F.P. N° 9216



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima
 Paje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeosac@gmail.com



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC 06011-2022
 Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Resorte de Presión ATP Taramolinos	Cable de Carga 30N 500 Kg	12011C

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (MN)	Lectura Convencionalmente Verdadera (MN)	Error (MN)	Incertidumbre (MN)
10.13	9.94	0.19	0.01
50.08	49.13	0.95	0.01
100.13	99.21	1.92	0.01
200.08	198.22	2.86	0.01
300.12	297.23	3.79	0.01
400.09	396.22	4.78	0.01
500.10	495.27	5.73	0.01
600.08	594.26	6.62	0.01

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo N° 09: panel fotográfico



Fotografía 1. Recolección de los retazos cerámicos del almacén de la empresa DIMACOF.



Fotografía 2. Triturado manual del cerámico.



Fotografía 3. Triturado del cerámico hasta la obtención del polvo pasante de la malla N° 200.



Fotografía 4. Equipo de triturado de materiales cerámicos y refractarios.



Fotografía 5. Recolección del cerámico ya triturado.



Fotografía 6. Se comprueba que el cerámico se redujo a un polvo fino.



Fotografía 7. Recolección de la arena gruesa.



Fotografía 8. Todos los materiales adquiridos listos para la elaboración de los especímenes.



Fotografía 9. Cuarteo de muestra de arena gruesa



Fotografía 10. Lavado de la arena gruesa.



Fotografía 11. Secado de muestra de arena gruesa.



Fotografía 12. Colocación del material en los tamices para caracterización granulométrica.



Fotografía 13. Ensayo de caracterización granulométrica del agregado fino.



Fotografía 14. Medida del peso del material retenido en cada tamiz.



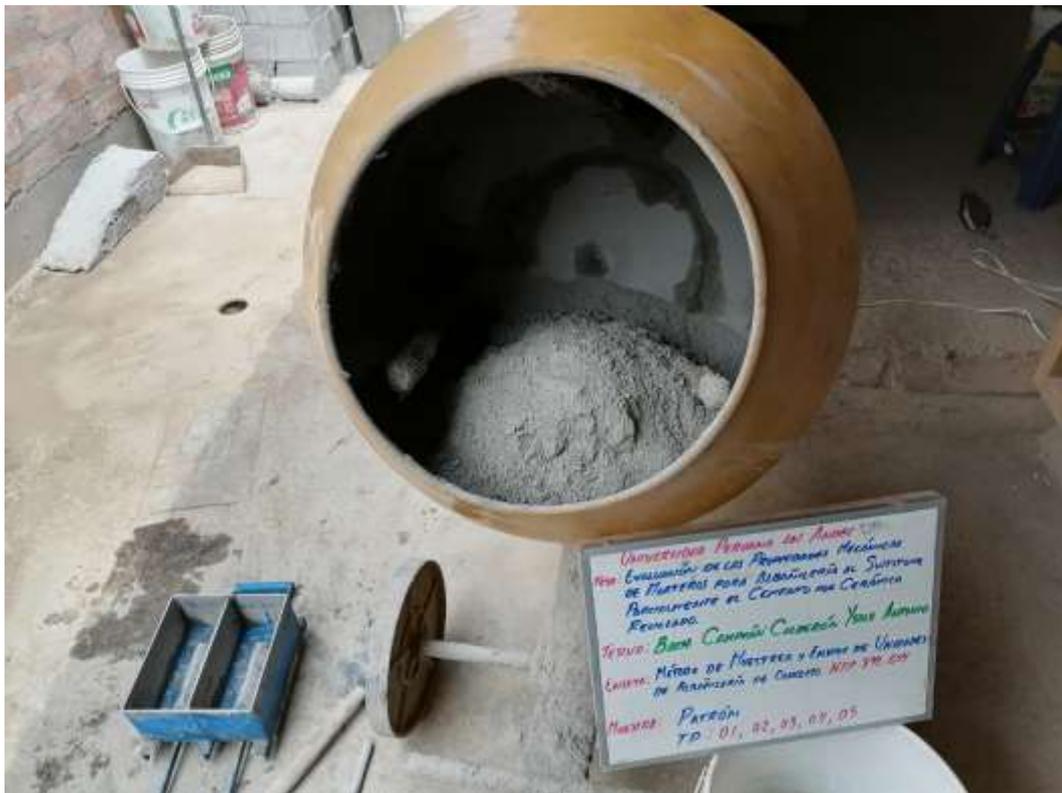
Fotografía 15. Ensayo de caracterización granulométrica del cerámico reciclado.



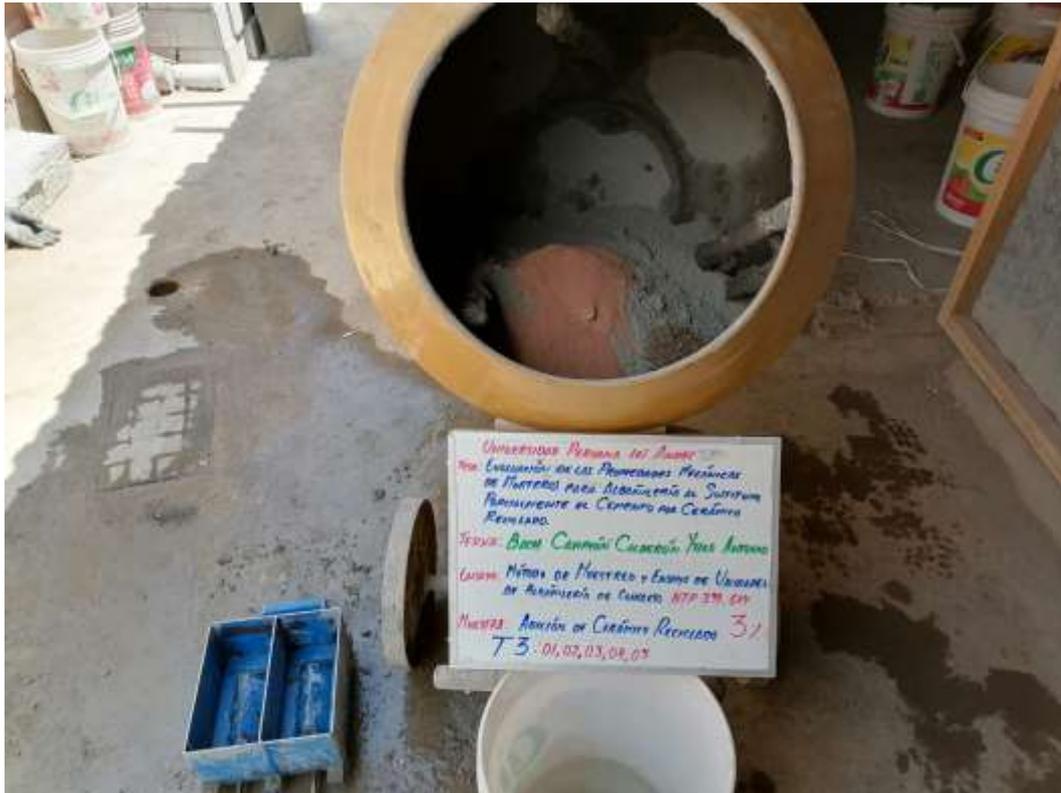
Fotografía 16. Ensayo de caracterización granulométrica para la separación del cerámico reciclado.



Fotografía 17. Dosificación del cerámico reciclado para la elaboración del mortero.



Fotografía 18. Mezclado del mortero patrón.



Fotografía 19. Mezclado del mortero con 3 % de sustitución del cemento por cerámico reciclado.



Fotografía 20. Mezclado del mortero con 6 % de sustitución del cemento por cerámico reciclado.



Fotografía 21. Mezclado del mortero con 9 % de sustitución del cemento por cerámico reciclado.



Fotografía 22. Mezclado del mortero con 12 % de sustitución del cemento por cerámico reciclado.



Fotografía 23. Ladrillo King Kong de 18 huecos industrial.



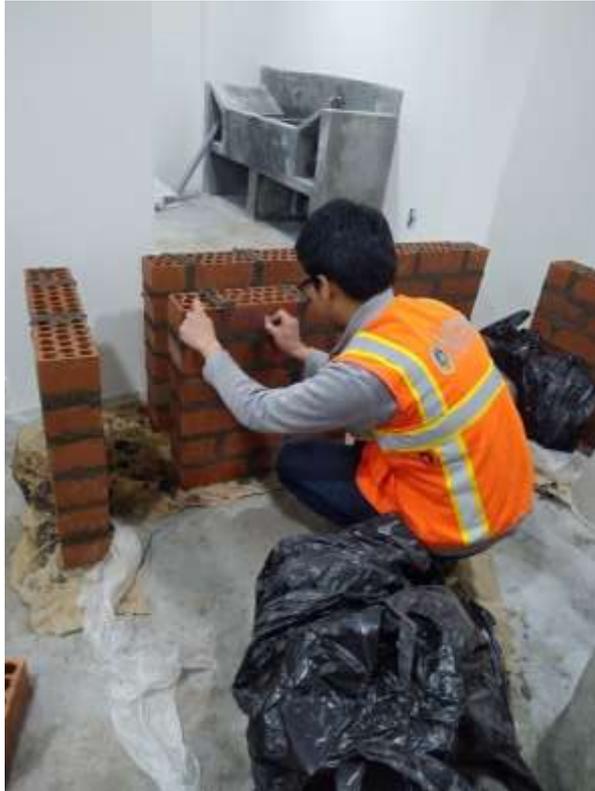
Fotografía 24. Marcado de los muretes de albañilería.



Fotografía 25. Dos prismas de albañilería del grupo patrón.



Fotografía 26. Comprobación de la calidad de los prismas.



Fotografía 27. Marcado y comprobación del proceso de curado de los muretes.



Fotografía 28. Se aprecian los muretes y prismas del grupo de 3 %.



Fotografía 29. Se observan los prismas y muretes del grupo de 6 %.



Fotografía 30. Muretes y prismas del grupo de 9 %.



Fotografía 31. Proceso de curado de los muretes.



Fotografía 32. Curado de muretes.



Fotografía 33. Prismas y muretes en el laboratorio de estructuras de la Facultad de Ingeniería de la UPLA.



Fotografía 34. Testigo de mortero después de ensayo de resistencia a la compresión.



Fotografía 35. Testigo de mortero listos para el ensayo de resistencia a la compresión.



Fotografía 36. Mortero a los 28 días de edad.



Fotografía 37. Prisma fracturado luego de ensayo de resistencia a la compresión.



Fotografía 38. Ensayo de resistencia a la compresión de prisma de albañilería.



Fotografía 39. Otro prisma después del ensayo de resistencia a la compresión axial.



Fotografía 40. Colocación de prisma en el equipo de compresión.



Fotografía 41. Asistente técnico supervisando los ensayos.



Fotografía 42. Ensayo de resistencia a la compresión diagonal de murete de albañilería.



Fotografía 43. Nótese la fractura diagonal en el murete.



Fotografía 44. Luego de los ensayos, se hace evidente la falla por corte en los muretes.



Fotografía 45. Supervisión de la realización de los ensayos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería por el asesor, Ing. Christian Mallaupoma.