



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,  
Volumen 8, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1)

# **INCORPORACIÓN DE CENIZA DE EUCALIPTO Y POLIESTIRENO RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO LIGERO**

**INCORPORATION OF EUCALYPTUS ASH AND RECYCLED  
POLYSTYRENE TO IMPROVE THE PROPERTIES  
OF LIGHTWEIGHT CONCRETE**

**Jimmy Paul Aclari Abad**  
Universidad César Vallejo, Perú

**Aldair Enrique Sandoval Tamariz**  
Universidad César Vallejo, Perú

**Javier Reynoso Oscanoa**  
Universidad César Vallejo, Perú

**Fiorela Yselina Perez Pereda**  
Universidad César Vallejo, Perú

## Incorporación de Ceniza de Eucalipto y Poliestireno Reciclado para Mejorar las Propiedades del Concreto Ligero

**Jimmy Paul Aclari Abad<sup>1</sup>**

[jpaclari@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpaclari@ucvvirtual.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-1285-4340>

Universidad César Vallejo

Lima Perú

**Aldair Enrique Sandoval Tamariz**

[asandovalta24@ucvvirtual.edu.pe](mailto:asandovalta24@ucvvirtual.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0001-5308-6459>

Universidad César Vallejo

Lima Perú

**Javier Reynoso Oscanoa**

[jreynosoos@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jreynosoos@ucvvirtual.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-1002-0457>

Universidad César Vallejo

Lima Perú

**Fiorela Yselina Perez Pereda**

[fperezpe21@ucvvirtual.edu.pe](mailto:fperezpe21@ucvvirtual.edu.pe)

<https://orcid.org/0000-0002-4762-7412>

Universidad César Vallejo

Lima Perú

### RESUMEN

El estudio planteó como objetivo primordial de investigación analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de eucalipto y poliestireno reciclado para mejorar las propiedades del concreto ligero, donde su método de investigación fue científico hipotético deductivo, su nivel de investigación explicativo donde se verifica la causa y efecto de las adiciones, con un tipo de investigación aplicada, con un diseño cuasi experimental y enfoque cuantitativo, donde los porcentajes utilizados bajo un análisis factorial fueron de 0.35%CCN+0.15%PR, 0.55%CCN+0.15%PR, 0.55%CCN+0.25%PR y 0.35%CCN+0.25%PR al reemplazar parcialmente el peso del cemento en los grupos experimentales del 1 al 4, presentando 90 unidades de concreto y 15 pie<sup>3</sup> en estado fresco para los ensayos de compresión, flexión, asentamiento y peso unitario; en la cual, se presentaron los resultados mediante programas como el Grapher y ANOVA para los valores estadísticos. Finalmente, se expone los pesos unitarios de los concretos patrones y experimentales en promedio se obtuvo 2443 kg/m<sup>3</sup>, 2266 kg/m<sup>3</sup>, 2218 kg/m<sup>3</sup>, 2401 kg/m<sup>3</sup> y 2248 kg/m<sup>3</sup> donde se verificó la disminución del peso unitario con referencia al concreto patrón, en el caso de los asentamientos del concreto fueron 3 2/3", 3 3/4", 3 1/2", 3 3/4" y 3 2/3" (patrón y experimentales) se denota que el asentamiento se mantuvo para los grupos experimentales con referencia al grupo patrón, para las resistencias a compresión, el valor de mayor semejanza al estándar fue de 182 kg/cm<sup>2</sup> G4 mientras que el patrón mantuvo una media de 219 kg/cm<sup>2</sup>, Por último, en la resistencia a flexión del concreto, se logró una mejora a favor del G4 con 44.47 kg/cm<sup>2</sup> ante un patrón de 42.9 kg/cm<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** ceniza de eucalipto, poliestireno reciclado, concreto ligero, propiedades

---

<sup>1</sup> Autor principal.

Correspondencia: [jpaclari@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jpaclari@ucvvirtual.edu.pe)

# Incorporation of Eucalyptus Ash and Recycled Polystyrene to Improve the Properties of Lightweight Concrete

## ABSTRACT

The primary research objective of the study was to analyze the influence of the incorporation of eucalyptus charcoal ash and recycled polystyrene to improve the properties of lightweight concrete, where its research method was hypothetical deductive scientific, its level of explanatory research where the cause and effect of the additions, with a type of applied research, with a quasi-experimental design and quantitative approach, where the percentages used under a factor analysis were 0.35%CCN+0.15%PR, 0.55%CCN+0.15%PR, 0.55 %CCN+0.25%PR and 0.35%CCN+0.25%PR by partially replacing the weight of cement in experimental groups 1 to 4, presenting 90 units of concrete and 15 ft<sup>3</sup> in the fresh state for compression, bending, and settlement tests. and unit weight; in which the results were presented using programs such as Grapher and ANOVA for the statistical values. Finally, the unit weights of the standard and experimental concretes are shown. On average, 2443 kg/m<sup>3</sup>, 2266 kg/m<sup>3</sup>, 2218 kg/m<sup>3</sup>, 2401 kg/m<sup>3</sup> and 2248 kg/m<sup>3</sup> were obtained, where the decrease in unit weight was verified with reference to the standard concrete, in the case of the concrete settlements they were 3 2/3", 3 3/4", 3 1/2", 3 3/4" and 3 2/3" (standard and experimental) it was denoted that the settlement was maintained for the experimental groups with reference to the standard group, for the compression resistance, the value most similar to the standard was 182 kg/cm<sup>2</sup> G4 while the standard maintained an average of 219 kg/cm<sup>2</sup>. Finally, in the flexural resistance of concrete, an improvement was achieved in favor of G4 with 44.47 kg/cm<sup>2</sup> compared to a standard of 42.9 kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** eucalyptus ash, recycled polystyrene, lightweight concrete, properties

*Artículo recibido 22 diciembre 2023  
Aceptado para publicación: 25 enero 2024*



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel internacional Bostanci (2020) el concreto es altamente comercializado como elemento principal en la construcción de edificaciones y proyectos de diversas albergaduras. En Turquía presentaron porcentajes de porosidad por la segregación del cemento en las estructuras, lo que produjo debilitamiento y vulnerabilidad ante ataques de sulfatos, también manifestó la importancia de optimizar las características del concreto adicionando aditivos similares al cemento que causen mejoras en sus características, así como es el caso de las cenizas producto de la calcinación de maderas (p. 4). Así mismo, Mangi et al., (2021) comentaron que las estructuras en Malasia presentaron deficiencias en el concreto a causa de la existencia de porcentajes de espacios vacíos en los elementos estructurales lo que tenía efecto en la reducción de la resistencia a esfuerzos propios de la edificación como externos. Por lo que buscaron adicionar agregados con propiedades parecidas al cemento a fin de optimizar las características mecánicas de concreto para prevenir la formación de nuevos problemas (p. 2). Además, Jabbour et al. (2022) manifestaron que los ataques de sulfatos por exposición a la humedad inestabilizaron la resistencia del concreto en las estructuras de Malasia, esto conllevó a presentar deficiencias mecánicas en la estructura, producto del alto grado de permeabilidad y efectos de erosión que afectaron a la edificación. Es debido a esta incidencia que los autores propusieron utilizar cenizas como componente en el concreto por sus cualidades de adherencias mejorando consigo las resistencias. (p. 3).

En Respecto a nivel nacional, Angaspilco et al. (2021) comentan sobre las viviendas en Pimentel - Chiclayo presentaron bajo nivel para soportar esfuerzos de compresión provocado por concretos erosionados a consecuencia de presencia de humedad de la superficie, derivándose a una disminución de la durabilidad de las estructuras evaluadas, por consiguiente, se analizaron componentes que incorporados a las mezclas de concreto mejoren estas deficiencias. Asimismo, se manifestó que el concreto presentó inestabilidad ocasionado por la deficiente construcción de las estructuras, provocando la generación de corrosión y erosión de los elementos estructurales en su etapa de endurecimiento reduciendo la resistencia y durabilidad de la estructura. (p. 1). Por otro lado, Farfán y Pastor (2018) manifestaron que en diferentes ciudades del Perú se presentaron problemas en las losas y vigas de las estructuras, asimismo gran parte de estos inconvenientes se debieron a que los componentes de las

estructuras estuvieron compuestos por materiales altamente pesados, de la misma manera a estos problemas se sumaron las deficiencias mecánicas que presentaron los componentes de concreto tales como la aparición de fracturas y resquebrajaduras, que como resultado los elementos estuvieron colisionando, por ende expresaron la importancia de crear un concreto ligero con mejores propiedades, en relación a ello indicaron que utilizando cenizas se podría optimizar las características de los materiales de construcción, en tal sentido para la indagación se plantearon la utilización de cenizas para optimizar las características del concreto ligero (p. 7). De la misma manera, Olivera Guevara Muñoz (2022) en esta indagación efectuada en la ciudad de Lima, mostraron que, de acuerdo a un sondeo ejecutado pudieron determinar deficiencias en las estructuras construidas con concreto, no obstante, expresaron que uno de las causas por las que se presentaron estos problemas se debieron por problemas en la mezcla de concreto, es decir que los inconvenientes se generaron en el proceso de preparado de la pasta de concreto, específicamente en la dosificación de los materiales, lo que provocaron que el concreto no alcance su resistencia requerida, que por consiguiente con el pasar de los tiempos las estructuras fueron colisionando, con respecto a estos problemas suscitados los autores realizaron un estudio empleando fibras, para los cuales manifestaron que fue posible optimizar sus características del concreto, en correspondencia a ello pidieron seguir realizando indagaciones empleando fibras (p. 1). Por los problemas suscitados, se presentó la necesidad de la indagación de acontecimientos para disminuir los inconvenientes presentados con las cualidades del material, por estas causas, la indagación incentivo el uso de la ceniza de carbón natural y poliestireno reciclado en el perfeccionamiento de las particularidades físicas y mecánicas del material aligerado, para de esta forma evitar que se produzcan fallas durante la existencia de los elementos tales como la aparición de rajaduras y agrietamientos.

El objetivo general de la investigación fue analizar la influencia de la incorporación de ceniza de carbón de eucalipto y poliestireno reciclado en la mejora de las propiedades del concreto ligero.

## **METODOLOGÍA**

Los métodos de indagación cuantitativa se centran en recopilación y así mismo en poder analizar los datos numéricos para brindar contestaciones a las incógnitas presentadas en la investigación con precisión y rigor estadístico. El objetivo es obtener números confiables midiendo y cuantificando una variedad de factores (Müggenburg y Pérez, 2018, p. 2). En tanto, en este estudio se utilizaron métodos

cuantitativos debido a los hallazgos de los desarrollos de la experimentación del concreto adicionado de ceniza de carbón natural y poliestireno reciclado que fue de carácter numérico y por ende cuantificable..

La indagación fue de índole aplicada, por tanto, describe a un enfoque de estudio que presenta como propósito abordar premisas presentadas y encontrar soluciones concretas. Se diferencia de la investigación teórica o básica, que se centra en la ampliación del conocimiento sin una aplicación directa inmediata utilizando los conocimientos científicos existentes y aplicarlos de manera práctica para resolver problemas o mejorar situaciones en el mundo real (Hernández, 2018, p. 3). Para esto, la investigación optó por un enfoque de tipo aplicado debido a que se buscaron solucionar problemas percibidos de forma práctica mediante la aplicación de un concreto con adición de componentes no convencionales como la ceniza de carbón de eucalipto y el poliestireno reciclado para mejorar sus propiedades..

El diseño experimental es un enfoque sistemático de la indagación que implica controlar y manipular factores para obtener conclusiones válidas y de la misma forma que presenten confiabilidad, así mismo incluye la definición de variables, la asignación de grupos, la aplicación del tratamiento, la recopilación de data y el análisis estadístico, esto es importante ya que establece relaciones causales al mismo tiempo que produce resultados que son significativos para la investigación científica (Brus, 2019, p. 6). Por otra parte, se entiende como diseño cuasiexperimental a la estrategia de investigación utilizada para estudiar los efectos de los tratamientos o transiciones en entornos donde los sujetos o unidades de análisis no han sido asignados al azar. En este tipo de diseño, no se utiliza un criterio de asignación aleatoria, pero se intenta establecer grupos comparables en términos de características relevantes. Aunque no permite establecer causalidad de manera concluyente, el diseño cuasiexperimental permite examinar los efectos de las intervenciones o variables independientes en las variables dependientes de interés (Brus, 2019). En este sentido, se procedió a desarrollar la investigación bajo un diseño experimental-cuasiexperimental a razón de contemplar y manipular continuamente la variable independiente buscando analizar el comportamiento de la CCE y PR en el concreto, además que no se eligió de forma aleatoria los grupos.



El nivel correlacional en una investigación se centra en abordar la correlación de dos variables o más, en lo que se espera encontrar si existe una conexión entre las variables y en qué medida están relacionadas, se utiliza para medir la fuerza y dirección de esta relación, proporcionando información sobre la predictibilidad y covariación entre las variables, cabe mencionar que la correlación no implica causalidad, sino simplemente una relación estadística entre las variables (Pratama et al., 2023, p.8). Contemplando lo anteriormente dicho, se realizó la correlación con el concreto patrón, el grupo experimental y los ensayos de como influyó las adiciones dentro de los rasgos tanto físicos igual con las características mecánicas en el concreto.

En tanto, el método hipotético es subdividido en deductivo porque es una orientación de indagación científica que involucra la formulación de diversas hipótesis, la deducción de pronósticos específicas, la ejecución de ensayos empíricas y la evaluación de los hallazgos obtenidos. Para generar conocimiento científico y probar hipótesis causales, uno basa su trabajo en el razonamiento lógico y el contraste empírico (Sánchez, 2019, p. 4). En esta indagación se utilizó el método hipotético donde se planteó hipótesis de pronóstico ante la posible solución de adicionar ceniza de carbón de eucalipto y poliestireno reciclado en el concreto en el que se analizaron los resultados con la información previamente recolectada para constatar o desmentir la hipótesis sugerida inicialmente.

La unidad de análisis es la entidad o elemento que constituye la base de estudio en una investigación científica y sobre la cual se recolectaron y analizaron los datos para obtener conclusiones y obtener conocimiento sobre el fenómeno investigado (Jornet y Damsa, 2021, p 3). En este sentido, se utilizó en la investigación 45 probetas de forma cilíndrica de concreto de 15 cm x 30 cm, las cuales se emplearon para determinar la capacidad compresiva, y se contaron con 45 especímenes tipo viga de 15 x 15 x 50 cm para estudiar las fuerzas flectoras máximas. Por otra parte, se dispuso para los ensayos físicos 15 muestras para la prueba de asentamiento y 15 muestras para la prueba de densidad unitario, para los cuales se requirieron 15 pies cúbicos de mezcla de concreto para cada ensayo físico.

Las técnicas para Jornet y Damsa (2021) indicó que las técnicas de compendio de datos son un conjunto de herramientas que se utilizan para la recopilación de datos de una manera eficaz con fines de estudio y análisis (p. 6). Por consiguiente, el presente estudio utilizó como técnica de recopilación de reseñas la observación directa y el análisis documental donde se buscaron recolectar información. Las técnicas

de compilación de indagaciones, como la visualización directa, son comunes en la investigación científica donde el investigador registra eventos o comportamientos que ve en su entorno natural de manera objetiva y metódica sin interferir o cambiar las circunstancias. Es útil para recopilar información específica de una situación específica cuando la comunicación y el comportamiento son factores claves (Young et al., 2020, p. 8). En un estudio de carácter investigativo, se usó la técnica de estudio de documentaciones para revisar y evaluar críticamente los documentos que son relevantes para el tema del estudio, se pueden incluir artículos de magnitud científica, informes, así mismos libros, tesis, de igual manera documentaciones legales y otros de relevancia. El propósito de analizar el documento es compilar información útil, detectar estándares, predisposiciones e interacciones, y obtener un entendimiento definido de lo que se investiga (Peña, 2022, p.6). Por tanto, para la investigación, se siguió un proceso compuesto por varias fases que se iniciaron con la recopilación de datos a través del análisis documental, donde se recopilaron los datos necesarios, incluyendo artículos científicos, regulaciones, publicaciones y trabajos académicos. Por otra parte, también se empleó la observación directa para presenciar la reacción y cómo influye el concreto experimental mediante las adiciones en diferentes porcentajes.

Es un proceso sistemático y estructurado para examinar, organizar y comprender datos. Implica la aplicación de técnicas estadísticas y matemáticas a los datos para encontrar patrones, relaciones y tendencias. El análisis de datos es utilizado en diversas disciplinas como la ciencia, la ingeniería, entre otras. El objetivo del análisis de datos es obtener información significativa y útil a partir de los datos, lo que puede ayudar a tomar decisiones informadas y perfeccionar la eficacia en la elección de decisiones. Existen varios métodos comunes para el análisis de datos, entre los cuales se contienen el análisis estadístico, cualitativo, de contenido, de regresión, correlación, factorial, y otros más (Islam, 2020, p.3). La estadística utilizada fue de tipo descriptiva para obtener un promedio en la investigación. Además, se requirió la utilización de programas como Grapher para crear las tablas y los gráficos. Asimismo, se utilizó Minitab para llevar a cabo análisis inferenciales con ANOVA, buscando realizar el cotejo de las hipótesis de estudio mediante el análisis de datos conseguidos dentro de las pruebas puestas en el laboratorio. También se evaluó la diferencia en la obtención de los resultados bajo los estándares de las normativas existentes al añadir nuevos componentes utilizando modelos estadísticos



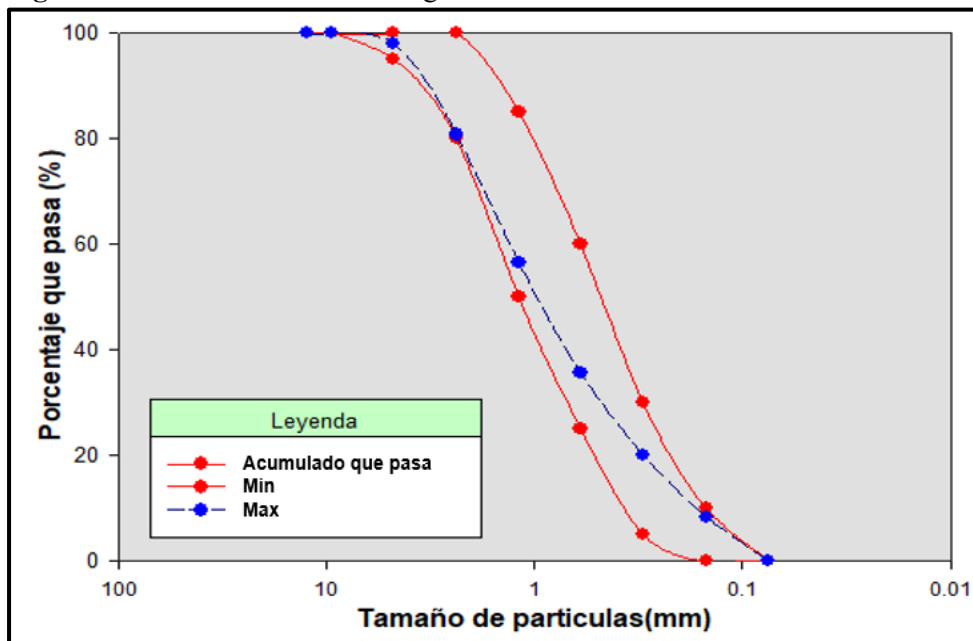
## RESULTADOS

Se realizaron diferentes ensayos como parte del estudio para conocer las cualidades físico-mecánicas de los grupos control y experimental; para lograrlo, se tomaron muestras de la cantera Trapiche para someterlas a diferentes pruebas para establecer si sus características cumplían con el estándar de calidad. El concreto fue diseñado con un esfuerzo de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para cumplir con los requisitos de ACI 211 para su uso en la construcción de vigas y losas.

### Análisis granulométrico del agregado fino (ASTM C136)

En esta etapa, se usó un tamaño de muestra de 943.7 g y se especifican todos los tamices utilizados, junto con sus tamaños de apertura y pesos retenidos. Los cálculos para el módulo de finura brindó un valor de 3.00, para ello se requirió los valores que se expresan en la figura N°1.

**Figura N°1.** Curva de distribución granulométrica del material fino

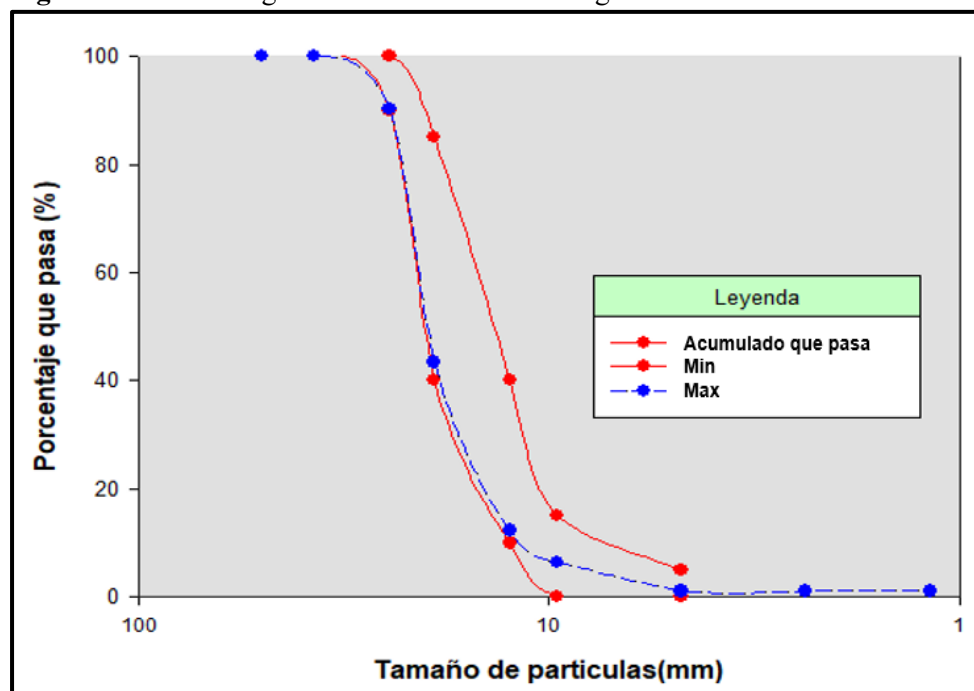


Fuente: propia

### Estudio granulométrico del material grueso (ASTM C136)

El agregado grueso muestreado usado en el estudio fue 2138.6 g, esta cantidad se determinó siguiendo las especificaciones delineadas en ASTM C 136 donde el agregado paso por cada abertura desde la malla de 2" hasta la malla #200, como se visualiza en la figura N°2.

Figura N°2. Estudio granulométrico del material grueso



Fuente: propia

### Dosificación de los materiales para el concreto

La formulación de la mezcla para el concreto de muestra patrón se estableció con una resistencia especificada de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , la elección de los materiales se basó en la resistencia necesaria para el estudio, destacando el agua y el cemento como elementos esenciales en la producción del concreto convencional, a partir de ello se sacó el peso de los aditivos a utilizar de acuerdo a los porcentajes establecidos, como se muestra en la tabla N° 1.

Tabla N° 1. Cuantificación de insumos para la muestra patrón

Insumos/ Materiales	MP	0.35% CE + 0.15% PR	0.35% CE + 0.25% PR	0.55% CE + 0.15% PR	0.55% CE + 0.25% PR
Agregado fino	114.69	114.52	114.40	114.40	114.40
Agregado grueso	158.56	158.56	158.56	158.56	158.56
Cemento	51.92	51.74	51.74	51.74	51.63
Agua efectiva	30.48	30.48	30.48	30.48	30.48
Ceniza de eucalipto		0.18	0.18	0.18	0.29
Poliestireno reciclado		0.17	0.29	0.29	0.29

Fuente: propia

Dato: Las dosificaciones se han realizado en peso para la muestra estándar y de las muestras con adiciones ceniza de eucalipto (CE) y poliestireno reciclado (PR).

## Asentamiento del concreto

En esta sección se realizó el proceso para la determinación de como influye en el asentamiento del concreto ligero al añadir cenizas de carbón de eucalipto (CE) y poliestireno reciclado (PR), en este ensayo se tomaron 3 pesajes para obtener con mayor precisión el asentamiento del concreto fresco, asimismo esto corresponde en la tabla N°2.

Para dar sustento a lo mencionado tenemos a Sun et al. (2022) demostró que al agregar poliestireno en las mezclas de concreto en proporciones variadas el asentamiento se reducía a medida que el material adicionado aumentaba, consiguiendo valores de 196 mm para el concreto control y 115, 10 y 72 mm para los experimentales y experimentando una diferencia porcentual mayor del 41.33%.

**Tabla N° 2.** Asentamiento de la muestra patrón y experimentales

Tipo	Asentamiento	Unidad	Promedio
<b>Muestra patrón (MP)</b>	3 ¾	Pulgada	3 2/3
	3 ¾		
	3 ½		
<b>0.35% CE + 0.15% PR (G1)</b>	3 ¾	Pulgada	3 3/4
	3 ¾		
	3 ¾		
<b>0.35% CE + 0.25% PR (G2)</b>	3 ½	Pulgada	3 1/2
	3 ½		
	3 ½		
<b>0.55% CE + 0.15% PR (G3)</b>	3 ¾	Pulgada	3 3/4
	3 ¾		
	3 ¾		
<b>0.55% CE + 0.25% PR (G4)</b>	3 ¾	Pulgada	3 2/3
	3 ½		
	3 ¾		

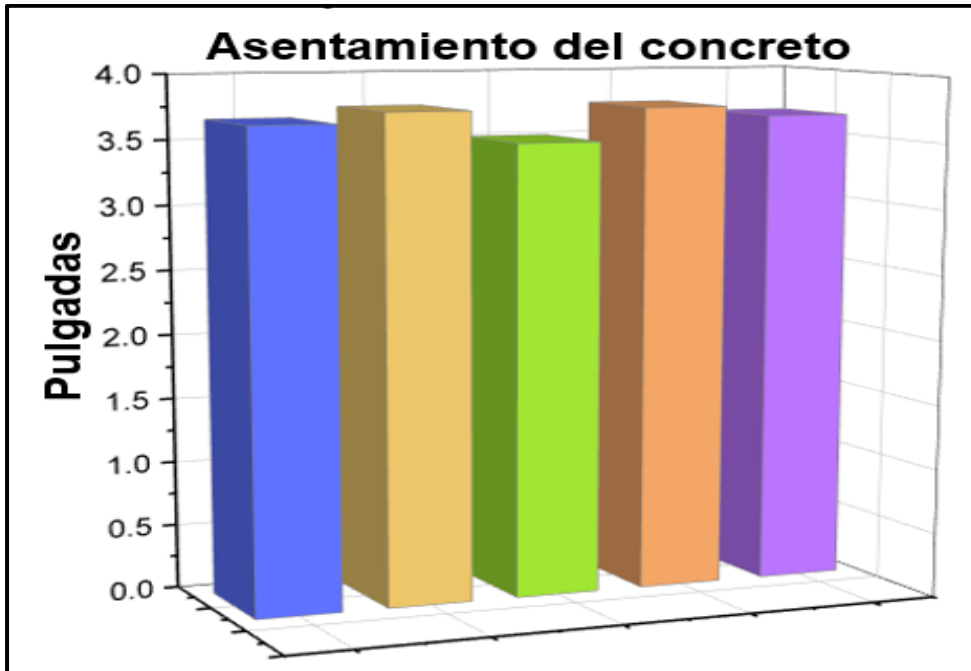
Fuente: propia

Dato: Las muestras con adiciones son: 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4)

De la misma forma se visualiza en la Figura N°3 de forma detallada y organizada los datos que se obtuvieron en el ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco, para determinar su trabajabilidad, en cual para el asentamiento del concreto los resultados fueron 3 2/3", 3 ¾", 3 ½", 3 ¾"

y 3 2/3” (patrón y experimentales) se denoto que el asentamiento se mantuvo para los grupos experimentales con referencia al grupo patrón.

**Figura N°3.** Asentamiento de la muestra patrón y experimentales



Fuente: Propia

### **Peso unitario del concreto.**

En esta sección se realizó el proceso para la determinación del peso unitario del concreto ligero al añadir cenizas de carbón de eucalipto (CE) y poliestireno reciclado (PR), en este ensayo se tomaron 3 pesajes para obtener con mayor precisión el peso unitario del concreto fresco, asimismo esto corresponde en la tabla N°3.

De la misma manera tenemos a Gabrijel, Jelčić y Štirmer (2021) presentaron los resultados obtenidos tras agregar porcentajes de cenizas de madera la densidad del concreto se redujo el peso en bajas proporciones, donde se obtuvo como menor valor  $2450 \text{ kg/m}^3$  para el concreto experimental y  $2470 \text{ kg/m}^3$  para el concreto de referencia, generándose una diferencia de  $20 \text{ kg/m}^3$  y un porcentaje de 0.81%.

**Tabla N°3.** Peso unitario de la muestra patrón y experimentales

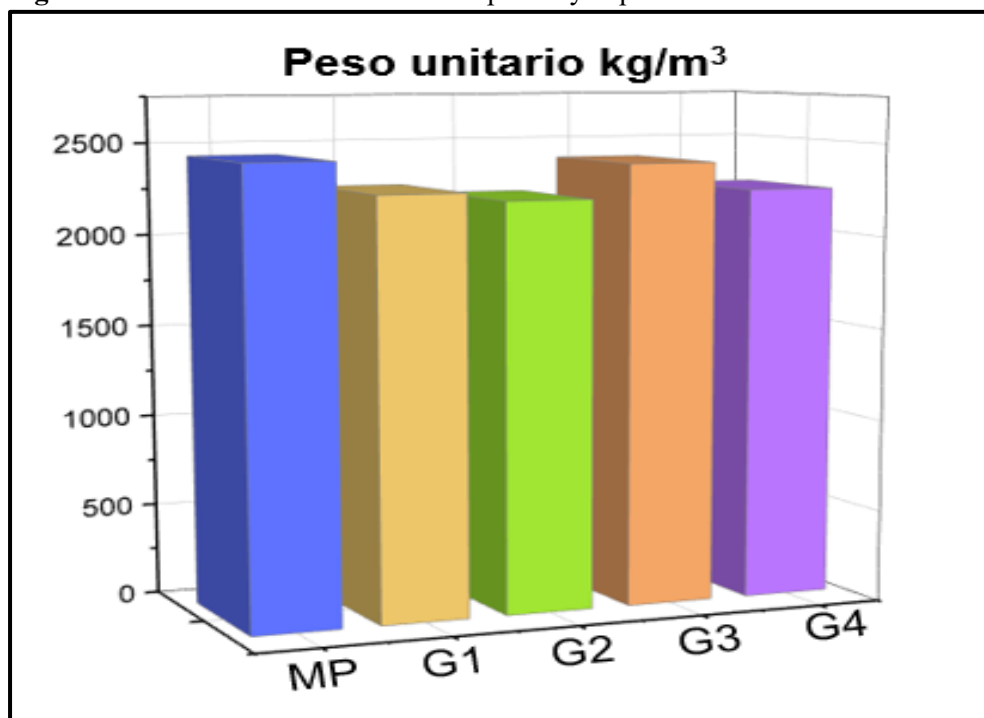
Tipo	Muestra	Peso del molde + muestra (kg)	Peso de molde (kg)	Volumen del molde	Peso unitario	Promedio
<b>Muestra patrón (MP)</b>	M-1	20.737	3.536	0.00704000	2443	2443
	M-2	20.735	3.536	0.00704000	2443	
	M-2	20.730	3.536	0.00704000	2442	
<b>0.35% CE + 0.15% PR (G1)</b>	M-1	19.486	3.536	0.00704000	2266	2266
	M-2	19.490	3.536	0.00704000	2266	
	M-2	19.488	3.536	0.00704000	2266	
<b>0.35% CE + 0.25% PR (G2)</b>	M-1	19.154	3.536	0.00704000	2218	2218
	M-2	19.161	3.536	0.00704000	2219	
	M-2	19.151	3.536	0.00704000	2218	
<b>0.55% CE + 0.15% PR (G3)</b>	M-1	19.357	3.536	0.00704000	2401	2401
	M-2	19.360	3.536	0.00704000	2402	
	M-2	19.362	3.536	0.00704000	2400	
<b>0.55% CE + 0.25% PR (G4)</b>	M-1	20.442	3.536	0.00704000	2247	2248
	M-2	20.448	3.536	0.00704000	2248	
	M-2	20.431	3.536	0.00704000	2248	

Fuente: propia

**Dato:** Las muestras con adiciones son: 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4).

Asimismo, en la figura 4 se visualiza los pesos unitarios obtenidos de las muestras promediadas para entender más explícitamente la diferencia entre datos, donde se obtuvo se obtuvo 2443 kg/m<sup>3</sup>, 2266 kg/m<sup>3</sup>, 2218 kg/m<sup>3</sup>, 2401 kg/m<sup>3</sup> y 2248 kg/m<sup>3</sup> donde se verificó la disminución del peso unitario con referencia al concreto patrón.

**Figura N°4.** Peso unitario de la muestra patrón y experimentales



Fuente: Propia

### **Resistencia a compresión**

Se determinó la resistencia ante efectos de compresión del concreto ligero al añadirse cenizas de carbón de eucalipto (CE) y poliestireno reciclado (PR) en diferentes dosis con 3 especímenes por grupo experimental para tener con mayor certeza la diferencia entre resultados, donde el el valor de mayor semejanza al estándar fue de 182 kg/cm<sup>2</sup> G4 mientras que el patrón mantuvo una media de 219 kg/cm<sup>2</sup> que se pueden apreciar en la tabla N° 4.

Para ello tenemos a Rodríguez (2021) en su investigación de concreto con adiciones en dosificaciones de 0%, 40%, 60% y 100% de poliestireno adquirió resultados de 71.78 kg/cm<sup>2</sup> para 0% del material en el concreto y como mayor valor alcanzado con 100% de poliestireno se obtuvo 176.44 kg/cm<sup>2</sup> demostrando una mejoría en porcentajes de 145.81%.

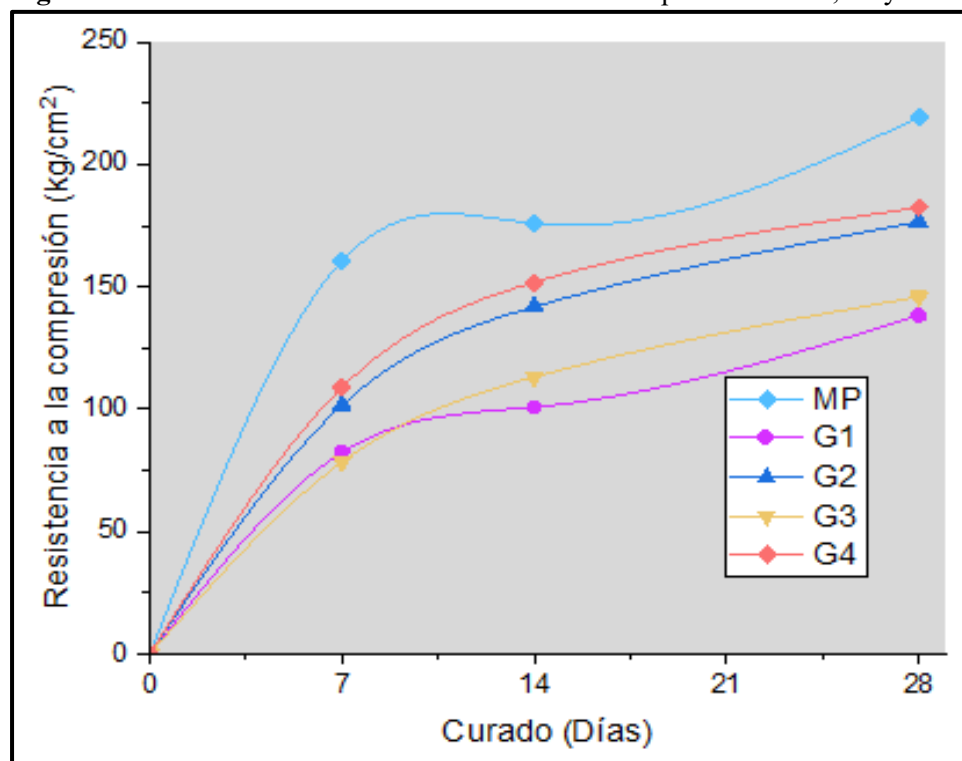
**Tabla N°4.** Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días

<b>Resistencia a compresión</b>			
<b>Días</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>
<b>Patrón</b>	160.70	175.87	219.33
<b>0.35% CE + 0.15% PR (G1)</b>	82.40	100.87	138.40
<b>0.35% CE + 0.25% PR (G2)</b>	101.70	141.93	176.60
<b>0.55% CE + 0.15% PR (G3)</b>	78.53	113.17	145.93
<b>0.55% CE + 0.25% PR (G4)</b>	108.97	151.87	182.43

Fuente: propia

Así mismo se puede observar en la figura N°5 los datos obtenidos de la resistencia a esfuerzos de compresión en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo 219.33 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y para los concretos experimentales de 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4) se presentaron resultados de 138.4, 176.6, 145.93 y 182.43 kg/cm<sup>2</sup>, en las cuales los grupos 2 y 4 consiguieron una resistencia cercaba al patrón al presentar diferencias porcentuales de 19.48% y 16.32% respectivamente.

**Figura N°5.** Curva de maduración de resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días



Fuente: propia



## Resistencia a flexión

Por consiguiente, se puede visualizar en la tabla N° 5 los datos de la resistencia ante efectos flexores del concreto ligero a los 7, 14 y 28 días incorporando cenizas de carbón de eucalipto (CE) y poliestireno reciclado (PR) en proporciones variadas establecidas para evaluarse en 3 especímenes para muestra patrón y por grupo experimental, donde se logró una mejora a favor del G4 con 44.47 kg/cm<sup>2</sup> ante un patrón de 42.9 kg/cm<sup>2</sup>.

Por consiguiente tenemos a Daramola et al. (2023) manifestaron en su artículo que las dosificaciones de cenizas presentes en el concreto con adiciones de 0%, 10%, 20%, y 30% consiguieron esfuerzos de 38 MPa como muestra referencial y como máximo valor adquirido del estudio en flexión fue de 85 MPa con 20% de adición, generándose una mejoría porcentual de 123.68%.

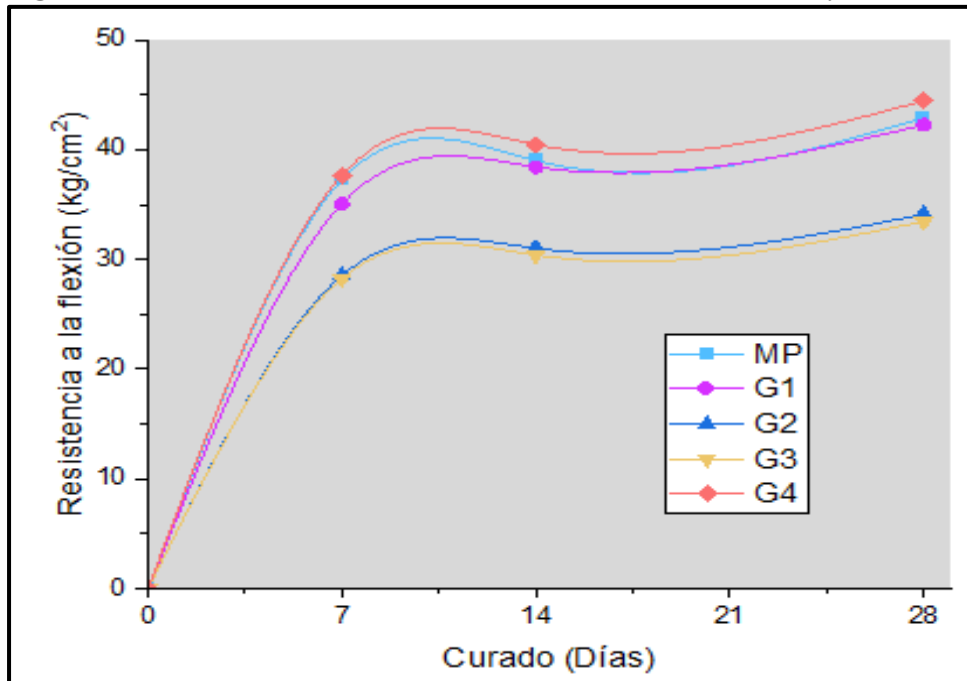
**Tabla N°5.** Resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días

Resistencia a flexión			
Días	7	14	28
Patron	37.27	39.00	42.90
0.35% CE + 0.15% PR (G1)	35.07	38.43	42.27
0.35% CE + 0.25% PR (G2)	28.53	31.03	34.13
0.55% CE + 0.15% PR (G3)	28.27	30.40	33.47
0.55% CE + 0.25% PR (G4)	37.67	40.47	44.47

Fuente: propia

Por último, se puede observar en la figura N°6 los datos obtenidos de la resistencia a esfuerzos de flexión en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo 42.9 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y para los concretos experimentales de 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4) se presentaron resultados de 42.27, 34.13, 33.47 y 44.47 kg/cm<sup>2</sup>, en las cuales el grupo 4 consiguió optimizar la resistencia respecto del patrón al presentar mejoría porcentual de 3.66%.

**Figura N°6.** Curva de maduración de resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días



Fuente: propia

## CONCLUSIONES

Se concluye a nivel general que los diversos resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de la experimentación del concreto en sus estados frescos y endurecidos, donde se encontró que el peso unitario más ligero fue el del segundo grupo que obtuvo un pesaje de  $2218.33 \text{ kg/m}^3$ ; mientras que el asentamiento de las mezclas mejoró con los grupos experimentales 1 ( $0.35\% \text{ CE} + 0.15\% \text{ PR}$ ) y 3 ( $0.55\% \text{ CE} + 0.15\% \text{ PR}$ ) en un  $2.36\%$  ante el patrón con  $3 \frac{2}{3}$  de pulgada; por otro lado, en los ensayos de resistencia, los concretos dosificados bajo compresión mostraron una reducción en los valores de con una diferencia porcentual de  $16.32\%$ , mientras que ante efectos de flexión, los concretos de mayor valor adquirido fueron los del grupo 4 ( $0.55\% \text{ CE} + 0.25\% \text{ PR}$ ) con una valoración porcentual del  $3.66\%$  ante el patrón.

Se concluye a nivel específico 1 que para el peso unitario en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo  $2442.67 \text{ kg/m}^3$  para el concreto patrón y para los concretos experimentales de  $0.35\% \text{ CE} + 0.15\% \text{ PR}$  (G1),  $0.35\% \text{ CE} + 0.25\% \text{ PR}$  (G2),  $0.55\% \text{ CE} + 0.15\% \text{ PR}$  (G3) y  $0.55\% \text{ CE} + 0.25\% \text{ PR}$  (G4) se presentaron resultados  $2266.10 \text{ kg/m}^3$ ,  $2218.33 \text{ kg/m}^3$ ,  $2247.67 \text{ kg/m}^3$  y  $2401 \text{ kg/m}^3$  de forma respectiva, de los cuales el grupo 2 consiguió una mejor densidad que el

patrón al presentar una diferencia porcentual de 9.18% según el requerimiento de la presente investigación.

Se concluye a nivel específico 2 que para el asentamiento en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo 3 2/3 pulgadas para el concreto patrón y para los concretos experimentales de 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4) se presentaron resultados de 3 3/4, 3 1/2, 3 3/4 y 3 2/3 de pulgada, en las cuales los grupos 1 y 3 consiguieron una mejor trabajabilidad que el patrón al presentar una diferencia porcentual del 2.36%.

Se concluye a nivel específico 3 que para la resistencia a esfuerzos de compresión en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo 219.33 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y para los concretos experimentales de 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4) se presentaron resultados de 138.4, 176.6, 145.93 y 182.43 kg/cm<sup>2</sup>, en las cuales los grupos 2 y 4 consiguieron una resistencia cercaba al patrón al presentar diferencias porcentuales de 19.48% y 16.32% respectivamente.

Se concluye a nivel específico 4 en este estudio que para la resistencia a esfuerzos de flexión en promedio de los concretos evaluado en distintos grupos experimentales se obtuvo 42.9 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto patrón y para los concretos experimentales de 0.35% CE + 0.15% PR (G1), 0.35% CE + 0.25% PR (G2), 0.55% CE + 0.15% PR (G3) y 0.55% CE + 0.25% PR (G4) se presentaron resultados de 42.27, 34.13, 33.47 y 44.47 kg/cm<sup>2</sup>, en las cuales el grupo 4 consiguió optimizar la resistencia respecto del patrón al presentar mejoría porcentual de 3.66%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Jabbour, M., Metalssi, O. O., Quiertant, M., & Baroghel-Bouny, V. (2022). A Critical Review of Existing Test-Methods for External Sulfate Attack. *Materials*, 15(21), 7554. doi:

<https://doi.org/10.3390/ma15217554>

Sun, Y., Li, C., You, J., Bu, C., Yu, L., Yan, Z., Liu, X., Zhang, Y., & Chen, X. (2022). An Investigation of the Properties of Expanded Polystyrene Concrete with Fibers Based on an Orthogonal Experimental Design. *Materials*, 15(3), 1228. <https://doi.org/10.3390/ma15031228>



- Bostanci, S. C. (2020). Coal ash use as a cement replacement in concrete production. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 800, 012010.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/800/1/012010>
- Brus, D. J. (2019). Sampling for digital soil mapping: A tutorial supported by R scripts. Geoderma, 338, 464–480. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.036>
- Pratama, R., Aisyah, S. A., Putra, A. M., Sirodj, R. A., & Afgan, M. W. (2023). Correlational Research. JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, 6(3), 1754–1759. <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i3.1420>
- Farfan Cordova, M. G., & Pastor Simon, H. H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. UCV HACER, 7(3).  
<https://doi.org/10.18050/revucvhacer.v7n3a2>
- Gabrijel, I., Jelčić Rukavina, M., & Štirmer, N. (2021). Influence of Wood Fly Ash on Concrete Properties through Filling Effect Mechanism. Materials, 14(23), 7164.  
<https://doi.org/10.3390/ma14237164>
- Hernández Gracia, J. F. (2018). Tipos de Investigación. Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula, 5(9). <https://doi.org/10.29057/esat.v5i9.2885>
- Mangi, S. A., Wan Ibrahim, M. H., Jamaluddin, N., Arshad, M. F., Khahro, S. H., & Putra Jaya, R. (2021). Influence of coal ash on the concrete properties and its performance under sulphate and chloride conditions. Environmental Science and Pollution Research.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-15006-x>
- Islam, M. (2020). Data Analysis: Types, Process, Methods, Techniques and Tools. International Journal on Data Science and Technology, 6(1), 10. <https://doi.org/10.11648/j.ijdst.20200601.12>
- Jornet, A., & Damşa, C. (2021). Unit of analysis from an ecological perspective: Beyond the individual/social dichotomy. Learning, Culture and Social Interaction, 100329.  
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100329>
- Müggenburg Rodríguez V., M. C., & Pérez Cabrera, I. (2018). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. Enfermería Universitaria, 4(1).  
<https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2007.1.469>

- Olivera Y., Guevara S. y Muñoz S. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de origen artificial-natural. *Ingeniería*, 27 (2), doi: <https://doi.org/10.14483/23448393.18207>
- Daramola, O. O., Akinwande, A. A., Adediran, A. A., Balogun, O. A., Olajide, J. L., Adedoyin, K. J., Adewuyi, B. O., & Jen, T. C. (2023). Optimization of the mechanical properties of polyester/coconut shell ash (CSA) composite for light-weight engineering applications. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26632-x>
- Young, J. Q., Sugarman, R., Schwartz, J., & O’Sullivan, P. S. (2020). Overcoming the Challenges of Direct Observation and Feedback Programs: A Qualitative Exploration of Resident and Faculty Experiences. *Teaching and Learning in Medicine*, 32(5), 541–551. <https://doi.org/10.1080/10401334.2020.1767107>
- Peña Vera, T. (2022). Etapas del análisis de la información documental. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 45(3), Artículo e340545. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v45n3e340545>
- Rodríguez-Silva, G. (2021). EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN HÍBRIDA DE CONCRETO LIVIANO CON CANTIDADES DIFERENTES DE FIBRA ÓPTICA PLÁSTICA A4b. *Anales Científicos*, 82(1), 152. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i1.1750>
- Sánchez Flores, F. A. (2019). Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 101–122. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.644>
- Angaspilco Llamó, M., Bocanegra Avellaneda, J. C., Muñoz Pérez, S. P., Torres Zavaleta, L. J., & Villanueva Meza, C. D. (2021). Uso de cenizas de carbón para mejorar la resistencia a la compresión del concreto. *Revista Nor@ndina*, 4(2), 47–60. <https://doi.org/10.37518/2663-6360x2021v4n2p47>