



# Influencia de la cáscara de huevo molida como sustituto parcial de cemento en la resistencia mecánica y trabajabilidad de mezclas de concreto para pavimentos rígidos

## Influence of ground eggshell as a partial cement substitute on the mechanical strength and workability of rigid pavement concrete mixes

Davys Rojas <sup>1\*</sup>, Marlon Ayquipa <sup>2</sup>, Amaluz Angarita Albornoz<sup>3</sup>, Luis Alberto Rivera Echegaray<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Lima, [u22102000@utp.edu.pe](mailto:u22102000@utp.edu.pe)

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Lima, [u20205653@utp.edu.pe](mailto:u20205653@utp.edu.pe)

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Lima, [c20004@utp.edu.pe](mailto:c20004@utp.edu.pe)

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Lima, [c22315@utp.edu.pe](mailto:c22315@utp.edu.pe)

Received: 18/06/2025 | Accepted: 02/08/2025 | Publication date: 01/09/2025  
DOI:<https://doi.org/10.20868/abe.2025.2.5543>

### TITULARES

- Se cuantifican las diferencias existentes en cuanto a la trabajabilidad y resistencia a los 7, 14 y 28 días.
- Se diseñaron tres mezclas de concreto en las que se sustituyó el 5%, 10% y 15% del cemento por cáscara de huevo finamente molida, manteniendo la resistencia objetivo.
- Se adiciona las lecturas de temperatura del concreto para cada población de estudio.

### HIGHLIGHTS

- The differences in workability and compressive strength at 7, 14, and 28 days were quantified.
- Three concrete mixes were designed in which 5%, 10%, and 15% of the cement was replaced with finely ground eggshell, while maintaining the target strength.
- Concrete temperature readings were recorded for each study group.

## RESUMEN

---

Esta investigación analiza la influencia de la sustitución del 5%, 10% y 15% del cemento por cáscara de huevo molida en las propiedades físico-mecánicas del concreto para pavimentos rígidos. Se busca evaluar en qué medida la resistencia a la compresión y la trabajabilidad de las muestras modificadas, varían en comparación a una muestra patrón sin modificación. Las muestras fueron ensayadas para edades de 7, 14 y 28 días, encontrándose como resultados que, para el asentamiento, el 5% de reemplazo mejora ligeramente la trabajabilidad, encontrándose una mezcla más fluida. En cuanto a la compresión, en un análisis de sustitución máxima (15%), se observa una disminución del 13.3% a los 28 días, considerándose un valor aceptable pero inferior a la muestra patrón.

**Palabras clave:** *Cemento; Cáscara de huevo; Concreto; Pavimento rígido; Propiedades físico-mecánicas; Sustitución parcial.*

---

## ABSTRACT

---

This research analyzes the influence of replacing 5%, 10%, and 15% of cement with ground eggshells on the physical and mechanical properties of concrete for rigid pavements. The aim is to evaluate the extent to which the compressive strength and workability of the modified samples vary in comparison to an unmodified standard sample. The samples were tested at 7, 14, and 28 days, with the results showing that, for settlement, 5% replacement slightly improves workability, resulting in a more fluid mixture. In terms of compression, in a maximum replacement analysis (15%), a decrease of 13.3% is observed at 28 days, which is considered an acceptable value but lower than the standard sample.

**Keywords:** *Cement; Eggshell; Concrete; Rigid pavement; Physical-mechanical properties; Partial replacement.*

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El concreto sigue siendo la base de casi toda obra en el país, pero su producción no es nada sostenible: se calcula que genera cerca del 8% del CO<sub>2</sub> que se emite a la atmósfera. Por eso, en todo el mundo están buscando formas de hacerlo más amigable con el medio ambiente. Una de las ideas más llamativas es usar cáscaras de huevo molidas para reemplazar parte del cemento. Este residuo, comúnmente descartado en hogares y establecimientos comerciales, podría convertirse en un insumo relevante para la industria de la construcción [1], [2], [3].

¿Y por qué las cáscaras? Porque están hechas casi totalmente de calcita, un tipo de carbonato

de calcio que también está en las piedras y que tiene propiedades muy parecidas al cemento Portland [4], [5], [6]. Investigadores han probado que, si se reemplaza el 10% del cemento con polvo de cáscara de huevo, el concreto sigue siendo resistente –aguanta hasta el 92% de lo que resiste una mezcla convencional– y, además, reduce su impacto ambiental [7], [8], [9]. Sin embargo, se ha advertido que cuando el porcentaje de sustitución supera el 15%, el concreto comienza a perder cohesión y aumentar su porosidad [10], [11].

Claro que no es solo cuestión de mezclar sin control. Preparar adecuadamente las cáscaras es fundamental. Las cáscaras deben ser lavadas, desmembradas, secadas y molidas hasta

alcanzar una finura de 5,650 cm<sup>2</sup>/g para mejorar su compatibilidad con el cemento. Este proceso de preparación no solo elimina impurezas orgánicas que podrían interferir con la hidratación del cemento, sino que también optimiza la superficie específica del polvo de cáscara, facilitando una mejor reacción química en la mezcla [12].

Además, que la presencia de residuos orgánicos, como restos de membranas, puede afectar negativamente las propiedades del concreto, aumentando su porosidad y disminuyendo su resistencia. Por lo tanto, una preparación meticulosa de las cáscaras de huevo es esencial para garantizar la calidad y durabilidad del concreto producido [13].

Pero la situación mejora cuando se mezcla con otros materiales, como cenizas volcánicas o fibras metálicas. En esos casos, la mezcla resulta más resistente y fácil de trabajar, ideal para estructuras más complejas [14], [15]. Estos estudios demuestran que la incorporación de polvo de cáscara de huevo al cemento, pueden mejorar la resistencia a la compresión del concreto, alcanzan o superan los 28 MPa, y reducen los costos de materiales hasta en un 11% en la fabricación del concreto. Además, contribuyen a la sostenibilidad ambiental al disminuir el impacto ambiental negativo producido por la producción de cemento [16], [17]. La viabilidad del polvo de cáscara de huevo (ESP)reemplazo parcial del cemento Portland ordinario [OPC] en la producción de concreto sostenible. Se evaluaron las propiedades mecánicas y de trabajabilidad del concreto con ESP en niveles de reemplazo del 0 %, 4 % y 10 %. Los resultados mostraron que hasta un 10% de reemplazo con ESP mejora la resistencia a la compresión (53.52 MPa) y la resistencia a la tracción por división (2.487 MPa), superando la mezcla de control [21], [22], [23].

El polvo de cascara de huevo debe tener un tamaño de partícula inferior a 0.1 mm, para asegurar una reacción eficiente con el resto de los componentes [4], [18] .

En lugares donde no hay molinos industriales, preparar las cáscaras puede implicar costos adicionales. Además, según las normas como la ASTM C618-22, cada lote debe ser evaluado para verificar la ausencia de residuos orgánicos [19], [20].

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Cemento

Utilizado altamente en el campo de la ingeniería, debido a sus características mecánicas muy eficientes en cuanto a la resistencia a la compresión [24],[25].

Químicamente, el Cemento Portland, está compuesto por silicatos de calcio. Además, a menudo se les añade sulfato de calcio en diferentes formas para mejorar sus propiedades. [26]. De acuerdo a la ASTM C-150, podemos visualizar los requisitos mínimos/máximos que deben cumplir sus componentes químicas (Table 1).

**Table 1:** Estándares para la composición química del cemento.

COMPOSICIÓN	Máx (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.00
MgO	6.00
SO <sub>3</sub>	3.00
<b>Cuando (C3A) es 8% o menos</b>	3.00
<b>Cuando (C3A) es más del 8%</b>	3.50
C <sub>3</sub> S máx %	No aplica
C <sub>2</sub> S mín %	No aplica
C <sub>3</sub> A máx %	8.00

Además, [27], [28], [29] y [30] discuten el enfoque económico centrado en la industria del cemento, sugiriendo que la incorporación de materiales reciclados y la optimización de procesos pueden contribuir a la sostenibilidad del sector.

En términos de propiedades físicas, el cemento Portland tipo 1 presenta una densidad aproximada de 3.1 g/cm<sup>3</sup> y una resistencia a la compresión que puede variar entre 30 y 50 MPa a los 28 días de curado. Estas características lo convierten en un material ideal para diversas aplicaciones en la construcción, desde estructuras de soporte hasta pavimentos [31], [32], [25].

## 2.2 Eggshell

Es un subproducto de la industria del agro, que ha ganado atención en diversas aplicaciones, incluyendo su uso como material de construcción. Posee una química rica en CaCO<sub>3</sub>, aprox. del 94-97% en su peso, lo que la convierte en un dotador valioso de este componente [37], [38]; [39]; [1]

La "CHu", posee una gravedad específica de 1.628%, manteniendo un PH de 8.2 y compuesto por CaCo3 (Carbonato de Calcio) lo que beneficia al concreto en la resistencia de torsión y flexión. [40], [41]; [42]; [2], tal como puede sintetizarse en la Tabla 2.

Su uso en el ámbito constructivo se apoya en su

**Table 2:** Composición química de la cáscara de huevo.

COMPOSICIÓN	Cant. (%)
CaCO <sub>3</sub>	96.98
MgCO <sub>3</sub>	1.25
Ca <sub>s</sub>	1.62

capacidad para mejorar las propiedades del concreto. [43]; [44] revisan los usos potenciales de la "CHu", enfatizando su valor como un

material sostenible que puede contribuir en el aspecto económico de la industria de la construcción. Además, [45]; [46] y [47] han estudiado el efecto del suministro de CaCO<sub>3</sub> en la calidad de la cáscara de huevo, lo que resalta la importancia de este material particular como alternativa sostenible para el concreto.

## 2.3 Procedure

El diseño de esta investigación es del tipo experimental. Las muestras de concreto se elaborarán en un laboratorio y consistirán en probetas moldeadas con porcentajes de reemplazo del 5%, 10% y 15% de cemento por "Chu". Estas probetas serán sometidas a pruebas de resistencia y asentamiento para analizar cómo afecta ésta al concreto.

Para la preparación del componente "Chu", se recolectó durante 1 mes (abril) dentro de locales de comida en los distritos de Ate y Los Olivos (Lima, Perú), almacenando alrededor de 12 kg. De acuerdo con [2], para obtener un mejor producto con respecto a la "CHu" es necesario cumplir con quitar la membrana superficial interna de la cáscara, para poder mejorar las características finales de nuestro producto.

Para el diseño de mezclas, de acuerdo con el comité ACI 211, es necesario reconocer e identificar las propiedades de cada material a emplearse, como son: Cemento, agua, agregados finos (AF), agregados gruesos (AG) y aditivos (en caso lo requiera).

Para el reconocimiento de las características de los agregados, se han empleado diversos ensayos, tal cuales se pueden apreciar en las siguientes figuras:

Para el AF, de la cantera de Trapiche, se tiene un peso inicial húmedo de 701.90 g y un peso inicial seco de 687.9, para iniciar con el tamizaje de las muestras y gráfica de la curva granulométrica, tal como se muestra en la Fig. 1 y Fig. 2.

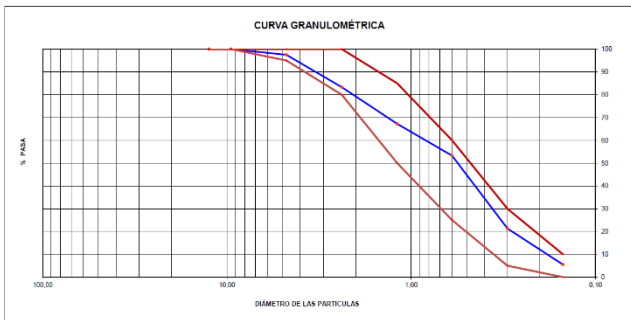
# Influence of ground eggshell as a partial cement substitute on the mechanical strength and workability of rigid pavement concrete mixes

Davys Rojas; Marlon Ayquipa; Amaluz Carolina Angarita Alborno; Luis Alberto Rivera Echegaray

**Figura 1: Granulometría para los AF.**

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12,50	0,00	0	0	100	
3/8"	9,50	0,00	0	0	100	100
Nº4	4,76	17,40	3	3	98	95 - 100
Nº8	2,38	97,50	14	17	83	80 - 100
Nº 16	1,19	110,60	16	33	67	50 - 85
Nº 30	0,60	95,80	14	47	53	25 - 60
Nº 50	0,30	220,30	32	79	21	05 - 30
Nº 100	0,15	108,70	16	95	6	0 - 10
FONDO		31,80	4,6	99	1	

**Figura 2: Curva granulométrica de los AF.**

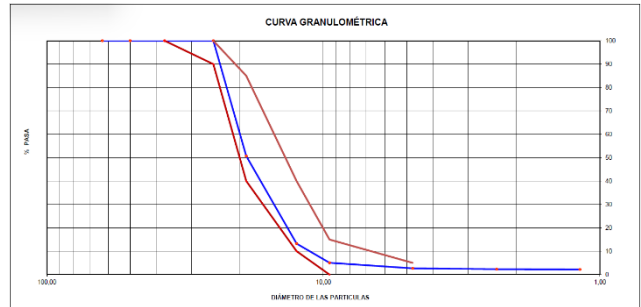


Para el AG, de la cantera de Trapiche, se tiene un peso inicial húmedo de 6236 g y un peso inicial seco de 6216 g, para la realización de tamizaje y generación de la curva granulométrica, tal como se muestra en la Fig. 3 y Fig. 4.

**Figura 3: Granulometría para los AG.**

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES Huso #56
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2 1/2	63,00	0,0	0,0	0,0	100,0	
2	50,00	0,0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2	37,50	0,0	0,0	0,0	100,0	100
1	25,00	0,0	0,0	0,0	100,0	100 - 90
3/4	19,00	3 065,8	49,3	49,3	50,7	85 - 40
1/2	12,50	2 325,4	37,4	86,7	13,3	40 - 10
3/8	9,50	510,5	8,2	94,9	5,1	15 - 0
Nº 4	4,75	148,6	2,4	97,3	2,7	5 - 0
Nº 8	2,36	22,4	0,4	97,7	2,3	
Nº 16	1,18	6,7	0,1	97,8	2,2	
FONDO		136,4	2,2	100,0	0,0	

**Figura 4: Curva granulométrica – Agregado Grueso.**



Por otro lado, para el peso unitario suelto (P.U.S.) de los AF y AG, viene referenciada con las Fig. 5 y Fig. 6 respectivamente.

**Figura 5: P.U.S. de los AF.**

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7265	7269	7260
2	Peso del Molde	g	2446	2446	2446
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4819	4823	4814
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2827	2827	2827
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm <sup>3</sup>	1,704	1,706	1,703

**Figura 6: P.U.S. de los AG.**

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	19980	19976	19985
2	Peso del Molde	g	6184	6181	6181
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	13796	13795	13804
4	Volumen del Molde	cc	9134	9134	9134
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cm <sup>3</sup>	1,510	1,510	1,511

Mientras que el desarrollo del peso unitario compactado (P.U.C.) para AF y AG, viene mostrada en las Fig. 7 y Fig.8, respectivamente.

**Figura 7: P.U.C. de los AF.**

MUESTRA Nº		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7927	7931	7922
2	Peso del Molde	g	2446	2446	2446
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5481	5485	5476
4	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2827	2827	2827
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm <sup>3</sup>	1,939	1,940	1,937

# Influence of the partial substitution of cement by ground eggshell in the design of the rigid pavement of Av. Universitaria, Pillco-Marca

Davys Rojas; Marlon Ayquipa; Amaluz Carolina Angarita Albornoz; Luis Alberto Rivera Echegaray

**Figura 8:** P.U.C. de los AG.

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	21110	21104	21113
2	Peso del Molde	g	6181	6181	6181
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	14929	14923	14932
4	Volumen del Molde	cc	9134	9134	9134
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cm <sup>3</sup>	1,635	1,634	1,635

Para los ensayos de densidad relativa y absorción (D.R.A.) para AF y AG, se tiene representada en las Fig. 9 y Fig. 10.

**Figura 9:** D.R.A. de los AF.

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO		
A	Peso muestra Sat. Sup. Seca	g	502	505	503,5	
B	Peso del recipiente + Agua hasta 500 ml	g	1292,3	1293,1	1292,7	
C	Peso del recipiente + Agua + Peso muestra Sat. Sup. S	A + B	g	1794,3	1798,1	1796,2
D	Peso del recipiente + Peso muestra Sat. Sup. Seca + A	g	1604,5	1608,7	1606,6	
E	Volumen masa + Volumen de vacios	C - D	cm <sup>3</sup>	189,80	189,40	189,60
F	Peso muestra seca	g	491,2	492,6	491,90	
G	Volumen de masa	E - (A - F)	cm <sup>3</sup>	179,000	177,000	178,00

**Figura 10:** D.R.A. de los AG.

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO		
A	Peso muestra Sat. Sup. Seca	g	2015,0	2016,0	2015,50	
B	Peso de la Muestra Sat. Sumergida	g	1275,8	1264,5	1270,15	
C	Volumen de masa + Volumen de vacio	A - B	cm <sup>3</sup>	739,2	751,5	745,35
D	Peso Muestra Seca	g	1997,6	2002,3	1999,95	
E	Volumen muestra	C - (A - D)	cm <sup>3</sup>	721,8	737,8	729,80
F	Peso específico Sat. Sup. Seca	D / C	g/cm <sup>3</sup>	2,70	2,66	2,68
G	Peso específico de masa	A / (A - B)	g/cm <sup>3</sup>	2,73	2,68	2,70
H	Peso específico aparente	D / (D - B)	g/cm <sup>3</sup>	2,77	2,71	2,74
I	Absorción de agua	((A - D) / D) * 100	%	0,9	0,7	0,8

Finalmente, los ensayos para la determinación del porcentaje de humedad superficial en AF y AG, se representa en la Fig. 11 y Fig. 12, respectivamente.

**Figura 11:** Contenido de humedad – Agregado Fino

N° Ensayos	1	2	3
Peso de Muestra Húmeda + Molde (gr)	437,8	486,5	475,3
Peso del Molde (gr)	90,5	90,6	89,7
Peso del Molde + Muestra Seca	430,6	478,4	468,0
Muestra Seca	340,1	387,9	378,3
Contenido de agua	7,2	8,1	7,3
<b>Contenido de humedad (%)</b>	2,1	2,1	1,9

**Figura 12:** Contenido de humedad – Agregado Grueso

N° Ensayos	1	2	3
Peso de Muestra Húmeda + Molde (gr)	1025,1	1138,5	1226,2
Peso del Molde (gr)	296,8	293,2	295,8
Peso del Molde + Muestra Seca	1022,1	1136,4	1223,4
Muestra Seca	725,3	843,2	927,6
Contenido de agua	3,0	2,1	2,8
<b>Contenido de humedad (%)</b>	0,4	0,2	0,3

Con estos ensayos practicados, conocemos hasta este punto las propiedades y características generales de la materia prima que será primordial para el diseño de mezclas.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1 Del diseño de mezclas

El objetivo de esta investigación hace referencia a la sustitución del cemento, por la cáscara de huevo molida: 5%, 10% y 15%. En ese sentido, se ha elaborado un diseño de mezclas patrón, en el que se establece un alcance de resistencia referido a la condición de uso para pavimentos, siendo el valor mínimo requerido de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Adicionalmente, se han establecido 3 diseños modificados al requerimiento sustitutorio de esta investigación (5%, 10% y 15%).

El informe de ensayos físicos realizados en el agregado fino, tomados de la cantera de trapiche, arrojan un módulo de fineza de 2.72 con un porcentaje de humedad del 2%. El promedio del P.U.S. es de 1,704 g/cm<sup>3</sup> y el promedio del P.U.C. de 1,938 g/cm<sup>3</sup> y un porcentaje promedio final de absorción de 2.4%.

Para el AG., tomado de la cantera mencionada (Trapiche) arroja un T.M.N. de 3/4 y un porcentaje de humedad del 0.3%. El promedio del P.U.S. es de 1,511 g/cm<sup>3</sup> y el promedio P.U.C. es de 1,634 g/cm<sup>3</sup>

## Influence of ground eggshell as a partial cement substitute on the mechanical strength and workability of rigid pavement concrete mixes

Davys Rojas; Marlon Ayquipa; Amaluz Carolina Angarita Alborno; Luis Alberto Rivera Echegaray

En el diseño de mezclas, considerando un asentamiento de 4" se tiene que para un diseño

**Table 3:** Resultados diseño de mezcla patrón 1m<sup>3</sup>.

COMPOSICIÓN	Cant.
Cemento	454.607 kg
Agua	211.847 l
Agregado Fino	674.774 kg
Agregado Grueso	1029.686 kg

**Table 4:** Resultados diseño modificado 1 - 1m<sup>3</sup>.

COMPOSICIÓN	Cant.
Cemento	431.877 kg
Agua	211.847 l
Agregado Fino	674.774 kg
Agregado Grueso	1029.686 kg
Cáscara de huevo molido 5%	22.730 kg

**Table 5:** Resultados diseño modificado 2 - 1m<sup>3</sup>.

COMPOSICIÓN	Cant.
Cemento	409.146 kg
Agua	211.847 l
Agregado Fino	674.774 kg
Agregado Grueso	1029.686 kg
Cáscara de huevo molido 10%	45.461 kg

patrón de 1m<sup>3</sup>, es necesario 454.607 kg de cemento, 211.847 lt de agua, 674.774 kg de agregado fino y 1029.686 kg de agregado grueso. En función a los diseños modificados, se

**Table 6:** Resultados diseño modificado 3 - 1m<sup>3</sup>.

COMPOSICIÓN	Cant.
Cemento	386.416 kg
Agua	211.847 l
Agregado Fino	674.774 kg
Agregado Grueso	1029.686 kg
Cáscara de huevo molido 15%	68.191 kg

tiene que para una sustitución del 5% de cáscara de huevo, es necesario 22.730 kg; para una sustitución del 10% es necesario 45.461 kg y finalmente para una sustitución del 15% de cemento, es necesario 68.191 kg de "CHu", tal como se muestra en la Tabla 3.

Si bien se puede observar los resultados para 1 m<sup>3</sup>, en cada patrón de diseño de mezcla, se ha adecuado al requerimiento y número de probetas totales para efectuar este estudio, tal como se puede apreciar en la Fig. 12.

**Figura 12:** Cantidad de cáscara de huevo para ensayos.

Volumen total de Probetas: 0,0148 m<sup>3</sup>

Diseño de mezclas de concreto				
Materiales	Diseño Patrón	Diseño M1	Diseño M2	Diseño M3
Cemento	6,748	6,411	6,073	5,736
Agua	3,145	3,145	3,145	3,145
Agregado fino	10,016	10,016	10,016	10,016
Agregado grueso	15,285	15,285	15,285	15,285
Cáscara de huevo molido		0,337	0,675	1,012

Cáscara de huevo molido: 2024 gramos  
Cáscara de huevo molido: 2,100 kg

### 3.2 De la trabajabilidad y temperatura

En el estado fresco del concreto, se han elaborado 2 ensayos primordiales, en las que se busca obtener el grado de trabajabilidad del concreto y la temperatura a la que éstas muestras se encuentran.

Para poder medir la trabajabilidad de las muestras de concreto elaboradas, se ha recurrido al método del slump, siendo los resultados visualizados en la Fig. 13.

**Figura 13:** Reporte de medición de asentamiento

Identificación (Diseño)	Código Muestra	Asentamiento (Pulgadas)
Patrón (0%)	M - 096 - 01	4
Patrón (0%)	M - 096 - 02	4
Patrón (0%)	M - 096 - 03	4 1/4
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 04	4 1/2
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 05	4 1/2
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 06	4 1/2
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 07	3 1/2
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 08	3 1/4
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 09	3 1/2
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 10	3
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 11	3
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 12	3 1/4

# Influence of the partial substitution of cement by ground eggshell in the design of the rigid pavement of Av. Universitaria, Pillco-Marca

Davys Rojas; Marlon Ayquipa; Amaluz Carolina Angarita Alborno; Luis Alberto Rivera Echegaray

**Table 7:** Resumen de resultados.

MUESTRA	DIAS	RESISTENCIA PROMEDIO
0%	7	215.57
5%	7	191.83
10%	7	177.22
15%	7	163.95
0%	14	251.18
5%	14	227.79
10%	14	213.65
15%	14	200.20
0%	28	277.20
5%	28	268.17
10%	28	253.94
15%	28	240.38

Por otro lado, para la medición de la temperatura, los resultados pueden visualizarse en la Fig. 14.

**Figura 14:** Reporte de temperatura en el concreto

Identificación (Diseño)	Código Muestra	Temperatura (°C)
Patrón (0%)	M - 096 - 01	24,1
Patrón (0%)	M - 096 - 02	24,5
Patrón (0%)	M - 096 - 03	24,3
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 04	23,7
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 05	23,6
Cáscara de huevo molido (5%)	M - 096 - 06	23,9
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 07	24,8
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 08	25,0
Cáscara de huevo molido (10%)	M - 096 - 09	25,2
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 10	25,9
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 11	25,7
Cáscara de huevo molido (15%)	M - 096 - 12	26,1

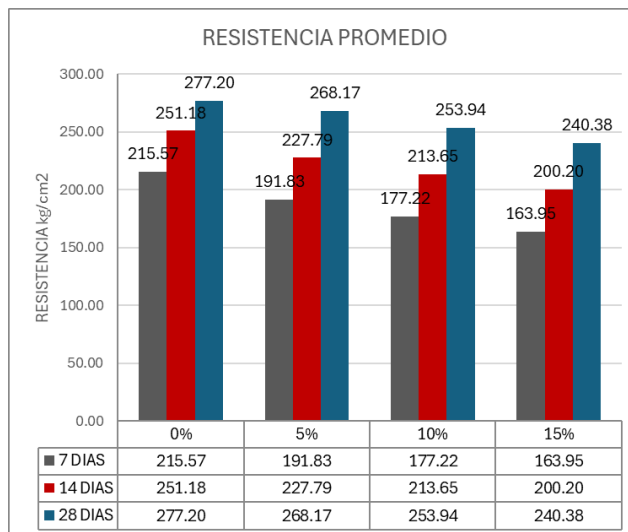
### 3.3 De la resistencia a la compresión

Para el estudio y la obtención de resultados, se han asignado tres grupos esenciales, cuya medición fue realizada a las edades de 7, 14 y 28 días. Los valores obtenidos muestran que el porcentaje de una sustitución del 5% a los 28 días, tiene un valor aproximado del 96.75% de

resistencia, en comparación a la muestra patrón, tal cual se puede apreciar en la Tabla 7.

Cuya gráfica puede mostrarse con la figura 15.

**Figura 15:** Gráfica de resistencias a la compresión



La disminución de resistencia es más suave conforme el tiempo de curado aumenta, lo cual puede indicar una ganancia progresiva por la posible reacción lenta del material sustituyente.

## 4. CONCLUSIONES

Con respecto a la trabajabilidad del proyecto, el 5% de reemplazo mejora ligeramente la trabajabilidad, siendo útil para concretos que requieran buena colocación. A partir del 10%, la trabajabilidad se reduce, lo cual puede dificultar el vaciado o generar mezcla poco uniforme.

En función a la compresión, la caída más crítica de resistencia se observa con el 15% de reemplazo a los 7 días presentando una reducción del 24%. A los 28 días, aunque se conserva una resistencia considerable incluso con 15% de reemplazo (240.38 kg/cm<sup>2</sup>), hay una disminución de aproximadamente el 13.3% respecto al valor sin reemplazo (277.20 kg/cm<sup>2</sup>), lo que se podría considerar un valor aceptable dentro de los requerimientos específicos de proyectos viales.

## 6. REFERENCES

- [1] Gómez-Álvarez, L. M., Segura-Sánchez, F., & Zapata, J. E. (2022). Combinación de alta cizalladura y ultrasonido para obtener nanopartículas de carbonato de calcio a partir de cáscaras de huevo. *Información tecnológica*, 33(1), 91–106. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000100091>
- [2] Frías-Gutiérrez, S., Revuelta-Muñoz, M., & Pacheco-Bustos, C. (2022). Análisis del ciclo de vida (ACV): De un cemento producido con reemplazo de cáscara de huevo y cáscara de arroz. *Producción + Limpia*, 17(1), 88–110. <https://doi.org/10.22507/pml.v17n1a6>
- [3] Benhelal, E., Shamsaei, E., Rashid, M. I., & Rahman, M. M. (2013). Global strategies and potentials to curb CO<sub>2</sub> emissions in cement industry. *Journal of Cleaner Production*, 51, 142–161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.049>
- [4] Zhang, G., Oh, S., Han, Y., Meng, L., Lin, R., & Wang, X. (2024). Influence of eggshell powder on the properties of cement-based materials. *Materials*, 17(7), 1705. <https://doi.org/10.3390/ma17071705>
- [5] Othman, R., Mangi, S. A., Chong, B. W., & Yee Ying, C. (2020). Properties of mortar with fine eggshell powder as partial cement replacement. *Materials Today: Proceedings*, 46, 2083–2089. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.216>
- [6] Vaidya, N., & Bastwadkar, M. P. (2019). Experimental study of partial replacement of cement with eggshell powder in concrete. *International Journal of Engineering Development and Research*, 7(4), 212–217. Recuperado de <https://www.rjwave.org/ijedr/papers/IJEDR1904037.pdf>
- [7] Ayoade, S. A. (2024). Evaluating the mechanical and environmental impacts of eggshell powder as a partial cement replacement in sustainable concrete production. *European Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 2(5), 14. [https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2\(5\).14](https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2(5).14)
- [8] Prodhon, M. A. R., Hassan, A., Neloy, M. M. R., Islam, M. R., & Akter, M. J. (2024). Environmental and economic benefits of eggshell powder as a cement alternative in concrete. *European Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 2(6), 11. [https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2\(6\).11](https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2(6).11)
- [9] Soman, A., Rajeev, P., Santhosh, S., Krishna, V., & Vijayan, J. (2024). Experimental study on steel fiber reinforced concrete modified with egg shell powder and nano silica. *E3S Web of Conferences*, 529, 01029. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452901029>
- [10] Suvash Chandra Paul, Md Abdul Basit, Noor Md. Sadiquul Hasan, & M. Shariful Islam. (2024). Sustainable cement mortar production using rice husk and eggshell powder: A study of strength, electrical resistivity, and microstructure. SpringerLink. <https://doi.org/10.1007/s44268-024-00037-3>
- [11] Sagar Paruthi, Afzal Husain Khan, Ashish Kumar, Fanish Kumar, Mohd Abul Hasan, Hassan M. Magbool, & Mohammad Saood Manzar. (2023). Sustainable cement replacement using waste eggshells: A review on mechanical properties of eggshell concrete and strength prediction using artificial neural

network. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02160. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02160>

[12] Chen, Y. K., Sun, Y., Wang, K. Q., & Kuang, W. Y. (2022). Utilization of bio-waste eggshell powder as a potential filler material for cement: Analyses of zeta potential, hydration and sustainability. *Construction and Building Materials*, 325, 126220. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126220> ResearchGate

[13] Paruthi, S., Khan, A. H., Kumar, A., Kumar, F., Hasan, M. A., Magbool, H. M., & Manzar, M. S. (2023). Sustainable cement replacement using waste eggshells: A review on mechanical properties of eggshell concrete and strength prediction using artificial neural network. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02160. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02160>

[14] Majeed, A., Umair, M., Jamal, Y., Khan, G. S., Aleem, A., & Mehmood, A. (2024). An Analysis of the Strength and Durability of Eggshell Powder-Modified Concrete Structures. *Spectrum of Engineering Sciences*, 2(5), 37–64. <https://www.sesjournal.com/index.php/1/article/view/99>

[15] Paruthi, S., Khan, A. H., Kumar, A., Kumar, F., Hasan, M. A., Magbool, H. M., & Manzar, M. S. (2023). Sustainable cement replacement using waste eggshells: A review on mechanical properties of eggshell concrete and strength prediction using artificial neural network. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02160. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02160>

[16] Prodhan, M. A. R., Hassan, A., Neloy, M. M. R., Islam, M. R., & Akter, M. J. (2024). Environmental and Economic Benefits of Eggshell Powder as a Cement Alternative in Concrete. *European Journal of Applied Science*,

*Engineering and Technology*, 2(6), 122–132. [https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2\(6\).11](https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2(6).11)

[17] Jhatial, A. A., Memon, S. A., & Memon, R. A. (2022). Assessing the sustainability and cost-effectiveness of concrete incorporating various fineness of eggshell powder as supplementary cementitious material. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54666–54680. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21187-0>

[18] He, Y., Che, D., Ouyang, X., & Niu, Y. (2022). Surface Properties of Eggshell Powder and Its Influence on Cement Hydration. *Materials*, 15(21), 7633. <https://doi.org/10.3390/ma15217633>

[19] Rizalman, A. N., & Zain, M. F. M. (2023). Characterization and Strength Activity Index of Eggshell Powder and Silica Fume as Partial Cement Replacement. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 14(4), 129–137. <https://doi.org/10.5897/JCECT2023.0392>

[20] Maqsood, S., & Eddie, L. S. S. (2022). Effect of Using Calcined Eggshells as a Cementitious Material on Early Performance. *Construction and Building Materials*, 318, 126170. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126170>

[21] Ayoade, S. A. (2024). Evaluating the Mechanical and Environmental Impacts of Eggshell Powder as a Partial Cement Replacement in Sustainable Concrete Production. *European Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 2(5), 116. [https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2\(5\).14](https://doi.org/10.59324/ejaset.2024.2(5).14)

[22] Kaur, H., Bala, M., Kumar, S., Chandel, S. K., & Angral, M. (2023). Investigate the Properties of Concrete as Partial Replacement of Cement With Egg Shell Powder. *International Journal of Innovative Research in Computer Science &*

- Technology, 11(1), 3. <https://doi.org/10.55524/ijircst.2023.11.1.3>
- [23] Tan, Y. Y., Doh, S. I., & Chin, S. C. (2018). Eggshell as a partial cement replacement in concrete development. *Magazine of Concrete Research*, 70(9), 452–464. <https://doi.org/10.1680/jmacr.17.00003Arpitha>, A., & Somesh, M. U. (2021).
- [24] Pérez, Y. I. O., Saravia, S. P. G., & Pérez, S. P. M. (2022). Revisión sistemática de la literatura sobre mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto adicionando fibras artificiales y naturales. *Ingeniería*, 27(2), e18207. <https://doi.org/10.14483/23448393.18207>
- [25] Rúa-Suárez, A. F., Carvajal-Jaramillo, J., Lasso-Cerón, C. A., & Arbeláez-Pérez, O. F. (2022). Producción de hormigón verde a partir de ceniza de cascarilla de arroz y residuos de vidrio como sustitutos del cemento. *Revista ION*, 35(2). <https://doi.org/10.18273/revion.v35n2-2022008>
- [26] Perez, S. P. M., Peltroche, D. G. V., & Villanueva, J. A. P. (2023). Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con incorporación de Ceniza de Madera. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i2.11825>
- [27] Chacón, M. E. M., Rojas, M. C., & Del Carmen Gallardo Mejía, M. (2023). Análisis de una base granular estabilizada con cemento y adición de fibras de PET reciclado. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1-9. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.54855>
- [28] Obando-Angulo, V. M. (2023). Valor del peso específico del cemento para diseño de concretos. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6311>
- [29] Ramos-Rodriguez, H., & Viera-Arroba, P. (2023). Fabricación de morteros aligerados con perlita y cal aplicados en paneles con matriz de residuos de paja de arroz. *Revista Hábitat Sustentable*, 13(2), 76-91. <https://doi.org/10.22320/07190700.2023.13.02.06>
- [30] Rangel, J. M. M., & Díaz-Aguilera, J. H. (2023). Economía circular en la industria latinoamericana del cemento y el concreto: una solución sustentable de diseño, durabilidad, materiales y procesos. *Revista ALCONPAT*, 13(3), 328-348. <https://doi.org/10.21041/ra.v13i3.697>
- [31] B, A. R., & Jiménez, H. J. B. (2024). EL EFECTO DE LAS MEDIDAS ANTIDUMPING EN LA INDUSTRIA CEMENTERA: EL CASO DE PERÚ (2000-2022). *Semestre Económico*, 26(61), 1-41. [https://doi.org/10.22395/seec.v26n61a454316\(4\)](https://doi.org/10.22395/seec.v26n61a454316(4)). <https://doi.org/10.1590/s1983-41952023000400003>
- [32] Huaquisto-Cáceres, S., & Quenta-Flores, D. (2024). Estudio experimental del uso de residuos de botellas de plástico en el hormigón convencional. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40, 49-58. <https://doi.org/10.20937/rica.54696>
- [33] Hernández, A. A. J., Calvo, H. Z. L., & Barrita, R. M. (2024). Evaluación de las propiedades mecánicas de concreto preparado con ARAT y CBC. *Academia XXII*, 15(29), 305-320. <https://doi.org/10.22201/fa.2007252xp.2024.15.29.88666>
- [34] Restrepo-Ramirez, A. F., Rúa-Machado, C. A., & Arias-Jaramillo, Y. P. (2014). Optimizaciones en el diseño de mezclas de concreto para la sostenibilidad de un Área Metropolitana de Sudamérica implementando análisis de ciclo de vida de materiales. *Revista Hábitat Sustentable*, 14(1), 44-65.

<https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.01.04>

[35] Lucas, L. E. S., Castrejon, L. E. C., Carrillo, A. V. T., Nakata, I. M., Jimenez, D. V., & Rodríguez, K. E. E. (2024). Treatment of a fine soil of high plasticity with mineral coal bottom ash activated with cement, for use as a road subgrade. *Tecnia*, 34(2), 28-39. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v34i2.2220>

[36] De la Roz Martínez, I., Martínez, R. A. P., & De la Torre Ramírez, J. (2024). Influencia del empleo de escorias negras siderúrgicas como árido grueso en las propiedades del hormigón. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 11(2), 16-25. <https://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.818>

[37] Lagha-Benamrouche, S., & Hezil, D. (2024). Valorization of Algerian food by-products in animal feed. *Agronomía Mesoamericana*, 59740. <https://doi.org/10.15517/am.2024.59740>

[38] Mendoza, N., Chávez, G., & Araya, O. (2022). Membrana de cáscara de huevo para la curación de heridas superficiales en ratones. *Biomédica*, 42(2), 234-243. <https://doi.org/10.7705/biomedica.6192>

[39] García-Sánchez, K., Quiñones, I. J., Gutierrez-M, J. O., Camargo-Amado, R., & Basante-Romo, M. J. (2022). Bioactividad de hidroxiapatita obtenida a partir de cáscara de huevo para uso potencial como cemento óseo. *CIENCIA EN DESARROLLO*, 13(1), 103-114. <https://doi.org/10.19053/01217488.v13.n1.2022.14018>

[40] Larco, D. T., Coronado, R. C., & Manzano, M. O. (2022). Efecto de diferentes niveles de B-TRAXIM2C en gallinas ponedoras sobre desempeño y calidad de huevo. *Revista Alfa*, 6(16), 89-106. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.152>

[41] Cabello, J., Villanueva, V., Valdés, F., & Valenzuela, C. (2022). Huevos de desecho en Chile: Estimación de las pérdidas en la cadena productiva y posibilidades para su uso. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1), 17-24. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000100017>

[42] Chavarria, S., Chacón, N. A., WingChing, N. R., & Zamora, N. R. (2021). Descripción de los rendimientos productivos de gallinas ponedoras de cuatro genéticas (Hy-Line Brown, Novogen, Rhode Island Red y Sex Link), considerando la microbiología y morfología de sus huevos. *UNED Research Journal*, 13(2), e3459. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3459>

[43] Da Silva, G. A. O., Araújo, C. R. M., & De Assis Gonsalves, A. (2021). Evaluation of eggshell membrane as an alternative biopolymeric matrix for delivery of nimesulide. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 50(2). <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n2.91038>

[44] Bedoya-Salazar, A., & Valencia-González, M. P. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 12(2), e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>

[45] Garcia, C. C. V., Pabló, M. E. D., Geron, J. V., Pinedo, W. C., Vásquez, J. V. A., & Vela, O. I. (2020). Suplementación de vitamina C en codornices japonesas en postura y su efecto en el desempeño y calidad de huevo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3), e16920. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.16920>

[46] Alessandri, N., Durán, E., & Valenzuela, C. (2020). Huevos de tinamou (*nothoprocta perdicaria*): una nueva alternativa en Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(1), 135-140.

**Influence of ground eggshell as a partial cement substitute on the mechanical strength and workability of rigid pavement concrete mixes**

*Davys Rojas; Marlon Ayquipa; Amaluz Carolina Angarita Albornoz; Luis Alberto Rivera Echegaray*

<https://doi.org/10.4067/s0717-75182020000100135>

[47] Rodríguez, J. H. V., & Bravo, G. A. H. (2019). Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cascara del huevo. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 11(2), 719. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.719>

[48] A, M. P., C, A. R., R, M. T., F, L. V., & G, J. M. (2019). Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 733-744. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16070>