

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento
Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Por:

Demetrio Asencio Flores Ramos

Asesor:

Ing. Juana Beatriz Aquisé Pari

Juliaca, abril de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Juana Beatriz Aqise Pari, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado “**LA CENIZA DE CÁSCARA DE NUEZ COMO SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y SU EFECTO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN**” constituye la memoria que presenta el Bachiller **Demetrio Asencio Flores Ramos** para obtener el título de Profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometeré a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 11 días del mes de abril del año 2023.



Ing. Juana Beatriz Aqise Pari

Asesor

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	vii
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Cenizas vegetales para concreto.....	13
2.2. Cemento Portland	13
2.3. Mortero.....	13
2.4. Resistencia a compresión.....	13
2.5. Tiempo de fraguado	14
3. METODOLOGÍA	15
3.1. Materiales.....	15
3.1.1. Cemento	15
3.1.2. Ceniza de cáscara de nuez.....	15
3.1.3. Arena gradada	16
3.2. Métodos	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1. Resultados	18
4.1.1. Dosificación de la mezcla.....	18
4.1.2. Ensayos de resistencia a compresión	18
4.1.3. Tiempo de fraguado	20
4.1.4. Contrastación estadística de hipótesis	21
4.2. Discusión.....	24
5. CONCLUSIONES	27
6. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requerimientos químicos y físicos del cemento Portland tipo I	15
Tabla 2 Elementos de la ceniza de cáscara de nuez	15
Tabla 3 Gradación de la arena.....	16
Tabla 4 Dosificación de los morteros	18
Tabla 5 Resistencia a compresión a los 7 días	18
Tabla 6 Resistencia a compresión a los 14 días	19
Tabla 7 Resistencia a compresión a los 28 días	19
Tabla 8 Tiempo de fraguado	21
Tabla 9 Prueba de normalidad.....	22
Tabla 10 Prueba ANOVA de un factor	22
Tabla 11 Comparación de grupos según la prueba pos hoc de Tukey.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Comparación de la resistencia a compresión de los morteros</i>	20
Figura 2 <i>Comparación del tiempo de fraguado inicial en los morteros</i>	21

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de sumisión del artículo científico	31
Anexo 2. Copia de resolución de inscripción del perfil del proyecto de tesis	34
Anexo 3. Certificados de laboratorio	35
Anexo 4. Panel fotográfico	45

La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión

RESUMEN

La presente investigación consideró como objetivo evaluar a la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión. Para ello se consideró cenizas de cáscara de nuez en proporciones de 0 %, 10 % y 15 % en relación del peso del cemento, procediendo a elaborar cubos de 50 mm de lado que fueron curados durante 7, 14 y 28 días para medir su resistencia a compresión de acuerdo a lo especificado en la NTP 334.051:2022, además del tiempo de fraguado inicial acorde a la NTP 334.065. Como resultados se encontró que la dosificación para la elaboración de 9 cubos de morteros fue 359 cm³ de agua y 2035 g de arena para cada uno de los grupos donde se procedió a variar el contenido de ceniza en 0 g, 67.27 g y 69.52 g, además de cemento en 740 g, 672.73 g y 643.48 g; en cuanto a la resistencia a compresión se encontró que a los 28 días para el mortero patrón fue de 290.28 kgf/cm², donde se reemplazó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 354.18 kgf/cm² y para 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 161.11 kgf/cm²; respecto al tiempo de fraguado inicial se encontró que para el mortero patrón fue de 152.33 min, donde se empleó 10 % de ceniza fue de 174.67 min y para 15 % fue de 189 min. Se llega a concluir que el 10 % de la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo resulta ser un elemento idóneo pues se logra incrementar la resistencia a compresión y se retarda el tiempo de fragua del mortero.

Palabras clave: *ceniza de cáscara de nuez, resistencia a compresión, cemento Portland tipo I.*

Nutshell ash as a partial substitute for Portland cement type I and its effect on compressive strength

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate nutshell ash as a partial substitute for Portland cement type I and its effect on compressive strength. For this purpose, walnut shell ash was considered in proportions of 0 %, 10 % and 15 % in relation to the weight of cement, proceeding to elaborate 50 mm of side which were cured for 7, 14 and 28 days to measure their compressive strength according to the specifications of NTP 334.051:2022. As results, it was found that the dosage for the elaboration of 9 cubes of mortars was 359 cm³ of water and 2035 g of sand for each of the groups where the ash content was varied by 0 g, 67.27 g and 69.52 g, in addition to cement in 740 g, 672.73 g and 643.48 g; as for the compressive strength it was found that at 28 days for the standard mortar it was 290.28 kgf/cm², where 10 % of walnut shell ash was replaced it was 354.18 kgf/cm² and for 15 % of walnut shell ash it was 161.11 kgf/cm²; regarding the initial setting time it was found that for the standard mortar it was 152.33 min, where 10 % of ash was used it was 174.67 min and for 15 % it was 189 min. It can be concluded that 10 % of walnut shell ash as a partial substitute for Portland cement is a suitable element as it increases the compressive strength and delays the setting time of the mortar.

Keywords: *nutshell ash, compressive strength, Portland cement type I.*

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente investigación es evaluar a la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión, surgiendo de la problemática que se vive a nivel mundial, pues tal como menciona Kamal et al. (2021) que a razón de que el concreto es uno de los materiales que se emplea en mayor cuantía hasta alcanzar mil millones de toneladas anuales, se requiere excesivos materiales como los agregados que trae consigo la disminución de los recursos naturales y la fabricación de cemento cuyo impacto ambiental es negativo como la destrucción de ecosistemas y la contaminación del agua, siendo necesario la producción de concretos ecológicos.

Asimismo, es dable mencionar que en la actualidad es muy importante que las construcciones cumplan con las necesidades de la población y también se deben comprometer con el medio ambiente, de esta manera las nuevas construcciones deben buscar alternativas de agregados y aditivos que posibiliten mejorar las características del concreto para lograr un rendimiento óptimo en las construcciones. De alguna manera también se busca reducir los costos y obtener un mayor beneficio económico por lo que se deben adecuar nuevas ideas y estudiarlas para conocer las características mecánicas y físicas del concreto con la implementación de aditivos que cumplan con los mínimos requisitos que permitan alcanzar ello (Molocho & Rodríguez, 2020).

Uno de las opciones para reemplazar el cemento es el uso de cenizas de cáscara de nuez, con lo cual se estaría en buena medida contribuyendo al uso de recursos naturales no contaminantes en la construcción. Cabe mencionar que, en el Perú se tiene una producción nacional anual de cáscara de nueces de 312 T destacándose los departamentos de Ancash, Amazonas, Huancavelica, Apurímac y Ayacucho como principales productores en la industria (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2022) usado principalmente para consumo humano, siendo considerado un desecho.

Actualmente se conoce que para obtener un concreto de alta resistencia un componente clave, y comercialmente comprobado, es la adición de micro sílice, como fue adoptado por la ASTM y el ACI para referirse al humo de sílice condensado, donde las capacidades de la micro sílice están enmarcadas en conformar súper ligantes al incorporarse con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que es el resultado químico de la reacción del cemento y el agua (Árevalo, 2001), en consecuencia el material alternativo debe contar por lo menos con este componente.

Se tiene algunas investigaciones internacionales referidas al tema como la que realizaron De la Cruz et al. (2015) en “Concreto ligero utilizando cáscara de nuez” donde resaltan que

la cáscara de nuez aporta beneficios a la resistencia del concreto, al igual que en lo económico, pues el uso de la cáscara de nuez no incurriría en un costo elevado al ser un residuo, además de que el coste de su procesamiento y uso en el concreto como aditivo es competitivo con un aditivo comercial de similar característica como la micro sílice.

Del mismo modo se tiene la investigación a nivel nacional como Flores (2022) en la tesis titulada “Adición de cenizas de cáscara de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210 kg/cm², Puno – Perú 2022” donde empleó 0.5 %, 1 % y 1.5 % de cenizas de cáscara de nuez para medir los cambios en la resistencia a compresión del concreto, obteniendo como resultado que con 0.5 % y 1 % de cenizas de cáscara de nuez se logra a los 28 días alcanzar una resistencia mayor de 1.54 % y 6.58 % en relación del concreto donde no se emplee cenizas de cáscaras de nuez. Otra investigación como la de Molocho y Rodríguez (2020) en “Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210$ kg/cm², en las viviendas económicas de Moyobamba – 2020” lograron encontrar que con 5 %, 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez en relación del peso del cemento, solo se obtiene una resistencia favorable con 5 %, además de mantener la trabajabilidad. Por último, se tiene la tesis de Palacios (2021) denominada “Evaluación de resistencia a compresión del concreto $f'c= 210$ kg/cm² con adición de ceniza de coronta y nuez, Vilcashuamán, Ayacucho 2021” donde emplearon 0.30 %, 0.60 % y 0.90 % de ceniza de cáscara de nuez llegando a concluir que la resistencia del concreto con tales aditivos supera su resistencia de diseño siendo favorable su empleo.

Como hipótesis general de la investigación se tiene que la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I asegura la resistencia a compresión del espécimen, lo cual fue comprobado con los diferentes ensayos en laboratorio realizado.

Para un mejor entendimiento, se procede a describir los capítulos que conforman la siguiente investigación:

1. INTRODUCCIÓN. – Donde se plasma la realidad problemática, los objetivos, antecedentes y metodología que se llevó a cabo.
2. MARCO TEÓRICO. – Se optó por definir las cenizas vegetales para concreto, el cemento Portland, el mortero, la resistencia a compresión y el tiempo de fraguado.
3. METODOLOGÍA. – Se consideró los materiales y métodos empleados para el desarrollo de la investigación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. – Se describió los resultados referidos a la dosificación de la mezcla, los ensayos de resistencia a compresión, el tiempo de fraguado, la contrastación de hipótesis y las discusiones.

5. CONCLUSIONES. – Se tiene a las conclusiones de la investigación en concordancia con los resultados y objetivos definidos.

6. RECOMENDACIONES. – Se plasma las recomendaciones de la investigación.

Como parte final se tiene las referencias y los anexos de la investigación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Cenizas vegetales para concreto

Las cenizas vegetales para concreto, también conocidas como cenizas volantes o cenizas de combustión de biomasa, son subproductos de la combustión de residuos vegetales, como la cáscara de arroz, la cáscara de nuez o la paja, entre otros. Estas cenizas se obtienen a través de procesos de incineración controlados en plantas de energía o calderas que utilizan biomasa como fuente de combustible (Metha y Monteiro, 2008).

2.2. Cemento Portland

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2020) como aquel material que es pulverizado que al ser añadido con agua es capaz de formar una pasta aglomerante con la capacidad de endurecer, no considerándose a la cal ni yeso.

2.3. Mortero

Mientras tanto, de acuerdo Metha y Monteiro (2008) el mortero es aquella mezcla de arena, cemento y agua, es decir no tiene agregado grueso, la proporción de los componentes en el mortero puede variar dependiendo de su uso específico, pero en general, la arena constituye la mayor parte de la mezcla, seguida por el cemento y luego el agua. La arena actúa como un agregado fino, proporcionando estabilidad, resistencia y trabajabilidad al mortero. El mortero se utiliza en una variedad de aplicaciones de construcción, como el revestimiento de paredes, la colocación de ladrillos o bloques, y la reparación de superficies. Su principal función es proporcionar una unión fuerte y duradera entre los materiales de construcción, creando una estructura sólida y resistente.

2.4. Resistencia a compresión

Asimismo, se tiene que la resistencia a compresión de acuerdo a Kosmatka et al. (2004) es la resistencia máxima que es capaz de soportar un espécimen de concreto, mortero o grout cuando es cargada axialmente a compresión con una máquina de ensayo a una velocidad específica, puede ser expresada en kg/cm^2 o MPa. Es importante destacar que la resistencia a compresión no es la única propiedad mecánica que se evalúa en los materiales de construcción, pero es una de las más relevantes y ampliamente utilizadas. La resistencia a compresión puede variar según la mezcla, la calidad de los materiales utilizados, el proceso de curado, entre otros factores. Por lo tanto, se realizan pruebas de

resistencia a compresión en muestras representativas del material para asegurar que cumple con los estándares y requisitos de diseño establecidos.

2.5. Tiempo de fraguado

Las reacciones entre el cemento y el agua son la causa principal del proceso de fraguado del concreto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el tiempo de fraguado del concreto no siempre coincide con el tiempo de fraguado del cemento utilizado en su elaboración, debido a diversas razones que se discutirán más adelante (Metha y Monteiro, 2008).

La rigidez, el fraguado y el endurecimiento son manifestaciones físicas de las reacciones progresivas de hidratación del cemento. En este sentido, los momentos de inicio y finalización del fraguado del cemento son puntos arbitrarios definidos por el método de prueba empleado. Estos puntos determinan el inicio de la solidificación de la pasta de cemento fresco. De manera similar, el fraguado del concreto se define como el momento en el que una mezcla de concreto fresco comienza a solidificarse. Tanto el tiempo inicial como el final del fraguado del concreto son definidos de forma arbitraria mediante un método de prueba, como el método de resistencia a la penetración (ASTM C 403), el cual se describe a continuación. Es importante destacar que los tiempos de inicio y finalización del fraguado del concreto, medidos a través del método de resistencia a la penetración, no hacen una distinción específica entre las características físico-químicas de la pasta de cemento. Estos tiempos son simplemente puntos funcionales que marcan el límite de manipulación del concreto fresco y el inicio del desarrollo de la resistencia mecánica (Metha y Monteiro, 2008).

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales

3.1.1. Cemento

Se empleó cemento Portland tipo I, cuyos requerimientos se encuentran en conformidad de la NTP 334.009 (INACAL, 2022) tal como se detalla en la Tabla 1 considerando tanto química y físicamente al óxido de magnesio, trióxido de azufre, la pérdida de ignición o al fuego, el peso específico, la finura, la expansión en autoclave, el tiempo de fraguado Vicat y el contenido de aire:

Tabla 1

Requerimientos químicos y físicos del cemento Portland tipo I

	Requerimientos	Contenido
Requerimientos químicos	Óxido de magnesio (%)	2 - 4
	Trióxido de azufre (%)	1.8 - 2.5
	Pérdida por ignición o al fuego (%)	0.1 - 2.5
	Residuo insoluble (%)	< 1.5
Requerimientos físicos	Peso específico (g/cm ³)	3.10 - 3.15
	Finura (cm ² /g)	3000 - 3700
	Expansión en autoclave (%)	0.0 - 0.2
	Tiempo de fraguado Vicat inicial (min)	140 - 190
	Contenido de aire del mortero (%)	4 - 8

3.1.2. Ceniza de cáscara de nuez

En cuanto a la ceniza de cáscara de nuez, está fue caracterizada previamente, tal como se observa en la **Tabla 2** donde se evidencia un total de 23 elementos, donde se presenta una mayor concentración de Oxígeno (41.4 %) seguido de Potasio con 24.2 %.

Tabla 2

Elementos de la ceniza de cáscara de nuez

Elementos	Concentración (%)	Elementos	Concentración (%)
O	41.4	Cu	0.0496
K	24.2	Rb	0.0236
Mg	3.03	Ni	0.0203
P	0.882	Zn	0.0139
Si	0.81	Co	0.0128

Cl	0.542	Ba	0.0089
S	0.272	Zr	0.0013
Fe	0.199	Rh	0.0012
Sr	0.0969	Cd	0.0011
Br	0.0908	Mo	0.001
Mn	0.0606	Sn	0.0005
		Ag	0.0004

3.1.3. Arena gradada

La arena empleada para la elaboración de los cubos de morteros para la medición de la resistencia a compresión tanto a los 7, 14 y 28 días se encontró de acuerdo a las especificaciones técnicas de la NTP 334.051:2022 y NTP 334.046 (INACAL, 2022) cuyos porcentajes acumulados retenidos se encontraron en concordancia con la siguiente tabla:

Tabla 3

Gradación de la arena

Tamiz	Porcentaje acumulado retenido (%)
149 μm	98 \pm 2
297 μm	75 \pm 2
425 μm	40 \pm 2
595 μm	2 \pm 2
1.19 μm	0

3.2. Métodos

En primera instancia se analizó la cáscara de nuez en forma de harina y ceniza, con la finalidad de obtener su composición química sobre todo de porcentaje de sílice, para posteriormente optar el más adecuado; resultando más favorable la ceniza de cáscara de nuez por contar con 0.81 % de sílice con lo cual se aseguraría la resistencia a compresión.

Posteriormente, se procedió a la elaboración de los morteros en base a cemento Portland tipo I y según lo establecido en la NTP 334.051, en base a una proporción de 1 parte de cemento y 2.75 partes de arena, con una relación de agua-cemento de 0.485 tanto para la muestra patrón y las muestras con ceniza de cáscara de nuez en porcentajes de 10% y 15%, lográndose obtener un total de 27 especímenes cúbicos de 50 milímetros de lado, que luego fueron compactados en dos capas por apisonado, para luego ser curados donde previamente permanecieron 1 día en el molde y así ser sumergidos en agua hasta la prueba de rotura a edades de 7, 14 y 28 días.

Otro aspecto importante considerado fue la medición del tiempo de fraguado, para lo cual se siguió lo especificado en la NTP 334.065, con la finalidad de evaluar si las cenizas de cáscaras de nuez repercuten de alguna manera en esta propiedad.

Obtenidos los resultados estos fueron analizados con la estadística descriptiva a partir de tablas donde se consideró el promedio aritmético, la desviación estándar y la variación porcentual a partir del grupo de control, además se emplearon gráficos de dispersión y de barras, esto con el uso del programa Microsoft Excel; posteriormente se optó por el análisis estadístico inferencial donde se usó el programa SPSS, para la ejecución de la prueba de normalidad, prueba paramétrica ANOVA de un factor y la comparación de los grupos, donde el nivel de confiabilidad fue de 95 % aceptando un error de hasta 5 %.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Dosificación de la mezcla

A continuación, se tiene la **Tabla 4** donde se muestra la dosificación (cemento, ceniza de cáscara de nuez, área y agua) para la elaboración de morteros de cemento sin y con sustitución de ceniza de cáscara de nuez en 10 % y 15 % en relación al peso del cemento, cabe mencionar que tales dosificaciones fueron para 9 especímenes por grupo (patrón, mortero con 10 % de ceniza de cáscara de nuez y 15 % correspondientemente).

Tabla 4
Dosificación de los morteros

	Patrón	Sustitución por ceniza de cáscara de nuez	
		10%	15%
Cemento (g)	740	672.73	643.48
Ceniza (g)	0	67.27	69.52
Arena (g)	2035	2035	2035
Agua (cm ³)	359	359	359

4.1.2. Ensayos de resistencia a compresión

En cuanto a la resistencia a compresión a continuación se muestra los resultados obtenidos a los 7 días, tanto el promedio, la desviación estándar y la variación en relación al concreto patrón, resaltando que para el mortero patrón fue de 220.40 kgf/cm², donde se utilizó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 189.12 kgf/cm² y con 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 257.51 kgf/cm².

Tabla 5
Resistencia a compresión a los 7 días

Ceniza de cáscara de nuez (%)	Resistencia a compresión a los 7 días (kgf/cm ²)	Resistencia promedio a los 7 días (kgf/cm ²)	Desviación estándar a los 7 días (kgf/cm ²)	Variación a los 7 días (%)
0	221.89			
0	222.30	220.40	2.95	0.00
0	217.00			
10	173.76	189.12	14.73	-14.19

10	203.12			
10	190.48			
15	244.32			
15	268.39	257.51	12.20	16.84
15	259.82			

Del mismo modo, se tiene los resultados obtenidos a los 14 días, tanto el promedio, la desviación estándar y la variación en relación al concreto patrón, resaltando que para el mortero patrón fue de 231.68 kgf/cm², donde se utilizó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 288.64 kgf/cm² y con 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 189.05 kgf/cm².

Tabla 6
Resistencia a compresión a los 14 días

Ceniza de cáscara de nuez (%)	Resistencia a compresión a los 14 días (kgf/cm ²)	Resistencia promedio a los 14 días (kgf/cm ²)	Desviación estándar a los 14 días (kgf/cm ²)	Variación a los 14 días (%)
0	231.68			
0	225.97	231.68	5.71	0.00
0	237.39			
10	289.59			
10	287.96	288.64	0.85	24.59
10	288.37			
15	189.66			
15	189.05	189.05	0.61	-18.40
15	188.44			

Por último, se tiene los resultados obtenidos a los 28 días, tanto el promedio, la desviación estándar y la variación en relación al concreto patrón, resaltando que para el mortero patrón fue de 290.28 kgf/cm², donde se utilizó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 354.18 kgf/cm² y con 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 161.11 kgf/cm².

Tabla 7
Resistencia a compresión a los 28 días

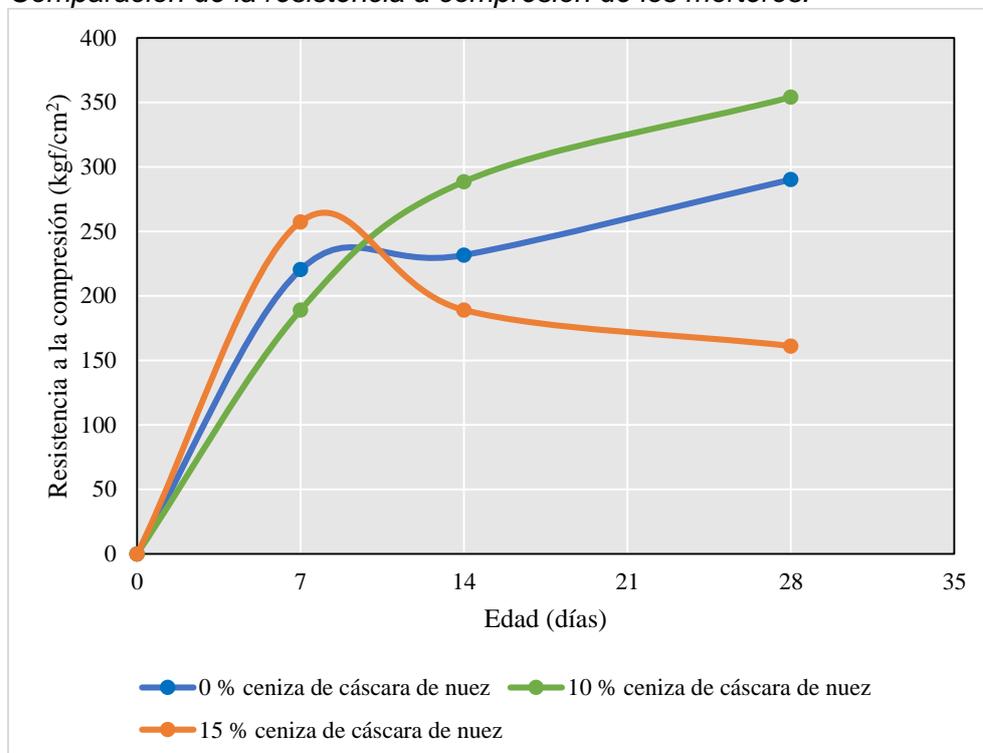
Ceniza de cáscara de nuez (%)	Resistencia a compresión a los 28 días (kgf/cm ²)	Resistencia promedio a los 28 días (kgf/cm ²)	Desviación estándar a los 28 días (kgf/cm ²)	Variación a los 28 días (%)
0	285.52			
0	307.95	290.28	15.84	0.00

0	277.36			
10	328.34			
10	383.41	354.18	27.69	22.01
10	350.78			
15	165.60			
15	161.11	161.11	4.49	-44.50
15	156.63			

A fin de mostrar el comportamiento de los morteros evaluados, a continuación, se tiene la **Figura 1** donde se evidencia que la resistencia a compresión del mortero donde se empleó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue aquel de mayor valor a los 14 y 28 días.

Figura 1

Comparación de la resistencia a compresión de los morteros.



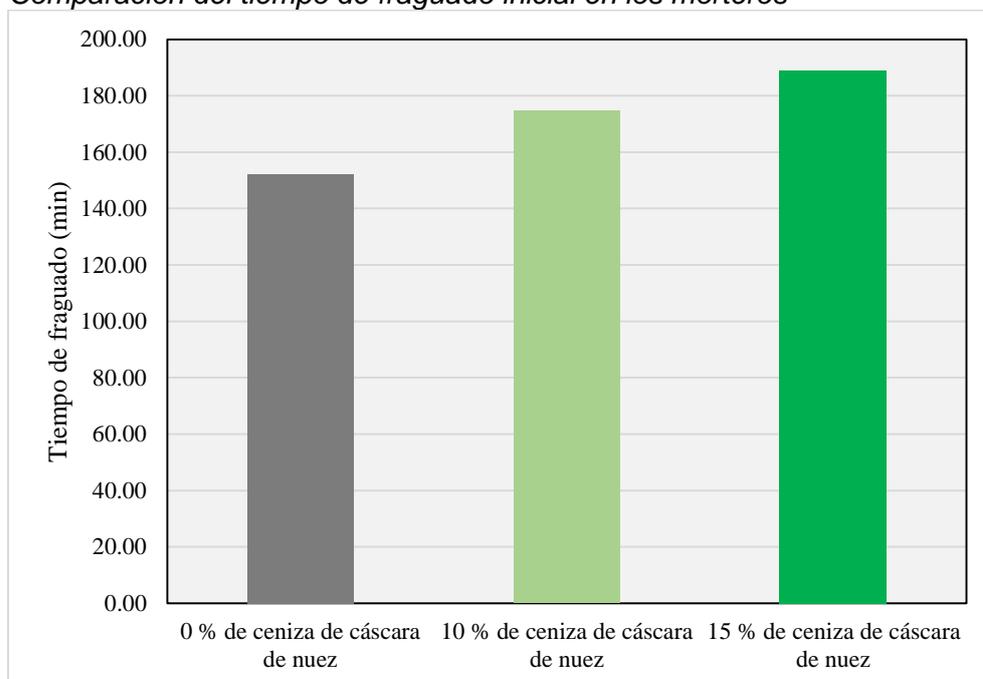
4.1.3. Tiempo de fraguado

El tiempo de fraguado es una de las propiedades importantes en el control de calidad del concreto, en consecuencia, los resultados, el promedio y la desviación estándar se muestra a continuación, donde para el mortero patrón resultó de 152.33 min y cuando se empleó 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 174.67 min y 189 min, tal como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 8*Tiempo de fraguado*

Ceniza de cáscara de nuez (%)	Tiempo de fraguado inicial (min)	Promedio (min)	Desviación estándar (min)	Variación (%)
0	152			
0	155	152.33	2.52	0
0	150			
10	175			
10	179	174.67	4.51	79.18
10	170			
15	190			
15	185	189	3.61	43.27
15	192			

En concordancia con la tabla anterior se evidencia que el empleo de las cenizas de cáscara de nuez trae consigo el incremento del tiempo de fragua del mortero en comparación de lo encontrado para la mezcla patrón.

Figura 2*Comparación del tiempo de fraguado inicial en los morteros*

4.1.4. Contrastación estadística de hipótesis

Con la finalidad de determinar si los cambios encontrados fueron significativos o no, se realizó el análisis estadístico inferencial tal como se muestra a continuación, en cuanto a la prueba de normalidad (Tabla 9), la prueba ANOVA de un factor (Tabla 10) y la comparación de grupos según la prueba pos hoc de Tukey (Tabla 11) para la resistencia a compresión y el tiempo de fragua inicial.

A continuación, se tiene la prueba de normalidad para la resistencia a compresión a los 7, 14, 28 días y el tiempo de fragua inicial, donde de acuerdo a la significancia obtenida representan una distribución normal de los datos.

Tabla 9
Prueba de normalidad

	Grupos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión a los 7 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	0.81	3	0.13
	10 % de ceniza de cáscara de nuez	0.99	3	0.85
	15 % de ceniza de cáscara de nuez	0.97	3	0.69
Resistencia a la compresión a los 14 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	1.00	3	1.00
	10 % de ceniza de cáscara de nuez	0.92	3	0.47
	15 % de ceniza de cáscara de nuez	1.00	3	1.00
Resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	0.93	3	0.50
	10 % de ceniza de cáscara de nuez	0.99	3	0.80
	15 % de ceniza de cáscara de nuez	1.00	3	1.00
Tiempo de fraguado inicial	0 % de ceniza de cáscara de nuez	0.99	3	0.78
	10 % de ceniza de cáscara de nuez	1.00	3	0.88
	15 % de ceniza de cáscara de nuez	0.94	3	0.54

En cuanto a la prueba ANOVA de un factor, se tiene que los cambios presentados en la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 fueron significativos estadísticamente, al igual que el tiempo de fraguado inicial, tal como se detalla en la **Tabla 10**, puesto que en todos los casos la significancia fue de 0.00.

Tabla 10
Prueba ANOVA de un factor

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión a los 7 días (kgf/cm ²)	Entre grupos	7032.82	2	3516.41	28.17	0.00
	Dentro de grupos	748.86	6	124.81		
	Total	7781.68	8			
		Entre grupos	14979.93	2	7489.96	666.86 0.00

Resistencia a la compresión a los 14 días (kgf/cm ²)	Dentro de grupos	67.39	6	11.23		
	Total	15047.32	8			
Resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm ²)	Entre grupos	58039.83	2	29019.91	83.88	0.00
	Dentro de grupos	2075.70	6	345.95		
	Total	60115.53	8			
Tiempo de fraguado inicial	Entre grupos	2048.67	2	1024.33	77.47	0.00
	Dentro de grupos	79.33	6	13.22		
	Total	2128.00	8			

En cuanto a la comparación de los grupos, la **Tabla 11** muestra que de comparar los resultados de la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días, además del tiempo de fraguado inicial con el mortero patrón donde no se empleó cenizas de cáscara de nuez fueron significativos con una significancia menor de 5 %.

Tabla 11
Comparación de grupos según la prueba pos hoc de Tukey

Variable dependiente			Diferencia de medias	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 7 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	10 % de ceniza de cáscara de nuez	31.28*	9.12	0.03	3.29	59.26
		15 % de ceniza de cáscara de nuez	-37.11*	9.12	0.02	-65.10	-9.13
Resistencia a la compresión a los 14 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	10 % de ceniza de cáscara de nuez	-56.96*	2.74	0.00	-65.36	-48.56
		15 % de ceniza de cáscara de nuez	42.63*	2.74	0.00	34.23	51.03

Resistencia a la compresión a los 28 días (kgf/cm ²)	0 % de ceniza de cáscara de nuez	10 % de ceniza de cáscara de nuez	-63.90*	15.19	0.01	-110.50	-17.30
	15 % de ceniza de cáscara de nuez		129.16*	15.19	0.00	82.57	175.76
Tiempo de fraguado inicial	0 % de adición de ceniza de cáscara de nuez	10 % de ceniza de cáscara de nuez	-22.33*	2.97	0.00	-31.44	-13.22
	15 % de ceniza de cáscara de nuez		-36.67*	2.97	0.00	-45.78	-27.56

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

4.2. Discusión

En primera instancia se realizó la caracterización de la ceniza de cáscara de nuez, cuyos resultados se pueden observar en la **Tabla 2**, destacando la presencia de Magnesio en 3.03 % al igual que el cemento Portland tipo I como se detalla en la **Tabla 1** que la concentración está entre 2 a 4 %, lo cual daría a la ceniza de cáscara de nuez el efecto cementante.

Respecto a los resultados de la resistencia a compresión, en la **Tabla 5** se tiene que, a los 7 días, la resistencia promedio del mortero con 0 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 220.40 kgf/cm², mientras que con 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 189.12 kgf/cm² y 257.51 kgf/cm², siendo estos últimos -14.19 % y 16.84 % de lo obtenido en el mortero patrón. Del mismo modo, en la **Tabla 6** se tiene que, a los 14 días, la resistencia promedio del mortero con 0 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 231.68 kgf/cm², mientras que con 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 288.64 kgf/cm² y 189.05 kgf/cm², siendo estos últimos 24.59 % y -18.40 % de lo obtenido en el mortero patrón. Para los 28 días se encontró de acuerdo a la **Tabla 7**, la resistencia promedio del mortero con 0 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 290.28 kgf/cm², mientras que con 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez resultó de 354.18 kgf/cm² y 161.11 kgf/cm², siendo estos últimos 22.01 % y -44.50 % de lo obtenido en el mortero patrón.

De acuerdo al análisis estadístico inferencial se encontró tal como se consigna en la **Tabla 10** que la ceniza de cáscara de nuez genera cambios significativos en la resistencia a los 7, 14 y 28 días del mortero con una significancia menor a lo esperado de 0.05, asimismo, tal como se detalla en la **Tabla 11** referente a la comparación de grupos se tiene que el incremento con 10 % de ceniza de cáscara de nuez también es significativo estadísticamente, resultando así la dosificación óptimo, pues a diferencia del mortero con 15 % de ceniza de cáscara de nuez donde también el cambio fue significativo este fue negativo.

Al encontrar resultados favorables en la resistencia a compresión con el empleo de las cenizas de cáscara de nuez se concuerda con lo mencionado por Huaquisto y Belizario (2018) quienes mencionan que los efectos favorables se notan al emplear valores moderados de ceniza, pues al considerar 15 % el efecto no es esperado. A nivel internacional, como la investigación de De la Cruz et al. (2015) también es coherente con lo encontrado pues encontraron que la ceniza de cáscara de nuez aporta beneficios a la resistencia a compresión. Mientras que, de las investigaciones nacionales se concuerda también pues Flores (2022) que tan solo optó por dosificaciones de 0.5 %, 1 % y 1.5 % de cenizas de cáscara de nuez para medir los cambios en la resistencia a compresión del concreto, obtuvieron como resultado que con 0.5 % y 1 % de cenizas de cáscara de nuez se logra a los 28 días alcanzar una resistencia mayor de 1.54 % y 6.58 % en relación del concreto donde no se emplee cenizas de cáscaras de nuez, lo mismo con la investigación de Molocho y Rodríguez (2020) quienes denotaron que la resistencia favorable fue con 5 % de ceniza de cáscara de nuez, lo cual se debería a que los ensayos fueron enfocados al concreto más no al mortero. Por último, se tiene a Palacios (2021) quién también encontró resultados favorables en la resistencia a compresión con el empleo de 0.30, 0.60 y 0.90 % de ceniza de cáscara de nuez.

En cuanto al tiempo de fraguado inicial, en la **Tabla 8** se detallan los resultados, donde para el mortero con 0 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 152.33 min, con 10 % y 15 % de cenizas de cáscara de nuez resultó en 174.67 min y 189 min, representando 79.18 % y 43.27 % más en relación de lo obtenido para la muestra patrón.

Estadísticamente se encontró según la **Tabla 10** y **Tabla 11** que los incrementos del tiempo de fraguado inicial fueron significativos estadísticamente con una significancia de 0.00 (menor a 0.05) tanto para la dosificación de 10 % y 15 % de ceniza de cáscara de nuez.

Al demostrarse que el tiempo de fraguado inicial del mortero se incrementa (**Figura 2**), se resalta lo mencionado por Rivera (2007) quién menciona que lo menos esperado en los

cementos es la reacción violenta con el agua pues se da un endurecimiento a muy corto plazo, imposibilitando el transporte y colocado de las mezclas de concreto o mortero.

Consecuentemente, siguiendo lo mencionado por Rivera (2007) se puede inferir que, al conservar el calor de hidratación por acción de las cenizas de cáscaras de nuez, resulta ventajoso porque se impediría el congelamiento del agua y la posterior generación de fisuras o grietas sobre todo en losas.

Otro aspecto resaltante debido a los resultados favorables respecto al tiempo de fraguado es tal como menciona Sánchez (2000) pues el hecho de retardar el tiempo de fraguado del concreto es beneficioso en estructuras muy esbeltas (columnas largas) o al momento de lanzar el concreto.

Como parte final se resalta lo especificado por Huaquisto y Belizario (2018) que con el uso de cenizas se puede mitigar los efectos que ocasionan las plantas de procesamiento de cemento y por ende disminuir la contaminación ambiental.

5. CONCLUSIONES

El 10 % de la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo resulta ser un elemento idóneo pues se logra incrementar la resistencia a compresión y se retarda el tiempo de fragua del mortero, lo cual se daría por el contenido de Magnesio que presenta.

La resistencia a compresión del mortero con 10 % de ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I a los 7 días fue de 189.12 kgf/cm² resultando ser -14.19 % en comparación del mortero patrón o convencional. Mientras que, a los 14 días se obtuvo 288.64 kgf/cm² siendo 24.59 % más del mortero patrón y a los 28 días fue de 354.18 kg/cm² representando un 22.01 % (+ 63.90 kgf/cm²) del mortero patrón lo cual también resultó ser estadísticamente significativo (nivel de significancia de 0.00).

En cuanto al tiempo de fraguado inicial, se tiene que tiende a incrementar pues para el mortero patrón se encontró 152.33 min, para el mortero con 10 % de ceniza de cáscara de nuez es de 174.67 min y con 15 % es de 189.00 min, donde se resalta que al emplear 10 % de ceniza de cáscara de nuez resulta ser 79.18 % más del patrón siendo 22.33 min de diferencia.

6. RECOMENDACIONES

Previo al empleo de las cenizas de cáscara de nuez es recomendable que estos se encuentren almacenados en zonas carentes de humedad pues podría afectar el contenido de agua esperado en la mezcla de mortero o concreto.

A futuras investigaciones se recomienda realizar el análisis emplear la ceniza de cáscara de nuez en proporciones menores a 10 % pues se lograría incrementar en mayor cuantía la resistencia a compresión.

Es dable recomendar el empleo de la ceniza de cáscara de nuez en mezclas de concreto, con la finalidad de analizar su efectividad cuando se encuentre en contacto con los agregados gruesos, además de profundizar en la medición de las demás propiedades como asentamiento, contenido de aire y exudación.

Al incrementarse la resistencia del mortero con el empleo de ceniza de cáscara se recomienda su empleo en sistemas de revoque como las placas de Drywall, pues se aseguraría un mejor comportamiento.

Al haberse denotado que se incrementa el tiempo de fraguado inicial de los morteros con ceniza de cáscara de nuez, se recomienda su empleo en concretos premezclados pues con ello se facilita la manejabilidad y su transporte adecuado.

Otro aspecto importante, debido al incremento del tiempo de fraguado es que se podría emplear las cenizas de cáscara de nuez de zonas frías puesto que se conserva el calor de hidratación sobre todo en losas de pavimento rígido o losas en viviendas evitándose el congelamiento del agua en los vacíos.

Asimismo, se recomienda el estudio de las cenizas de cáscara de nuez como aditivo retardante de fraguado.

REFERENCIAS

- Árevalo, L. (2001). *Influencia de la microsilice en el concreto* [Universidad Nacional de Ingeniería].
https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_d59f9d77df29c05aff5198ee071ef1a9
- de La Cruz, F., Sáenz, A., & Cortés, F. (2015). Concreto ligero utilizando cáscara de nuez. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 9, 1–11.
<https://www.redalyc.org/pdf/1939/193948443004.pdf>
- Flores, P. (2022). *Adición de cenizas de cáscara de nuez para incrementar la resistencia a compresión del concreto 210 kg/cm², Puno - Perú 2022* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/94596>
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Journal of High Andean Research*, 20, 225–234.
<http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/issue/archive>
- INACAL. (2022). *Normas Técnicas Peruanas*. Instituto Nacional de Calidad.
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- Kamal, I., Ali, A., & Far Sherwani, A. (2021). Optimization and modeling the impact of a green cementless binder and biogenic nanosilica on cement setting time. *Materials Today: Proceedings*, 42, 2649–2655. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.595>
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. In *Journal of Experimental Botany* (Primera, Vol. 62, Issue 8). Portland Cement Association.
- Metha, K., & Monteiro, P. (2008). Concreto: estructura, propiedades y materiales. In *Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. <https://books.google.com.pe/books?id=oVgAAQAACAAJ>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022, October 11). *Compendio anual "Producción agrícola."* <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>
- Molocho, J., & Rodríguez, D. (2020). *Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para mejorar la resistencia a la compresión del concreto f'c: 210 kg/cm², en las viviendas económicas de Moyobamba - 2020* [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55350>

- MVCS. (2020). *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)* (pp. 1–1). Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Palacios, L. (2021). *Evaluación de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de ceniza de coronta y nuez, Vilcashuamán, Ayacucho 2021* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66288>
- Rivera, G. (2007). *Concreto simple* (Primera, pp. 1–256). Universidad de Cauca. <https://www.udocz.com/read/tecnologia-concreto-y-mortero-rivera-pdf>
- Sánchez, D. (2000). *Tecnología del concreto y del mortero* (Cuarta). Bhandar Editores Ltda.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de sumisión del artículo científico

5/1/23, 11:24

#2498 Resumen

REVISTA CAMPUS

INICIO	ACERCA DE	CATEGORÍAS	ÁREA		
PERSONAL	CONTACTO	UNIVERSIDAD	ACTUAL	ARCHIVOS	ESTADÍSTICAS
#2498 Resumen					Iniciar Sesión
RESUMEN	REVISIÓN	EDICIÓN	Ha iniciado sesión como... demetrio-asencio		
Envío	<ul style="list-style-type: none">Mis revistasMi perfilCerrar sesión				
Autores/as	Demetrio Asencio Flores Ramos				Notificaciones
Título	"La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión"				<ul style="list-style-type: none">VistaGestionar
Archivo original	2498-8589-1-SM.DOCX 2022-12-27				Autoría
Archivos comp.	2498-8590-1-SP.DOCX 2022-12-27 AÑADIR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO				Envíos
Emisor/a	agradecimiento Demetrio Asencio Flores Ramos <input type="checkbox"/>				<ul style="list-style-type: none">Activo/a (1)Archivar (0)Nuevo envío
Fecha de envío	diciembre 27, 2022 - 05:36				Idioma
Sección	Artículos				Escoge Idioma
Editor/a	Victor Garcia Rivera <input type="checkbox"/>				Español ▼
Comentarios del autor/a	agradecerle por aceptar mi trabajo de investigacion				Cambiar
Estado					Buscador
Estado	En revisión				Buscar
Iniciado	2022-12-27				Ámbito de la búsqueda
Modificado por última vez	2023-01-04				Todo ▼
Metadatos del envío					Buscar
EDITAR METADATOS					Examinar
Autores/as					<ul style="list-style-type: none">Por número
Nombre	Demetrio Asencio Flores Ramos <input type="checkbox"/>				
Institución	UNIVERSIDAD PERUANA UNION				
País	Perú				
Resumen biográfico	APURIMAC-COTABAMBAS-HAQUIRA				

<https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/author/submission/2498>

1/3

Contacto principal para la correspondencia editorial.

Título y resumen

Título "La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión"

Resumen

La presente investigación consideró como objetivo evaluar a la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión. Para ello se consideró cenizas de cáscara de nuez en proporciones de 0 %, 10 % y 15 % en relación del peso del cemento, procediendo a elaborar cubos de 50 mm de lado que fueron curados durante 7, 14 y 28 días para medir su resistencia a compresión de acuerdo a lo especificado en la NTP 334.051:2022, además del tiempo de fraguado inicial acorde a la NTP 334.065. Como resultados se encontró que la dosificación para la elaboración de 9 cubos de morteros fue 359 cm³ de agua y 2035 g de arena para cada uno de los grupos donde se procedió a variar el contenido de ceniza en 0 g, 67.27 g y 69.52 g, además de cemento en 740 g, 672.73 g y 643.48 g; en cuanto a la resistencia a compresión se encontró que a los 28 días para el mortero patrón fue de 290.28 kgf/cm², donde se reemplazó 10 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 354.18 kgf/cm² y para 15 % de ceniza de cáscara de nuez fue de 161.11 kgf/cm²; respecto al tiempo de fraguado inicial se encontró que para el mortero patrón fue de 152.33 min, donde se empleó 10 % de ceniza fue de 174.67 mm y para 15 % fue de 189 min. Se llega a concluir que el 10 % de la ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo resulta ser un elemento idóneo pues se logra incrementar la resistencia a compresión y se retarda el tiempo de fragua del mortero.

- [Por autor/a](#)
- [Por título](#)
- [Otras revistas](#)
- [Categorías](#)

Tamaño de fuente

Indexación

Palabras clave ceniza de cáscara de nuez; resistencia a compresión; cemento Portland tipo I.

Idioma es

Organismos colaboradores

Organismos UNIVERSIDAD PERUANA UNION;
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN DE AREQUIPA; LABORATORIO TECNILAB SRL;

Referencias

Referencias Árevalo, L. (2001). Influencia de la microsíllice de Ingeniería].

<https://www.lareferencia.info/vufind/Record/Pe>
 de La Cruz, F., Sáenz, A., & Cortés, F. (2015). *Concreto*. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 9, 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193948443>
 Flores, P. (2022). Adición de cenizas de cáscaras de arroz a la resistencia a compresión del concreto 210 kg/cm² [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.11962/11444>
 Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de cenizas de cáscaras de arroz en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Journal of Experimental Research*, 20, 225-234. <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria>
 INACAL. (2022). Normas Técnicas Peruanas. Instituto Nacional de Normas Técnicas. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas>
 Kamal, I., Ali, A., & Far Sherwani, A. (2021). Optimization of a green cementless binder and biogenic nano-silica. *Materials Today: Proceedings*, 42, 2649-2655. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.595>
 Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tamplin. (2008). *Mezclas de concreto*. In *Journal of Experimental Research*. Portland Cement Association.
 Metha, K., & Monteiro, P. (2008). *Concreto: estado del arte*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. <https://books.google.com.pe/books?id=8Q8tEAAAQAAJ>
 Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Producción agrícola*. <https://www.gob.pe/institucion/ministerio-de-desarrollo-agrario-y-riego/publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>
 Molocho, J., & Rodríguez, D. (2020). Adición de cenizas de cáscaras de arroz para mejorar la resistencia a la compresión del concreto en viviendas económicas de Moyobamba - 2020 [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.11962/11444>
 MVCS. (2020). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informacion/publicaciones/reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
 Palacios, L. (2021). Evaluación de resistencia a compresión del concreto 210 kg/cm² con adición de ceniza de coronta y nueces de castaño [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.11962/11444>
 Rivera, G. (2007). *Concreto simple* (Primera edición). Universidad de Cuzco. <https://www.udocz.com/read/tecnologia-concreto>
 Sánchez, D. (2000). *Tecnología del concreto y morteros*. Ediciones de la Universidad de Cuzco Editores Ltda.

Journal <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc> home page: <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc>

Esta obra está bajo una licencia de [Creative Commons CC - BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Dirección: Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Av. La Fontana 1250- Urbanización Santa Patricia-La Molina-Lima 12

Teléfonos: 511 2086046, 2086012.
 Correo: revistacampus@usmp.pe

Anexo 2. Copia de resolución de inscripción del perfil del proyecto de tesis



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0109-2023/UPeU-FIA-CF

Lima, Naña, 14 de marzo de 2023

VISTO:

El expediente de los (las) bachilleres **Demetrio Asencio Flores Ramos** identificado(a) con código universitario N° **201422204**, de la Escuela Profesional de Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión", presentado por los(las) bachilleres **Demetrio Asencio Flores Ramos**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 14 de marzo de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

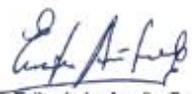
SE RESUELVE:

1. Declarar expedito a los (las) bachilleres **Demetrio Asencio Flores Ramos**, para que sustenten la tesis en formato artículo titulada "La ceniza de cáscara de nuez como sustituto parcial del cemento Portland tipo I y su efecto en la resistencia a compresión", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 11 de abril de 2023 a las 16:00 horas, modalidad presencial.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

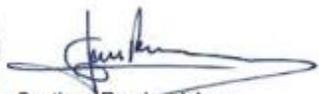
Presidente: Ing. Herson Duberty Pari Cusi
Secretario: Ing. Moisés Araca Chile
Asesor: Ing. Juana Beatriz Aquisse Pari
Vocal: Mg. Arnaldo Cahui Galarza

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARÍO ACADÉMICO

CC:
-Interesado
-Jurado (04)
-Secretaría General
-Archivo

Anexo 3. Certificados de laboratorio



Laboratorio de
Investigación y Servicios
LABINVSERV

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE: 22680-21
CLIENTE: DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS
DIRECCIÓN: AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO: ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X
PRODUCTO CASCARA DE NUEZ MOLIDA
CANTIDAD DE MUESTRA 01
FECHA DE RECEPCION: Martes, 27 de julio de 2021.
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES: BOLSA DE PLASTICO
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: Martes, 18 de agosto de 2021.
REFERENCIA MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA: AREQUIPA.
CÓDIGO DE MUESTRA 28853

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 3

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 22680-21

Concentración de muestra: Cascara de Nuez Molida

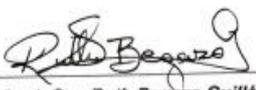
ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (%)
O	96.9
K	1.65
Ca	0.732
Si	0.260
Cl	0.135
P	0.128
S	0.0728
Fe	0.0390
Br	0.0108
Ni	0.0102
Mn	0.0100
Cu	0.0067
Zn	0.0039
Sr	0.0029
Co	0.0027
Rb	0.0011
Rh	0.0011
Ag	(0.0001)

Emitido en Arequipa, 18 de agosto de 2021.

Página 3 de 3



Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP - 348



Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén
Químico Responsable

INFORME DE ENSAYOS

N° DE REPORTE: 22684-21
CLIENTE: DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS
DIRECCIÓN: AREQUIPA
ENSAYO SOLICITADO: ANÁLISIS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X
PRODUCTO: CASCARA DE NUEZ CENIZA
CANTIDAD DE MUESTRA: 01
FECHA DE RECEPCION: Martes, 27 de julio de 2021.
CARACTERISTICAS Y CONDICIONES: BOLSA DE PLASTICO
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: Viernes, 20 de agosto de 2021.
REFERENCIA: MUESTRA PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
PROCEDENCIA: AREQUIPA.
CÓDIGO DE MUESTRA: 28854

LOS RESULTADOS OBTENIDOS CORRESPONDEN AL ANÁLISIS SOLICITADO EN LA MUESTRA RECIBIDA.
ESTE FORMATO NO SERÁ REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO LABINVSERV

Página 1 de 23

INFORME DE ENSAYOS

REPORTE N°: 22684-21

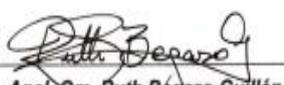
Concentración de muestra: Cascara de Nuez Ceniza	
ELEMENTO	CONCENTRACIÓN (%)
O	41.4
Ca	28.2
K	24.2
Mg	3.03
P	0.882
Si	0.810
Cl	0.542
S	0.272
Fe	0.199
Sr	0.0969
Br	0.0908
Mn	0.0606
Cu	0.0496
Rb	0.0256
Ni	0.0203
Zn	0.0139
Co	0.0128
Ba	0.0089
Zr	0.0013
Rh	0.0012
Cd	0.0011
Mo	0.0010
Sn	(0.0005)
Ag	(0.0004)

Emiso en Arequipa, 20 de agosto de 2021.

Página 2 de 2



Dr. Juan Reyes Larico
Jefe de Laboratorio
RCQP - 348

Anal. Qm. Ruth Begazo Guillén
Químico Responsable



Arequipa, 03 de setiembre del 2021

INFORME TLAB-640-01

SEÑOR(ES): DEMETRIO ASECIO FLORES RAMOS

Presente

ASUNTO:

Certificados de ensayos de compresión de cubos de mortero

PROYECTO:

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y aprovecho la oportunidad para hacer la entrega de los certificados de ensayos de compresión simple de cubos de mortero recibidas.

Sin otro particular me despido de Ud.



TÉCNICALAB S.R.L.
Miriam Raquel Palomino-Alania
Miriam Raquel Palomino-Alania
ING. CIVIL - CIP. 111867

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-01							ASTM C109	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ							
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS							
Ubicación	-							
Muestra	CUBO DE MORTERO							
Fecha	30/08/2021							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA	
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kg/cm ²)	(MPA)
1	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	54,40	221,89	21,76
2	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	54,50	222,30	21,80
3	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	53,20	217,00	21,28

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 111967

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-01							ASTM C109	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ							
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS							
Ubicación	-							
Muestra	CUBO DE MORTERO							
Fecha	30/08/2021							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA	
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kg/cm ²)	(MPA)
1	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	54,40	221,89	21,76
2	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	54,50	222,30	21,80
3	T-1, 0% DE ADICIÓN	30/08/2021	5,00	5,00	25,00	53,20	217,00	21,28

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 111967

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-03							ASTM C109	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ							
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS							
Ubicación	-							
Muestra	CUBO DE MORTERO							
Fecha	01/09/2021							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN								
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA	
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kg/cm ²)	(MPA)
1	T-3, 15% DE ADICIÓN	01/09/2021	5,00	5,00	25,00	59,90	244,32	23,96
2	T-3, 15% DE ADICIÓN	01/09/2021	5,00	5,00	25,00	65,80	268,39	26,32
3	T-3, 15% DE ADICIÓN	01/09/2021	5,00	5,00	25,00	63,70	259,82	25,48

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 111967



Arequipa, 08 de setiembre del 2021

INFORME TLAB-640-02

SEÑOR(ES): DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS

Presente

ASUNTO:

Certificados de ensayos de compresión de cubos de mortero

PROYECTO:

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y aprovecho la oportunidad para hacer la entrega de los certificados de ensayos de compresión simple de cubos de mortero recibidas.

Sin otro particular me despido de Ud.

Atte.



Miriam Raquel Palomino Alania
TÉCNICALAB S.R.L.
Miriam Raquel Palomino Alania
ING. CIVIL - CIP. 111997

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-01		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								ASTM C109
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.									
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS									
Ubicación	-									
Muestra	CUBO DE MORTERO									
Fecha	06/09/2021									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN €										
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA			
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)		
1	T-1, 0% DE ADICIÓN	06/09/2021	5,00	5,00	25,00	56,80	231,68	22,72		
2	T-1, 0% DE ADICIÓN	06/09/2021	5,00	5,00	25,00	55,40	225,97	22,16		
3	T-1, 0% DE ADICIÓN	06/09/2021	5,00	5,00	25,00	58,20	237,39	23,28		

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 1°1967

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-02		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								ASTM C109
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.									
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS									
Ubicación	-									
Muestra	CUBO DE MORTERO									
Fecha	07/09/2021									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN €										
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA			
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)		
1	T-2, 10% DE ADICIÓN	07/09/2021	5,00	5,00	25,00	71,00	289,59	28,40		
2	T-2, 10% DE ADICIÓN	07/09/2021	5,00	5,00	25,00	70,60	287,96	28,24		
3	T-2, 10% DE ADICIÓN	07/09/2021	5,00	5,00	25,00	70,70	288,37	28,28		

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 1°1967

FLAB-CO-QC-1/08-2021/COD01-03		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS								ASTM C109
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.									
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS									
Ubicación	-									
Muestra	CUBO DE MORTERO									
Fecha	08/09/2021									
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN €										
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA			
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)		
1	T-3, 15% DE ADICIÓN	08/09/2021	5,00	5,00	25,00	46,50	189,66	18,60		
2	T-3, 15% DE ADICIÓN	08/09/2021	5,00	5,00	25,00	46,35	189,05	18,54		
3	T-3, 15% DE ADICIÓN	08/09/2021	5,00	5,00	25,00	46,20	188,44	18,48		

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino Alania
 ING. CIVIL - CIP. 1°1967



Arequipa, 23 de setiembre del 2021

INFORME TLAB-640-03

SEÑOR(ES): DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS

Presente

ASUNTO:

Certificados de ensayos de compresión de cubos de mortero

PROYECTO:

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y aprovecho la oportunidad para hacer la entrega de los certificados de ensayos de compresión simple de cubos de mortero recibidas.

Sin otro particular me despido de Ud.



TÉCNICALAB S.R.L.
Miriam Raquel Palomino Alanís
Miriam Raquel Palomino Alanís
ING. CIVIL - CIP. 117887

TLAB-CO-QC-1/09-2021/COD03-01		ASTM C109							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS									
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.								
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS								
Ubicación	-								
Muestra	CUBO DE MORTERO								
Fecha	20/09/2021								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA		
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)	
1	T-1, 0% DE ADICIÓN	20/09/2021	5,00	5,00	25,00	70,00	285,52	28,00	
2	T-1, 0% DE ADICIÓN	20/09/2021	5,00	5,00	25,00	75,50	307,95	30,20	
3	T-1, 0% DE ADICIÓN	20/09/2021	5,00	5,00	25,00	68,00	277,36	27,20	

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino-Alariza
 ING. CIVIL - CIP. 117987

TLAB-CO-QC-1/09-2021/COD03-02		ASTM C109							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS									
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.								
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS								
Ubicación	-								
Muestra	CUBO DE MORTERO								
Fecha	21/09/2021								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA		
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)	
1	T-2, 10% DE ADICIÓN	21/09/2021	5,00	5,00	25,00	80,50	328,34	32,20	
2	T-2, 10% DE ADICIÓN	21/09/2021	5,00	5,00	25,00	94,00	383,41	37,60	
3	T-2, 10% DE ADICIÓN	21/09/2021	5,00	5,00	25,00	86,00	350,78	34,40	

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino-Alariza
 ING. CIVIL - CIP. 117987

TLAB-CO-QC-1/09-2021/COD03-03		ASTM C109							
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS									
Proyecto	TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE NUEZ.								
Solicita	DEMETRIO ASENCIO FLORES RAMOS								
Ubicación	-								
Muestra	CUBO DE MORTERO								
Fecha	22/09/2021								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN									
Nº	ELEMENTO	FECHA DE ENSAYO	LARGO	ANCHO	AREA	FUERZA (KN)	RESISTENCIA		
			(cm)	(cm)	(cm ²)		(Kgf/cm ²)	(MPA)	
1	T-3, 15% DE ADICIÓN	22/09/2021	5,00	5,00	25,00	40,60	165,60	16,24	
2	T-3, 15% DE ADICIÓN	22/09/2021	5,00	5,00	25,00	39,50	161,11	15,80	
3	T-3, 15% DE ADICIÓN	22/09/2021	5,00	5,00	25,00	38,40	156,63	15,36	

* La preparación y descripción del elemento fue proporcionado por el contratante



TÉCNICALAB S.R.L.
 Miriam Raquel Palomino-Alariza
 ING. CIVIL - CIP. 117987

Anexo 4. Panel fotográfico



Fotografía 1. Trituración mecánica de la cáscara de nuez.



Fotografía 2. Tara de la ceniza triturada en total 7 kg para los ensayos.



Fotografía 3. Cocido de la cáscara de nuez en horno a una T° de 2500 °C.



Fotografía 4. Ceniza de la cáscara de nuez sacado del horno.



Fotografía 5. Elaboración de los cubos de 50 mm de lado.



Fotografía 6. Moldes para los cubos de 50 mm de lado.



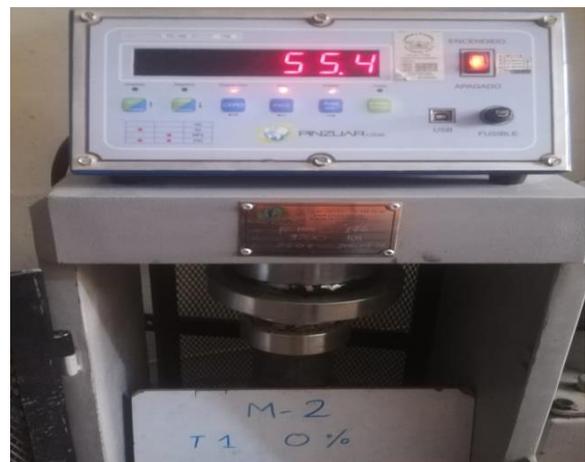
Fotografía 7. Máquina mezcladora para la elaboración de los cubos de 50 mm.



Fotografía 8. Elaboración de los cubos de 50 mm en su respectivo molde.



Fotografía 9. Tipo de cemento Portland Tipo 1 utilizado para la mezcla.



Fotografía 10. Rotura de los cubos de 50 mm.