

UNIVERSIDAD CATOLICA DE TRUJILLO
BENEDICTO XVI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DENSIDAD DE MORTEROS”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

AUTOR (ES)

Acosta Sanchez, Nilda Yesenia

Saldaña Luis, Renzo Aldair

ASESOR

Mg. Luis Alva Reyes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Vivienda, saneamiento y transporte

TRUJILLO-PERÚ
2022



Acta de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis para obtener la Titulación Profesional

En la ciudad de Trujillo, a los 03 días del mes de febrero del 2022, siendo las 16:00 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en

INGENIERIA CIVIL

(Indicar el Programa de Estudios)

Especialidad: _____
(De ser el caso)

mediante la Modalidad de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis de(l) (la)

Bachiller: ACOSTA SANCHEZ NILDA YESENIA

(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y DENSIDAD DE MORTEROS”

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) mencionado(a) Bachiller fue

APROBADO
(Aprobado o desaprobado (*))

por

UNANIMIDAD

(En caso de ser aprobado: Unanimidad o mayoría o grado de excelencia (**))

emitiéndose el calificativo final de

DIECISIETE

(Letras)

17

(Números)

Siendo las 17:00 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Ing. Fernando Aristides Saldaña Milla

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Secretario: Mg. Ing. John Bejarano Guevara

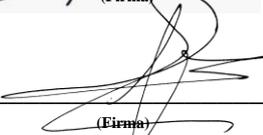
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Vocal: Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

(*) **Desaprobado:** 0-13; **Aprobado:** 14-20

(**) **Mayoría:** Dos miembros del jurado aprueban; **Unanimidad:** todos los miembros del jurado aprueban; **Grado de excelencia:** promedio 19 a 20



Acta de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis para obtener la Titulación Profesional

En la ciudad de Trujillo, a los 03 días del mes de febrero del 2022, siendo las 16:00 horas se reunieron los miembros del Jurado designado por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura para evaluar la tesis de Titulación Profesional en

INGENIERIA CIVIL

(Indicar el Programa de Estudios)

Especialidad: _____
(De ser el caso)

mediante la Modalidad de Presentación, Sustentación y Aprobación de Tesis de(l) (la)

Bachiller: SALDAÑA LUIS RENZO ALDAIR

(Apellidos y Nombres)

quien desarrolló la Tesis Titulada:

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION Y DENSIDAD DE MORTEROS”

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) mencionado(a) Bachiller fue

APROBADO
(Aprobado o desaprobado (*))

por

UNANIMIDAD

(En caso de ser aprobado: Unanimidad o mayoría o grado de excelencia (**))

emitiéndose el calificativo final de

DIECISIETE

(Letras)

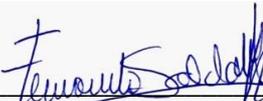
17

(Números)

Siendo las 17:00 horas concluyó la sesión, firmando los miembros del Jurado.

Presidente: Mg. Ing. Fernando Aristides Saldaña Milla

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Secretario: Mg. Ing. John Bejarano Guevara

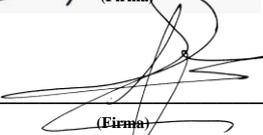
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

Vocal: Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes

(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)



(Firma)

(*) **Desaprobado:** 0-13; **Aprobado:** 14-20

(**) **Mayoría:** Dos miembros del jurado aprueban; **Unanimidad:** todos los miembros del jurado aprueban; **Grado de excelencia:** promedio 19 a 20

FORMULARIO DE CESIÓN DE DERECHOS PARA LA PUBLICACIÓN DIGITAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Moche 04 de febrero del 2022

A: Mg. Ing. Breitner Diaz Rodriguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Nombres y apellidos de cada investigador (a):

Yo Nosotros (as)

Br. Acosta Sanchez Nilda Yesenia

Br. Saldaña Luis Renzo Aldair

Autor (es) de la investigación titulada:

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO
SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN Y DENSIDAD DE MORTEROS

Sustentada y aprobada el 03 de febrero del 2022 para optar el Grado Académico/ Título
Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CEDO LOS DERECHOS a la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI para publicar por
plazo indefinido la versión digital de esta tesis en el repositorio institucional y otros, con
los cuales la universidad firme convenio, consintiendo que cualquier tercero podrá acceder
a dicha obra de manera gratuita pudiendo visualizarlas, revisarlas, imprimirlas y/o
grabarlas siempre y cuando se respeten los derechos de autor y sea citada correctamente.
En virtud de esta autorización, la universidad podrá reproducir mi tesis en cualquier tipo
de soporte, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y
preservación.

Declaro que la tesis o trabajo de investigación es una creación de mi autoría o coautoría
con titularidad compartida, y me encuentro facultada(o)(s) a conceder la presente
autorización y además declaro bajo juramento que dicha tesis no infringe los derechos de
autor de terceras personas.

Asimismo, declaro que el CD-ROM que estoy entregando a la UCT, con el archivo en formato PDF y WORD (.docx), como parte del proceso de obtención del Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado.

Por ello, el tipo de acceso que autorizo es el siguiente: (Marcar con un aspa (x); una opción)

Categoría de	Descripción del Acceso Marcar con acceso	X
ABIERTO	Es público y será posible consultar el texto completo. Se podrá visualizar, grabar e imprimir.	X
RESTRINGIDO	Solo se publicará el abstract y registro del metadato con información básica.	

OPCIONAL – LICENCIA CREATIVE COMMONS.

Una licencia **Creative Commons** es un complemento a los derechos de autor que tiene como fin proteger una obra en la web. Si usted concede dicha licencia mantiene la titularidad y permite que otras personas puedan hacer uso de su obra, bajo las condiciones que usted determine.

No, deseo otorgar una licencia Creative Commons

Si, deseo otorgar una licencia Creative Commons. **X**

Si opta por otorgar la licencia Creative Commons, seleccione una opción de los siguientes permisos:

CC-BY: Utilice la obra como desee, pero reconozca la autoría original. Permite el uso comercial.	X
CC-BY-SA: Utilice la obra como desee, reconociendo la autoría. Permite el uso comercial del original y la obra derivada (traducción, adaptación, etc.), su distribución es bajo el mismo tipo de licencia.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-ND: Utilice la obra sin realizar cambios, otorgando el reconocimiento de autoría. Permite el uso comercial o no comercial.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC: Utilice la obra como desee, reconociendo la autoría y puede generar obra derivada sin la misma licencia del original. No permite el uso comercial.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC-SA: Utilice la obra reconociendo la autoría. No permite el uso comercial de la obra original y derivada, pero la distribución de la nueva creación debe ser bajo el mismo tipo de licencia.	<input type="checkbox"/>
CC-BY-NC-ND: Utilice y comparte la obra reconociendo la autoría. No permite cambiarla de forma alguna ni usarlas comercialmente.	<input type="checkbox"/>

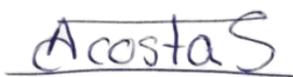
Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Acosta Sanchez Nilda Yesenia

DNI: 77173615

Teléfono celular: 902775845

Email: nilda.acosta@uct.edu.pe

Handwritten signature of Nilda Acosta in blue ink, written over a horizontal line.

Firma

Datos del investigador (a)

Nombres y Apellidos: Saldaña Luis Renzo Aldair

DNI: 70363612

Teléfono celular: 974914612

Email: renzo.saldana@uct.edu.pe

Handwritten signature of Luis Renzo Saldaña in blue ink, written over a horizontal line.

Firma

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Monseñor Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

Fundador y Gran Canciller de la UCT Benedicto XVI

R.P. Dr. Jhon Joseph Lydon McHugh, O.S.A.

Rector

Dra. Silvia Valverde Zavaleta

Vicerrectora Académica

Dr. Carlos Alfredo Cerna Muñoz PhD.

Vicerrector de Investigación

Mg. Breitner Guillermo Díaz Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Mons. Ricardo Exequiel Angulo Bazauri

Gerente de Desarrollo Institucional

Ing. Marco Antonio Dávila Cabrejos

Gerente de Administración y Finanzas

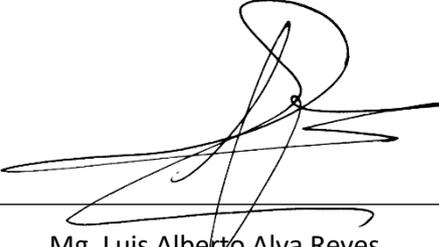
Mg. José Andrés Cruzado Albarrán

Secretario General

APROBACION DEL ASESOR

Yo Mg. Luis Alberto Alva Reyes con DNI N° 42013371 como asesor del trabajo de investigación “Influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión y densidad de morteros” desarrollado por los bachilleres Acosta Sanchez Nilda Yesenia y Saldaña Luis Renzo Aldair con DNI N° 77173615 y DNI N° 70363612 respectivamente, del Programa Profesional de ingeniería de Ingeniería Civil, considero que dicho trabajo de investigación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de investigación de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de ingeniería y Arquitectura.



Mg. Luis Alberto Alva Reyes

ASESOR

PAGINA DE JURADO



Mg. Ing. Fernando Arístides Saldaña Milla

PRESIDENTE



Mg. Ing. John Bejarano Guevara

SECRETARIO



Mg. Ing. Luis Alberto Alva Reyes

VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado principalmente a DIOS por ser mi guía en cada momento y por permitirme cumplir una de mis metas.

A mis padres por ser mi fortaleza y apoyo. Por su confianza y amor infinito que siempre depositan en mí, los amo.

A mis queridas hermanas y mi hermano, por su comprensión y paciencia, los quiero mucho.

A mi difunta prima Karen Julca Acosta, que siempre la llevare en mi corazón.

Acosta Sanchez Nilda Yesenia

Autora

DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación está dedicado a Dios por ser quien guía mi camino,
permitiéndome llegar a realizar uno de mis sueños más anhelados.*

A mis padres por ser mi fuente de inspiración y haberme acompañado en este trayecto.

A mis hermanos por su apoyo incondicional.

Saldaña Luis Renzo Aldair

Autor

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi fortaleza y mi guía

A don Raul y su esposa Rina por su apoyo en los momentos difíciles

A mis amigas Vanessa y Shirley por todo el apoyo que me brindaron

A nuestro asesor por su orientación y paciencia en este trabajo de investigación

A la UCT por acogernos y brindarnos docentes de calidad.

Los Autores

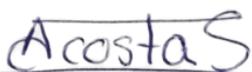
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Nilda Yesenia Acosta Sanchez con DNI 77173615 y Renzo Aldair Saldaña Luis con DNI 70363612, egresados del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DENSIDAD DE MORTEROS”, el cual consta de un total de 94 páginas, en las que se incluye 27 tablas y 12 figuras, más un total de X páginas en apéndices y/o anexos.

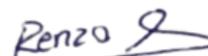
Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 20%, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

Los autores



DNI 77173615



DNI 70363612

INDICE DE CONTENIDO

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1. Planteamiento del problema	19
1.2. Formulación del problema	19
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos	20
1.3. Formulación de objetivos	20
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Justificación de la investigación	21
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.2. Bases teórico científicas	28
2.2.1. Morteros	28
2.2.2. Propiedades de los morteros	29
2.2.3. Tipos de morteros	31
2.2.4. Componentes del Mortero	34
2.2.5. Agregados	38
2.2.6. Agua de mezcla	40
2.2.7. Aditivos	42
2.2.8. Resistencia a la compresión	43
2.2.9. Ceniza de cascarilla de arroz	44
2.3. Definición de términos básicos	46
2.4. Formulación de hipótesis	46
2.4.1. Hipótesis general	46
2.4.2. Hipótesis específicas	47

2.5. Operacionalización de variables	48
III. METODOLOGÍA	48
3.1. Tipo de investigación	49
3.2. Métodos de investigación	49
3.3. Diseño de investigación	49
3.4. Población, muestra y muestreo	49
3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos	49
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	50
3.7. Ética investigativa	53
IV. RESULTADOS	54
4.1. Presentación y análisis de resultados	54
4.2. Prueba de hipótesis	63
4.3. Discusión de resultados	70
V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	73
5.1. Conclusiones	73
5.2. Sugerencias	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	79
Anexo 1: Matriz de consistencia	80
Anexo 2: Registro fotográfico	83
Anexo 3: Análisis estadístico con SPSS	86
Anexo 4: Análisis de Costos Unitarios	90
Anexo 5: Resultados experimentales	93

Índice de figuras

Figura 1 Principales regiones productoras de arroz	45
Figura 2 Composición química de los cementos (% en masa).....	52
Figura 3 Resistencia a la compresión vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz. 54	
Figura 4 Densidad vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.....	55
Figura 5 Línea de tendencia: resistencia a la compresión vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	56
Figura 6 Línea de tendencia: densidad vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	57
Figura 7 Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión de morteros. Tendencia lineal.....	58
Figura 8 Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión de morteros. Tendencia polinómica.	59
Figura 9 Densidad y resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	60
Figura 10 Comparación de costos de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	62
Figura 11 Variación de la resistencia a la compresión de morteros para tabiquería con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	69
Figura 12 Variación de la densidad de morteros para tabiquería con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	69

Índice de tablas

Tabla 1	Uso de los morteros según su tipo	33
Tabla 2	Composición química de los cementos (% en masa).....	34
Tabla 3	Compuestos químicos del cemento.....	36
Tabla 4	Tipos de cementos portland	37
Tabla 5	Requisitos de granulometría que debe cumplir el agregado fino.....	39
Tabla 6	Límites de sustancias deletéreas en agregados finos para concreto.....	40
Tabla 7	Límites máximos permisibles en el agua	41
Tabla 8	Aguas no aceptables en las mezclas de mortero	42
Tabla 9	Tipos de aditivos según la norma ASTM C-494	42
Tabla 10	Edades de ensayos.....	44
Tabla 11	Composición química de la cascarilla de arroz	45
Tabla 12	Operacionalización de variables	48
Tabla 13	Dosificación de norma NTP 334.051-para 6 cubos.....	50
Tabla 14	Comparación de costos de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.	61
Tabla 15	Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión en kgf/cm² de morteros con ceniza de cascarilla de arroz	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16	Prueba de Tukey (medias) para la densidad en g/cm³ de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17	ANOVA para la resistencia a la compresion en kg/cm² de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18	ANOVA para la densidad en g/cm³ de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19	Correlación de Pearson para la resistencia a la compresión y densidad de morteros.	67
Tabla 20	Correlación Spearman para la resistencia a la compresión y densidad de morteros.	68
Tabla 21	Matriz de consistencia	81
Tabla 22	Análisis de precios unitarios	91
Tabla 23	Análisis de precios unitarios al 5%	91
Tabla 24	Análisis de precios unitarios al 10%	92

Tabla 25 Análisis de precios unitarios al 15%	92
Tabla 26 Peso seco y densidad de los ensayos a 28 días.	94
Tabla 27 Resistencia a la compresión de los ensayos a 28 días.	94

RESUMEN

Este proyecto de investigación tuvo como propósito determinar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se obtienen mejores propiedades del mortero con respecto a la resistencia a la compresión y densidad.

Para cumplir con este propósito se planteó usar como sustitución parcial del cemento ceniza de cascarilla de arroz en proporciones de 0%, 5%, 10% y 15%, en moldes cúbicos de 5cm por lado, sometiénolas a un proceso de curado durante 28 días.

Una vez cumplido con los 28 días de curado, se procedió a determinar el peso de cada mortero con ayuda de una balanza, los datos obtenidos fueron recolectados para después ser procesados, como siguiente paso se realizó el ensayo de resistencia a la compresión con ayuda de una prensa hidráulica, los datos obtenidos experimentalmente fueron anotados para posteriormente analizarlos y compararlos entre los diferentes porcentajes.

Los resultados fueron procesados, concluyendo que el porcentaje que mejor se adaptó y con el cual se obtuvo una mejor resistencia a la compresión fue con el de 5% debido a que supero al grupo control, en el caso de la densidad sucedió lo contrario puesto que con el que se obtuvo mejores resultados fue con el porcentaje de 15%, asimismo se determinó que existe una correlación lineal como no lineal entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros.

ABSTRACT

The purpose of this research project was to determine the percentage of rice husk ash with which better mortar properties are obtained with respect to compressive strength and density.

To fulfill this purpose, it was proposed to use rice husk ash as a partial substitute for the cement in proportions of 0%, 5%, 10% and 15%, in cubic molds of 5cm per side, subjecting them to a curing process for 28 days.

Once the 28 days of curing were completed, the weight of each mortar was determined with the help of a scale, the data obtained was collected and then processed, as a next step the compressive strength test was carried out with the help of a hydraulic press, the data obtained experimentally were recorded for later analysis and comparison between the different percentages.

The results were processed, concluding that the percentage that best adapted and with which a better compressive strength was obtained was 5% because it outperformed the control group, in the case of density the opposite happened since with which the best results were obtained was with the percentage of 15%, it was also determined that there is a linear and non-linear correlation between the compressive strength and density of mortars.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad la industria del cemento ha ido tomando más protagonismo que otros materiales de construcción, siendo uno de los factores su fácil adaptación con otros elementos, esto se ve reflejado en la publicación hecha por la Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM, 2019) puesto que se indica que en el año 2016 hubo una producción mundial de 4 129 millones de toneladas; este excesivo uso de cemento genera un severo impacto en el ambiente, ya que es un gran generador de CO₂, y por ende un contribuyente al efecto invernadero, por este motivo se han ido desarrollando nuevos estudios que permitan usar tanto los desechos de construcción como los de fábricas industriales, entre ellos destacan la ceniza volante, valvas de los moluscos, escoria de alto horno y ceniza de cascarilla de arroz.

En el Perú se ha realizado investigaciones donde se demuestra que el uso de materiales provenientes de las empresas industriales reacciona de manera eficiente al mezclarse con el cemento, es por este motivo que se ha decidido adicionar la ceniza de cascarilla de arroz en las mezclas de morteros, siendo una de las razones la cantidad de residuos que genera este producto, ya que según el informe del Ministerio de Agricultura y Riego “PERÚ: PRODUCCIÓN, IMPORTACIONES Y PRECIOS DEL ARROZ, en el año 2018 hubo una producción de 2,1 millones de toneladas dejando como consecuencia una elevada cantidad de residuos, la segunda razón es por su composición química ya que esta posee un 94.3 % de ceniza de sílice SiO₂ (Novoa M., Becerra D., Piñeros M.) lo que demuestra que tendrá una excelente reacción al mezclarse con el óxido de calcio CaO, y por ende los morteros tendrán una buena resistencia.

Debido a lo antes mencionado y con el propósito de reutilizar este desecho en favor del medio ambiente, esta investigación pretende usar la ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento y así mismo estudiar su comportamiento para ello se pretende evaluar su densidad y resistencia a la compresión.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros?
- ¿Cuál es el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros?
- ¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos?
- ¿Cuál es la variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos?
- ¿Existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento?
- ¿Cómo varían los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento?

1.3. Formulación de objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión y densidad de morteros.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros.
- Determinar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros.
- Analizar la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos.
- Analizar la variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos.
- Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.
- Comparar los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

1.4. Justificación de la investigación

Justificación económica

Debido a que la siembra de arroz es abundante en el Perú, sobre todo en las zonas de San Martín con un 22 % de producción, Piura con un 19%, Lambayeque con un 13% y La Libertad con 11%, se considera que habrá suficiente residuo para usarla como sustitución parcial del cemento, a ello podemos agregar que su proceso de transformación a ceniza no es muy sofisticado, por lo que se considera rentable usarla en la elaboración de morteros.

Justificación tecnológica

Esta investigación se realiza con el propósito de darle un uso más eficiente a la ceniza de cascarilla de arroz, por ello se plantea que sustituya parcialmente al cemento en las mezclas de morteros, mejorando así sus propiedades físicas y mecánicas y que a la vez mantenga su buena trabajabilidad.

Justificación ambiental

En los últimos años el aumento de la siembra de arroz ha ido ocupando más espacio en la superficie terrestre. En el Perú entre los años 2015 y 2016 este producto ocupó un total de 417, 42 mil hectáreas (Ministerio de Agricultura y Riego: Informe del Arroz, 2017), dejando como consecuencia después de la cosecha una acumulación desfavorable de residuos y perjudicial para el medio ambiente, puesto que los agricultores tienden a quemarlo dañando de esta manera el suelo, ya que con esto están impidiendo la incorporación de nutrientes asíndolo dependiente a los químicos, a la vez esta quema también genera grandes cantidades de dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y azufre que vienen a contribuir aún más con el efecto invernadero.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Younes et al. (2018) en su artículo titulado “Utilization of rice husk ash and waste glass in the production of ternary blended cement mortar composites” se planteó como objetivo de estudio la reutilización de los desechos de ceniza de cascarilla de arroz como sustituto parcial del cemento en morteros, para ello agregaron tres proporciones diferentes de ceniza de cáscara de arroz, 2.5%, 5% y 10%, así como los morteros convencionales. Los morteros elaborados fueron curados durante tiempos diferentes. 3, 7, 28, 60 y 90 días. Los valores de resistencia a la compresión de los morteros modificados con ceniza de cascarilla de arroz fueron más altos que los del grupo control, llegando a la conclusión que la proporción de 5% de ceniza de cascarilla de arroz mejora notablemente la resistencia a la compresión en las muestras.

Fapohunda et al. (2017) realizó un artículo titulado “Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement – A review”, cuyo objetivo principal es promover y reemplazar parcialmente al cemento por ceniza de cascarilla de arroz, para ello realizaron una revisión literaria de diferentes trabajos de investigación. Concluyendo que las muestras de morteros con ceniza de cascarilla de arroz tienen una mayor demanda de agua; por otro lado, las proporciones menores o iguales al 10% de ceniza de cascarilla de arroz dan resultados de resistencia a la compresión similares a los del grupo control.

Sanou et al. (2019) en su trabajo de investigación titulado “Study of the Mechanical Behaviour of Mortars Modified with Rice Husk Ash”, planteó como objetivo evaluar la resistencia mecánica de los morteros con ceniza de cascarilla de arroz. Para ello, obtuvieron ceniza de cascarilla de arroz a una temperatura controlada de 680 °C en un periodo de tiempo de 5 horas para activar sus propiedades puzolánicas. Los valores químicos y mineralógicos de la ceniza de cascarilla de arroz mostraron que contiene bastante sílice amorfa, su tasa de fijación a la cal es del 100% y tiene una excelente actividad puzolánica en tan solo 7 días de tratamiento. Los resultados de este trabajo

arrojaron que la presencia de ceniza de cascarilla de arroz, contribuye a su resistencia mecánica.

Jamil (2016) en artículo titulado “Physical and chemical contributions of Rice Husk Ash on the properties of mortar”, el cual tiene como principal objetivo determinar las contribuciones físicas y químicas de la ceniza de cascarilla de arroz sobre las propiedades del mortero. Para esto, se reemplazó parcialmente el cemento con ceniza de cascarilla de arroz en porcentajes de 2.5%, 5%, 7% y 20%. El valor más alto de resistencia a la compresión obtenida es de 10.1 MPa (102.99Kg/cm²) con un 20% de reemplazo del cemento a 90 días de curado. Llegando a la conclusión que la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades del mortero se basa fundamentalmente en la actividad puzolánica de la ceniza de cascarilla de arroz.

Chíndaprasirt (2008) en su trabajo de investigación titulado “Strength, porosity and corrosion resistance of ternary blend Portland cement, rice husk ash and fly ash mortar, cuyo propósito es evaluar la resistencia mecánica, porosidad y resistencia a la corrosión del mortero con ceniza de cascarilla de arroz. Para ello, se elaboraron mezclas de mortero con porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz reemplazando parcialmente al cemento, posteriormente se probó la resistencia mecánica, porosidad y la corrosión acelerada con voltaje impreso (ACTIV). Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los trabajos de diferentes investigadores, los cuales nos muestran que el mortero con ceniza de cascarilla de arroz, proporciona mejor resistencia a la compresión en el nivel más bajo de sustitución y a una edad posterior que la del grupo control. Por otro lado, la porosidad del mortero aumenta a medida que el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz es mayor. Y la resistencia a la corrosión del mortero reemplazado parcialmente con la ceniza de cascarilla de arroz es mayor que la del mortero convencional. Llegando así a la conclusión que el mortero que contiene ceniza de cascarilla de arroz es muy eficaz para mejorar sus propiedades.

Muthukrishnan (2019) realizó un artículo titulado “Application of rice husk biochar and thermally treated low silica rice husk ash to improve physical properties of cement mortar” nos menciona que la ceniza de cascarilla de arroz, es un subproducto industrial, de las fábricas en donde trabajan con el arroz, se han realizado observaciones para reemplazar

la ceniza de cascarilla de arroz por el cemento en el mortero estructural. Pero debido al proceso de calcinación incontrolado con el que se desarrolla, afectaría a la durabilidad del mortero por contener partículas de cascarilla sin quemar. En este trabajo se investiga la operación de calcinación para adquirir de la ceniza de cascarilla de arroz propiedades químicas y físicas mejoradas, para que posteriormente pueda reemplazarse con el cemento en el mortero. Además, reemplazan un 10% y 40% de cemento con ceniza de cascarilla de arroz para mejorar sus propiedades mecánicas y la durabilidad del mortero, y se realizó una comparación con el grupo control. Los resultados obtenidos en estos estudios, arrojaron que la resistencia fue parecida a la del grupo control, además, en el mortero con adición se apreció una menor permeabilidad al agua, esto quiere decir que nos ofrece una mejor durabilidad. El mortero con adición mostro mejora de sus propiedades mecánicas a ensayos de largo plazo (120 días) y ofreció una mejora en cuanto a su estanqueidad al agua, determinándose un 23% menor que la del grupo control. El estudio sugiere valorizar la industria con este subproducto y aprovecharlos en los materiales de construcción cementosos.

Torres (2019) en su trabajo de investigación titulado “Critical aspects in the handling of reactive silica in cementitious materials: Effectiveness of rice husk ash vs nano-silica in mortar dosage” se planteo evaluar la efectividad de la ceniza de cascarilla de arroz frente al nano-sílice en dosificación del mortero, para ello nos menciona que para la elaboración del cemento se emplea nano-sílice y esto puede llevar a riesgos laborales, contaminación ambiental y además que tiene un alto costo. La ceniza de cascarilla de arroz está compuesta de sílice y puede emplearse fácilmente como nano-sílice. Por otra parte, los morteros con la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz alcanzan mayor resistencia a la compresión, además brindan menor porosidad. Por mencionadas razones el uso de la ceniza de cascarilla de arroz resulta ser viable como adición. Además de que este subproducto proviene de recursos agrícolas, reduce costos de producción.

Angulo (2017) en su tesis titulada “Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I, Trujillo 2017” cuyo objetivo fue evaluar la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz en la resistencia a la compresión, sorptividad y densidad del mortero de cemento con una dosificación de cemento y arena 1:4. Para ello realizó pruebas con

ceniza de cascarilla de arroz como reemplazante del agregado fino en porcentajes del 0%, 1%, 2%, 3% y 4 %. Para los ensayos utilizaron probetas cúbicas de mortero de 5 cm de lado, elaborados cemento Pacasmayo Tipo con una relación agua/cemento constante de 0.80. Para posterior mente ser sometidos a ensayos de resistencia a la compresión. Los resultados mostraron que el porcentaje ideal fue el de 2% con resistencia a la compresión de 91.5 kg/cm².

Novoa (2016) en su trabajo de investigación titulada “La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero” se plateó evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un mortero utilizando ceniza de cascarilla de arroz. Para ello se presentó la elaboración de mortero para la colocación de cerámicas, reemplazando el agregado fino con la ceniza de la cascarilla de arroz, debido a que este está compuesto químicamente de una gran cantidad de sílice. Se reemplazó el agregado fino de 5% a 25% de ceniza de cascarilla de arroz, para analizar así sus propiedades físico-químicas y su resistencia, proponiendo así la disminución de la explotación de la arena y por ende se estaría contribuyendo con el medio ambiente. Se mostraron resultados factibles en el cual con el 20% de ceniza de cascarilla de arroz se genera una resistencia comparable con el convencional.

Olutoge (2019) en su artículo titulado “Effects of rice husk ash prepared from charcoal-powered incinerator on the strength and durability properties of concrete” cuyo objetivo es evaluar las propiedades de resistencia y durabilidad del concreto, para ello cita que para una propuesta de reemplazo de ceniza de cascarilla de arroz por el cemento se requiere una ceniza de alta calidad para el mejor aprovechamiento de sus propiedades. Este trabajo de estudio aplica en sus operaciones de calcinación de ceniza de cascarilla de arroz un incinerador de carbón accesible y barato, para que posteriormente se realicen ensayos de resistencia y durabilidad con la aplicación del reemplazo de ceniza en el concreto. Para ello se realizaron pruebas en las cuales se reemplazó al cemento en un 0%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% y 15% de ceniza, en peso, para elaborar concreto con ceniza de cascarilla de arroz. Luego se hicieron ensayos de resistencia y durabilidad en el concreto con ceniza. Los resultados arrojaron que tanto la resistencia, como la durabilidad disminuyen. La densidad aparente se reducía mientras más ceniza se incorporaba. A pesar de que en el estudio no se

observan resultados favorables, se pueden rescatar algunas propiedades, haciendo que el concreto con ceniza de cascarilla de arroz pueda ser aplicable.

Vásquez (2013) en su trabajo de investigación titulado “Ceniza de cáscara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto” empleó la cascarilla de arroz con y sin haber recibido pre operaciones, para la elaboración de morteros ligeros con porcentajes de adición de hasta el 30% de ceniza de cascarilla de arroz en periodos de tiempo de curado de 3,7 y 28 días. Se analizaron propiedades tales como la densidad, resistencia a la compresión y flexión de los morteros elaborados. Dando como resultado que los cementos adicionados con ceniza de cascarilla de arroz presentan mayor resistencia a la compresión que un cemento convencional en mortero. Llegando así a la conclusión que la ceniza de cascarilla de arroz presenta una buena actividad puzolánica y cumpliendo a la vez con los requisitos de los índices de puzolana.

Giaccio (2006) en su investigación titulada “Aprovechamiento de la ceniza de cáscara de arroz para la elaboración de hormigones” nos enmarca en la importancia del problema, los objetivos y los procesos de este proyecto, y como primeros resultados se obtiene el diseño de mezcla. Además, van los resultados de la resistencia a la compresión sobre el concreto endurecido con diferentes relaciones agua/cemento que han sido elaborados con diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz. Y se realizan posteriores comparaciones de la del concreto con ceniza no manipulada (sin moler) y las cenizas que ya han pasado por un previo proceso de molido (siendo este el proceso convencional que se usa para desarrollar su actividad puzolánica)

Sua-iam (2019) en su trabajo de investigación nombrado “Workability and compressive strength development of self-consolidating concrete incorporating rice husk ash and foundry sand waste – A preliminary experimental study” se planteó examinar las propiedades del concreto auto compactante mezclado con ceniza de cascarilla de arroz sin tratar como sustitución parcial del cemento. Para ello, realizó ensayos con ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo del cemento en un 10% y 20%, desechos de arena de fundición como reemplazante al agregado fino y se trabajó con relaciones de agua/cemento de 0.35 y 0.45. Considerando la trabajabilidad y la resistencia del concreto. En este trabajo

se indica que la adición de ceniza de cascarilla de arroz y los desechos de arena de fundición reduce la capacidad de vaciado y la fluidez del concreto.

Pereira (2019) en su trabajo de investigación titulado “Effect of particle size, porous structure and content of rice husk ash on the hydration process and compressive strength evolution of concrete” cuyo objetivo es evaluar la resistencia a la compresión del concreto con ceniza de cascarilla de arroz. Para ello se realizó ensayos con cenizas de cascarilla de arroz de acuerdo al tamaño de partícula. Los resultados observados que el tamaño de la partícula influyó en la resistencia a la compresión a los 28 días y a los 91 días de ensayo el valor de resistencia fue más alto. Determinando que la elaboración de concreto con mezclado con la adición de ceniza de cascarilla de arroz aumenta su resistencia a edad avanzada.

Serrano (2012) en su trabajo de investigación titulado “Morteros aligerados con cascarilla de arroz: Diseño de mezclas y evaluación de propiedades” cuyo objetivo es analizar la influencia de la cascarilla de arroz con y sin pretratamiento en los morteros. Para ello, nos menciona que, con un tratamiento de calcinación adecuado de la ceniza de cascarilla de arroz, se ha podido obtener altas cantidades de sílice amorfa, con un gran contenido de SiO₂, con un área superficial y que, por ende, adquiere una alta actividad puzolánica. Por esta razón la ceniza de cascarilla de arroz nos brinda la actividad puzolánica deseada. Los estudios realizados con ceniza de cascarilla de arroz demuestran resultados positivos hasta con un 30% de adición. Debido a la importancia de la producción en abundancia del arroz en el Perú, se determina que las adiciones con cascarilla de arroz son viables.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Morteros

El libro “Pastas, morteros, adhesivos y hormigón” (Trujillo, 2012) nos dice que el mortero es la aleación uniforme de cemento, arena fina, agua y en ciertas ocasiones aditivos, puesto que estos ayudan a mejorar sus propiedades. Los morteros son ventajosos usarlos puesto que se adaptan con mayor facilidad a la superficie y el aplicarlas es mucho más fácil. Este autor considero que los morteros están más ligados a los trabajos de albañilería,

cumpliendo la función de amarre o como revestimiento. Si hablamos de su resistencia, nos dice que es la capacidad que tiene de soportar los esfuerzos a los cuales está siendo sometido sin sufrir daños; También añade que los morteros hechos a base de cemento poseen más resistencia que los morteros hechos con cal; sin embargo, los morteros con cal poseen mayor índice de plasticidad.

2.2.2. *Propiedades de los morteros*

Propiedades en estado plástico

a) Manejabilidad

Se refiere a la facilidad con la que esta mezcla se puede manejar, para usarla como elemento de pega en la albañilería, así como en el revestimiento. Se recomienda tener en cuenta el grado de consistencia de la mezcla si es seca o fluida cuando se halla en el proceso de fluidez (Molina, 2006).

b) Retención de agua

Es la capacidad que tiene el mortero de conservar su estado de plasticidad cuando se encuentra con una base absorbente. Pero esta propiedad puede ser aún mejor si se le adhiere un porcentaje de cal, puesto que una de sus propiedades de este elemento es que es un material plastificante, aunque también se le puede agregar los novedosos aditivos plastificantes o agregar aire (aire incorporado). El tiempo de secado y la resistencia dependerán de la cantidad de agua que se le haya agregado al mortero, puesto que tiene que ver en la hidratación del cemento (Molina, 2006).

c) Velocidad de endurecimiento

Tanto el tiempo de fraguado inicial como final tienen que tener un límite óptimo para que no afecte al elemento final. Esto puede depender bien del clima, la elaboración de la mezcla, así como de la mano de obra, aunque actualmente se suele controlar o mejorar con aditivos. Se recomienda seguir los requisitos de la norma técnica ASTM C-403 “Standard Test Method For Time Of Setting Of Concrete Mixtures BY Penetraion Resistance” (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), para obtener buenos resultados (Molina, 2006).

Propiedades en estado endurecido

a) Retracción

La retracción se refiere a la disminución del volumen de la mezcla, siendo una de las causantes la hidratación, y se da con más frecuencia en las mezclas que tienen una elevada relación de agua/cemento; si el agregado fino usado posee una estructura rugosa ayudara a evitar este inconveniente, puesto que formara una capa que controle las variaciones de volumen, así como los posibles agrietamientos. En los lugares donde suele presentarse elevadas temperaturas de calor y viento, el agua presente en el mortero tiende a evaporarse, dejando como secuelas agrietamientos, se tiene que tener cuidado con la base donde se coloca, puesto que si esta es bastante absorbente sucederá lo mismo. Para evitar esta retracción se recomienda que el cemento usado posea una baja retracción al secado y que el agregado tenga una granulometría óptima (Molina, 2006).

b) Adherencia

La adherencia es la capacidad que tiene el mortero de unirse con el material estructural, así como el de resistir tensiones normales y tangenciales (Navarro, 2011).

Si nos enfocamos en el tema de mampostería, para que el mortero tenga un buen agarre es recomendable que la base del elemento sea muy rugosa, para que la unión sea mucho más eficaz. Los morteros que poseen una buena plasticidad, buena adherencia, buena capacidad de retener agua y que la base donde se va a colocar no necesariamente tiene que estar mojada, son los que mejor se adaptan (Molina, 2006).

c) Resistencia a la compresión

Para que el mortero tenga una buena resistencia a la compresión se tiene que calcular la cantidad exacta de material cementante a usar, así como también, es necesario tener una medida adecuada de la relación agua/cemento (De La Sotta, 2010).

d) Durabilidad

Entre sus características esta que tienen que ser resistentes a los agentes corrosivos, a las bajas temperaturas, a la incorporación de agua. Se piensa que los morteros que poseen una buena resistencia a la compresión, también tienen una muy buena durabilidad, pero se

recomienda que si se va a usar en zonas agresivas usemos incorporadores con aire (Navarro, 2011).

e) Permeabilidad

Es la propiedad que tiene un elemento de dejar pasar el agua o el aire. Los morteros que se encuentran bien trabajados, con las dosificaciones exactas, pueden dar excelentes resultados, como lograr que la mezcla sea mucho más resistente a la permeabilidad (Alas, Cañas y Vásquez, 2012).

f) Eflorescencia

La eflorescencia se da por el contenido de sales que hay en el agua una vez que esta se encuentra aplicado en la pared. La adherencia de cal ayudara a evitar este suceso, puesto que ara que este motero no sea tan permeable (Alas, Cañas y Vásquez, 2012).

g) Apariencia

El área donde se suele tomar más encuesta la apariencia de los morteros es en el área de mampostería, donde este es más apreciable, es por ello que factores como la buena plasticidad, la selección adecuada de los agregados y las dosificaciones exactas jugaran un papel importante en el acabado final. Se puede hacer uso de aditivos para mejorar su color, así como su textura (Molina, 2006).

h) Comportamiento ante el fuego

Actualmente existen dos formas para ver el comportamiento ante un incendio, una es la reacción M y la otra la resistencia que opone ante un incendio. El segundo lo divide en 5 grupos, M_0, M_1, M_2, M_3, M_4 , esto clasifica de manera ascendente como es que favorece el incremento del incendio. La norma básica de edificaciones C-PI-96 puso a los morteros en el rango de no peligrosos M_0 , lo que quiere decir que este no es un no actuara como un elemento combustible ante la aparición de calor. La norma europea pr EN 135051-1 (norma europea sobre seguridad ante incendio en los edificios), dentro de sus parámetros también ha considerado oportuno clasificarlos según el grado combustibilidad, estando el mortero dentro de los rangos más bajos A1 (Rodríguez, 2003).

2.2.3. Tipos de morteros

Mortero de cemento portland

El mortero de cemento portland es la aleación de arena fina, agua y cemento. Sus propiedades le permiten obtener una alta resistencia, endurecimiento y un secado más veloz. Pero una de sus desventajas es que no es muy flexible, por lo que tiene más probabilidades de agrietarse. En algunas ocasiones se usan arenas con ciertos porcentajes de arcilla, esto se hace con el objetivo de que el mortero sea más trabajable, pero se ha demostrado que estos no son tan resistentes. Se tiene que tener en cuenta que, si el cemento no es agregado según las proporciones del diseño de mezcla, este podría no ser tan trabajable. Por otra parte, si el mortero tiene demasiado cemento, provocara altos índices índices de retracción en el proceso de secado (Apayco, Carhuaricra, Ramos, Salazar, Tafur y Vera, 2016).

El Arq. González, J. (2016) describió al mortero de cemento portland como un elemento que posee una elevada resistencia a edades tempranas, al igual que indico que posee con una extraordinaria resistencia cuando este se encuentra en estado endurecido. Muy aparte, considera que la trabajabilidad del mortero no solo depende de las dosificaciones, sino que depende del tipo de agregado fino que se está usando. Una de las desventajas que menciono el autor con respecto a este mortero, es que no tiene mucha plasticidad, no es capaz de retener mucha agua y no es muy trabajable.

Mortero de cal

Este mortero está conformado por arena fina, agua y como elemento principal la cal. Es un mortero muy antiguo, se calcula que se empezó a usar desde el siglo cuarto A.C., y se sabe que fue empleado por los romanos y griegos. Uno de los factores por los que dejó de ser tan utilizado fue por la aparición del cemento portland (siglo XIX), puesto que este cemento demostró tener ventajas como fácil trabajabilidad y buena resistencia, pero a pesar de estas buenas características, se considera que, en el caso de las edificaciones antiguas o reparaciones, es mejor emplear el cemento de cal puesto que es mucho más suave (Yovana, 2018).

El Ing. Gonsales J. (2016) redactó que el mortero preparado con cal es mucho más trabajable que el mortero preparado con cemento, pero que este tendría como desventaja el

hecho de demorar mucho tiempo en endurecer. La cal más destacada en el mercado es la cal blanca y la cal gris. Considera que el agregado fino es un material inerte, cuya función es la de no permitir que el mortero se agriete y se contraiga, por lo que tiene que estar libre de polvo, arcilla, etc.

Mortero de yeso

El mortero de yeso es considerado como uno de los materiales más antiguos usados en el sector construcción. Sus componentes al igual que los demás es el agregado fino y el agua. Su resistencia es mucho más baja que los demás morteros y tiende a secar de manera rápida, por lo que tiene que usarse de manera inmediata ya que el proceso de fraguado comienza a los 5 minutos aproximadamente y a los 15 minutos termina. El porcentaje de agua que se agregue dependerá de la finura y cocción del yeso (Yovana, 2018).

Mortero de cal y cemento

Una de las ventajas de unir el cemento y la cal para elaborar morteros es que tiene la capacidad de retener agua suficiente para su trabajabilidad, al igual que brindan una alta resistencia a edades tempranas. Cuando se le agrega una cantidad baja de cemento se le conoce como morteros rebajados. La cantidad de agua a agregar dependerá de cuan trabajable se quiere que este la mezcla. Se considera que si hay un mayor porcentaje de cemento mayor será la resistencia del mortero, pero que el tiempo de secado será más rápido, por lo que tienen que apresurarse a colocarlo. En el caso de agregar mayor porcentaje de cal, sucede todo lo contrario, la resistencia será más baja y el tiempo de secado más largo. Se tiene que tener un especial cuidado en las dosificaciones de los agregados, puesto que si se agrega más de lo especificado esto puede causar una disminución en su resistencia y causara dificultades en su trabajabilidad. La cal aporta al mortero adhesión y el cemento aporta cohesión, hay que tener en cuenta que por cada cantidad de cal que se agregue, también se agregara una cantidad de agua (Gonzales, 2016).

Tabla 1*Uso de los morteros según su tipo*

Tipos de morteros				
Tipo	Proporción en volumen			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P1	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Nota: Tomado de la Norma técnica E.070 albañilería

Mortero de cal y yeso

Se considera que es altamente resistente al agua, es por ello que se usa en zonas donde hay presencia de mucha lluvia, debido a su composición no suele presentar mucha porosidad. Para mejorar su calidad se recomienda agregarle selladores (Yovana, 2018).

2.2.4. Componentes del Mortero

Cemento Portland

La norma europea UNE-EN 197-1:2011, describe a los cementos como materiales que cuentan con la capacidad de unir uno o más elementos, ya sea de procedencia inorgánica o de procedencia mineral, que al contar con un tamaño adecuado y al entrar en contacto con el agua tienden a fraguar para después endurecer, esto ofrece elementos altamente resistentes y estables a los ataques ambientales, a esto se le conoce como conglomerante hidráulico. Uno de los factores que producen el endurecimiento es el silicato y el aluminato que reacciona o se activan cuando el agua entra en contacto con el cemento. Esta excelente propiedad que posee lo ha llevado a posicionarse entre los principales elementos utilizados en la construcción (Sanjuán y Chinchón, 2014). Estos autores también analizaron la producción mundial del cemento y señalaron que actualmente existe un promedio de más de 1500 fábricas cementantes, y según sus estudios en el año 2000 la producción fue de 1500 millones de Toneladas aproximadamente, para el año 2011 ascendió a 3600 millones de toneladas, aumentando 2100 millones de toneladas en ese lapso de años.

Tabla 2

Composición química de los cementos (% en masa).

Parámetro	Rango aproximado
Residuo Insoluble	0,1-1,4
Oxido De Calcio (CaO)	58.2-65.6
Sílice (SiO ₂)	19.8-26.45
Alumina (Al ₂ O ₃)	4.1-9.5
Óxido De Hierro (Fe ₂ O ₃)	2.1-4.5
Magnesia (MgO)	trazas-2.9
Álcalis (K ₂ O y Na ₂ O)	0.1-2,8
Sulfatos (SO ₃)	0.1-2,2
Pérdida Por Calcinación	0,2-2,8

Nota: Tomado de Sanjuán y Chinchón (2014)

Componentes químicos del cemento

Silicato tricálcico

El silicato tricálcico cuya fórmula química es 3CaOSiO_2 es el componente que tiene un mayor porcentaje de óxido de calcio (CaO). Debido a su composición este es el encargado de definir gran parte de las características del cemento, puesto que las propiedades de resistencia y duración tienden a depender del humedecimiento de esta composición. El silicato tricálcico tiende a endurecer de manera apresurada y a obtener una resistencia óptima al encontrarse finamente triturado y al hacer contacto con el agua, puesto que esta le ayudara a formar una mezcla, para después endurecer. La reacción se puede dar bien al estar presente el óxido de calcio o la sílice, o bien por la caliza pura y cuarzo; pero si se llegan a derretir al óxido de calcio, aluminio y hierro III a una temperatura aproximada de 1450 ° C la reacción es mucho más veloz (Fernández, 2010).

Silicato dicálcico

El silicato dicálcico cuya fórmula química es 2CaOSiO_2 , se origina en el momento que el Clinker no se encuentra repleto de óxido de calcio (CaO). La temperatura de fundición es de aproximadamente unos 2130 °C, llegando a constituirse cuando la temperatura está en

porcentajes menores a 1000 °C. Presenta cuatro etapas de cristalización, de las cuales la más importante es la β , puesto que es estable en todas las temperaturas presentes, y se considera que no es tan pesado cuando se encuentra por debajo de los 500 °C. Este es el motivo por el cual, al enfriarse el Clinker de cemento, sus partículas se pueden separarse. (Fernández, 2010).

Ferrito aluminato tetracálcico

El ferrito aluminato tetracálcico cuya fórmula química es $4\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$ no aporta mucho en la dureza hidráulica, pero si es el que presenta mayor cantidad de hierro y de aluminato en el Clinker (Fernández, 2010).

Aluminato tricálcico

El aluminato tricálcico cuya fórmula química es $3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$, es el que presenta más altos contenidos de óxido de calcio en la etapa de aluminato (C_3A). Tiende a activarse de manera veloz al hacer contacto con agua, así como ayuda a aumentar la fuerza preliminar del cemento (Fernández, 2010).

Cal libre y periclasa

Estos dos componentes están agregados en porcentajes menores en el proceso de Clinkerización, debido a que pueden producir difusiones perjudiciales (Fernández, 2010).

Tabla 3

Compuestos químicos del cemento

COMPUESTO QUIMICOS DEL CEMENTO	ABREVIACION
Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}.\text{SiO}_2$)	C_3S
Silicato Dicalcico ($2\text{CaO}.\text{SiO}_2$)	C_2S
Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3$)	C_3A
Alumino Ferrita Tricálcica ($4\text{CaO}.\text{Al}_2\text{O}_3.\text{Fe}_2\text{O}_3$).	C_4AF

Nota: Tomado de Villa (2018)

Tipos de cemento

La Norma ASTM C-150 “Standard Specification for Portland Cement”, da ciertos parámetros para que un cemento pueda ser empleado en la preparación de morteros, y los clasifica en:

- **Tipo I:** Este tipo de cemento se puede usar en todo tipo de obra, ya sea de hormigón, viviendas o estructuras, entre otras. Se emplea cuando la obra no indica un tipo de cemento, tiende a liberar más calor de hidratación (Huayta, 2019).
- **Tipo II:** Este cemento se emplea cuando las edificaciones están expuestas a los ataques de los sulfatos, pero de manera moderada, y cuando se requiere regular calor de hidratación. Para que se obtengan estas características lo que se tiene que hacer es regular la cantidad de silicato tricálcico a utilizar, así como el del aluminato tricálcico. Este tipo de cemento se suele usar en obras de hormigón y puentes (Huayta, 2019).
- **Tipo III:** Ayuda a obtener una elevada resistencia a edades tempranas, se considera que a los siete días logra alcanzar la misma resistencia que obtiene el cemento I o II a los veintiocho días de curado. Esta ventaja se logra al adherir más porcentaje de silicato tricálcico y aluminato (Huayta, 2019).
- **Tipo IV:** presenta menor calor de hidratación, puesto que su secado es lento, para obtener esta propiedad se tiene que regular el porcentaje de silicato y aluminato tricálcico a utilizar. Se usa mucho en las estructuras de hormigón y en obras de gran envergadura como los diques. (Huayta, 2019).
- **Tipo V:** Brinda una elevada resistencia cuando hay presencia de sulfatos. Esta característica que posee se debe a que se disminuye el porcentaje de aluminato tricálcico, puesto que este es demasiado vulnerable a los sulfatos. Se emplea en la elaboración de alcantarillas, infraestructuras portuarias, etc (Huayta, 2019).

Tabla 4*Tipos de cementos portland*

	Tipo	Descripción	Norma	
			INEI	ASTM
PUROS	I	Uso común	152	C150
	II	Moderada resistencia a sulfatos	152	C150
	III	Moderado calor de hidratación	152	C150
	IV	Elevada resistencia inicial	152	C150
	V	Alta resistencia a la acción de sulfatos	152	C150
Los tipos IA, IIA, IIIA incluyen incorporador de aire				
COMPUESTOS	IS	Portland con escoria de altos hornos	490	C595
	IP	Portland puzolánico	490	C595
	P	Portland puzolánico (cuando no se requieren resistencias iniciales altas)	490	C595
	I(PM)	Portland puzolánico modificado	490	C595
	I(SM)	Portland con escoria modificado	490	C595
POR DESEMPEÑO	S	Cemento de escoria	490	C595
	GU	Uso en construcción general	2380	C1157
	HE	Elevada resistencia inicial	2380	C1157
	MS	Moderada resistencia a los sulfatos	2380	C1157
	HS	Alta resistencia a los sulfatos	2380	C1157
	MH	Moderado calor de hidratación	2380	C1157
	LH	Bajo calor de hidratación	2380	C1157
		Si adicionalmente tiene R, indica baja reactividad con árido álcali-reactivos		

Nota: Recopilado de De La Cruz (2018)

2.2.5. Agregados

Definición

A los agregados comúnmente se los definen como materiales inertes usados en la mezcla de concreto que sirven para crear una nueva estructura con propiedades resistentes. Se sabe que estos materiales no tienen nada que ver en la activación química del cemento al mezclarse con el agua, pero esto no quiere decir que no juegue un papel importante en la estructura, todo lo contrario, este elemento ayuda a otorgar resistencia, durabilidad y conductibilidad, etc. (Burgos, 2012). Señalo que están formadas por:

- Arenisca
- granito
- Basalto
- Cuarzo,
- Etc.

Agregado fino

Los agregados provienen de la desintegración de las rocas, esta desintegración puede ser de origen artificial como de origen natural y para que sea considerado como un agregado fino la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037 establece ciertos requisitos los cuales son que, el 95 por ciento pasa por el tamiz número 3/8" y este quede retenido en el tamiz número 200 (Burgos, 2012).

En el libro escrito por Teodoro, E. (2005). Nos dice que este agregado tiene que tener una consistencia dura, fuerte, así como durable, también nos recalca que tienen que estar libres de toda impureza, dentro de las cuales mencionó están los limos, polvo, álcalis y los elementos orgánicos, etc. puesto que estos podrían interferir en la trabajabilidad de la mezcla y no se obtendría el producto deseado. También agregó que el tamaño del agregado debe ser inferior a 1/4" y que la granulometría debe cumplir con los requisitos establecidos por la norma ASTM-C-33-99 y NTP 399 607, indicados en la siguiente tabla.

Tabla 5

Requisitos de granulometría que debe cumplir el agregado fino.

Malla ASTM	% que pasa
Nº 4 (4.8 mm)	100
Nº 8 (2.4 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.2 mm)	70 a 100
Nº 30 (0.6 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.3 mm)	20 a 40
Nº 100 (0.15 mm)	10 a 25
Nº 200 (0.075 mm)	0 a 10

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana 399 607

Tabla 6

Límites de sustancias deletéreas en agregados finos para concreto

Sustancia	Porcentaje máximo de la muestra total
Arcilla y partículas desmenuzable	3,0
Material más fino que el tamiz Nro.200 (75um):	
Concreto sujeto a abrasión	3,0*
Cualquier otro concreto	5,0*
Carbón y lignito:	
Cuando la apariencia del concreto es de importancia.	0,5
Cualquier otro concreto	1,0

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana 334.051

2.2.6. Agua de mezcla

En el libro “Concreto simple” escrito por el ingeniero Rivera (2015) nos da a conocer que el agua de mezcla se encarga tanto de hidratar el cemento, así como de permitir que la mezcla sea más trabajable. También se mencionó que solo un porcentaje del total de agua usada es la encargada de hidratar al mortero, lo demás tiende a disiparse con el pasar de los días; como consecuencia de esto la resistencia y durabilidad disminuirá, puesto que este dejará agujeros y para que el agua hidrate al cemento solo se requiere del 25 0 30 de la mezcla del cemento.

Uno de los requisitos que se considera al momento de emplear el agua en la elaboración de un mortero es que esta sea idónea para el consumo humano, en pocas palabras toda agua que el ser humano pueda consumir, y que esté libre de olores, sabores, sustancias orgánicas, sales, etc. es adecuada para preparar morteros, pero esto no quiere decir que toda agua usada en la elaboración de morteros sea apta para consumo humano (Quiroz y Salamanca, 2006).

Tabla 7

Límites máximos permisibles en el agua

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	1500 ppm
Ph	Mayor de 7
Solidos en suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Nota: Tomado de la Norma Técnica Peruana 399.088

Si fuera el caso y no se contará con las redes de distribución de agua, se ha de considerar extraerlas desde las fuentes naturales, pero se tiene que tener en cuenta que estas pueden llegar con residuos orgánicos u altos índices de salinidad. Este autor deja en claro que las aguas superficiales en la mayoría de los casos suelen tener sólidos en suspensión (arcilla,

hojas, aceite, etc.), por lo cual se recomienda que antes de emplearse sea sometida a tratamiento (sedimentación o de filtración) para que los sólidos en suspensión sean desechados (Rivera, 2015). Uno de los datos importantes que menciono fue que las sustancias orgánicas presentes en el agua natural, pueden provocar irregularidades en el tiempo de fraguado y la resistencia, de la misma manera resalto la importancia de verificar que el agua no tenga altos índices de azúcar, puesto que esto puede retrasar el tiempo de fraguado.

Dentro de la especificación técnica redactada por **SEDAPAL** (2016) señalo que está prohibido usar las siguientes aguas en la elaboración de mezclas de concreto o mortero.

Tabla 8

Aguas no aceptables en las mezclas de mortero

Aguas no aceptables en las mezclas de morteros	
Aguas ácidas	Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos.
Aguas calcáreas, minerales, carbonatas o naturales.	Aguas que contengan azúcares o sus derivados.
Aguas provenientes de minas o relevés.	Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali agregado.
Aguas que contengan residuos industriales.	
Aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, partículas de carbón, azufre, o descargas de desagües.	

Nota: Extraído de la Norma ASTM C-494

2.2.7. Aditivos

El primer aditivo que se desarrolló en la industria para morteros es el cemento portland. En la actualidad existe una gran variedad de aditivos, los cuales son usados de acuerdo a la necesidad del mortero y de acuerdo al costo que este tiene. El American Concrete Institute ACI 212, define a los aditivos como elementos distintos al agua y agregados, puesto que este es un compuesto que se puede añadir antes de la preparación de la mezcla o mediante la preparación (Molina, 2006). Su función es mejorar las propiedades de la mezcla.

Tabla 9

Tipos de aditivos según la norma ASTM C-494

Tipo	Descripción
A	Aditivos reductores de agua
B	Aditivos retardantes
C	Aditivos acelerantes
D	Aditivos reductores de agua y retardantes
E	Aditivos reductores de agua y acelerantes
F	Aditivos reductores de agua de alto rango
G	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes

Nota: Extraído de la Norma ASTM C-494

2.2.8. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es la capacidad que tiene un mortero de soportar la carga. Para que se obtenga una buena resistencia se tiene que tener bien hidratado al espécimen, puesto que este se encarga de definir las propiedades físicas del mortero cuando se encuentra en estado endurecido (Mancilla, 2014).

Muchas veces se usa este proceso para clasificar a los morteros, la resistencia a la compresión se considera que es fácil de medir y lo relacionan con la adherencia, absorción y resistencia a la absorción. La resistencia obtenida a de depender en gran medida de la cantidad de cemento que se le haya agregado y de la relación agua/cemento, a más cemento más resistencia y a mayor cantidad de cal, arena o aire menor resistencia. Existen dos métodos para medir la resistencia a compresión de morteros, una es destructiva y la otra no destructiva. En la primera se tiene que romper las probetas. En el segundo su objetivo es verificar la homogeneidad del mortero, detectar las fallas internas que este puede presentar (Mejia, Chinchilla y Mendoza, 2012).

La NTP. 334.051 proporciona los lineamientos para llevar a cabo la resistencia a la compresión de morteros cúbicos de 50 mm. La resistencia se obtiene al llevar a cabo la ruptura de las probetas de 50mm, cuando estas han sido elaboradas con morteros

resistentes, en la cual la primera parte debe ser de cemento y 2.75 partes debe ser de arena. En el caso del cemento con aire incorporado la relación de agua/cemento tiene que estar especificado.

Tabla 10

Edades de ensayos

Edades de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	½ hora
3 d	1 hora
7 d	3 horas
28 d	12 horas

Nota: Extraído de la Norma Técnica Peruana 334.051

2.2.9. Ceniza de cascarilla de arroz

Concepto

Las puzolanas son elemento conformados por silicio o aluminio-silicio, que a simple vista se podría decir que no tienen características suficientes para actuar como un material cementante; pese a ello, diversos estudios han demostrado que al desintegrarlas en partículas finas y exponerlas al agua, estas reaccionaran químicamente con el hidróxido de calcio haciendo que adquieran propiedades cementantes (Alarcon, 2018).

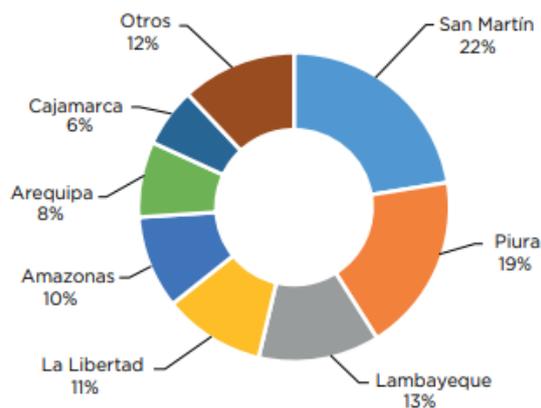
La cascarilla de arroz es un subproducto proveniente del proceso agroindustrial, y por lo general es considerado un material de desecho, según estudios realizados por cada tonelada agrupada se genera 200 kg de cascara de arroz (Saldaña, 2018). Al pasar por un proceso de limpieza la cascara de arroz toma una forma quebradiza y abrasiva, este subproducto presenta una densidad baja, por lo que tiende a ocupar espacios amplios en la superficie. El peso específico de este residuo es de 125 kg/m³, es decir 1 tonelada llega a ocupar 8m³ de terreno.

Producción

La producción de arroz entre los años 2001 y 2016 tuvo un crecimiento de 3.1%, alcanzando en el 2016 un total de 3 166 miles toneladas, este incremento se debe a la disponibilidad de hectáreas destinadas para este cereal, ya que entre el 2015 y 2016 uvo una disponibilidad de 417, 72 miles de hectáreas mostrando un incremento del 3%. Segn los estudios realizados los meses en los que este cereal alcanza su mayor productividad es en agosto y marzo, llegando a acumular el 80% de la siembra. Las regiones que más destacaron en la siembra de arroz fueron San Martín (22%), Piura (19%) y Lambayeque (13%), como lo muestra el siguiente gráfico (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Figura 1

Principales regiones productoras de arroz



Nota: Ministerio de Agricultura y Riego (Informe del arroz, 2017)

Temperatura de calcinación

Para lograr que la cascarilla de arroz saque a relucir la sílice y que tome una estructura amorfa, es necesario que este pase por un proceso de calcinación a una temperatura promedio de 300 a 500 °C (Alarcón, 2018), siendo aceptable también que llegue a 700 °C (Aliaga, 2018), pasada esa temperatura el silicio tendera a cristalizarse perdiendo la capacidad de reactivar con facilidad.

Tabla 11

Composición química de la cascarilla de arroz

Componente	Fórmula	Composición
Sílice	SiO ₂	91.42%
Óxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	0.78%
Óxido de Titanio	TiO ₂	0.02%
Óxido Férrico	Fe ₂ O ₃	0.14%
Óxido de Calcio	CaO	3.2%
Óxido de Magnesio	MgO	<0.01%
Óxido de Sodio	Na ₂ O	0.21%
Óxido de Potasio	K ₂ O	3.71%
Óxido de Azufre	SO ₃	0.72%
Óxido de Fósforo	P ₂ O ₅	0.43%

Nota: Extraído de Aliaga A. 2018

2.3. Definición de términos básicos.

- **Cascarilla de arroz:** es un subproducto que se obtiene después de la molienda del arroz.
- **Mortero de cemento portland:** Actúa como conglomerante al mezclarse con el agua y sirve para unir dos elementos.
- **Ceniza de cascarilla de arroz:** Es el resultado del proceso de calcinación y molienda de la cascarilla de arroz.
- **Resistencia a la compresión:** Es la capacidad que tiene un elemento para resistir una carga, expresándose en kg/cm².

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H₀: No existe influencia significativa del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros.

H₁: Si existe influencia significativa del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

- H₁: El porcentaje de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros es 5%.

Hipótesis específica 2

- H₁: El porcentaje de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros es 15%.

Hipótesis específica 3

- H₁: Si existe variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos.

Hipótesis específica 4

- H₁: Si existe variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos.

Hipótesis específica 5

- H₀: No existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.
- H₁: Si existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Hipótesis específica 6

- H_0 : No existe una diferencia entre los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.
- H_1 : Si existe una diferencia entre los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 12

Operacionalización de variables

Problema	Variable	Dimensiones	Indicador
¿Cuál es la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros?	Porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz	Cantidad de material	Proporción en volumen
		Propiedad mecánica	Resistencia a la compresión
	Propiedades	Propiedad física	Densidad
		Propiedad general	Costo

Nota: Elaboración propia (2022)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es experimental y aplicada porque tiene como objetivo aplicarse en la construcción de viviendas, en este caso como mortero de tarrajeo, debido a sus buenas propiedades contribuirá así con soluciones tecnológicas.

Así mismo se considera de carácter cuantitativa debido a que los resultados arrojados son numéricos, lo que contribuirá a un mejor manejo de los datos.

3.2. Métodos de investigación

Hipotético deductivo

3.3. Diseño de investigación

Diseño experimental puro: Diseño con estímulo creciente o con preprueba-postprueba y varios grupos.

3.4. Población, muestra y muestreo

Población

Para la población se prepararán 60 especímenes de probetas cuyas medidas serán de 50x50x50 mm, según la norma ASTM C-109, se realizarán 15 probetas por cada porcentaje.

Muestra

La muestra está conformada por las probetas de morteros con ceniza de cascarilla de arroz con diferentes porcentajes, los cuales son:

- 0% Muestra Patrón (15 Probetas)
- 5% de CCA (15 Probetas)
- 10% CCA (15 Probetas)
- 15% CCA (15 Probetas)

3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.

La técnica a emplearse en esta investigación es la de observación, puesto que es necesaria para anotar y recopilar la información necesaria para este proyecto. El programa que se empleara para la obtención de resultados es el Excel. La investigación se llevará a cabo en el laboratorio de materiales de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, bajo supervisión de asesor.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros, para ello se pretende elaborar probetas cúbicas de 50x50x50 mm. Lo que se encargará de diferenciar a este mortero del mortero tradicional será la adición de ceniza de cascarilla de arroz en los diferentes porcentajes de 5%, 10%, 15%, elaborando un total de 160 muestras. Para la elaboración de la mezcla utilizaremos la dosificación establecida por la norma NTP 334.051, descrita en la siguiente tabla.

Tabla 13

Dosificación de norma NTP 334.051-para 6 cubos

	Agua (g)	Cemento (g)	Agregado fino (g)
Masa	242	500	1375
Proporción	0.485	1.00	2.75

Nota: Norma Técnica Peruana 334.051

Para poder emplear la cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento es necesario que pase por un proceso de calcinación y posteriormente molerla hasta lograr que pase por el tamiz #200 de lo contrario no será aceptable, así mismo se debe contar con una cantidad determinada de arena fina y agua por cada porcentaje. Antes de proceder al vaciado de la mezcla en los moldes, estos tienen que ser cubiertos de petróleo en su interior para evitar que el mortero se adhiera al molde al retirarlo, en cada espacio se coloca 4

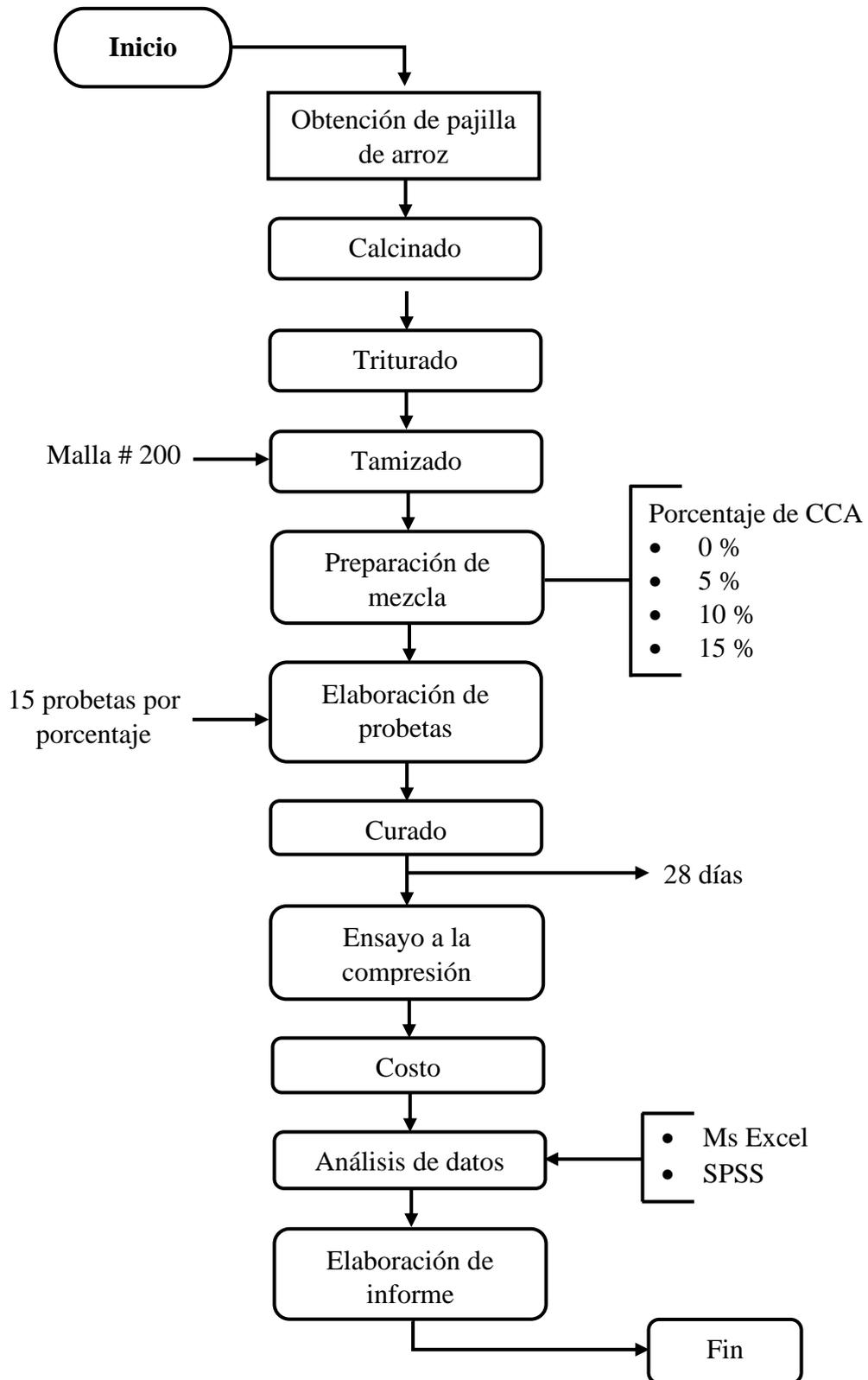
capas de 25 mm y se apisonan 8 veces por capa para eliminar los vacíos y asegurarnos de que cada espacio se llene uniformemente. Posteriormente se procede a desencofrar los morteros y pesarlos en una balanza digital para determinar su peso y su densidad.

Una vez culminado el proceso anterior se procederá a curar en agua con cal durante 28 días, para después someterlas a ensayos de resistencia a la compresión.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de flujo en donde se presenta el procedimiento de manera más precisa.

Figura 2

Diagrama de flujo



Nota: Elaboración propia (2022)

3.7. Ética investigativa

El siguiente trabajo de investigación se realizará respetando los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana, cumpliendo con las restricciones y requerimientos que esta manda. De igual forma se respetarán las normas éticas de la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Presentación y análisis de resultados.

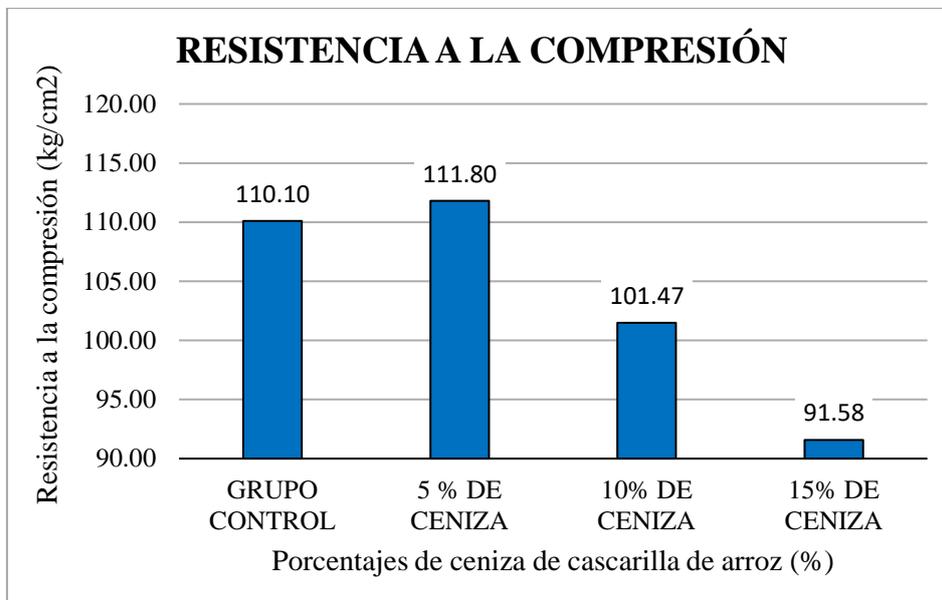
4.1.1. Cálculo del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros.

Para obtener el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz que proporcione la mayor resistencia a la compresión de los morteros, se tiene que realizar un procesamiento de los datos obtenidos experimentalmente, para esto se empleó el Ms Excel.

En la Figura 3 se puede visualizar los valores de la resistencia a la compresión de los morteros con diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz conseguidos experimentalmente, esta resistencia se puede expresar también [Kgf/cm²]. De acuerdo a los resultados obtenidos en el procesamiento de datos los morteros correspondientes al 5% de ceniza de cascarilla de arroz arrojaron los valores con mayor resistencia a la compresión.

Figura 3

Resistencia a la compresión vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

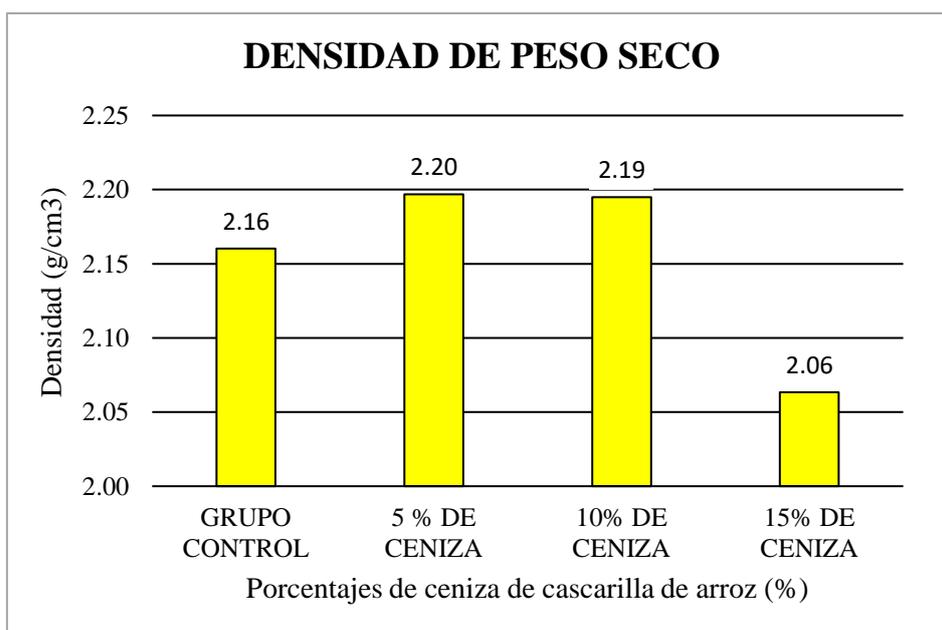
4.1.2. Cálculo del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de morteros.

Por otro lado, para obtener el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz que proporcione la menor densidad en los morteros, se tiene que realizar un procesamiento de los datos obtenidos experimentalmente, para esto se empleó el Ms Excel.

En la figura 4 se puede visualizar los valores de la densidad de los morteros con diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz conseguidos experimentalmente, esta densidad es expresada [g/cm³]. De acuerdo a los resultados obtenidos en el procesamiento de datos los morteros correspondientes al 15% de ceniza de cascarilla de arroz arrojaron los valores con menor densidad.

Figura 4

Densidad vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

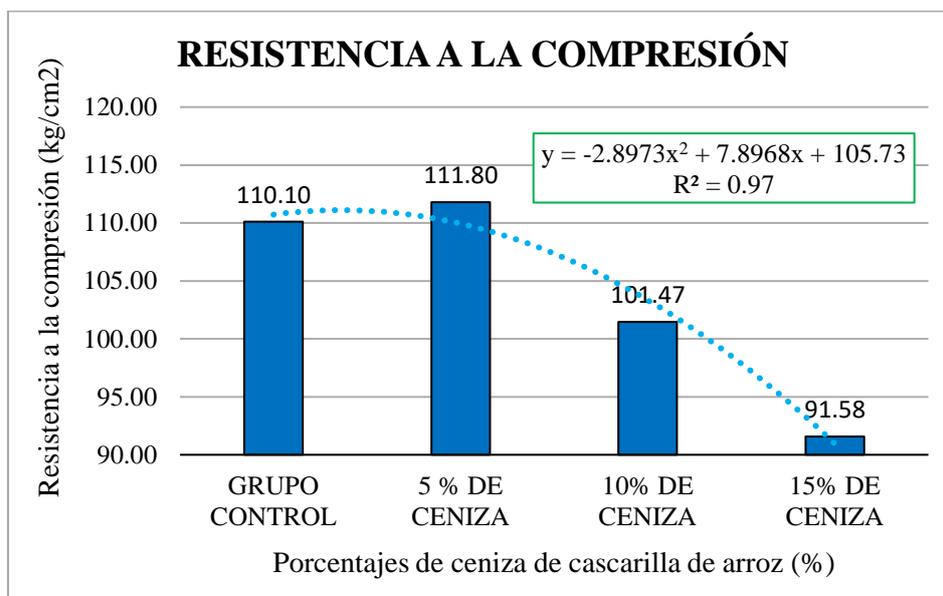
4.1.3. Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Para el análisis de la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento., se procedió a realizar una gráfica y trazar una línea tendencia con su respectiva ecuación que rige en función al comportamiento del promedio de los resultados obtenidos, de igual forma se consiguió el valor de R^2 , siendo este un valor mayor a 0.9 con lo que se logra demostrar que los resultados conseguidos experimentalmente son cercanos a la línea de regresión generada, mencionados valores pueden ser visualizados en la figura 5.

La línea de tendencia presentada se rige en función al comportamiento que representan los materiales compuestos, asciende hasta alcanzar un punto en el cual se obtiene la mayor resistencia a la compresión, después la línea tendencia empieza a descender conforme el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz va aumentando.

Figura 5

Línea de tendencia: resistencia a la compresión vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.

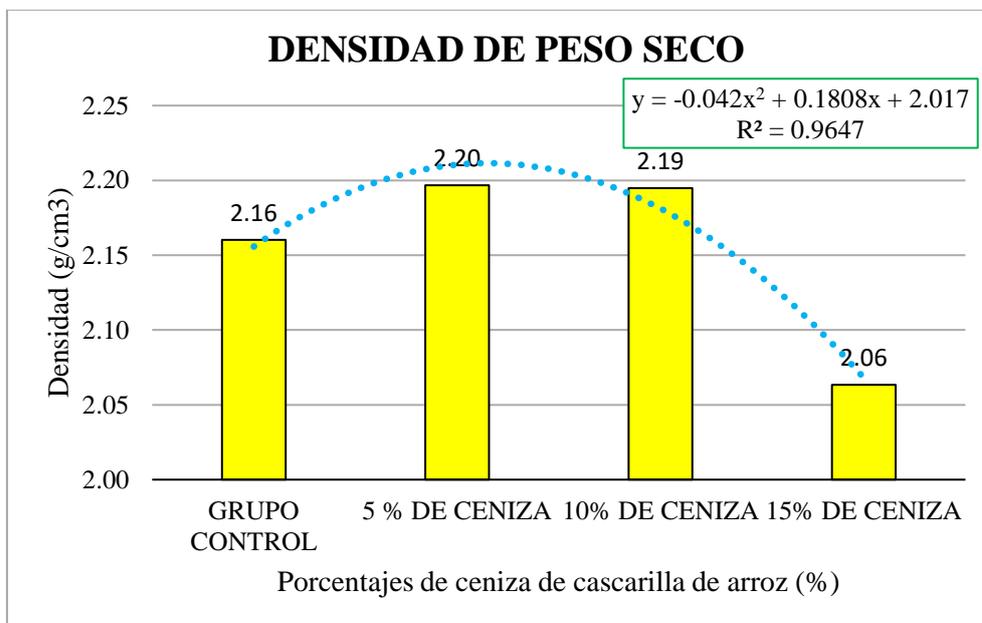


Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

4.1.4. Análisis de la variación de la densidad de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Figura 6

Línea de tendencia: densidad vs porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

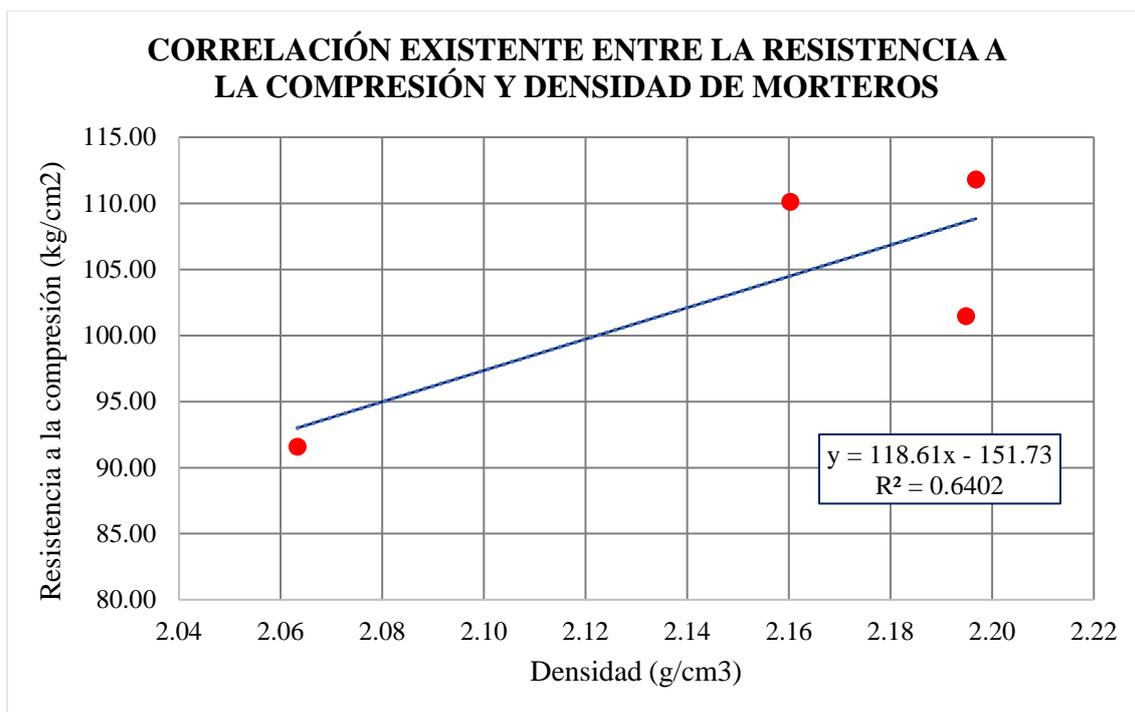
En la figura 6 se presenta de la misma forma que el resultado anterior, en el cual se generó una gráfica con su línea de tendencia y ecuación, de esta forma se verifica cómo varían los resultados de densidad de los morteros con relación al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz. En esta ocasión, el valor de R² resultó siendo mayor 0.9, esto quiere decir que los valores conseguidos se ajustan a la ecuación creada.

Se puede observar además que a medida que el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, la densidad de los morteros disminuye, llegando a ser el comportamiento esperado debido a que la ceniza de cascarilla de arroz es un material con baja densidad.

4.1.5. Evaluación de la correlación existente entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Figura 7

Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión de morteros. Tendencia lineal.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

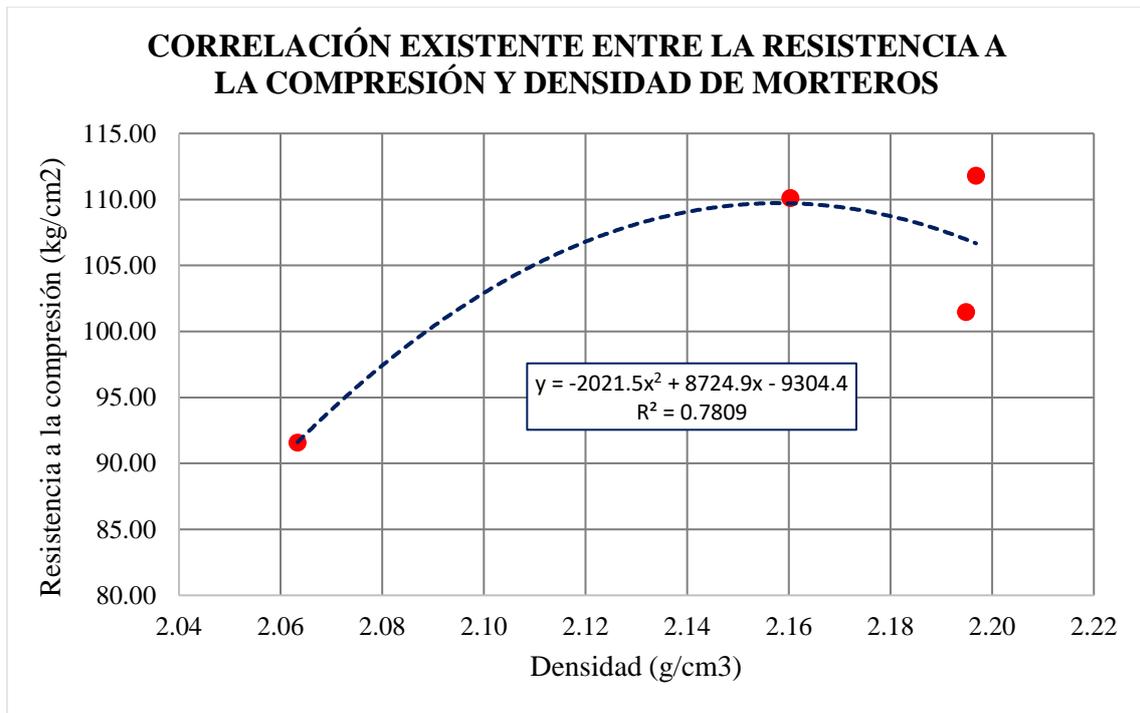
En la figura 7 se visualiza la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de morteros, para ello se ha trazado una línea de tendencia con su respectiva ecuación, a la vez también se ha generado el valor de R², en este caso, el valor de R² es resultado bajo (0.64), lo que indica que no existe una correlación lineal entre la resistencia a la compresión y la densidad de morteros estabilizados con ceniza de cascarilla de arroz.

Por otra parte, en la figura 8 se visualiza una línea de tendencia polinómica de grado 2 para los mismos datos. En esta gráfica se puede observar que el valor de R² es de (0.7809) por lo que se puede mencionar que los puntos generados en la gráfica se ajustan perfectamente a la línea de tendencia creada y con esto se confirma que existe una

correlación positiva lineal como no lineal entre la resistencia a la compresión y la densidad de los morteros evaluados.

Figura 8

Relación entre la densidad y la resistencia a la compresión de morteros. Tendencia polinómica.



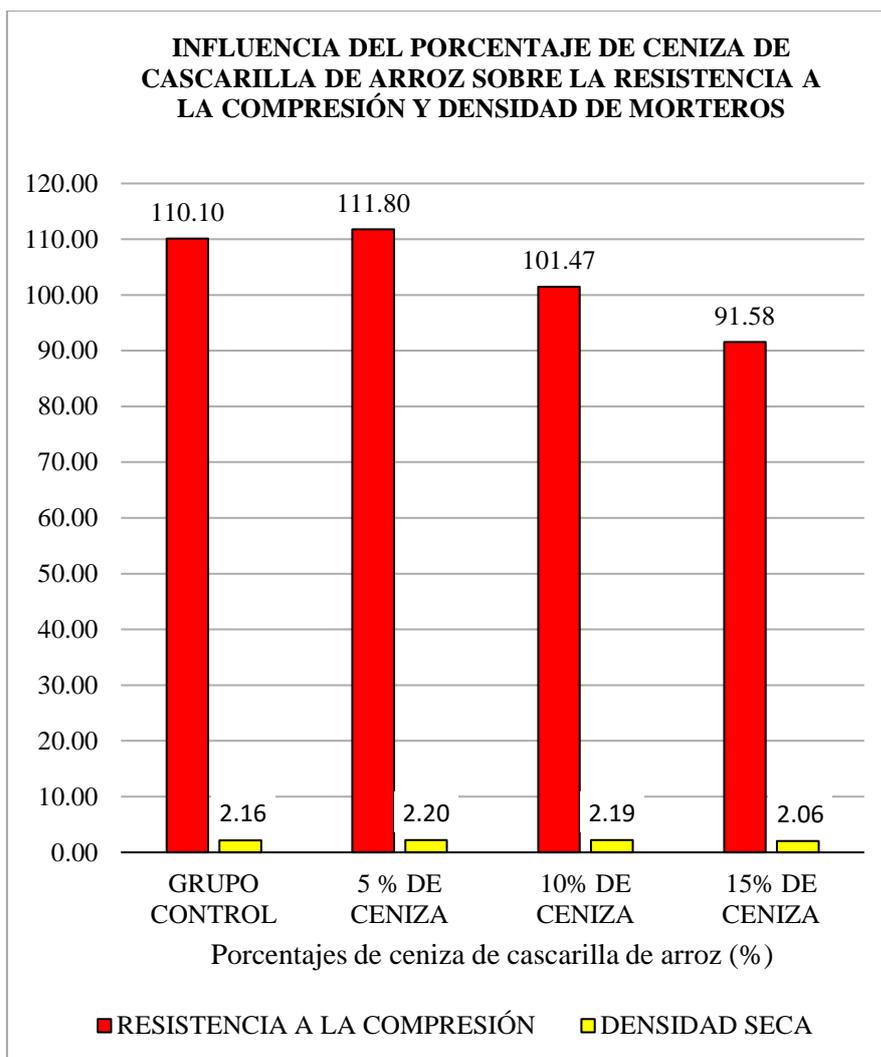
Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

Luego de analizar ambas figuras se tiene que los parámetros no medidos no presentan un cambio proporcional en relación uno de otro, es decir que su comportamiento no presenta una tendencia lineal, siendo el modelo que mejor se aplica para describir la relación entre las dos propiedades, el polinomial de grado 2.

4.1.6. Determinación de la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Figura 9

Densidad y resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Elaboración propia (2022)

En la figura 9 se presenta las dos propiedades evaluadas, la resistencia a la compresión y la densidad, cada una con su respectivo porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, esta representación gráfica nos ayuda a determinar la influencia del porcentaje de

ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre las propiedades antes mencionadas.

Se puede observar que en el caso de la densidad a medida que aumenta el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz esta propiedad disminuye gradualmente, siendo este un comportamiento favorable, ya que en este tipo de material se requiere que la densidad sea lo más baja posible. Por otro lado, se puede observar el comportamiento de la resistencia a la compresión, el cual tiene una reacción positiva hasta cierto punto, posteriormente a mediar que el porcentaje de ceniza de cascarilla va aumentando esta propiedad va decreciendo; debido a esto se puede expresar que existe una influencia favorable hasta cierto porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz (porcentaje idóneo), a partir de este la influencia es negativa.

4.1.7. Comparación de los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

En la tabla 14 se presenta la diferencia de costos por metro cuadrado de los morteros con respecto a cada porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, en donde se puede observar que el costo disminuye a medida que se va aumentando el porcentaje, esto se debe a que se reduce el costo del cemento sustituido por la ceniza de cascarilla de arroz, es decir que mientras más porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz el mortero reduce su costo.

Tabla 14

Comparación de costos de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.

Costo unitario por m² de mortero con ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.			
0% de CCA	5% de CCA	10% de CCA	15% de CCA
S/ 44.19	S/ 44.08	S/ 43.96	S/ 43.85

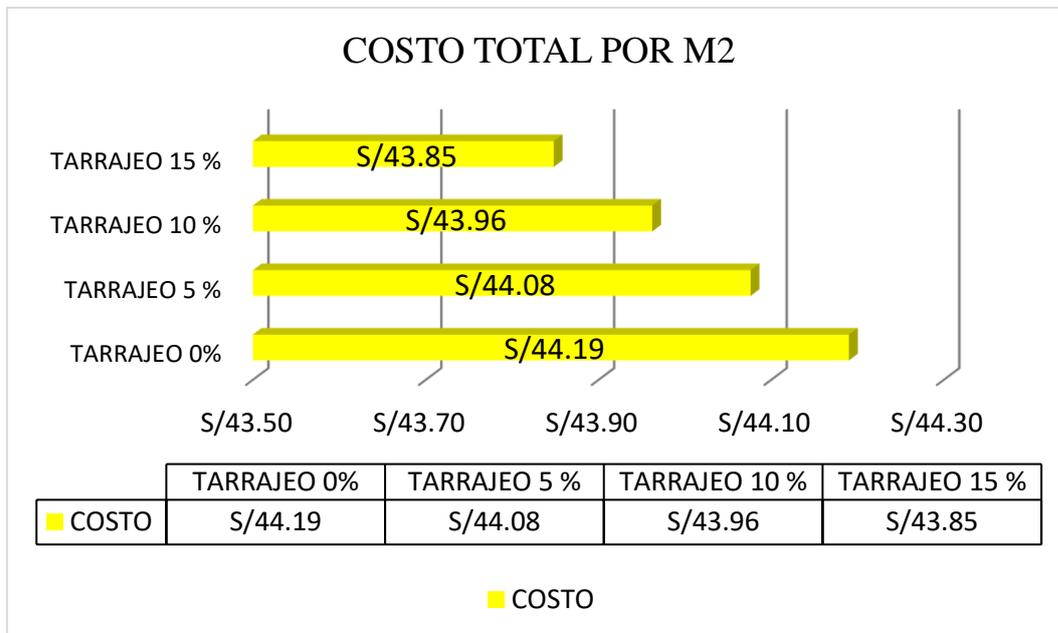
Nota: Elaboración propia (2022).

Por otra parte, en la figura 10 se presenta el costo de mortero por m2 de tarrajeo, por cada porcentaje evaluado, en donde se puede observar la disminución gradual del mortero, con respecto al aumento del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, se rechaza la hipótesis nula y se confirma la diferencia entre los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Figura 10

Comparación de costos de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Elaboración propia (2022)

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Cálculo del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros.

Después de haber analizados los resultados extraídos experimentalmente, empleando la herramienta Ms Excel, obtenemos que el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz es de 5% con una resistencia de 111.80 kg/cm², de tal forma que se confirma la hipótesis planteada, la cual indica que el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se consigue mayor resistencia a la compresión es el 5%.

Tabla 15

Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión en kgf/cm² de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.

VAR00001	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15%	15	91,5787		
10%	15		101,4747	
GC	15			110.1040
5%	15			111,7973
Sig		1,000	1,000	,907

Nota: Se visualizan las medidas para los grupos en los subconjuntos homogéneos y se utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000. Fuente: Tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

En la Tabla 15 se visualiza la Prueba de Tukey para medias; esta prueba se empleó con las medias de la resistencia a la compresión conseguidas experimentalmente y con los porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, se formaron 3 subconjuntos, cada uno de estos con su respectivo porcentaje. Por lo mencionado anteriormente se acepta la hipótesis alterna, de tal forma que se rechaza la hipótesis nula, demostrando que la variación de la resistencia a la compresión de morteros con ceniza de cascarilla de arroz es significativa.

4.2.2. Cálculo del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de morteros.

De igual forma, para el cálculo de la menor densidad se hizo un procesamiento de datos en la herramienta Ms Excel, en donde se obtuvo el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se consigue una menor densidad de morteros, siendo este el 15% con un valor de 2.06 g/cm³, y con el cual se confirma la hipótesis planteada.

Tabla 16

Prueba de Tukey (medias) para la densidad en g/cm³ de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.

VAR00001	N	Subconjunto para alfa =0.05	
		1	2
15%	15	2,0627	
GC	15		2,1593
10%	15		2,1953
5%	15		2,1973
Sig.		1,000	,154

Nota: Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos y se utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000. Fuente: Tabla elaborada en IBM SPSS (2022).

En la Tabla 16 se visualiza la Prueba de Tukey para medias; esta prueba se empleó con las medias de densidad conseguidas experimentalmente y con los porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, se formaron 2 subconjuntos, es decir, teniendo que 1 de los 2 grupos es diferente significativamente con respecto al otro, por otro lado, el subconjunto restante cuenta con los valores de 3 porcentajes que no son diferentes significativamente entre sí, sin embargo podemos mencionar que por lo menos 2 de los 4 porcentajes tienen resultados de densidad considerablemente distintos entre sí.

4.2.3. *Análisis de la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.*

Para la contrastación de la hipótesis se utilizó la prueba de Tukey al 0.05% de grado de significancia con la que se pudo determinar si la diferencia existente entre grupos procesados es significativa o no. De tal modo que se obtuvieron los resultados siguientes:

Tabla 17

ANOVA para la resistencia a la compresión en kgf/cm² de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3876,763	3	1292,254	27,194	0.000
Dentro de grupos	2661,142	56	47,520		
Total	6537,905	59			

Nota: Elaboración propia (2022).

En la Tabla 17 se visualizan los valores del ANOVA unidireccional realizado entre los 4 porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz evaluados con respecto a la resistencia a la compresión de los morteros, en la tabla se puede observar que el valor del estadístico F es de 27,194 y resultado del valor de significancia (Sig.) expresada es de 0.000% (valor p), siendo inferior a la que se planteó inicialmente 0.05% (α), los resultados mencionados expresan que los grupos (porcentajes evaluados) obtienen valores distintos entre sí.

Por lo mencionado anteriormente se acepta la hipótesis alterna, de tal forma que se rechaza la hipótesis nula, demostrando que la variación de la resistencia a la compresión de morteros con ceniza de cascarilla de arroz es significativa.

4.2.4. Análisis de la variación de la densidad de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

De la misma forma que en el caso anterior se generó la prueba de Tukey al 5% de significancia para confirmar si la variación existente es significativa o no, obteniendo finalmente los resultados siguientes:

Tabla 18

ANOVA para la densidad en g/cm³ de morteros con ceniza de cascarilla de arroz.

	Suma de cuadros	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,179	3	,060	25,198	,000
Dentro de grupos	,133	56	,002		
Total	,312	59			

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2022).

En la Tabla 18 se expresan los valores del ANOVA unidireccional realizado entre los 4 porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz evaluados con respecto a la densidad de los morteros; dentro del cual se puede observar que el valor significancia (Sig.) expresada es de 0.000% (valor p), siendo inferior a la que se planteó inicialmente 0.05% (α), de igual forma se observa que se obtuvo un valor de estadístico F es de 25,198, con lo que queda demostrado que los grupos evaluados son distintos entre sí.

Por lo mencionado anteriormente se acepta la hipótesis alterna, de tal forma que la hipótesis nula queda rechazada, demostrado que existe una variación significativa entre la densidad de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.

4.2.5. Evaluación de la correlación existente entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

En el caso de la evaluación de la correlación existente entre la resistencia a la compresión y la densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento se emplearon dos pruebas estadísticas, la correlación de Pearson y Spearman. La correlación de Pearson se empleó para evaluar la correlación lineal entre la resistencia a la compresión y la densidad de morteros; por otra parte, correlación de Spearman para evaluar la correlación no lineal (monótona) entre los parámetros establecidos.

En la Tabla 19 muestra los valores de la evaluación de la correlación de Pearson, teniendo como resultados que el valor de la correlación es 0.563. Con este resultado queda determinado que no existe una correlación lineal entre los parámetros evaluados.

Tabla 19

Correlación de Pearson para la resistencia a la compresión y densidad de morteros.

		RESISTENCIA	DENSIDAD_
		_MORTERO	MORTERO
RESISTENCIA_MORTERO	Correlación de Pearson	1	,563
	Sig. (unilateral)		,000
	N	60	60
DENSIDAD_MORTERO	Correlación de Pearson	,563	1
	Sig. (unilateral)	,000	
	N	60	60

Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2022)

En la Tabla 20 se logra visualizar los valores del análisis de correlación de Spearman, en este caso el valor de la correlación es de 1.000 de tal forma que se tiene una correlación positiva entre los parámetros analizados, tener en cuenta que esta correlación es no lineal, es decir que los parámetros no presentan un cambio proporcional una en la

otra, sin embargo al no ser un valor alto de correlación se tuvo que realizar el análisis de la figura 8 donde se obtuvo un valor de R2 alto (0.7809) con lo que se acepta que si existe una correlación positiva no lineal entre los parámetros medidos.

Tabla 20

Correlación Spearman para la resistencia a la compresión y densidad de morteros.

			Densidad	Resistencia _Compresión
Rho de Spearman	Resistencia	Coeficiente de correlación	,575**	1,000
	_Compresión	Sig. (unilateral)	,000	.
		N	60	60
Densidad		Coeficiente de correlación	1,000	,575**
		Sig. (unilateral)	.	,000
		N	60	60

** *La correlación es significativa en el nivel 0,01 (1 cola)*

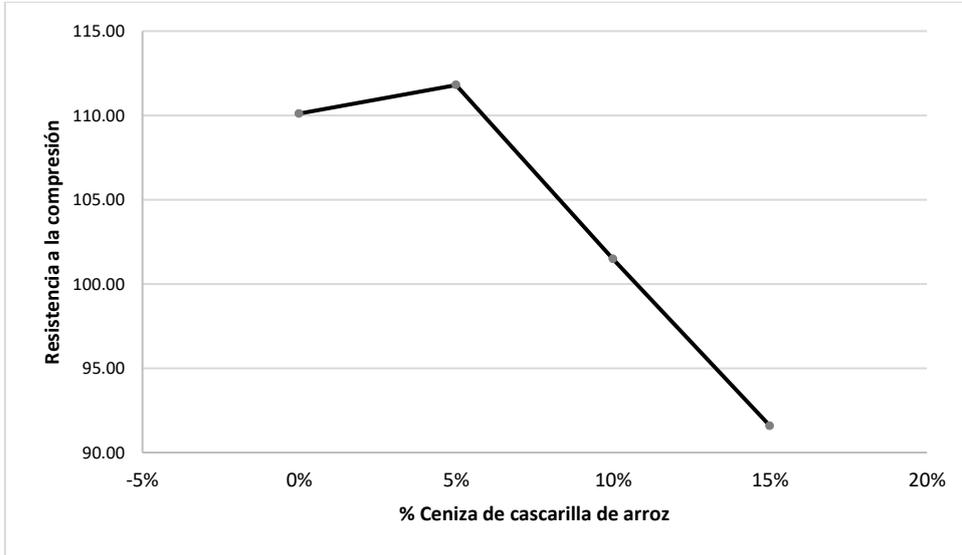
Nota: Tabla elaborada en IBM SPSS (2022).

Con lo antes expresado, se visualiza que existe una correlación positiva entre la resistencia a la compresión y la densidad de morteros con ceniza de cascarilla de arroz, siendo esta una correlación lineal y no lineal, por lo que se rechaza la hipótesis nula.

4.2.6. Determinación de la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.

Figura 11

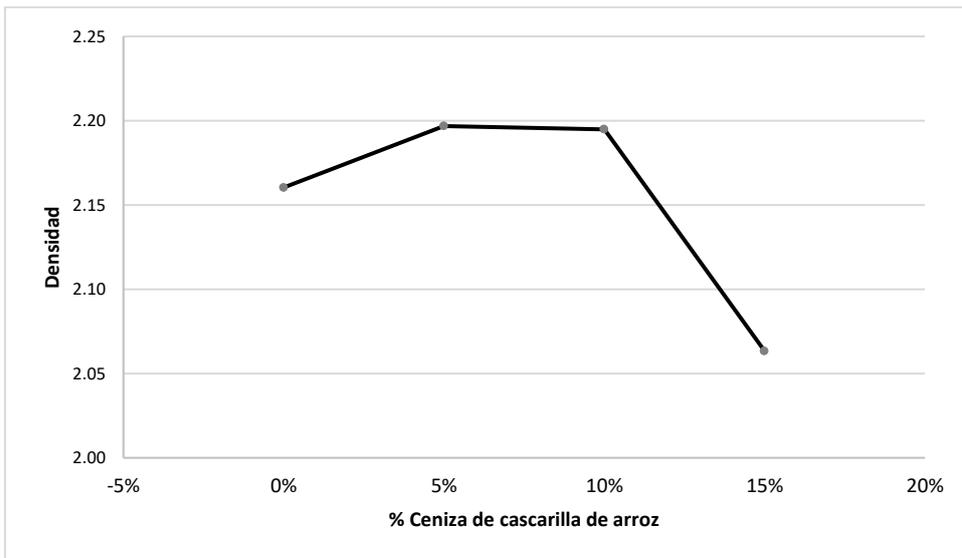
Variación de la resistencia a la compresión de morteros para tabiquería con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Gráfica elaborada en IBM SPSS (2022)

Figura 12

Variación de la densidad de morteros para tabiquería con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.



Nota: Gráfica elaborada en IBM SPSS (2022)

En la Figura 11 se visualiza la variación de los valores de la resistencia a la compresión de morteros en función al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, se puede visualizar que inicialmente muestra un aumento de la resistencia a la compresión y luego esta va decreciendo, conforme va aumentando el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, Siendo este el comportamiento esperado, ya que es una característica particular de los materiales compuestos.

Por otro lado, en la Figura 12 se observa la variación de los valores de la densidad de morteros en función al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, aquí se puede visualizar que la densidad desciende conforme los valores de porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz aumenta, de tal forma que este resultado es positivo debido a que lo que se requiere es que la densidad se lo menor posible en este tipo de materiales.

Después de visualizar las figuras 11 y 12 así como las tablas 16 y 18 (pruebas de Tukey para ambas propiedades) se puede decir que se existe una influencia significativa y positiva del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con respecto a la resistencia a la compresión y densidad de morteros con ceniza de cascarilla de arroz, con esto se descarta la hipótesis nula; de tal forma que se puede afirmar que la resistencia a la compresión, arroja un resultado favorable hasta un determinado porcentaje; sin embargo, esto se toma como un resultado positivo ya que es un comportamiento particular de los materiales compuestos.

4.3. Discusión de resultados

- El resultado obtenido mediante el Ms Excel genera una resistencia a la compresión de 111.80 kg/cm² y que pertenece al 5% de ceniza de cascarilla de arroz, este valor de resistencia es muy cercano al obtenido por Jamil (2016) quien obtuvo una resistencia de 10.1 MPa (102.99 Kg/cm²). Sin embargo, utilizó un porcentaje del

20% de sustitución parcial de ceniza de cascarilla de arroz y con un tiempo de curado de 90 días.

- El porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se obtiene la densidad más baja en los morteros con ceniza de cascarilla arroz es el de 15%, obteniendo un experimentalmente 2.06 g/cm^3 de densidad; el resultado es muy cercano a los valores obtenidos por Muthukrishnan (2019) quien luego de su investigación logro densidades de $2,165 \text{ kg/cm}^3$ (2.17 g/cm^3), con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz de 20%.
- Los resultados observados en cuanto a la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz nos inducen a verificar lo citado por Askeland y Wright (2016) quienes expresan que todos los materiales compuestos presentan un porcentaje de “saturación” dentro del cual se adquiere la resistencia máxima, después de llegar a este punto, conforme se va aumentando el porcentaje en la matriz; desciende el valor de la propiedad.
- Al analizar la variación de la densidad de morteros con ceniza de cascarilla de arroz con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz se observa que, al aumentar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, la densidad disminuye, esto coincide con lo encontrado Muthukrishnan (2019), quien indica que a medida que se va aumentando el valor del porcentaje la densidad desciende relativamente en comparación a la del grupo control.
- Al evaluar la correlación existe entre la resistencia a compresión y la densidad de morteros con ceniza de cascarilla de arroz se realizó un análisis tanto lineal como no lineal de la correlación existente (correlación de Pearson y correlación de Spearman respectivamente), demostrando que existe correlación lineal y no lineal entre ambos parámetros evaluados.
- La influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz es favorable en cuanto a la resistencia a la compresión de los morteros con ceniza de cascarilla de arroz, este resultado tiene coherencia con lo que presenta Muthukrishnan (2019) quien

concluye que a medida que aumenta el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, la resistencia a la compresión de sus morteros descendía, lo cual fue una reacción esperada para esta propiedad. Por otro lado, la reacción obtenida tiene coherencia con lo expresado por Fapohunda (2017) quien indica que la densidad en morteros que contenían ceniza de cascarilla de arroz disminuía con el aumento del porcentaje, demostrando que el volumen de poros aumentó conforme se agregaba más cantidad de ceniza de cascarilla de arroz.

- Al comparar los resultados de costos de los morteros por cada porcentaje empleado, se observa que a medida que se va aumentando el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz el costo del mortero va disminuyendo gradualmente, esta evaluación coincide con lo encontrado por Muthukrishnan (2019), el cual menciona que al reemplazar la ceniza de cascarilla de arroz por el cemento llega a ser una forma sostenible de entregar productos cementosos, añadiendo además que se logrará mitigar peligros ambientales gracias a la disposición de la cascarilla de arroz.

V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

5.1. Conclusiones

1. Se determinó la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión y densidad de morteros, obteniendo que en ambos casos existe una influencia tanto positiva como significativa.
2. Se determinó el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros, para que esto sea posible usamos el programa Excel, que nos arrojó como resultado que el porcentaje de 5% del CCA da una mejor resistencia a la compresión con 111.80 kg/cm².
3. Se determinó el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz con el que se obtiene la menor densidad de los morteros, con ayuda del programa Excel se determinó que a mayor porcentaje de CCA menor densidad, por lo que el porcentaje ideal es el de 15 %, puesto que el resultado obtenido es de 2.06g/cm³.
4. Se analizó la variación de la resistencia a la compresión de los morteros con respecto al porcentaje de la ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento, teniendo como resultado que es una variación significativa, pero que a la vez este presenta un comportamiento variable conforme aumenta el porcentaje de CCA hasta llegar a un porcentaje ideal de resistencia a la compresión, para luego disminuir.
5. Se analizó la variación de la densidad de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, en este punto uno de los porcentajes fue varío significativamente (15%) con respecto a los demás, lo que quiere decir que a mayor porcentaje de cascarilla de arroz menor densidad.
6. Se evaluó la correlación lineal y no lineal entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, comprobando

que existe correlación entre ambos casos, encontrándose la correlación lineal y polinómica dentro del grado de correlación alta, siendo estos valores $R^2=0.6402$ y $R^2=0.7809$ respectivamente.

7. Se comparo los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, donde se observa que mientras más porcentaje de CCA se agregue menor será el costo del mortero.

5.2. Sugerencias

- Continuar con la investigación considerado una temperatura ideal de calcinación de la cascarilla de arroz.
- Realizar una mayor cantidad de probetas, con la finalidad de obtener un análisis estadístico más amplio.
- Realizar probetas con porcentajes de 1% a 10 ya que en ese rango se obtienen mejores resultados.
- Ampliar el tiempo de curado de los morteros hasta los 90 días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Tesis

Alarcon, J. (2018). *Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo al cemento con 12 % de ceniza de cascara de arroz y 8% de ceniza de concha de Donax obesulu* [Tesis de pregrado, Universidad San Pedro].

De La Cruz, H. (2018). *Efectos del curado en las propiedades mecánicas del hormigón con cementos Portland y por desempeño* [Tesis de titulación, Universidad San Francisco de Quito].

Burgos, E. (2012). *Variación del módulo de finura del agregado fino de 3.0 a 3.6 en concretos de mediana a baja resistencia* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Ingeniería].

Fernández, L. (2010). *Mezclas binarias y ternarias basadas en cenizas volantes. Influencia del activador sobre la formación de fases y resistencias mecánicas* [Tesis de master, Universidad Politécnica de Cataluña].

Molina, k. (2006). *Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno* [Tesis de pregrado, Universidad De San Carlos De Guatemala].

Teodoro, E. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima, Perú, Pontífice Universidad Católica del Perú

Angulo, A. (2017). *Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, sorptividad y densidad de morteros de cemento portland Tipo I, Trujillo 2017* [tesis de pregrado]. Universidad Privada del Norte, Perú.

Artículos científicos

Younes, M., Abdel, H. y Magdy M. (2018). Utilization of rice husk ash and waste glass in the production of ternary blended cement mortar composites. *Journal of Building Engineering*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.001>.

Fapohunda C., Akinbile B. y Shittu A. (2017). Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement – A review. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(2).

<https://doi.org/10.1016/j.ijse.2017.07.004>.

Sanou, I., Sawadogo, M., Seynou, M., Zerbo, L. y Ouedraogo, R. (2019). Study of the Mechanical Behaviour of Mortars Modified with Rice Husk Ash. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 7(1), 373-384.
doi:10.4236/jmmce.2019.76025

Jamil, M., Khan, M., Karim, M. Kaish, A. y Zain, M. (2016). Physical and chemical contributions of Rice Husk Ash on the properties of mortar. *Construction and Building Materials*, 128(1), 185-198.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.029>

Chíndaprasirt, P. y Rukzon, S. (2008). Strength, porosity and corrosion resistance of ternary blend Portland cement, rice husk ash and fly ash mortar. *Construction and Building Materials*, 22(8), 1601-1606.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.06.010>

Muthukrishnan, S., Gupta, S. y Wei, H. (2019). Application of rice husk biochar and thermally treated low silica rice husk ash to improve physical properties of cement mortar. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 104(1), 102376.

<https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2019.102376>

Torres, M., Reinoso, J., Rubia, M., Reyes, E., Peralta, F. y Fernandez, J. (2019). Critical aspects in the handling of reactive silica in cementitious materials: Effectiveness of rice husk ash vs nano-silica in mortar dosage. *Construction and Building Materials*, 223(1), 360-367. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.023>

Novoa, M., Becerra, L. y Vásquez, M. (2016). La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero. *Avances: Investigación en ingeniería*, 11(2), 1-10.

<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.233>

- Olutoge, F. (2019). Effects of rice husk ash prepared from charcoal-powered incinerator on the strength and durability properties of concrete. *Construction and Building Materials*, 196(1), 386-394. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.138>
- Vásquez, R. y Vigil, P. (2013). La ceniza de cascara de arroz, adición puzolánica en cemento y concreto. *Universidad de Piura*.
<https://www.udocz.com/mx/documentos/9945/tecnologia-del-concreto-8-cenizas-en-el-concreto>
- Giaccio, G., Zerbino, R., Tobes, J., López, A., Isaia, G. y Rodríguez, G. (2006). Aprovechamiento de la ceniza de cascara de arroz para la elaboración de hormigones. *Ciencia y Tecnología del Hormigón*, 13(1), 7-20.
<https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/461/01Giaccio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sua-iam, G., Makul, N., Cheng, S. y Sokrai, P. (2019). Workability and compressive strength development of self- consolidating concrete incorporating rice husk ash and foundry sand waste – A preliminary experimental study. *Construction and Building Materials*, 228(1), 116813.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116813>
- Pereira, A., Toledo, R., Tavares, L. y Chagas, G. (2019). Effect of particle size, porous structure and content of rice husk ash on the hydration process and compressive strength evolution of concrete. *Construction and Building Materials*, 236(1), 117553. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117553>
- Payá, J., Saerrano, T., Borrachero, M. y Monzó, J. (2012). Morteros aligerados con cascarilla de arroz: diseño de mezclas y evaluación de propiedades. *DYNA: revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 79(175), 128-136. ISSN 0012-7353.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7721987>

Libros

- Trujillo, J. (2012). *Pastas, morteros, adhesivos y hormigón*. Málaga, IC Editorial.
- Sanjuán, M., y Chinchón, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Alicante, UNE Editorial.
- Rivera, G. (2015). *Concreto simple*. Colombia, Cauca, Universidad del Cauca.
- Rodríguez, O. (2003). *Morteros guía general*. Madrid, Asociación nacional de fabricantes de mortero.
- Ramos, J. (2003). *Costos y presupuestos en edificaciones*. CAPECO.
- Askeland, D. y Wright, W. (2016). *The science and engineering of materials* (6ta Ed.). Cengage Learning.

Normas

- ASTM – C 109. (2016). *Método Normalizado de Ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in. o [50-mm])*.
- ASTM C-494. (2004). Especificación estándar para los aditivos químicos para hormigón.
- ASTM-C-33-99. (2013). Standard Specification for Concrete Aggregates.
- ASTM C-403. (2016). *Standard Test Method For Time Of Setting Of Concrete Mixtures BY Penetraion Resistance*
- NTP 399.088. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland*. Inacal.
- NTP 334.051. (2018). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Pórtland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*. (5ta Ed). Inacal.
- NTP 399 607 (2018). *Unidad de albañilería. Agregados para morteros de albañilería*. Inacal.
- RNE E.070 (2006). *ALBAÑILERÍA*. Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG].

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 21

Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA	
INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DENSIDAD DE MORTEROS	<p>Problema General:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros? 	<p>Hipótesis General:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ho. No existe influencia significativa del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros. H1. Si existe influencia significativa del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros. 	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar la influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión de morteros y densidad de morteros 	<p>Variable independiente</p>		<p>Tipo: experimental y aplicativa.</p>	
	<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros? ¿Cuál es el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros? ¿Cuál es la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en 	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>Hipótesis específico 1</p> <ul style="list-style-type: none"> H1: El porcentaje de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros es 5%. <p>Hipótesis específico 2</p> <ul style="list-style-type: none"> H1: El porcentaje de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros es 15%. <p>Hipótesis específico 3</p> <ul style="list-style-type: none"> H1: Si existe variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos. <p>Hipótesis específico 4</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la mayor resistencia a la compresión de morteros. Determinar el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento con el que se obtiene la menor densidad de los morteros. Analizar la variación de la resistencia a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos. 	<p>Variable dependiente</p>	<p>Cantidad de material</p>	<p>Diseño: post-test</p>	<p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Técnica de observación. Ms Excel</p>
					<p>Porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz</p>		
						<p>Propiedad mecánica</p>	
					<p>Propiedades</p>	<p>Propiedad física</p>	
					<p>Propiedad general</p>		

<p>estos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos? • ¿existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento? • ¿Cómo varían los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento? 	<ul style="list-style-type: none"> • H1: Si existe variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos. <p>Hipótesis específico 5</p> <ul style="list-style-type: none"> • H₀: No existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento. • H1: Si existe correlación entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento. <p>Hipótesis específico 6</p> <ul style="list-style-type: none"> • H₀: No existe una diferencia entre los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento. • H1: Si existe una diferencia entre los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar la variación de la densidad a la compresión de morteros con respecto al porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento en estos. • Evaluar la correlación existente entre la resistencia a la compresión y densidad de morteros con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento. • Compara los costos de un mortero convencional con respecto a los de un mortero con porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento.
--	---	---

Nota: Elaboración propia (2022).

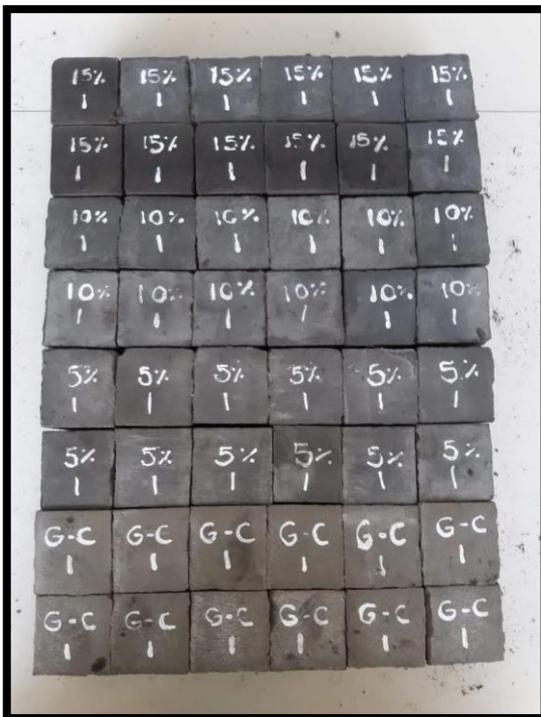
Anexo 2: Registro fotográfico



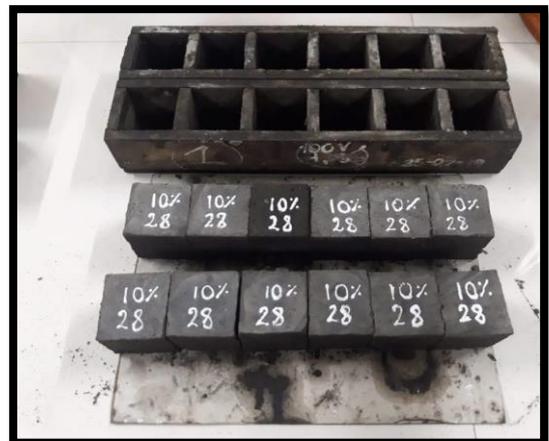
Molienda de la ceniza de cascarilla de arroz calcinada



Mezcla de los agregados



Probetas de morteros con ceniza de cascarilla de arroz de 0%, 5%, 10%, 15%



Resultado de los morteros con 10% de CCA a los 28 días de curado.



Ensayo de resistencia a la compresión de morteros



Resultado a 1 día de curado

Anexo 3: Análisis estadístico con SPSS

ONEWAY RESISTENCIA_MORTERO BY PORCENTAJE_CASCARILLA
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /PLOT MEANS
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05) .

Unidireccional

Descriptivos

RESISTENCIA_MORTERO

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
GC	15	110,1040	4,76885	1,23131	107,4631	112,7449
5%	15	111,7973	9,84438	2,54181	106,3457	117,2490
10%	15	101,4747	6,53210	1,68658	97,8573	105,0920
15%	15	91,5787	5,26873	1,36038	88,6609	94,4964
Total	60	103,7387	10,52673	1,35899	101,0193	106,4580

Descriptivos

RESISTENCIA_MORTERO

	Mínimo	Máximo
GC	99,60	116,80
5%	96,40	132,92
10%	90,28	111,96
15%	79,48	98,52
Total	79,48	132,92

ANOVA

RESISTENCIA_MORTERO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3876,763	3	1292,254	27,194	,000
Dentro de grupos	2661,142	56	47,520		
Total	6537,905	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RESISTENCIA_MORTERO

HSD Tukey

(I) PORCENTAJE_CASCARIL LA	(J) PORCENTAJE_CASCARIL LA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
GC	5%	-1,69333	2,51715	,907
	10%	8,62933*	2,51715	,006
	15%	18,52533*	2,51715	,000
5%	GC	1,69333	2,51715	,907
	10%	10,32267*	2,51715	,001
	15%	20,21867*	2,51715	,000
10%	GC	-8,62933*	2,51715	,006
	5%	-10,32267*	2,51715	,001
	15%	9,89600*	2,51715	,001
15%	GC	-18,52533*	2,51715	,000
	5%	-20,21867*	2,51715	,000
	10%	-9,89600*	2,51715	,001

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: RESISTENCIA_MORTERO

HSD Tukey

(I) PORCENTAJE_CASCARIL LA	(J) PORCENTAJE_CASCARIL LA	95% de intervalo de confianza	
		Límite inferior	Límite superior
GC	5%	-8,3585	4,9718
	10%	1,9642	15,2945
	15%	11,8602	25,1905
5%	GC	-4,9718	8,3585
	10%	3,6575	16,9878
	15%	13,5535	26,8838
10%	GC	-15,2945	-1,9642
	5%	-16,9878	-3,6575
	15%	3,2309	16,5611
15%	GC	-25,1905	-11,8602
	5%	-26,8838	-13,5535
	10%	-16,5611	-3,2309

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

RESISTENCIA_MORTERO

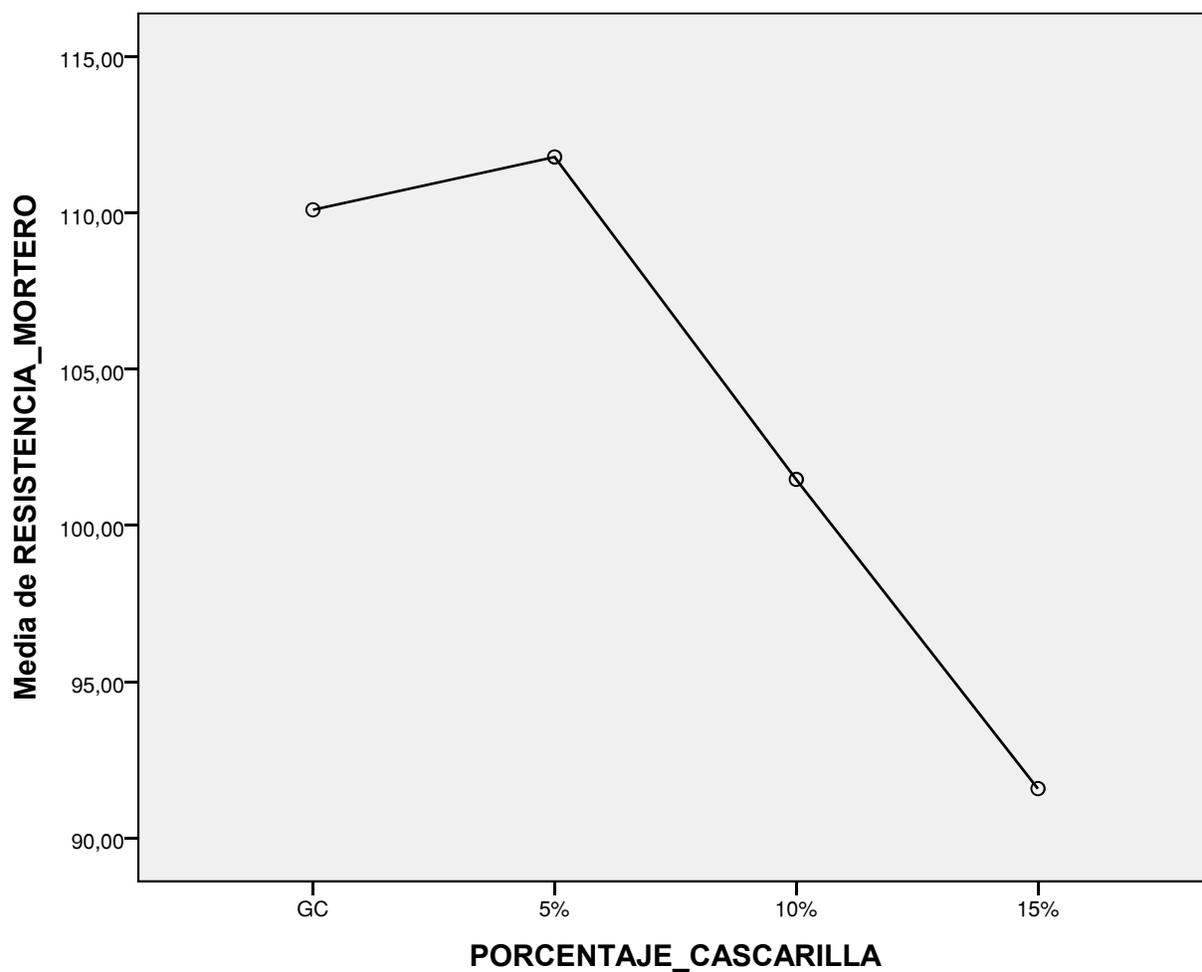
HSD Tukey^a

PORCENTAJE_CASCARIL LA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15%	15	91,5787		
10%	15		101,4747	
GC	15			110,1040
5%	15			111,7973
Sig.		1,000	1,000	,907

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

Gráficos de medias



ONEWAY DENSIDAD_MORTERO BY PORCENTAJE_CASCARILLA
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /PLOT MEANS
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=TUKEY ALPHA(0.05) .

Unidireccional

Descriptivos

DENSIDAD_MORTERO

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
GC	15	2,1593	,04621	,01193	2,1337	2,1849
5%	15	2,1973	,02120	,00547	2,1856	2,2091
10%	15	2,1953	,05817	,01502	2,1631	2,2275
15%	15	2,0627	,05934	,01532	2,0298	2,0955
Total	60	2,1537	,07274	,00939	2,1349	2,1725

Descriptivos

DENSIDAD_MORTERO

	Mínimo	Máximo
GC	2,07	2,21
5%	2,15	2,22
10%	2,10	2,30
15%	1,97	2,16
Total	1,97	2,30

ANOVA

DENSIDAD_MORTERO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,179	3	,060	25,198	,000
Dentro de grupos	,133	56	,002		
Total	,312	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DENSIDAD_MORTERO

HSD Tukey

(I) PORCENTAJE_CASCARIL LA	(J) PORCENTAJE_CASCARIL LA	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
GC	5%	-,03800	,01779	,154
	10%	-,03600	,01779	,191
	15%	,09667*	,01779	,000
5%	GC	,03800	,01779	,154
	10%	,00200	,01779	,999
	15%	,13467*	,01779	,000
10%	GC	,03600	,01779	,191
	5%	-,00200	,01779	,999
	15%	,13267*	,01779	,000
15%	GC	-,09667*	,01779	,000
	5%	-,13467*	,01779	,000
	10%	-,13267*	,01779	,000

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DENSIDAD_MORTERO

HSD Tukey

(I) PORCENTAJE_CASCARIL LA	(J) PORCENTAJE_CASCARIL LA	95% de intervalo de confianza	
		Límite inferior	Límite superior
GC	5%	-,0851	,0091
	10%	-,0831	,0111
	15%	,0496	,1438
5%	GC	-,0091	,0851
	10%	-,0451	,0491
	15%	,0876	,1818
10%	GC	-,0111	,0831
	5%	-,0491	,0451
	15%	,0856	,1798
15%	GC	-,1438	-,0496
	5%	-,1818	-,0876
	10%	-,1798	-,0856

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

DENSIDAD_MORTERO

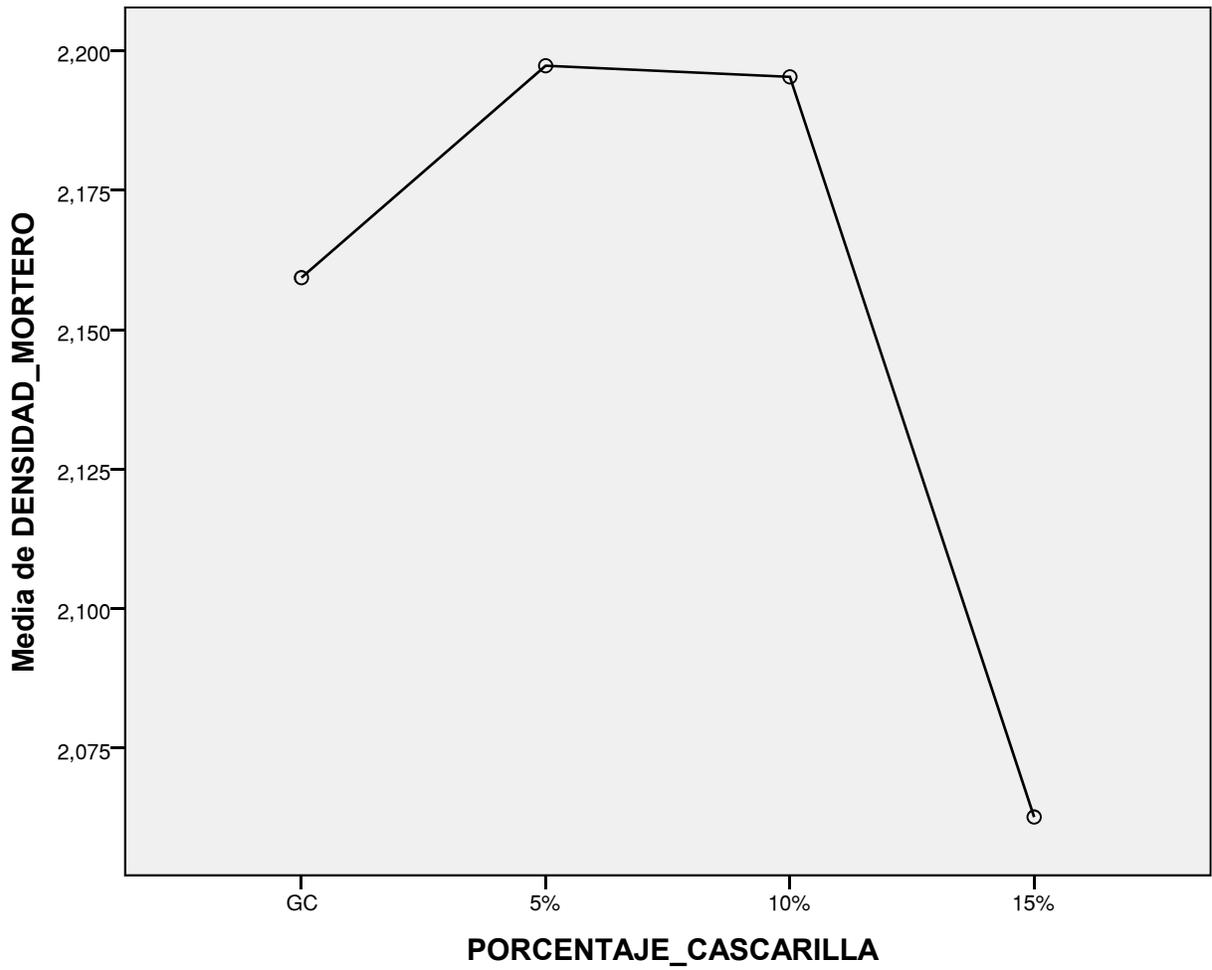
HSD Tukey^a

PORCENTAJE_CASCARIL LA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
15%	15	2,0627	
GC	15		2,1593
10%	15		2,1953
5%	15		2,1973
Sig.		1,000	,154

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

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15,000.

Gráficos de medias



CORRELATIONS

```
/VARIABLES=RESISTENCIA_MORTERO DENSIDAD_MORTERO  
/PRINT=ONETAIL NOSIG  
/STATISTICS DESCRIPTIVES  
/MISSING=PAIRWISE.
```

Correlaciones

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
RESISTENCIA_MORTERO	103,7387	10,52673	60
DENSIDAD_MORTERO	2,1537	,07274	60

Correlaciones

		RESISTENCIA_MORTERO	DENSIDAD_MORTERO
RESISTENCIA_MORTERO	Correlación de Pearson	1	,563
	Sig. (unilateral)		,000
	N	60	60
DENSIDAD_MORTERO	Correlación de Pearson	,563	1
	Sig. (unilateral)	,000	
	N	60	60

. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (1 cola).

NONPAR CORR

```
/VARIABLES=RESISTENCIA_MORTERO DENSIDAD_MORTERO  
/PRINT=SPEARMAN ONETAIL NOSIG  
/MISSING=PAIRWISE.
```

Correlaciones no paramétricas

Correlaciones

			RESISTENCIA_MORTERO
Rho de Spearman	RESISTENCIA_MORTERO	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (unilateral)	.
		N	60
	DENSIDAD_MORTERO	Coeficiente de correlación	,575**
		Sig. (unilateral)	,000
		N	60

Correlaciones

			DENSIDAD_MORTERO
Rho de Spearman	RESISTENCIA_MORTERO	Coeficiente de correlación	,575**
		Sig. (unilateral)	,000
		N	60
	DENSIDAD_MORTERO	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (unilateral)	.
		N	60

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (1 cola).

Anexo 4: Análisis de Costos Unitarios.

Tabla 22*Análisis de precios unitarios*

Partida:	Tarrajeo	FECHA DE PRESUPUESTO:				23/01/2022
Especificación:	0%					
Unidad:	m2					
Rendimiento:	15.00					

Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales						S/ 3.55
cemento portland tipo I		bls	0.120	S/ 23.00	S/ 2.76	
Arena fina		m3	0.020	S/ 30.00	S/ 0.60	
Agua		m3	0.050	S/ 3.80	S/ 0.19	
Mano de Obra						S/ 10.16
Capataz	0.12	hh	0.07	S/ 12.50	S/ 0.83	
Operario	1.00	hh	0.53	S/ 12.50	S/ 6.67	
Peón	0.50	hh	0.27	S/ 10.00	S/ 2.67	
Equipos y herramientas						S/ 30.48
Herramientas Manuales		%MO	3.00	S/ 10.16	S/ 30.48	
						S/ 44.19

Nota: Elaboración propia (2022).**Tabla 23***Análisis de precios unitarios al 5%*

Partida:	Tarrajeo	FECHA DE PRESUPUESTO:				23/01/2022
Especificación:	5.00%					
Unidad:	m2					
Rendimiento:	15.00					

Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales						S/ 3.44
cemento portland tipo I		bls	0.114	S/ 23.00	S/ 2.62	
Arena fina		m3	0.020	S/ 30.00	S/ 0.60	
Agua		m3	0.050	S/ 3.80	S/ 0.19	
Ceniza de cascarilla de arroz		bls	0.006	S/ 4.00	S/ 0.02	
Mano de Obra						S/ 10.16
Capataz	0.12	hh	0.07	S/ 12.50	S/ 0.83	
Operario	1.00	hh	0.53	S/ 12.50	S/ 6.67	
Peón	0.50	hh	0.27	S/ 10.00	S/ 2.67	
Equipos y herramientas						S/ 30.48
Herramientas Manuales		%MO	3.00	S/ 10.16	S/ 30.48	
						S/ 44.08

Nota: Elaboración propia (2022).

Tabla 24

Análisis de precios unitarios al 10%

Partida:	Tarrajeo	FECHA DE PRESUPUESTO:				23/01/2022
Especificación:	10.00%					
Unidad:	m2					
Rendimiento:	15.00					

Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales						S/ 3.32
cemento portland tipo I		bls	0.108	S/ 23.00	S/ 2.48	
Arena fina		m3	0.020	S/ 30.00	S/ 0.60	
Agua		m3	0.050	S/ 3.80	S/ 0.19	
Ceniza de cascarill de arroz		bls	0.012	S/ 4.00	S/ 0.05	
Mano de Obra						S/ 10.16
Capataz	0.12	hh	0.07	S/ 12.50	S/ 0.83	
Operario	1.00	hh	0.53	S/ 12.50	S/ 6.67	
Peón	0.50	hh	0.27	S/ 10.00	S/ 2.67	
Equipos y herramientas						S/ 30.48
Herramientas Manuales		%MO	3.00	S/ 10.16	S/ 30.48	
Costo Unitario						S/ 43.96

Nota: Elaboración propia (2022).

Tabla 25

Análisis de precios unitarios al 15%

Partida:	Tarrajeo	FECHA DE PRESUPUESTO:				23/01/2022
Especificación:	15.00%					
Unidad:	m2					
Rendimiento:	15.00					

Descripción	Cuadrilla	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Parcial	Total
Materiales						S/ 3.21
cemento portland tipo I		bls	0.102	S/ 23.00	S/ 2.35	
Arena fina		m3	0.020	S/ 30.00	S/ 0.60	
Agua		m3	0.050	S/ 3.80	S/ 0.19	
Ceniza de cascarill de arroz		bls	0.018	S/ 4.00	S/ 0.07	
Mano de Obra						S/ 10.16
Capataz	0.12	hh	0.07	S/ 12.50	S/ 0.83	
Operario	1.00	hh	0.53	S/ 12.50	S/ 6.67	
Peón	0.50	hh	0.27	S/ 10.00	S/ 2.67	
Equipos y herramientas						S/ 30.48
Herramientas Manuales		%MO	3.00	S/ 10.16	S/ 30.48	
Costo Unitario						S/ 43.85

Nota: Elaboración propia (2022).

Anexo 5: Resultados experimentales

Ensayo a los 28 días

Tabla 26

Peso seco y densidad de los ensayos a 28 días.

NUMERO DE MORTERO	GRUPO CONTROL	PESO SECO (g)			DENSIDAD DE PESO SECO (g/cm ³)			
		5 % DE CENIZA	10% DE CENIZA	15% DE CENIZA	GRUPO CONTROL	5 % DE CENIZA	10% DE CENIZA	15% DE CENIZA
1	268.25	276.54	288.12	254.95	2.15	2.21	2.30	2.04
2	276.16	268.66	284.84	270.40	2.21	2.15	2.28	2.16
3	270.36	276.80	273.14	256.65	2.16	2.21	2.19	2.05
4	273.65	271.90	262.46	261.80	2.19	2.18	2.10	2.09
5	275.50	277.48	281.10	265.84	2.20	2.22	2.25	2.13
6	274.95	272.44	274.87	251.65	2.20	2.18	2.20	2.01
7	264.15	277.15	270.86	265.90	2.11	2.22	2.17	2.13
8	275.51	274.45	269.44	246.54	2.20	2.20	2.16	1.97
9	263.48	274.50	271.97	253.65	2.11	2.20	2.18	2.03
10	272.64	276.45	269.16	256.77	2.18	2.21	2.15	2.05
11	258.61	275.36	270.20	249.65	2.07	2.20	2.16	2.00
12	270.56	274.85	274.51	262.61	2.16	2.20	2.20	2.10
13	260.13	269.75	266.53	248.76	2.08	2.16	2.13	1.99
14	271.39	275.27	272.75	256.52	2.17	2.20	2.18	2.05
15	275.21	277.42	285.42	267.08	2.20	2.22	2.28	2.14
PROM	270.04	274.60	274.36	257.92	2.16	2.20	2.19	2.06

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Tabla elaborada en Excel (2022)

Tabla 27

Resistencia a la compresión de los ensayos a 28 días.

NUMERO DE MORTERO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kgf)				RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)			
	GRUPO CONTROL	5 % DE CENIZA	10% DE CENIZA	15% DE CENIZA	GRUPO CONTROL	5 % DE CENIZA	10% DE CENIZA	15% DE CENIZA
1	2490.00	2913.00	2306.00	2156.00	99.60	116.52	92.24	86.24
2	2789.00	2511.00	2257.00	2413.00	111.56	100.44	90.28	96.52
3	2678.00	2977.00	2799.00	2286.00	107.12	119.08	111.96	91.44
4	2755.00	2564.00	2403.00	2323.00	110.20	102.56	96.12	92.92
5	2919.00	2410.00	2425.00	2189.00	116.76	96.40	97.00	87.56
6	2920.00	2701.00	2540.00	2442.00	116.80	108.04	101.60	97.68
7	2727.00	2880.00	2592.00	2463.00	109.08	115.20	103.68	98.52
8	2680.00	2940.00	2677.00	1987.00	107.20	117.60	107.08	79.48
9	2669.00	2869.00	2664.00	2298.00	106.76	114.76	106.56	91.92
10	2841.00	2658.00	2650.00	2282.00	113.64	106.32	106.00	91.28
11	2809.00	3323.00	2592.00	2232.00	112.36	132.92	103.68	89.28
12	2752.00	2795.00	2536.00	2404.00	110.08	111.80	101.44	96.16
13	2606.00	2488.00	2319.00	2165.00	104.24	99.52	92.76	86.60
14	2753.00	2810.00	2556.00	2267.00	110.12	112.40	102.24	90.68
15	2901.00	3085.00	2737.00	2435.00	116.04	123.40	109.48	97.40
PROM	2752.60	2794.93	2536.87	2289.47	110.10	111.80	101.47	91.58

Nota: Datos obtenidos experimentalmente. Tabla elaborada en Excel (2022)

Resultados turnitin

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTITUCION PARCIAL DEL CEMENTO SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y DENSIDAD DE MORTEROS

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

11%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
4	www.uct.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Jhon Cárdenas Pulido, John Wilfer Aperador Chaparro, Willian Aperador Chaparro, Manuel Jonathan Pinzón Cárdenas et al. "Cenizas de cascarilla de arroz para la activación alcalina de cementantes binarios (ceniza volante/escoria de alto horno)", Matéria (Rio de Janeiro), 2019 Publicación	1%

6	Fuente de Internet	1 %
7	vsip.info Fuente de Internet	1 %
8	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	1 %
9	Ariel Rey Villca Pozo. "Utilización de geopolímero para la mejora de las propiedades en morteros cal-puzolana y su empleo en países en desarrollo.", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	1 %
10	repositorio.usfq.edu.ec Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.efn.unc.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

15	A. Izaguirre, J. Lanas, J. I. Álvarez. "Efecto de un polímero natural biodegradable en las propiedades de morteros de cal en estado endurecido", <i>Materiales de Construcción</i> , 2010 Publicación	<1 %
16	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	revistas.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.usanpedro.pe Fuente de Internet	<1 %
20	materconstrucc.revistas.csic.es Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.uigv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.uct.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

25 Submitted to Universidad Nacional de Trujillo <1 %
Trabajo del estudiante

26 repositorio.uandina.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

27 www.researchgate.net <1 %
Fuente de Internet

28 octaedro.com <1 %
Fuente de Internet

29 repositorio.unj.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

30 Margarita Planelles Almeida, Anna Doquin de Saint Preux. "Nivel de competencia fonológica y edad de inicio de adquisición de español L2 en inmigrantes francófonos residentes en España", Revista Española de Lingüística Aplicada/Spanish Journal of Applied Linguistics, 2018 <1 %
Publicación

31 Lizeth Huertas, Paola Martinez, Martin Espitia. "Analysis of compression resistance property of concrete modified with sugarcane (Saccharum Officinarum) bagasse fibers", 2019 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2019 <1 %
Publicación

32 Submitted to Universidad de Salamanca

Trabajo del estudiante

<1 %

33

repositorio.upp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

34

www.actauniversitaria.ugto.mx

Fuente de Internet

<1 %

35

Submitted to Universidad Autonoma de Bucaramanga

Trabajo del estudiante

<1 %

36

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

37

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

38

1-2-3-autisme.com

Fuente de Internet

<1 %

39

Submitted to Universidad Internacional de la Rioja

Trabajo del estudiante

<1 %

40

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

41

repositorio.puce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

42

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43

Erich David Rodríguez Martínez. "EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE MATERIALES BASADOS EN SÍLICE SOBRE LAS PROPIEDADES DE MATRICES DE CEMENTO PÓRTLAND Y ACTIVADAS ALCALINAMENTE", Universitat Politecnica de Valencia, 2012

Publicación

<1 %

44

J. Marco, E. García, M. I. Más, V. Alcaraz, A. Luizaga. "Estudio de la resistencia a compresión de morteros fabricados con conglomerante compuesto de polvo de vidrio", Informes de la Construcción, 2012

Publicación

<1 %

45

Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana

Trabajo del estudiante

<1 %

46

Submitted to Institución Tecnológica Metropolitana de Medellín

Trabajo del estudiante

<1 %

47

J. M. Mejía, R. Mejía de Gutiérrez, F. Puertas. "Ceniza de cascarilla de arroz como fuente de sílice en sistemas cementicios de ceniza volante y escoria activados alcalinamente", Materiales de Construcción, 2013

Publicación

<1 %

48

tel.archives-ouvertes.fr

Fuente de Internet

<1 %

49	www.unilibre.edu.co Fuente de Internet	<1 %
50	Submitted to EP NBS S.A.C. Trabajo del estudiante	<1 %
51	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
52	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
53	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.espam.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
56	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	rlmm.org Fuente de Internet	<1 %
58	www.cuencarural.com Fuente de Internet	<1 %
59	Submitted to Atlantic International University Trabajo del estudiante	<1 %

60 Joaquin Humberto Aquino Rocha, Marialaura Herrera-Rosas, Nahúm Gamalier Cayo-Chileno, Giovana Silvia Cachaca-Tapia et al. "Evaluación de la resistencia a la compresión de bloques de suelo-cemento con la incorporación de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA)", Congreso Internacional sobre Patología e Reabilitação das Construções, 2021
Publicación <1 %

61 Submitted to Universidad de Lima
Trabajo del estudiante <1 %

62 bibciv.ucla.edu.ve
Fuente de Internet <1 %

63 repositorio.uea.edu.ec
Fuente de Internet <1 %

64 www.clubensayos.com
Fuente de Internet <1 %

65 repositorio.urp.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

66 www.dspace.unitru.edu.pe
Fuente de Internet <1 %

67 Submitted to Universidad de Huanuco
Trabajo del estudiante <1 %

68 idoc.pub
Fuente de Internet <1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words