

Corregido ultimo AL-YE.pdf

 Universidad Peruana Union

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::29566:535223373

Fecha de entrega

2 dic 2025, 7:50 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 dic 2025, 7:52 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

Corregido ultimo AL-YE.pdf

Tamaño del archivo

1010.7 KB

20 páginas

8452 palabras

40.547 caracteres

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- N.º de fuentes excluidas

Fuentes principales

- 13%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 13% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 15% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	hdl.handle.net	1%
2	Internet	repositorio.upeu.edu.pe	1%
3	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	1%
4	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2025-03-23	<1%
5	Internet	1library.co	<1%
6	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
7	Trabajos entregados	Instituto Tecnológico del Putumayo on 2025-04-30	<1%
8	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
9	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
10	Trabajos entregados	Universidad Peruana Del Centro on 2025-02-08	<1%
11	Trabajos entregados	Universidad Privada Antenor Orrego on 2025-08-23	<1%

12	Trabajos entregados	Universidad Continental on 2023-01-19	<1%
13	Trabajos entregados	Infile on 2022-08-25	<1%
14	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2023-06-17	<1%
15	Trabajos entregados	Universidad de Málaga on 2025-06-10	<1%
16	Internet	repositorio.upn.edu.pe	<1%
17	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2025-07-14	<1%
18	Internet	equipo3cd.blogspot.com	<1%
19	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2024-06-10	<1%
20	Internet	www.coursehero.com	<1%
21	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2019-07-02	<1%
22	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2024-09-25	<1%
23	Publicación	Nahúm Gamalier Cayo Chileno, Daniella Dutra Carneiro, Lúcia Maria Joaquim Ass...	<1%
24	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2018-04-19	<1%
25	Trabajos entregados	Universidad Católica de Santa María on 2016-11-10	<1%

26	Internet	docs.google.com	<1%
27	Internet	dokumen.pub	<1%
28	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
29	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2018-06-21	<1%
30	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2024-04-12	<1%
31	Trabajos entregados	Universidad Pontificia Bolivariana on 2025-11-18	<1%
32	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-04-04	<1%
33	Internet	dspace.ucv.edu.cu	<1%
34	Trabajos entregados	uncedu on 2023-11-23	<1%
35	Trabajos entregados	Elmarmarel Escuelas, S.L. on 2023-11-09	<1%
36	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-08-24	<1%
37	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	<1%
38	Internet	doaj.org	<1%
39	Trabajos entregados	uncedu on 2025-07-04	<1%

40	Trabajos entregados	Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia on 2024-06-14	<1%
41	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-12	<1%
42	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2025-02-26	<1%
43	Trabajos entregados	Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-07-15	<1%
44	Trabajos entregados	Universidad Privada del Norte on 2023-07-05	<1%
45	Internet	repositorio.upecen.edu.pe	<1%
46	Trabajos entregados	uncedu on 2025-08-06	<1%
47	Internet	www.frontiersin.org	<1%
48	Trabajos entregados	Angeles University Foundation on 2024-10-03	<1%
49	Trabajos entregados	Flinders University on 2025-05-01	<1%
50	Trabajos entregados	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2018-04-16	<1%
51	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2017-06-30	<1%
52	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-06	<1%
53	Trabajos entregados	Universidad Tecnologica de los Andes on 2020-01-20	<1%

54	Trabajos entregados	Universidad de Talca on 2025-03-26	<1%
55	Internet	dspace.unitru.edu.pe	<1%
56	Internet	rccs.cic.ipn.mx	<1%
57	Internet	repositorio.isil.pe	<1%
58	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
59	Trabajos entregados	uncedu on 2025-01-10	<1%
60	Trabajos entregados	Costa Rica Institute of Technology on 2025-05-28	<1%
61	Publicación	Subahar Mohan, Chandrasekaran P.. "Effect of Artificial Fibers and Corn Cob Ash ...	<1%
62	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2017-05-04	<1%
63	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	<1%
64	Trabajos entregados	Universidad Andina del Cusco on 2018-03-22	<1%
65	Trabajos entregados	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06	<1%
66	Trabajos entregados	Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion on 2023-05-09	<1%
67	Internet	docplayer.es	<1%

68

Internet

repositorio.utea.edu.pe

<1%

Influencia de la ceniza de mazorca de Zea mays como adición y sustitución parcial del cemento en el concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Influence of Zea mays corncob as an addition and partial substitution of cement in concrete $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Aldair Mamani payahuanca^{*1}, <https://orcid.org/0000-0001-6483-4707>

Anthony Frenchy Yepez Mamani ^{*2}, <https://orcid.org/0000-0002-0638-4661>

^{*}Escuela profesional de ingeniería civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca – Puno – Perú

Resumen

En la actualidad el Perú afronta los problemas medioambientales, que han aumentado ante el constante consumo del cemento. Por ello, la presente investigación se enfocó en evaluar la influencia de la ceniza de mazorca como adición, sustituto posible y beneficioso para el medio ambiente en la industria de la construcción. En el estudio realizado, para el diseño del concreto se sustituyó parcialmente con ceniza de mazorca de Zea mays, con respecto al cemento. La metodología empleada en la investigación es de tipo experimental y cuantitativa. Se realizó la adición y sustitución de ceniza de mazorca en diferentes dosificaciones (4%, 6%, 8% y 10%), respecto al peso del cemento empleado en el diseño de mezcla. Se llegó a realizar un total de 135 briquetas y 36 vigas de concreto, determinando su resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14 y 28 días de curado y el módulo de rotura a los 14 y 28 días de curado, para un diseño de $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Los resultados obtenidos en laboratorio fueron de mejora significativa, con respecto a la adición del 8% de ceniza de mazorca, se alcanzó un valor máximo de resistencia a la compresión de 250.22 kg/cm^2 y se obtuvo un módulo de rotura de 29.8 kg/cm^2 , a la edad de 28 días de curado. Por otro lado, en el caso de sustitución al 8%, alcanzó un valor máximo de resistencia a la compresión de 231.82 kg/cm^2 y se obtuvo un módulo de rotura de 26.8 kg/cm^2 , a la edad de 28 días de curado. Se concluye que la ceniza de mazorca demostró ser un material viable como adición y sustitución parcial del material cementante, ya que al incorporarse mejoran significativamente su resistencia a la compresión y flexión en un 8% como porcentaje óptimo, según el análisis de varianza. Finalmente, la ceniza de mazorca es una alternativa como efecto filler, ya que nos brinda una mejora en las propiedades mecánicas del concreto.

Palabras clave: Ceniza de mazorca, concreto, impacto, módulo de rotura, resistencia.

Abstract

Peru is currently facing environmental problems, which have increased due to the constant consumption of cement. Therefore, this research focused on evaluating the influence of corn cob ash as an additive, a possible substitute, and a beneficial addition to the construction industry. In the study, corn cob ash from Zea mays was partially substituted for cement in the concrete design. The methodology used in the research is experimental and quantitative. Corn cob ash was added and substituted in different dosages (4%, 6%, 8%, and 10%) with respect to the weight of the cement used in the mix design. A total of 135 briquettes and 36 concrete beams were made, determining their compressive strength at 7, 14, and 28 days of curing and the modulus of rupture at 14 and 28 days of curing, for a design of $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. The results obtained in the laboratory showed a significant improvement. With the addition of 8% corn cob ash, a maximum compressive strength of 250.22 kg/cm^2 was achieved and a modulus of rupture of 29.8 kg/cm^2 was obtained after 28 days of curing. On the other hand, in the case of 8% substitution, it reached a maximum compressive strength value of 231.82 kg/cm^2 and a modulus of rupture of 26.8 kg/cm^2 was obtained after 28 days of curing. It is concluded that corn cob ash proved to be a viable material as an addition and partial replacement for cementitious material, since its incorporation significantly improves compressive and flexural strength by 8% as an optimal percentage, according to the analysis of variance. Finally, corn cob ash is an alternative as a filler, since it improves the mechanical properties of concrete.

Keywords: Corn cob ash, concrete, impact, modulus of rupture, strength.

1 Introducción

El desarrollo acelerado del rubro constructivo lo posiciona como uno de los sectores con mayor dinamismo a nivel internacional, teniendo un desempeño en la expansión económica y el avance social en múltiples países. Debido al avance progresivo en las obras de construcción, tanto como en el sector público y la proliferación poblacional, motivo por el que ha tenido un gran aumento significativo en el uso del cemento. Indica la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO, 2018). Debido a que ningún otro material ha podido obtener los términos de resistencia y accesibilidad. Sin embargo, una de las industrias que más recursos naturales utiliza es la del concreto. Por ende, contribuyen de manera negativa a las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) según la Asociación Mundial del Cemento y hormigón (GCCA). Se llega a una producción de 14 mil millones de metros cúbicos anualmente, los cuales son usados en las diferentes construcciones que se llegan a ejecutar dentro del país, carreteras, casas, túneles, puentes y presas contra la inundación. Es por ese motivo que la Asociación Mundial del Cemento y el Hormigón (GCCA, 2021) propone a los fabricantes de cemento que innoven cementos más ecológicos que estos reduzcan las emisiones del CO₂ en un 25% esto con una proyección para el año 2030, y así poder alcanzar el objetivo principal de limitar el aumento de la temperatura global a 1.5°C.

Según (Chávez & Rodríguez, 2016), menciona que las investigaciones se vienen realizando en diferentes países y universidades, pues la principal preocupación es la del mejoramiento ambiental en el cual actualmente vivimos, esto ha inclinado a los diferentes especialistas a encontrar soluciones a partir de los materiales con el cual contamos y desechamos.

El hormigón representa una invención humana que se ha posicionado como el material predominante en la industria constructora, está compuesto por diferentes componentes adecuadamente dosificados, agua, cemento, agregado fino y grueso. Igualmente, permite la adición de varios materiales complementarios como aditivos, adiciones y fibra. Siendo el cemento el componente más activo y generalmente el que tiene el mayor costo unitario. (Rivva, 2010).

Según (Adesanya y Raheem, 2009), la investigación efectuada tiene como objetivo reutilizar materiales de desperdicio como recursos aplicables en construcción. El presente estudio analizó el uso de ceniza proveniente del olote de maíz (CCA) como material puzolánico en la fabricación de cemento, en un esfuerzo por transformar los productos residuales en materiales que sean útiles para la industria constructora. Se realizó la producción en fábrica del cemento mezclado CCA sustituyendo el 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 15%, 20% y el 25% en masa de clinker del cemento Portland tradicional mediante CCA. El reemplazo del 0% actúa como muestra de referencia. De acuerdo con los datos experimentales obtenidos, el CCA podría ser utilizado de manera apropiada para producir cemento mezclado.

En la presente investigación utilizamos la ceniza de mazorca de maíz (Coronta), el producto antes mencionado es un desecho orgánico que podría ser un material útil y de una mejora significativa sobre el concreto, sustituyendo u adicionando directamente en el cemento, procedimos a valorar un material de desecho orgánico en insumo viable para la industria de la construcción. Por ello, la investigación tiene como objetivo considerar como principal aditivo a la ceniza de mazorca como un adicionante y sustituyente del cemento. Se realizó de acuerdo a los lineamientos de la NTP E 060, utilizando un diseño de dosificación según la metodología ACI 211.1-22, establecido para alcanzar una resistencia a compresión de $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con el ensayo de prueba de slump de 3" a 4" requerido, por otro lado, se determinara las las características mecánicas del concreto mediante el diseño con ceniza de mazorca se elaboraron un total de 135 probetas cilíndricas, donde fueron distribuidas en 2 grupos y cada uno con diferentes proporciones, concreto sin refuerzo 15 probetas cilíndricas (concreto patrón), 60 probetas cilíndricas de adición y 60 probetas cilíndricas de sustitución de ceniza de mazorca, proporcionalmente en diferentes dosificaciones (4%, 6%, 8% y 10%) en proporción al peso del cemento. Las probetas fueron elaboradas para los días (7, 14 y 28) bajo condiciones de curado, realizándose pruebas de resistencia a compresión a los 28 días, para evaluar su comportamiento estructural. La resistencia a la compresión NTP 339.214 (Norma Técnica Peruana, 2016) y asentamiento de concreto – cono de abrams se elaboraron según la NTP 339.035 (Norma Técnica Peruana, 2009). Del mismo modo, las muestras fueron preparadas mediante la metodología estándar de ensayo, lo que nos determinó el módulo de rotura del concreto (resistencia a la flexión), se elaboraron 36 vigas en total, distribuidas de igual manera, sometidas a flexión a los 14 y 28 días del concreto patrón, adición y sustitución al (4%, 6%, 8% y 10%) ceniza derivada de mazorcas, en relación al peso del cemento. Finalmente, los resultados obtenidos representan una mejora significativa en el comportamiento mecánico del concreto, respecto a la sustitución y adición de la ceniza de mazorca.

2 Materiales y métodos

2.1 Características de los materiales

2.1.1 Agregados

Los materiales de agregados que se llegaron a utilizar para la presente investigación proceden de la cantera Isla-Juliaca-Puno, se procedió a seguir los siguientes procesos, el secado y lavado con el fin de poder deshacernos del polvo y algún otro material que contenga, se seleccionó según la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 2013. NTP 400.037 2014 y ASTM C33 2016. En restricto cumplimiento de las normas, se realizaron pruebas que son requeridas, como el ensayo de análisis granulométrico, módulo de finura, peso específico, absorción y peso unitario conforme a las normas ASTM C-136 2016. C-128 2016. C-29 2016 Y C-566 2016. Se determinó el TM de 1" (2.54cm) para el agregado grueso, los datos obtenidos de estos ensayos especificados en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos obtenidos de los ensayos físicos - agregados

Ensayos Realizados	Agregado Fino (Arena)	Agregado Grueso (Grava)
P.U. Suelto	1724.62	1719.95
P.U. Compactado	1886.04	1759.00
Peso Específico	2.47	2.49
% Absorción	2.67	2.33
% de Humedad	1.42	1.01
Módulo de Finura	2.94	

2.1.2 Ceniza de Mazorca

La ceniza de mazorca (coronta) se obtuvieron a partir de la cosecha y desgranado del maíz, los cuales fueron recolectados y conjuntamente almacenados en unas mallas a la intemperie, con el fin de ser secados naturalmente por más de 5 días, posterior a ello incinerado horno a una temperatura de 500 - 600° C, controlando con un termostato insertado en la parte superior del horno el cual manteniendo una temperatura homogénea para garantizar una uniformidad adecuada y la eliminación completa de algún otro material, posteriormente en la obtención de ceniza fue tamizada por la malla N° 100 y 200, con el fin de tener un material acorde con la granulometría del cemento que se está empleando en la investigación, como último paso se realizó un análisis químico en el laboratorio con el fin de poder tener los atributos químicos presentes en la ceniza de mazorca y poder compararlas con el cemento que se utilizara, los resultados obtenidos de la ceniza de mazorca están especificados en la Tabla 2.





Imágenes sobre la ceniza de mazorca

Figura 1. Procedimiento de la adquisición de ceniza de mazorca}

El método de ensayo aplicado para ver los componentes químicos que tiene la ceniza de mazorca de acuerdo al laboratorio de análisis fueron el ensayo para rocas fusión alcalina, ensayo para sulfatos por digestión específica-fotometría.

Tabla 2. Componentes químicos de la ceniza de mazorca

Composición Química	Ceniza de Mazorca
SiO ₂	21.64 %
Al ₂ O ₃	1.53 %
Fe ₂ O ₃	0.56 %
Na ₂ O	0.21 %
CaO	1.58 %
MgO	1.14 %
LOI	20.8 %

2.1.3 Cemento

En el estudio realizado se llegó a utilizar el cemento Rumi Portland IP, conocido por llegar a cumplir con los más altos estándares que se necesitan en la industria de la infraestructura, La Tabla 3 muestra sus propiedades físico-químicas de acuerdo con ASTM C-595 Y NTP 334.090.

Tabla 3. Características físicas – químicas del cemento Rumi IP

Propiedades Químicas	UND	Cemento Rumi IP	Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595
Oxido de Magnesio (MgO)	%	1.5 a 3.0	Máximo 6.0
Trióxido de azufre (SO ₃)	%	1.5 a 3.0	Máximo 4.0
Pérdida de ignición	%	1.5 a 4.0	Máximo 5.0
Requisitos Físicos			
Densidad	gr/cm ³	2.70 a 2.80	
Expansión en Autoclave	%	-0.09 a 0.05	-0.20 a 0.80
Tiempo de fraguado inicial vicat	min	140 a 260	45 a 420
Contenido de aire	%	3 a 8	Máximo 12

2.2 Métodos

La metodología de investigación adoptada es un diseño experimental cuantitativo, se realizó en la Universidad peruana unión, distrito de San Roman - Juliaca, el cual predomina el uso de cenizas de mazorca.

2.2.1 Análisis de la ceniza de Mazorca

La ceniza de mazorca se generó como resultado de la combustión de la coronta de maíz. En el proceso del quemado y molido de la ceniza se obtuvo una fineza del 70%-80%, Por consiguiente, permite pasar a través de la malla N° 200, para la compatibilidad con el cemento. La norma ASTM C 618-03, (Rivva,210, pág. 199) categoriza a las cenizas por su composición química, de acuerdo a la suma de Óxido de hierro (Fe_2O_3), Óxido de Alúmina (Al_2O_3) y Dióxido de sílice (SiO_2), estos debiendo cumplir ciertos requisitos mostrándose en la Tabla 4.

Tabla 4. Exigencias químicas de las Cenizas.

Caracterización	Clase		
	N	F	C
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$, min. %	70	70	50
Anhídrido Sulfúrico (SO_3), máx. %	4	5	5
Contenido de humedad, máx. %	3	3	3
Pérdida por calcinación, máx. %	10	6	6

Nota. Especificaciones estándar para cenizas, uso concreto - ASTM C618-03.

2.2.2 Diseño de Mezcla

Para poder obtener la resistencia que nosotros especificamos, $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, utilizamos el diseño ACI 211. A la hora de empezar a preparar la mezcla se tomó varios factores en cuenta, como la facilidad del manejo de hormigón en su estado fresco y óptimo, realizando el ensayo del asentamiento para que llegue a su resistencia requerida posterior a ello someterlo a la compresión y flexión del concreto. El diseño patrón está diseñado con un 0% de ceniza de mazorca, mientras que en los otros diseños tienen una incorporación del 4%, 6%, 8% y 10% de ceniza, reemplazando y adicionando directamente al porcentaje del cemento.

2.2.3 Prueba de Asentamiento

Es la capacidad del hormigón fresco para ser manipulado, movido, puesto y compactado eficientemente con el menor esfuerzo y la máxima uniformidad (Chávez, 2020). El ensayo de “cono de Abrams” se emplea para que se pueda determinar la consistencia - trabajabilidad del concreto en los diferentes diseños de mezclas que se vayan realizando. La prueba tiene 3 tipos de trabajabilidad para el concreto las cuales son (seca, plástica o fluida) estas dependen según la relación a/c que se tenga en la mezcla.

2.2.4 Prueba de Vicat

El ensayo de la aguja de Vicat, realizada conforme a las normas ASTM C191, tiene la finalidad de evaluar la duración del proceso de fraguado del cemento, marcando el cambio de una mezcla de cemento y agua desde un estado moldeable hasta finalmente llegar al estado sólido. Como primer proceso se llega a mezclar el cemento con el agua, se coloca en un molde cilíndrico, el cual la aguja de Vicat mide el tiempo de fraguado inicial y final. El fraguado inicial se registra cuando la aguja penetre hasta 25 mm, y el fraguado final se determina cuando ya la aguja de Vicat no penetre y no deje una impresión visible en el molde cilíndrico que se tendrá.

2.2.5 Resistencia a la compresión

El ensayo cumple con la norma ASTM C-39, con el fin de poder asegurar que el concreto llegue a su resistencia requerida y óptima para las cuales se diseñaron con los diferentes valores de porcentajes de sustitución y adición de ceniza de mazorca en el cemento las cuales son 4%, 6%, 8% y 10% para poder alcanzar una resistencia de $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. En cada diseño - grupo se prepararon 15 briquetas de 0.15m de diámetro y 0.30m de altura, que se ensayaron en el equipo de compresión a los 7, 14 y 28 días sucesivamente, sumando un total de 135 briquetas sometidas a prueba.

2.2.6 Módulo de Rotura

El ensayo como resistencia a la flexión, mide el esfuerzo en los extremos de una viga bajo una carga, todo esto para poder determinar el parámetro de flexibilidad, se realizaron 2 grupos, adición y sustitución de ceniza de mazorca en los diferentes porcentajes 0%, 4%, 6%, 8% y 10%, con las siguientes dimensiones 0.15m * 0.15m * 0.50m y se ensayaron en la máquina de compresión a los 14 y 28 días sucesivamente, sumando un total de 36 vigas sometidas a prueba.

2.2.7 Análisis estadístico

La información obtenidos de los ensayos realizados a la compresión y módulo de rotura fueron sujetos de prueba a un análisis de varianza (ANOVA), esta técnica de estadística que compara las medias de tres o más grupos con el fin de poder identificar las diferentes significativas que se tienen, si se llegaban a encontrar diferencias significativas, se procedía a aplicar la prueba tukey para poder determinar que grupos presentaban diferencias significativas en la resistencia.

3 Resultados y discusiones

3.1 Análisis químico de la ceniza de mazorca

Los datos obtenidos sobre el estudio químico realizado, la ceniza de mazorca, en comparación con el cemento utilizados en el reciente estudio se exponen en la Tabla 5

Tabla 5. Comparación de las características químicas con el Cemento

Composición Química	Ceniza de Mazorca	Cemento Portland IP
SiO ₂	21.64 %	21.00 %
Al ₂ O ₃	1.53 %	6.00 %
Fe ₂ O ₃	0.56 %	3.50 %
Na ₂ O	0.21 %	0.50 %
CaO	1.58 %	62.50 %
MgO	1.14 %	3.0 %
LOI	20.8 %	1.75 %



Figura 2. Ceniza de Mazorca y Cemento

3.2 Dosificación de la mezcla

El diseño de mezcla para la fabricación de concreto a utilizarse en esta investigación se realizó por el método ACI 211, para una $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, los resultados de la dosificación de mezcla para la adición y sustitución parcial de ceniza de mazorca son mencionadas en la Tabla 6 y 7, mencionando en los porcentajes de trabajo del 4%, 6%, 8% y 10%. La conexión principal de agua cemento que se tiene es de 0.56.

Tabla 6. Dosificación de Mezcla $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para los múltiples diseños

Descripción	Dosificación en peso - sustitución (Kg/m^3)				
	Patrón	CMS 4%	CMS. 6%	CMS. 8%	CMS. 10%
% de cemento	100 %	96 %	94 %	92 %	90 %
% de ceniza de mazorca	0 %	4 %	6 %	8 %	10 %
Cemento	365.93	351.30	343.98	336.66	329.34
Ceniza de Mazorca	0	14.63	21.95	29.27	36.59
Agregado Fino	627.65	603.91	592.04	580.17	568.30
Agregado Grueso	1076.83	1076.83	1076.83	1076.83	1076.83
Agua	204.34	204.34	204.34	204.34	204.34
Relación (Agua/Cemento) efectiva	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Cemento	365.93	365.93	365.93	365.93	365.93

Tabla 7. Dosificación de Mezcla $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ para los múltiples diseños

Descripción	Dosificación en peso - adición (Kg/m^3)				
	Patrón	CMS 4%	CMS. 6%	CMS. 8%	CMS. 10%
% de cemento	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
% de ceniza de mazorca	0 %	4 %	6 %	8 %	10 %
Cemento	365.93	365.93	365.93	365.93	365.93
Ceniza de Mazorca	0	14.63	21.95	29.27	36.59
Agregado Fino	627.65	592.10	574.33	556.55	538.78
Agregado Grueso	1076.83	1076.83	1076.83	1076.83	1076.83
Agua	204.34	204.34	204.34	204.34	204.34
Relación (Agua/Cemento) efectiva	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Cemento	365.93	365.93	365.93	365.93	365.93

3.3 Medición del asentamiento

Para determinar la trabajabilidad del concreto en estado fresco se realizó la prueba del slump (asentamiento). Según la Tabla 8, observamos que el slump del diseño patrón tuvo un asentamiento de 4.00", lo que representa una consistencia plástica – trabajable, para el diseño sustituyente del 4%,6% y 8% mostraron un asentamiento entre 3.00" a 4.00" una consistencia plástica - trabajable, a diferencia el diseño sustituyente del 10% mostro un asentamiento del 2.8" lo que indica una consistencia seca y de baja trabajabilidad.

Tabla 8. Variación del asentamiento del concreto con ceniza de mazorca - Sustitución

GRUPO	Medición de asentamiento del concreto con ceniza - sustitución				
	Proporción (%)		Lectura (cm)	Asentamiento (Pulgadas)	Trabajabilidad
	Ceniza	Cemento			
G1 – CMP 0%	0	1	10.16 cm	4	Trabajable
G2 – CMS 4%	0.04	0.96	9.65 cm	3.8	Trabajable
G3 – CMS 6%	0.06	0.94	8.89 cm	3.5	Trabajable
G4 – CMS 8%	0.08	0.92	8.38 cm	3.3	Trabajable
G5 – CMS 10%	0.10	0.90	7.112	2.8	Seco



Figura 3. Asentamiento en pulgadas ceniza de mazorca – Sustitución

Según la Tabla 9 se muestra que, tenemos la prueba de asentamiento adicionando ceniza al cemento, el slump del diseño patrón tuvo un asentamiento de 4.00” presentó una consistencia plástica – trabajable, para el diseño adiconante del 4% y 6% mostraron un asentamiento entre 3.00” a 3.50”, lo que representa una consistencia plástica – trabajable, a diferencia el diseño adiconante del 8% y 10% mostraron un asentamiento del 2.5” al 3.00” lo que indica una consistencia seca y de baja trabajabilidad

Tabla 9. Variación del asentamiento del concreto con ceniza de mazorca - Adición

GRUPO	Medición de asentamiento del concreto con ceniza - Adición				
	Tratamiento (%)		Lectura (cm)	Asentamiento (Pulgadas)	Trabajabilidad
	Ceniza	Cemento			
G1 – CMP 0%	0	1	10.16 cm	4	Trabajable
G2 – CMA 4%	0.04	1.04	8.13 cm	3.2	Trabajable
G3 – CMA 6%	0.06	1.06	7.67 cm	3.02	Trabajable
G4 – CMA 8%	0.08	1.08	6.86 cm	2.7	Seco
G5 – CMA 10%	0.10	1.10	6.10 cm	2.4	Seco

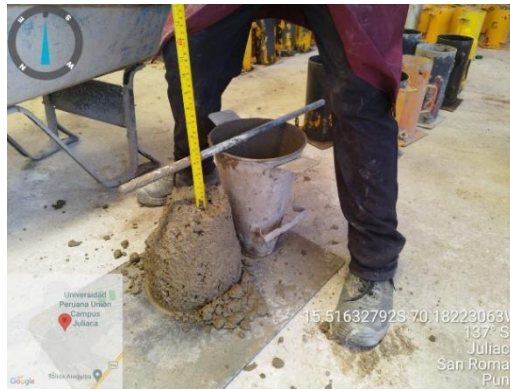


Figura 4. Asentamiento en pulgadas ceniza de mazorca – Adición

3.4 Ensayo mecánico resistencia a la compresión

En la tabla 10, se muestran los resultados obtenidos de la sustitución de ceniza de mazorca de los diferentes porcentajes sometidos a la compresión del concreto. A los 7 días de curado la resistencia a la compresión del concreto con sustitución de ceniza del CMS 4%, CMS 6% Y CMS 8%, mantienen un incremento ligeramente en comparación al concreto patrón. De acuerdo a información técnica, una vez transcurridos 7 días del proceso de curado, el concreto debería haber logrado un 70% de su resistencia, que es acorde a los resultados obtenidos, a excepción del CMS 10%. Por otro lado, a los 28 días de curado la sustitución de ceniza muestran datos favorables, y superando el diseño patrón, resaltando las dosificaciones CMS 4%, CMS 6% y CMS 8%, donde el mejor resultado demostró ser el CMS 8% obteniendo una resistencia de 231.82 kg/cm², representado una mejora significativa del 9.49%, en relación al diseño patrón.

Tabla 10. Resultado de los promedios de la resistencia a compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ según el tiempo de curado - sustitución

Grupo	Resultados de la resistencia a la Compresión - Sustitución				
	Dosificación (%)		Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		
	Ceniza - Mazorca	Cemento	7 días	14 días	28 días
G1 – CCMP 0%	0 %	100 %	146.50	187.08	211.90
G2 – CCMS 4%	4 %	96 %	153.36	183.88	210.86
G3 – CCMS 6%	6 %	94 %	168.22	194.26	221.30
G4 – CCMS 8%	8 %	92 %	179.24	200.80	231.82
G5 – CCMS 10%	10 %	90%	138.20	168.02	190.76

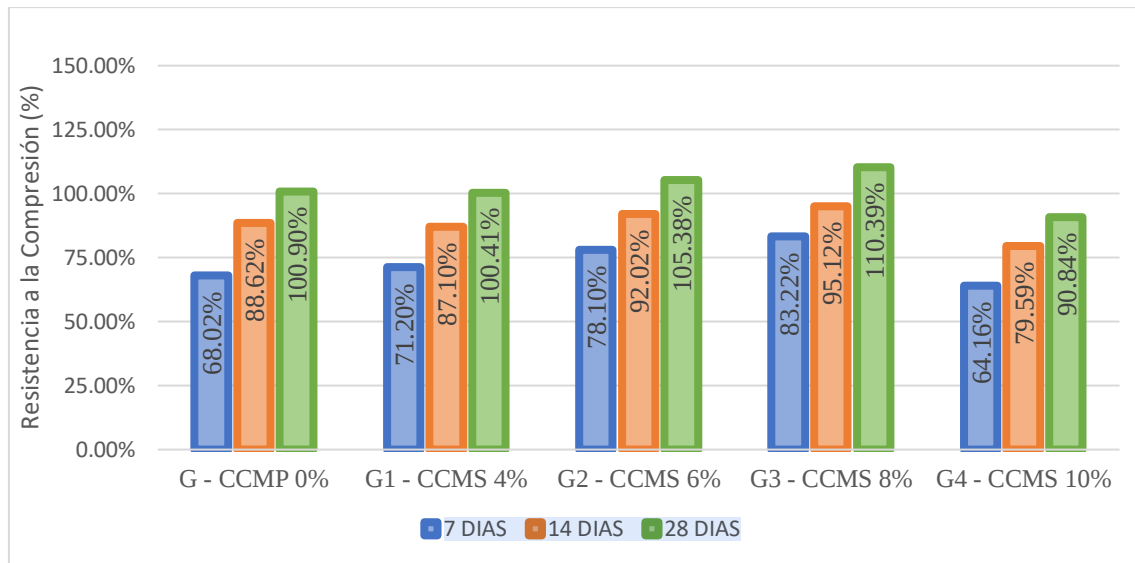


Figura 5. Resistencia a la compresión en porcentaje (%) según el tiempo de curado – sustitución

En la tabla 11, se muestran los datos obtenidos de la adición de ceniza de mazorca de los diferentes porcentajes sometidos a la compresión del concreto. A los 7 días de curado la resistencia a la compresión del concreto con adición de ceniza del CMA 4%, CMA 6%, CMA 8% y CMA 10%, mantienen un incremento en comparación al concreto patrón. De acuerdo a información técnica, una vez transcurridos 7 días del proceso de curado, el concreto debería haber logrado un 70% de su resistencia, que es acorde a los resultados obtenidos. Por otro lado, los resultados a los 28 días de curado la adición de ceniza muestra datos favorables, y superando el diseño patrón, resaltando las dosificaciones CMA 4%, CMA 6%, CMA 8% y CMA 10%, donde el mejor resultado demostró ser el CMS 8% obteniendo una resistencia de 250.22 kg/cm², representado una mejora significativa del 18%, en relación al diseño patrón.

Tabla 11. Resultado de los promedios de la resistencia a compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ según el tiempo de curado - adición

Grupo	Resultados de la resistencia a la Compresión - Adición				
	Dosificación (%)		Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		
	Ceniza - Mazorca	Cemento	7 días	14 días	28 días
G1 – CCMP 0%	0 %	100 %	146.50	187.08	211.90
G2 – CCMA 4%	4 %	104 %	163.04	192.64	222.56
G3 – CCMA 6%	6 %	106 %	173.08	197.76	229.70
G4 – CCMA 8%	8 %	108 %	202.48	211.94	250.22
G5 – CCMA 10%	10 %	110 %	197.98	199.72	243.10

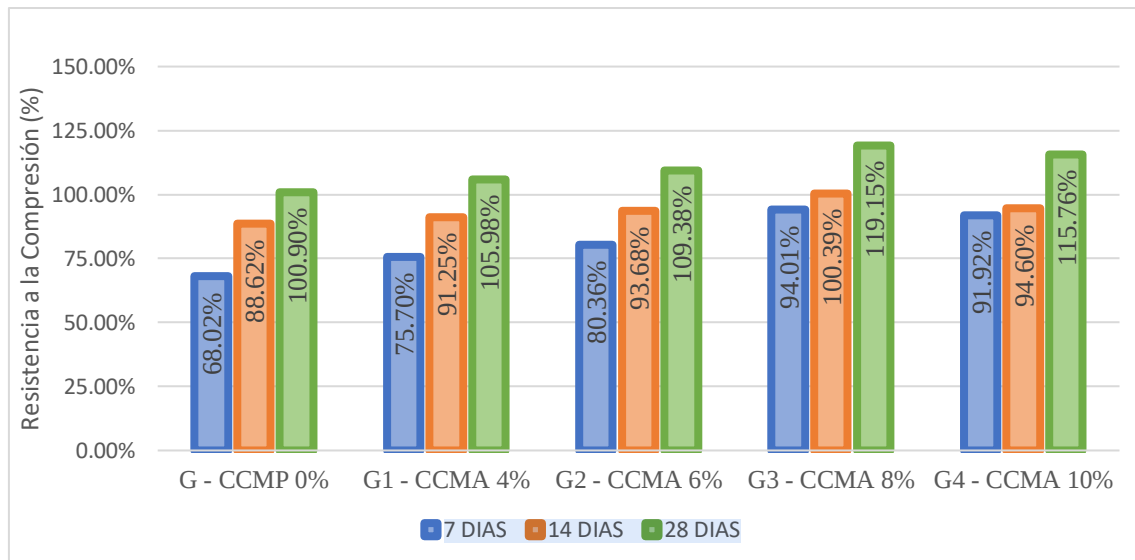


Figura 6. Resistencia a la compresión en porcentaje (%) según el tiempo de curado – adición



Figura 7. Rotura de Briquetas del concreto a los 7,14 y 28 días en el laboratorio de la Universidad Peruana Unión

3.5 Ensayo mecánico módulo de rotura

En la tabla 12, se expone que el módulo de rotura en sustitución de ceniza de mazorca se mantiene estable en las vigas VG CMP, VG CMS 4%, VG CMS 6% , estos resultados dando a demostrar que no representan alteraciones significativas con relación el diseño patrón, en comparación el diseño VG CMS 8%, obtiene una de las mejores resistencias comparada con el diseño patrón aumentando un 2.67%, a si también se tiene la VG GMS 10% representa una ligera disminución en la resistencia teniendo una diferencia del 2.64%, concluyendo que a porcentajes mayores tiene una tendencia de bajar su resistencia al módulo de rotura.

17

Tabla 12. Resultados del promedio de los módulos de rotura a los 14 y 28 días de curado - sustitución

Grupo	Resultados resistencia a la rotura transversal - Sustitución			
	Dosificación (%)		Resistencia alcanzada (Kg/cm ²)	
	Ceniza - Mazorca	Cemento	14 días	28 días
G1 – VG CMP 0%	0 %	100 %	18.20	21.20
G2 – VG CMS 4%	4 %	96 %	18.50	22.10
G3 – VG CMS 6%	6 %	94 %	18.90	22.45
G4 – VG CMS 8%	8 %	92 %	22.65	26.80
G5 – VG CMS 10%	10 %	90 %	22.75	26.75

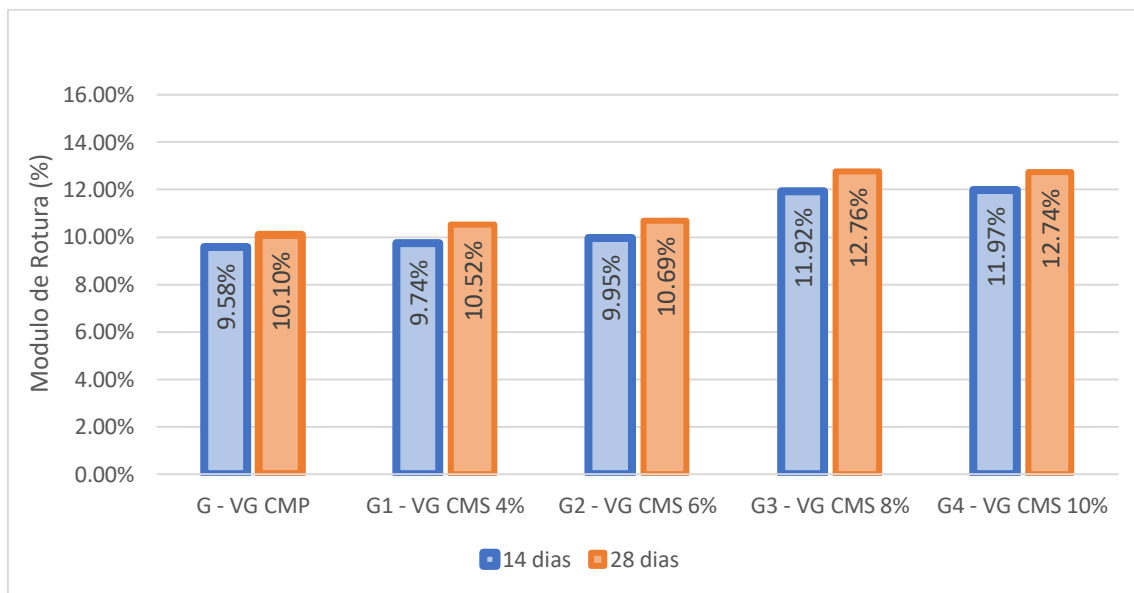


Figura 8. Módulo de rotura en porcentaje – sustitución (%) a los 14 y 28 días de curado

En la tabla 13, se expone que el **módulo de rotura en adición de ceniza de mazorca** se mantiene estable en las vigas VG CMP, VG CMS 4%, VG CMS 6% y VG CMS 8% estos resultados dando a demostrar que no presentan alteraciones significativas con relación al diseño patrón, en comparación el diseño VG CMS 8%, obtiene una de las mejores resistencias comparada con el diseño patrón aumentando un 4.10%, Por otro lado, se tiene la VG GMS 10% representa una ligera disminución en la resistencia teniendo una diferencia del 2.83%, concluyendo que a porcentajes mayores tiene una tendencia de bajar su resistencia al módulo de rotura.

31

17

Tabla 13. Resultados del promedio de los módulos de rotura a los 14 y 28 días de curado - adición

Grupo	Resultados resistencia a la rotura transversal - Adición			
	Dosificación (%)		Resistencia alcanzada (Kg/cm ²)	
	Ceniza - Mazorca	Cemento	14 días	28 días
G1 – VG CMP 0%	0 %	100 %	18.20	21.20
G2 – VG CMA 4%	4 %	104 %	19.60	23.00
G3 – VG CMA 6%	6 %	106 %	21.45	24.90
G4 – VG CMA 8%	8 %	108 %	25.35	29.80
G5 – VG CMA 10%	10 %	110 %	23.10	27.15

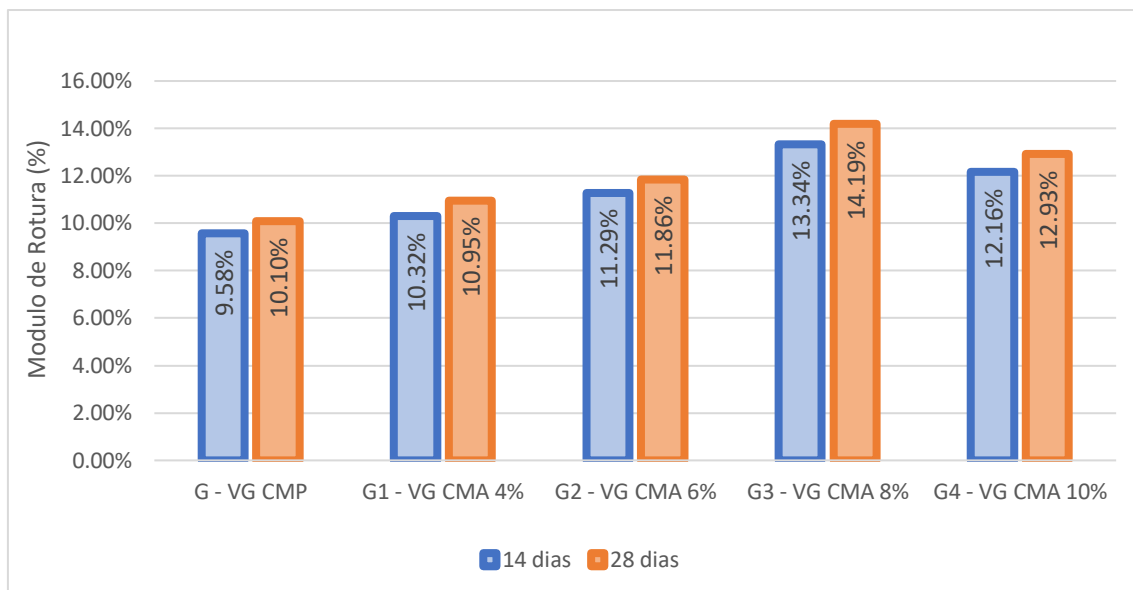


Figura 9. Módulo de rotura en porcentaje – adición (%) a los 14 y 28 días de curado



Figura 10. Ensayo de resistencia a la rotura transversal a los 14 y 28 días

3.6 Análisis estadístico de resultados

En el análisis estadístico cada muestra tiene que cumplir por el paso de la prueba de normalidad ($p > 0.05$), en relación al tiempo de curado del concreto de 7, 14 y 28 días de curado mediante el análisis de varianza y conjuntamente la prueba estadística de comparación Tukey, con la sustitución de ceniza de mazorca para la resistencia a la compresión y la resistencia a la rotura transversal, como se detalla en la tabla 15 y 16.

El análisis ANOVA tiene como regla que si $p > 0.05$ (Significancia), donde los resultados obtenidos nos va a determinar que no llegue a existir una diferencia significativa entre la muestra que se tienen, pero como se logra observar en la Tabla 15 en nivel de significancia es de 0.000 con respecto a la resistencia a la compresión de los diferentes grupos, existe una diferencia significativa, hipótesis alternativa entre los grupos de los 7, 14 y 28 días de curado, aplicaremos la prueba de TUKEY como se logra mostrar en la Tabla 16.

Teniendo todos los resultados sobre la sustitución de ceniza de mazorca, llegamos a la conclusión que a los 7 días de curado el 6% y 8% tienen una diferencia significativa en comparación al diseño patrón, seguidamente a los

14 días de curado solo el 10% tiene diferencia significativa en comparación al diseño patrón y a los 28 días de curado ninguno de los porcentajes logró tener una diferencia significativa.

Estadística de prueba resistencia a la compresión

Para que estos resultados de las roturas de briquetas, obtenidos en laboratorio sean de buena confiabilidad, se consideró la evaluación de los grupos de sustitución de ceniza al concreto con parámetros en análisis de varianza – ANOVA. Por consiguiente, nos permitirá poder determinar las diferencias en los valores obtenidos, definidos si estos son significativamente diferentes, lo hallaremos con la ayuda de las hipótesis planteadas las cuales son:

- H_0 : hipótesis nula, decimos que la media de los grupos es igual y por lo tanto los grupos proceden con medias iguales. (Spiegel & Stephens, 2009)
- H_a : hipótesis alternativa, podemos decir que al menos 1 de los grupos tiene una media distinta del resto de los grupos. (Spiegel & Stephens, 2009)

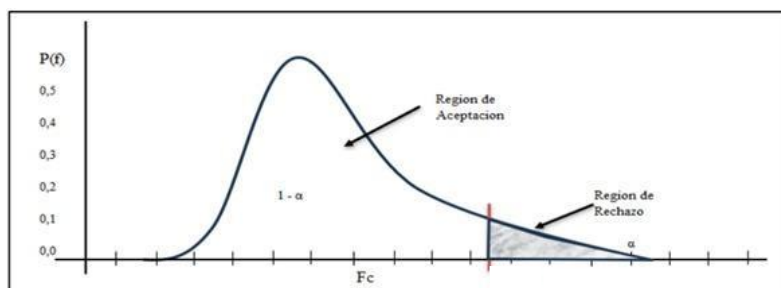


Figura 11. Gráfica de distribución

Si el estadístico es inferior o igual al punto crítico se acepta la hipótesis nula, pero si el estadístico es superior al punto crítico se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 14. Promedios para analizar estadísticamente – sustitución de ceniza de mazorca

% Ceniza de Mazorca	Resistencia a la compresión del concreto - sustitución				
	Patrón	4%	6%	8%	10%
G -1	146.5	153.36	168.22	179.24	138.20
G - 2	187.08	183.88	194.26	200.80	168.02
G - 3	211.90	210.86	221.30	231.82	190.76

Tabla 15. Anova de un factor para los resultados de la tabla 14

	Patrón	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia (p)
7 días de Curado	Entre Grupos	5486.958	4.00	1371.740	29.966	0.00
	Dentro de Grupos	915.532	20.00	45.777		
	Total	6402.490	24.00			
14 días de Curado	Entre Grupos	3067.522	4.00	766.881	10.637	0.00
	Dentro de Grupos	1441.924	20.00	72.096		
	Total	4509.446	24.00			
28 días de Curado	Entre Grupos	4612.476	4.00	1153.119	5.021	0.00
	Dentro de Grupos	4593.290	20.00	229.665		
	Total	9205.766	24.00			

Tabla 16. Prueba de Tukey, en relación al concreto patrón en la resistencia a compresión según el tiempo de curado en comparación a los resultados finales tabla 14

	Diferencia Poblacional	Ta a=0.05	Diferencia Muestral	Decisión
7 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	12.79	6.86	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	12.79	21.72	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	12.79	32.74	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	12.79	8.30	Semejantes
14 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	16.06	3.20	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	16.06	7.18	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	16.06	13.80	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	16.06	19.09	Dif. Significativa
28 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	28.66	1.22	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	28.66	9.22	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	28.66	19.74	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	28.66	21.32	Semejantes

En el análisis estadístico cada muestra tiene que cumplir por el paso de la prueba de normalidad ($p > 0.05$), en relación al tiempo de curado del concreto de 7, 14 y 28 días de curado mediante el análisis de varianza y conjuntamente la prueba de comparación Tukey, con la sustitución de ceniza de mazorca para la resistencia a la compresión, como se detalla en la tabla 18 y 19.

El análisis ANOVA tiene como regla que si $p > 0.05$ (Significancia), donde los resultados obtenidos nos van a determinar que no llegue a existir una diferencia significativa entre la muestra que se tienen, pero como se logra observar en la Tabla 18, se rechaza la hipótesis nula y seguidamente aplicamos la prueba TUKEY, logramos apreciar en la Tabla 19.

Teniendo todos los resultados sobre la adición de ceniza de mazorca, llegamos a la conclusión que a los 7 días de curado el 6%, 8% y 10% tienen una diferencia significativa en comparación al diseño patrón, seguidamente a los 14 días de curado solo el 8% tiene diferencia significativa en comparación al diseño patrón y a los 28 días de curado el 8% y 10% tienen una diferencia significativa en comparación al diseño patrón.

Tabla 17. Promedio para analizar estadísticamente – adición de ceniza de mazorca

% Ceniza de Mazorca	Resistencia a la compresión del concreto - adición				
	Patrón	4%	6%	8%	10%
G - 1	146.5	163.04	173.08	202.48	197.98
G - 2	187.08	192.64	197.76	211.94	197.62
G - 3	211.90	222.56	229.70	250.22	243.1

Tabla 18. Anova de un factor para los resultados de la tabla 16

	Patrón	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia (p)
7 días de Curado	Entre Grupos	11145.758	4.00	2786.439	30.391	0.00
	Dentro de Grupos	1833.716	20.00	91.686		
	Total	12297.474	24.00			
14 días de Curado	Entre Grupos	1703.746	4.00	425.937	7.761	0.00
	Dentro de Grupos	1097.692	20.00	54.885		
	Total	2801.4384	24.00			
28 días de Curado	Entre Grupos	4728.782	4.00	1182.195	6.367	0.00
	Dentro de Grupos	3713.116	20.00	185.656		
	Total	8441.898	24.00			

Tabla 19. Prueba de Tukey, en relación al concreto patrón en la resistencia a compresión según el tiempo de curado

	Diferencia Poblacional	Ta a=0.05	Diferencia Muestral	Decisión
7 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	18.11	16.54	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	18.11	26.58	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	18.11	55.98	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	18.11	51.48	Dif. Significativa
14 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	14.01	5.56	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	14.01	10.68	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	14.01	24.86	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	14.01	10.54	Semejantes
28 días de curado	$\mu_{Patrón} - \mu_{4\%}$	25.77	10.48	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{6\%}$	25.77	17.62	Semejantes
	$\mu_{Patrón} - \mu_{8\%}$	25.77	38.14	Dif. Significativa
	$\mu_{Patrón} - \mu_{10\%}$	25.77	31.04	Dif. Significativa

En el análisis estadístico cada muestra tiene que cumplir por el paso de la prueba de normalidad ($p > 0.05$), en relación al tiempo de curado del concreto de 7, 14 y 28 días de curado mediante el análisis de varianza y conjuntamente la prueba de comparación Tukey, con la sustitución de ceniza de mazorca para la resistencia a la flexión, como se detalla en la tabla 21 y 22.

El análisis ANOVA tiene como regla que si $p > 0.05$ (Significancia), donde los resultados obtenidos nos van a determinar que no llegue a existir una diferencia significativa entre la muestra que se tienen, pero como se logra observar en la Tabla 21, se rechaza la hipótesis nula y seguidamente aplicamos la prueba TUKEY, logramos apreciar en la Tabla 22.

Teniendo todos los resultados sobre la sustitución de ceniza de mazorca, llegamos a la conclusión que, a los 14 días de curado solo el 6% y 8% tiene diferencia significativa en comparación al diseño patrón y seguidamente a los 28 días de curado solo el 8% tienen una diferencia significativa en comparación al diseño patrón.

Estadística de prueba resistencia a la compresión

Para que estos resultados de las roturas de briquetas, obtenidos en laboratorio sean de buena confiabilidad, se consideró la evaluación de los grupos de sustitución de ceniza al concreto con parámetros en análisis de varianza – ANOVA. Por consiguiente, nos permitirá poder determinar las diferencias en los valores obtenidos, definidos si estos son significativamente diferentes, esto lo hallaremos con la ayuda de las hipótesis planteadas las cuales son:

- H_0 : hipótesis nula, decimos que la media de los grupos es igual y por lo tanto los grupos proceden con medias iguales. (Spiegel & Stephens, 2009)
- H_a : hipótesis alternativa, podemos decir que al menos 1 de los grupos tiene una o 2 media distinta del resto de los grupos. (Spiegel & Stephens, 2009)

Tabla 20. Promedio para analizar estadísticamente – sustitución ceniza de mazorca

% Ceniza de Mazorca	Resistencia a la flexión - sustitución				
	Patrón	4%	6%	8%	10%
G -1	18.20	18.50	18.90	22.65	22.75
G - 2	21.20	22.10	22.45	26.80	26.75

Tabla 21. Anova de un factor para los resultados de la Tabla 19

	Patrón	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia (p)
14 días de Curado	Entre Grupos	42.17	4.00	10.542	1054.25	0.00
	Dentro de Grupos	0.05	5.00	0.010		
	Total	42.22	9.00			
28 días de Curado	Entre Grupos	58.31	4.00	14.578	53.206	0.00
	Dentro de Grupos	1.37	5.00	0.274		
	Total	59.684	9.00			

Tabla 22. Prueba de Tukey, en relación al concreto patrón en la resistencia a la flexión según el tiempo de curado

	Diferencia Poblacional	Ta a=0.05	Diferencia Muestral	Decisión
14 días de curado	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{4\%}$	0.40	0.30	Semejante
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{6\%}$	0.40	0.70	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{8\%}$	0.40	4.45	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{10\%}$	0.40	0.40	Semejante
28 días de curado	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{4\%}$	2.098	0.90	Semejantes
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{6\%}$	2.098	1.25	Semejantes
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{8\%}$	2.098	5.60	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{10\%}$	2.098	0.35	Semejantes

En el análisis estadístico cada muestra tiene que cumplir por el paso de la prueba de normalidad ($p > 0.05$), en relación al tiempo de curado del concreto de 7, 14 y 28 días de curado mediante el análisis de varianza y conjuntamente la prueba de comparación Tukey, con la sustitución de ceniza de mazorca para la resistencia a la flexión, como se detalla en la tabla 24 y 25.

El análisis ANOVA tiene como regla que si $p > 0.05$ (Significancia), donde los resultados obtenidos nos van a determinar que no llegue a existir una diferencia significativa entre la muestra que se tienen, pero como se logra observar en la Tabla 24, se rechaza la hipótesis nula y seguidamente aplicamos la prueba TUKEY, logramos apreciar en la Tabla 25.

Teniendo todos los resultados sobre la adición de ceniza de mazorca, llegamos a la conclusión que, a los 14 días de curado todos los porcentajes tuvieron diferencias significativas en comparativa al diseño patrón y seguidamente a los 28 días de curado también todos los porcentajes tienen una diferencia significativa en comparación al diseño patrón.

Tabla 23. Promedio para analizar estadísticamente – adición ceniza de mazorca

% Ceniza de Mazorca	Resistencia a la flexión - adición				
	Patrón	4%	6%	8%	10%
G -1	18.20	19.60	21.45	25.35	23.10
G - 2	21.20	23.00	24.90	29.80	27.15

Tabla 24. ANOVA de un factor para los resultados de la Tabla 22

	Patrón	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significancia (p)
14 días de Curado	Entre Grupos	63.754	4.00	15.939	1138.46	0.00
	Dentro de Grupos	0.07	5.00	0.014		
	Total	63.824	9.00			
28 días de Curado	Entre Grupos	91.78	4.00	22.946	314.329	0.00
	Dentro de Grupos	0.37	5.00	0.073		
	Total	92.15	9.00			

Tabla 25. Prueba de Tukey, en relación al concreto patrón en la resistencia a la flexión según el tiempo de curado

	Diferencia Poblacional	Ta a=0.05	Diferencia Muestral	Decisión
14 días de curado	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{4\%}$	0.474	1.40	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{6\%}$	0.474	3.25	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{8\%}$	0.474	7.15	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{10\%}$	0.474	1.85	Dif. Significativa
28 días de curado	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{4\%}$	1.083	1.85	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{6\%}$	1.083	3.70	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{8\%}$	1.083	8.60	Dif. Significativa
	$\mu_{\text{Patrón}} - \mu_{10\%}$	1.083	1.90	Dif. Significativa

3.7 Resumen de las Hipótesis planteadas, decisión

Hipótesis 1, se rechaza H2, demostrando que la sustitución, porcentual de ceniza de mazorca ya calcinada y preparada para su uso, como sustituto en relación al cemento portland no perjudica la trabajabilidad en porcentajes menores en el concreto, por otro lado, podemos mantener la funcionalidad (plástica) en el III grupo de dosificación 8%_{CMS}+92%_C. en cuanto a la adición de igual manera solo podemos mantener la trabajabilidad en porcentajes menores, ya que esta trabaja como un adicionante (filler effect) hacia el cemento mejorando con las características químicas que cuenta la ceniza de mazorca y en diferentes adiciones porcentuales que se tiene estas llegan a obtener un resultado adecuado.

Hipótesis 2, se rechaza la H2, por consecuencia, se ha llegado a demostrar que las propiedades químicas obtenidas de la ceniza de mazorca, calcinadas entre 500 – 600°C, no cumplen con la norma ASTM C618-03 en cuanto a las características y composiciones químicas no llegan a satisfacer las demandas de la norma, solo llegan a cumplir la humedad de la ceniza y el límite permisible de trióxido de azufre, no contienen la cantidad suficiente de óxidos.

Hipótesis 3, Justificando los resultados alcanzados en los ensayos de resistencia a la compresión que se especifican en las tablas 10 y 11, y las figuras 6 y 7, y en la resistencia a la flexión también especificadas en las tablas 12 y 13, y las figuras 9 y 10, concluimos que la ceniza de mazorca maíz contribuye en el aumento de resistencia del concreto cuando se emplea como adición y sustitución parcial del cemento en relación al peso empleado en el diseño de mezcla. El mecanismo de mejora que aporte la ceniza de mazorca fue de efecto relleno (filler effect), la ceniza de mazorca al tener partículas finas ha actuado como material (filler effect), relleno y ocupar los vacíos que presente en la matriz del material como es el cemento, donde se puede indicar que mejora la compactación y densificación, reduciendo la porosidad y de tal manera permitiendo una mejor transmisión de esfuerzos, lo que incrementa la resistencia.

4 Conclusiones

El impacto de la ceniza de mazorca maíz (coronta), posee un efecto de mejora en la dosificación de concreto produciendo una mejora significativa en la resistencia a la compresión. Esto según los datos obtenidos en laboratorio y el análisis estadístico ANOVA, entre los diferentes diseños de mezcla que se llegaron a realizar, el grupo que mejor resultado dio fue la adición de ceniza de mazorca maíz (coronta).

La conformación química sobre la ceniza de mazorca maíz (coronta) producto de la combustión de incineración a una temperatura regulada de 500 – 600° C. Por consiguiente, nos certifica la pulverización de restos orgánicos que se llegan a encontrar y podrían alterar las composiciones físicas y mecánicas en el concreto esto al ser incorporada parcialmente, la ceniza conseguida tiene una estructura con un contenido de óxido de sílice bajo, lo que indica que no es una puzolana al 100% porque no cumple con todos los requisitos. Sin embargo, satisface otros requerimientos establecidos por la norma ASTM C618, como el trióxido de azufre y un máximo de contenido humedad, lo que representa una mejora que se plasma en los resultados de esta investigación se demuestra que se debe principalmente hacia el efecto relleno (filler effect).

De acuerdo a la serie de pruebas realizados de la resistencia a la compresión que se ejecutaron, el adicionar de ceniza de mazorca del 8% CMA tuvo un mejor desempeño, tomándolo como un resultado óptimo, alcanzando una resistencia máxima de 250.22 kg/cm² tras 28 días de curado. Por ello, representa una mejora del 18% esto en comparativa al diseño patrón. Seguidamente en el módulo de resistencia a la rotura transversal, la adición de ceniza de mazorca del 8% CMA fue la que tuvo un mejor desempeño. Por consiguiente, tomándolo como un resultado óptimo y obteniendo una resistencia a la rotura transversal máxima de 28.80 kg/cm² tras 28 días de curado, el resultado obtenido significa una mejora del 4.10% en comparación al diseño patrón.

De acuerdo a la serie de pruebas realizados de la resistencia a la compresión que se ejecutaron, la sustitución de ceniza de mazorca del 8% CMA tuvo un mejor desempeño, tomándolo como un resultado óptimo, alcanzando una resistencia máxima de 231.82 kg/cm² tras 28 días de curado. Por ello, representa una mejora del 9.00% esto en comparativa al diseño patrón. Seguidamente en el módulo de resistencia a la rotura transversal, la adición de ceniza de mazorca del 8% CMA fue la que tuvo un mejor desempeño. Por consiguiente, tomándolo como un resultado adecuado y logrando una resistencia a la rotura transversal máxima de 26.8 kg/cm² tras 28 días de curado, el resultado obtenido significa una mejora del 2.67% en comparación al diseño patrón.

5 Recomendaciones

Se recomienda realizar exhaustivamente todos los diferentes ensayos de laboratorio en el control de calidad a los diferentes componentes de concreto (cemento, agregado fino, agregado grueso, agua, etc.) está siguiendo las vigentes normativas de la ASTM y de la NTP. Con respecto a la resistencia a la compresión con ceniza de mazorca, se recomienda realizar un control adecuado del curado durante los primeros 14 días, debido a que en el periodo mencionado su resistencia del concreto alcanza aproximadamente el 90% del diseño establecido.

Se recomienda llevar a cabo investigaciones en las que se sustituya la ceniza de mazorca por la capacidad que ofrece el lugar in situ, sometién dose a temperaturas mayores a 1000°C, para producir sílice en fases sólidas, por lo que se sugiere para futuras investigaciones optar por contratar un servicio de incineración a gran escala con hornos o muflas programables, para la ceniza de mazorca,

Cuidar el proceso de curado de las briquetas ya vaciadas, ya que estas serán de gran importancia para el desarrollo de la resistencia según la norma ASTM C31y que de no hacerse las diferentes lecturas mecánicas estar podrían variar notoriamente y a si generando un margen de error en los resultados finales de los ensayos.

Con el fin de optimizar el revenimiento "slump" del concreto con adición de ceniza, se debe de tener en consideración realizar futuras investigación con aditivos plastificantes que ayuden en el sector de la construcción con concreto premezclado.

Se recomienda prestar mayor atención y relevancia a los estudios que utilizan residuos agrícolas en la construcción, pues representan una opción de sustitución del concreto-cemento, siempre y cuando se ajusten a los requerimientos de la norma ASTM C618.

6 Referencia

- D.A. Adesanya, & A.A. Raheem. (2008).** Development of corn cob ash blended cement. *Construction and Building Materials* , 1–6.
- Jawad Ahmad, Mohamed Moafak Arbili, Hisham Alabduljabbar, & Ahmed Farouk Deifalla. (2023).** Concrete made with partially substitution corn cob ash: A review . *Case Studies in Construction Materials*, 1–18.
- D.A. Adesanya, & A.A. Raheem. (2009).** A study of the permeability and acid attack of corn cob ash blended cements. *Construction and Building Materials*, 1–7.
- Chavez, E. (2020).** Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto para diferentes relaciones agua/cemento ACI USMP.
https://www.researchgate.net/publication/344380249_TRABAJABILIDAD_Y_RESISTENCIA_A_LA_COMPRESION_DEL_CONCRETO_PARA_DIFERENTES_RELACIONES_AGUA_CEMENTO.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014).** Metodología de la investigación (Vol. 6).
- Ana Torre, Sorin Ramirez, Isabel Morom, Ladislao Basurto, & Carmen Reyes. (2024).** The Utilization of Crushed Corn Cob as a Sand Substitute in Portland Cement Mortars for Sustainable Construction. *Buildings*, 1–14.
- Chávez,a., & Rodríguez, A. (30 de Junio de 2016).** Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*.
- CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción). (2018).** IEC-Informe Económico de la construcción. Perú: CAPECO.
- Rivva, E. (2010b).** Materiales para el concreto. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Cáceres, S. H.; Quispe, G. B. (2018).** Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Investigaciones Altoandinas*, 20(2).
- Camargo, N. (2017).** Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*,
- Laza, M.; Araujo, M (2020).** Análisis del efecto de la ceniza de biomasa como sustituto parcial del cemento en la elaboración de concreto simple. Córdoba.
- Spiegel, M. R., & Stephens, L. J. (2009).** Estadística 4ta edición. Mexico: mc graw hill.