

## COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN LOSAS ALIGERADAS CON INTEGRACIÓN DE LOSAS COLABORANTES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

### ANALYSIS OF THE STRUCTURAL BEHAVIOR OF LIGHTENED SLABS WITH INTEGRATION OF COLLABORATING SLABS FOR THE CONSTRUCTION OF SINGLE-FAMILY HOMES

Jhordan Cruz Lopez<sup>1</sup> 

Hugo Acosta Valer<sup>1</sup> 

Fredy Quispe Ferrel<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay - Perú.

#### Correspondencia:

Dr. Hugo Virgilio Acosta  
[hacostav@utea.edu.pe](mailto:hacostav@utea.edu.pe)

#### Como citar este artículo:

Cruz, J., Acosta, H., & Quispe, F. (2025). Comportamiento estructural en losas aligeradas con integración de losas colaborantes para la construcción de viviendas unifamiliares. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(2), pp. 82 – 93. DOI: 10.57107/hyw.v4i2.99

#### RESUMEN

Se han implementado novedosas tecnologías constructivas en los últimos años, entre ella se encuentran las losas colaborantes, las cuales usan placas metálicas del sistema *Steel Deck*, conformadas por láminas de acero estructural galvanizado pesado, para ser usado como parte de una losa de entrepiso o techo. El objetivo fue determinar el comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes o *Steel Deck* reemplazando las bloquetas de techo en la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay, Apurímac. Se evaluaron resistencia a la compresión, a la flexión y a la vibración forzada de especímenes de una losa colaborante. Se elaboraron 18 probetas de concreto que fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días. El diseño de mezcla fue realizado con una resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  o  $f'c=20.59 \text{ MPa}$ ; para el perfil AD-730 el tipo de comportamiento o falla predominante es el dúctil. No se observaron daños en los especímenes de losas aligeradas con placa colaborante, después de alcanzar la amplificación máxima dinámica. La losa colaborante tiene un comportamiento estructural aceptable según los parámetros estructurales de cada ensayo.

**Palabras clave:** análisis estructural, losa colaborante, flexión, vibración forzada, compresión, resistencia, losa aligerada.

#### ABSTRACT

Innovative construction technologies have been implemented in recent years, including composite slabs, which use metal plates from the *Steel Deck* system, composed of sheets of heavy galvanized structural steel, to be used as part of a floor or roof slab. The aim was to determine the structural behavior of lightweight slabs with the integration of composite slabs or *Steel Deck* replacing roof blocks in the construction of single-family homes in Abancay, Apurímac. The compressive, flexural, and forced vibration strengths of composite slab specimens were evaluated. Eighteen concrete specimens were prepared and tested at 7, 14, and 28 days. The mix design was made with a strength of  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  or  $f'c = 20.59 \text{ MPa}$ ; for the AD-730 profile, the predominant behavior or failure type is ductile. No damage was observed in the lightweight slab specimens with a collaborating plate after



reaching maximum dynamic amplification. The collaborating slab exhibited acceptable structural behavior based on the structural parameters of each test.

**Keywords:** structural analysis, composite slab, bending, forced vibration, compression, strength, lightweight slab.

## INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es un pilar fundamental del empleo a nivel global, como lo indica el Observatorio de Derechos Humanos y Empresas (ODHE), reportando en 2019 que, en 2018, la construcción empleó el 7 % de la fuerza laboral mundial. Este porcentaje es particularmente significativo, ya que la edificación de nuevas construcciones requiere una gran cantidad de trabajadores, abarcando diversas disciplinas y niveles de especialización. Además, los encadenamientos de producción de bienes intermedios y servicios relacionados generan un impacto positivo en la creación de empleo, ampliando la demanda en sectores complementarios. Por lo tanto, el sector de la construcción no solo es crucial para el desarrollo de infraestructuras, sino que también actúa como un motor e indicador del crecimiento económico y generación de empleo en diversas comunidades (Lucero, 2020).

En el Perú, el sector construcción participó en alrededor del 6 % del PBI nacional durante el periodo 2019- 2023. En este último año, el PBI del sector construcción registró un decrecimiento de 7,9 %, explicado por el comportamiento negativo del consumo interno de cemento y de la actividad constructora en obras del ámbito privado y de la autoconstrucción, lo que apunta a un proceso de recuperación más lento de lo inicialmente esperado. Cabe indicar que, tras la crisis generada por la COVID-19, se detectaron indicios positivos hacia la recuperación del sector construcción (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, 2024).

La losa maciza ha sido un elemento fundamental en la construcción de edificaciones, destacándose por su robustez y capacidad, para soportar cargas significativas. Compuesta completamente de hormigón armado, su diseño permite una ejecución relativamente sencilla y una alta resistencia estructural. Sin embargo, el elevado peso propio de estas losas conlleva un incremento en los costos de materiales y en la necesidad de refuerzos en otros elementos estructurales, lo que puede resultar en un aumento general en la inversión del proyecto. En contraste, la losa aligerada semiprefabricada presenta una alternativa innovadora que incorpora materiales livianos, como ladrillos cerámicos, en las áreas de tracción. Esta característica reduce significativamente el peso de la losa, permitiendo una optimización en los costos de construcción y manteniendo, al mismo tiempo, una capacidad estructural adecuada (Wood & Desvars, 2024).

En la ciudad de Abancay se realizan construcciones de viviendas unifamiliares usando losas aligeradas con la incorporación de bloquetas de techo o poliestireno expandido comúnmente denominado *tecnopor*, la construcción de dichas losas aligeradas de entepiso o techo en su mayoría se realizan de manera informal, ocasionando demoras en la ejecución y generando costos extra en materiales para los clientes.

Por otro lado, las metodologías de diseño de losas aligeradas varían según las regulaciones establecidas en cada país. La evolución en los métodos de construcción ha llevado a la exploración de diversas soluciones estructurales que optimicen,

tanto la eficiencia económica como el tiempo de ejecución. En este contexto, Velásquez (2019) realizó un estudio comparativo entre el diseño de una losa tradicional de hormigón armado y una losa postensada con adherencia.

Los hallazgos del estudio revelaron que ambos sistemas son económicamente viables; sin embargo, se destacó que el diseño de losas postensadas con adherencia ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia, especialmente en respuesta a las exigencias arquitectónicas contemporáneas y a la necesidad de reducir los tiempos de construcción. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes para la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay, Apurímac.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como muestra cuatro especímenes de losa colaborante simplemente apoyados de 3,0 x 0,9 x 0,25 m y tres especímenes de losa colaborante con apoyo fijo de 3,0 x 0,9 x 0,09 m, 3,0 x 0,9 x 0,11 m y 3,0 x 0,9 x 0,13 m respectivamente.

Para identificar el comportamiento estructural de losas aligeradas con placas metálicas se determinaron la resistencia a la compresión, flexión simple y vibración forzada.

El Instrumento de recolección de datos fueron los formatos de ensayos normados y vigentes de registro de datos:

Análisis granulométrico (AASHTO T-27, ASTM D422); contenido de humedad (MTC E215, C-566); peso específico y porcentaje de absorción de agregado fino (ASTM C127-88); peso específico y

porcentaje de absorción de agregado grueso (ASTM C128-88); peso unitario suelto y compactado (ASTM C29); dosificaciones para diseño de mezcla (ACI 211); flexión estática de la losa con apoyo simple (ASTM C-78); vibración forzada (ASTM D4 169-16) y resistencia a la compresión (ASTM C39, NTP 339.034).

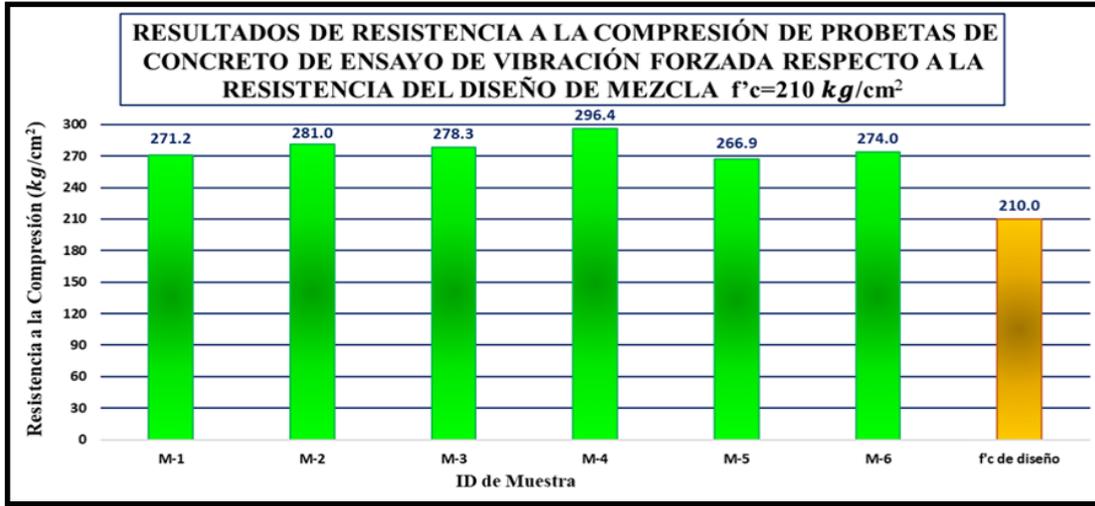
#### RESULTADOS

##### Del ensayo de resistencia a la compresión

Se realizó el diseño de mezcla de concreto teniendo como resistencia de concreto de referencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  o  $f'c=20.59 \text{ MPa}$ . Tal como se observa, se logró obtener 18 probetas de concreto que fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días respectivamente, obteniendo las siguientes resistencias que en su totalidad superaron la resistencia a la compresión que se tenía de referencia, inclusive a los 7 días ya se pudo verificar que las probetas poseían una resistencia del 100,67 % (Fig. 1, 2 y 3); es así que se pudo determinar que el concreto vaciado supera su resistencia de diseño en laboratorio por un amplio margen, y en ello tiene que ver el factor de seguridad de  $f'cr=294 \text{ kg/cm}^2$ .

**FIGURA 1**

*Resistencia a la compresión de probetas de concreto de ensayo de vibración forzada respecto a la resistencia del diseño de mezcla*



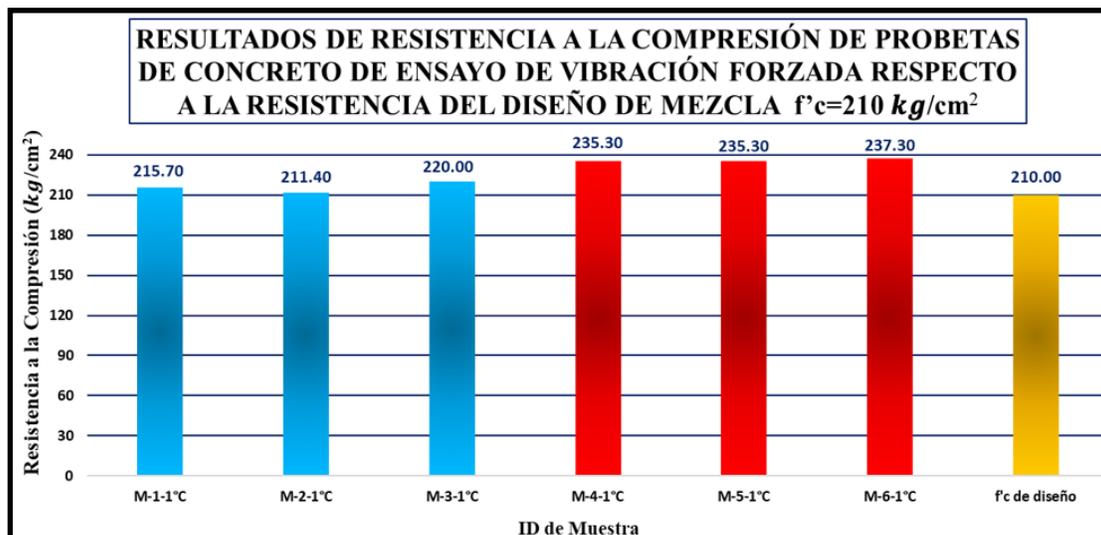
**Nota:** Resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 28 días.

A los 7 días se logró una resistencia de  $f'c=215.70 \text{ kg/cm}^2$  que es 2.71 % superior a la resistencia de diseño, a los 14 días se tiene una resistencia de  $f'c=235.97 \text{ kg/cm}^2$  que es 12.37 % superior a la resistencia de diseño (Fig. 2).

A los 28 días se tiene una resistencia de  $f'c=266.28 \text{ kg/cm}^2$  que es 26.80 % superior a la resistencia de diseño (Fig. 3).

**FIGURA 2**

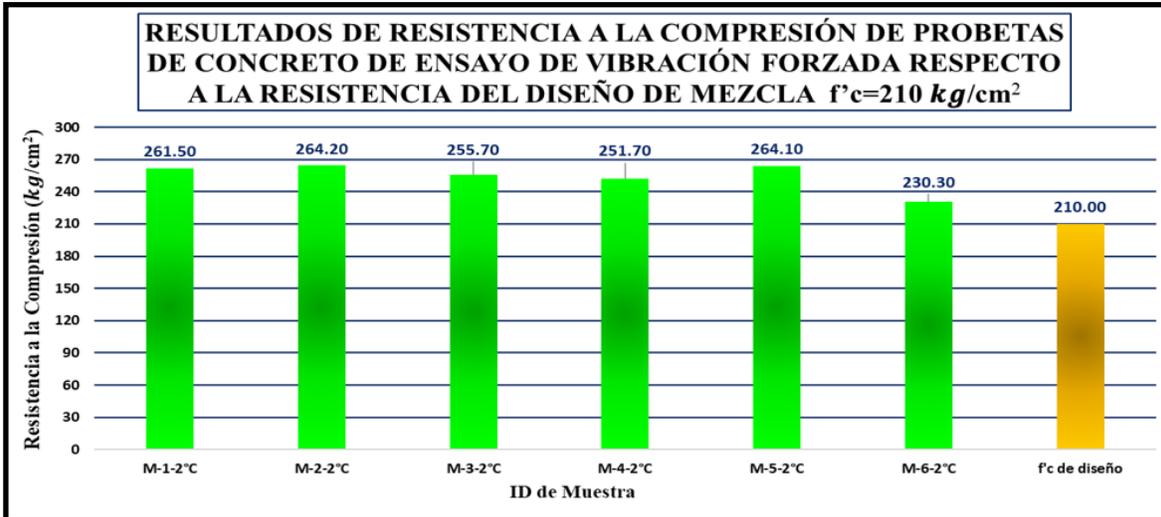
*Resistencia a la compresión de probetas de concreto del primer vaciado del ensayo de flexión simple*



**Nota:** Resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 7 y 14 días respecto a la resistencia de diseño.

**FIGURA 3**

Resistencia a la compresión de probetas de concreto del segundo vaciado del ensayo de flexión simple



**Nota:** Resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 28 días.

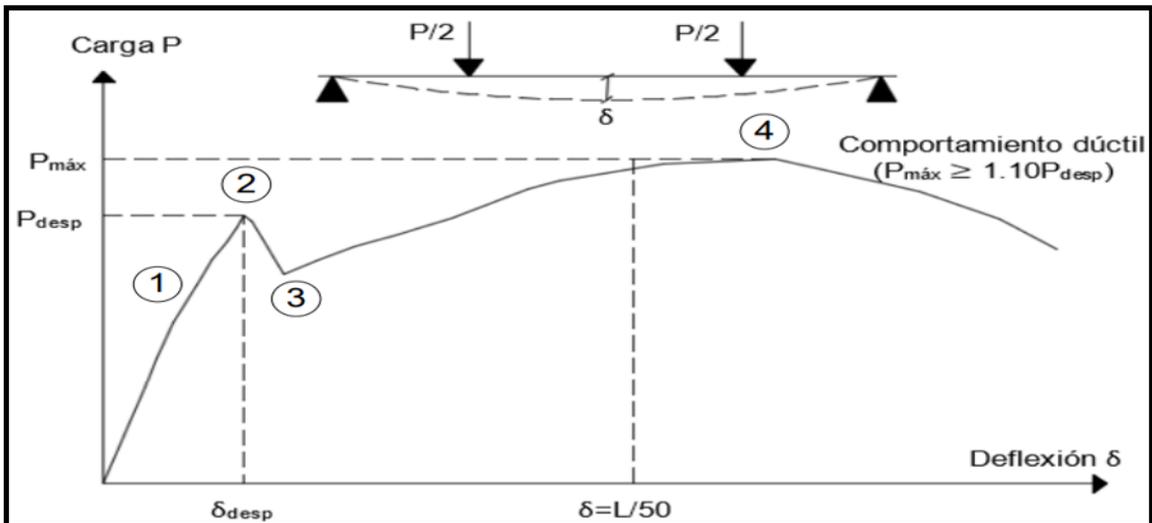
**Ensayo de flexión estática simple**

De los ensayos de laboratorio que se realizaron se puede determinar que existe un comportamiento parecido en los resultados de las curvas de carga aplicada vs desplazamiento vertical y horizontal. Se observa un patrón en una transición por un punto

de desprendimiento, es decir, inicia la separación entre la losa de concreto y la placa metálica, y seguidamente dar paso a la sobre resistencia que variará según sus dimensiones o propiedades geométricas (esbeltez y cuantía) (Fig. 4 y 5).

**FIGURA 4**

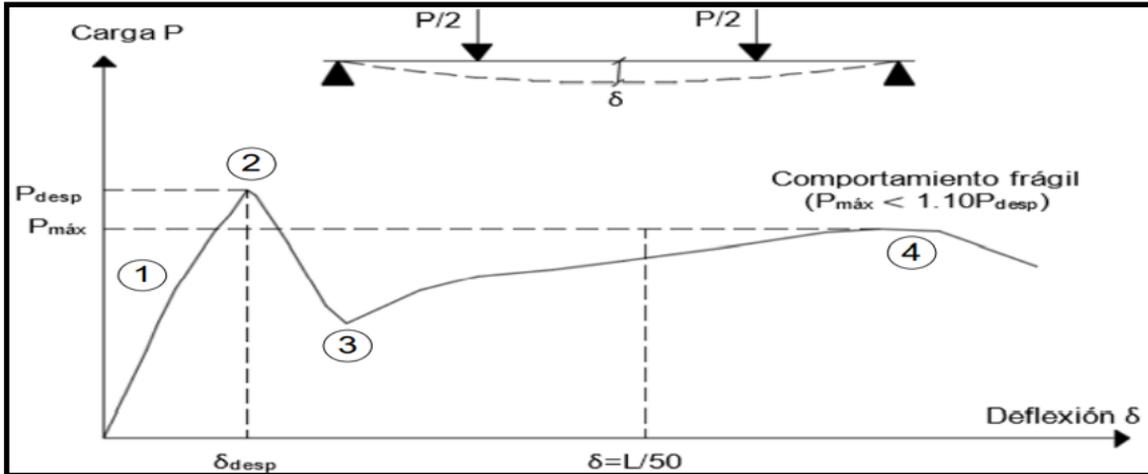
Comportamiento dúctil de la losa aligerada con placa colaborante



**Nota:** Cueva, 2019

**FIGURA 5**

*Comportamiento frágil de la losa aligerada con placa colaborante*



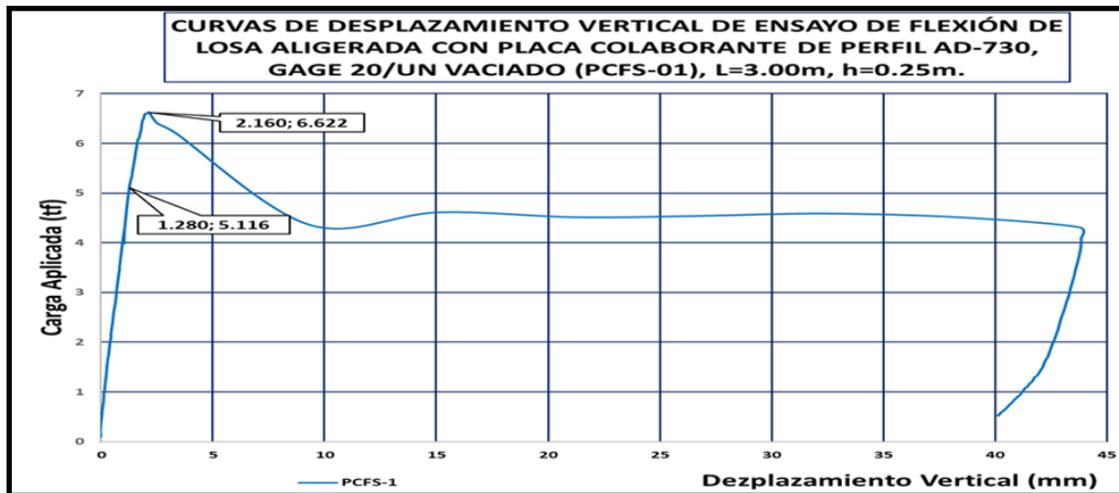
Nota: Cueva, 2019

En las Figuras 6, 7, 8 y 9 se muestran los gráficos de los resultados de carga de desprendimiento, desplazamiento central con carga de desprendimiento, carga máxima y desplazamiento

para la carga máxima para cada uno de los cuatro especímenes. Se elaboraron losas colaborantes usando perfiles de calibre 22 (0,749 mm) y calibre 20 (0,909 mm)

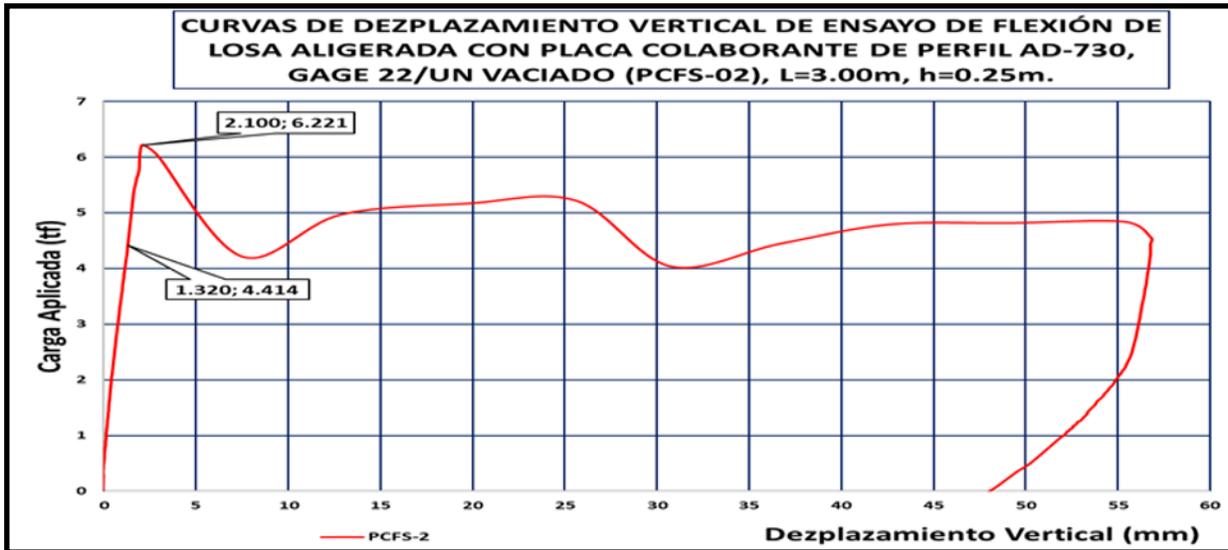
**FIGURA 6**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-01*



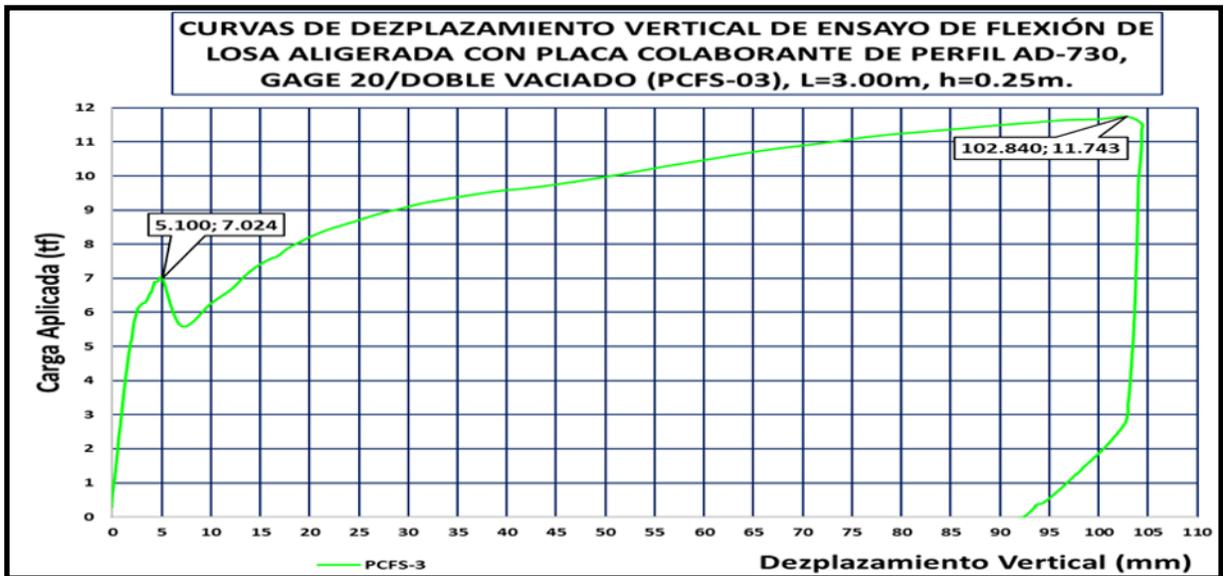
**FIGURA 7**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento*



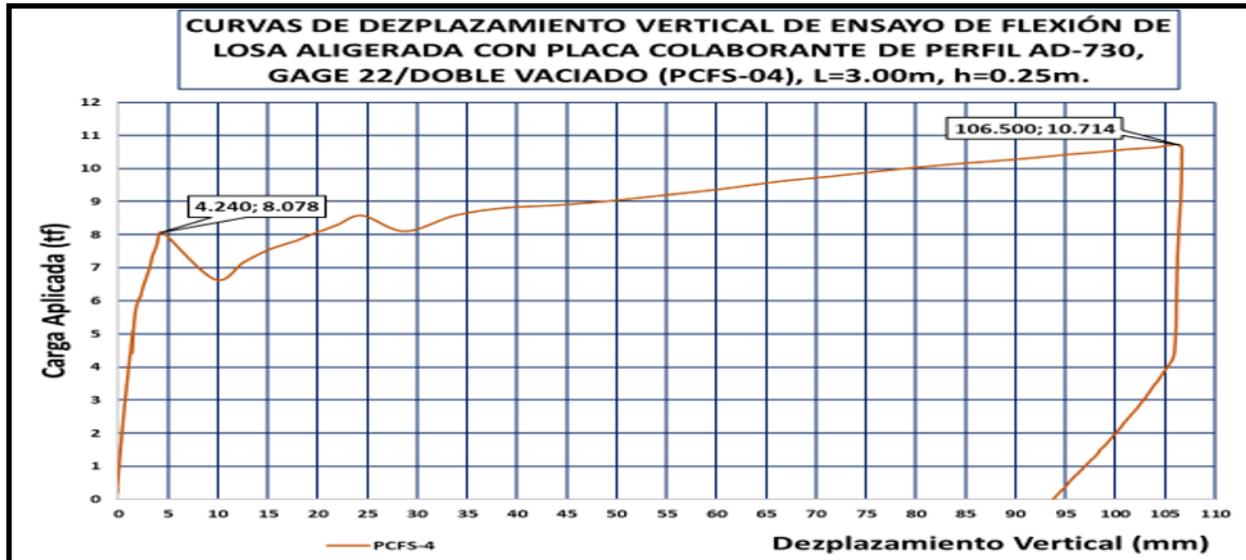
**FIGURA 8**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-03*



**FIGURA 9**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-4.*



**TABLA 1**

*Aceleración característica máxima en los especímenes del ensayo de vibración forzada*

Dirección de análisis / id de espécimen	aceleración característica máxima (g)		
	PCVF-01	PCVF-02	PCVF-03
Y	2.478	2.001	3.301
Z	0.328	0.375	0.702

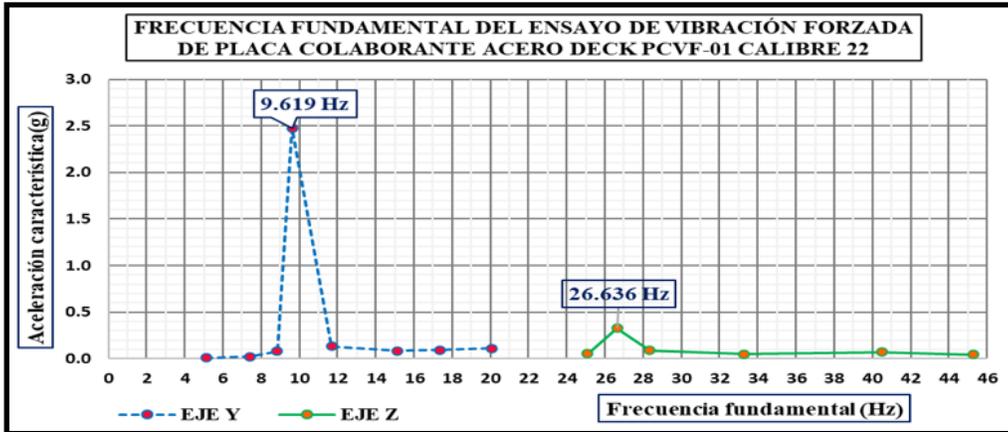
**Ensayo de vibración forzada**

De los resultados de los ensayos de vibración forzada realizados a los tres especímenes de losa colaborante se verificó que, la aceleración característica máxima (g) tiene un comportamiento distinto, para cada espécimen elaborado respecto al espesor de la losa; tal como se observa, el espécimen PCVF-03 es el que tiene mayor aceleración característica, tanto en la dirección Z como en la dirección Y (Tabla 1).

A partir de los anteriores datos, se pueden observar los resultados de las curvas de Aceleración - frecuencia fundamental, es decir, las frecuencias predominantes en las direcciones analizadas Y y Z (Fig. 10, 11 y 12).

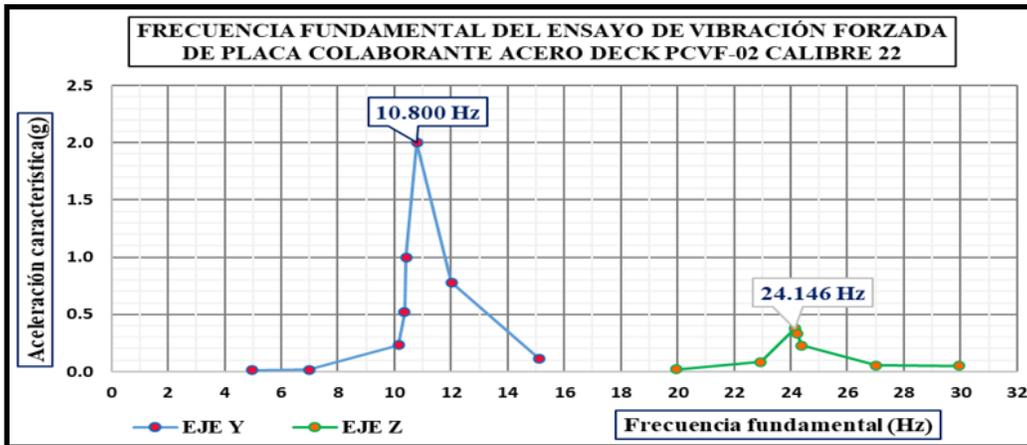
**FIGURA 10**

Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-01



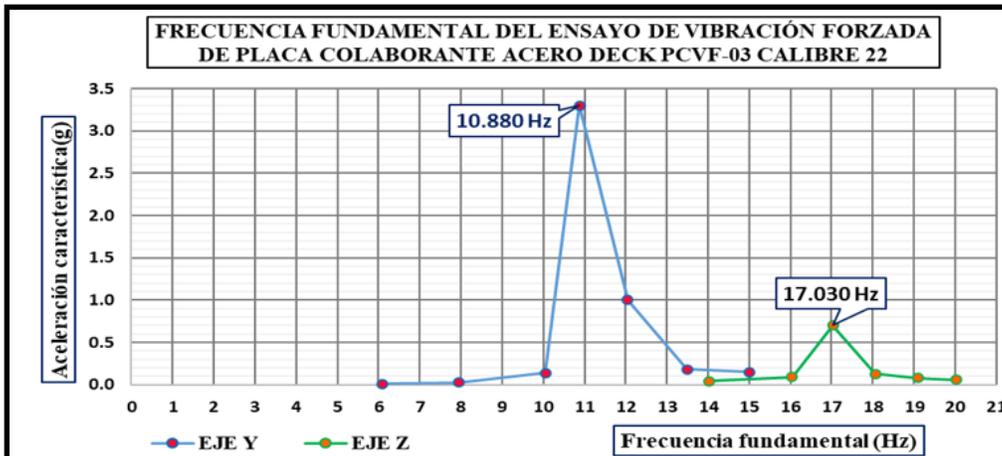
**FIGURA 11**

Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-02



**FIGURA 12**

Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-03



**TABLA 2***Frecuencia fundamental máxima del ensayo de vibración forzada*

Dirección de análisis / id de espécimen	Frecuencia fundamental máxima (hz)		
	PCVF-01	PCVF-02	PCVF-03
<b>Y</b>	9.619	10.800	10.880
<b>Z</b>	26.636	24.146	17.030

Se observaron durante 40 segundos cada uno de los ensayos realizados en una misma frecuencia, para verificar el comportamiento del espécimen de losa colaborante, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 2, en cuanto a las frecuencias fundamentales máximas de cada uno de los tres especímenes en la dirección Z y dirección Y, respectivamente.

La frecuencia en sísmica de exploración es del orden de 200 Hz, mientras que la frecuencia en movimientos sísmicos es de 0.0003 Hz, por tal motivo para los ensayos realizados se tuvo una frecuencia de adquisición de 200 Hz; asimismo una vez culminado los ensayos de vibración forzada en los tres especímenes no se observaron daños considerables, más que un pequeño desprendimiento de concreto en uno de los bordes de la losa colaborante PCVF-3.

## DISCUSIÓN

En el ámbito de la ingeniería estructural, la elección del tipo de losa es fundamental para garantizar la eficiencia y la seguridad de las edificaciones. Dávila et al. (2015) llevaron a cabo un estudio comparativo entre el comportamiento de una losa maciza y una losa aligerada, utilizando el Método de Elementos Finitos (MEF) para analizar las características estructurales de ambas soluciones. En particular, se centraron en la losa aligerada, que incorpora bloques de poliestireno expandido (EPS) como material aligerante. Los resultados del análisis MEF proporcionaron información valiosa sobre el rendimiento estructural de cada tipo de

losa, destacando las ventajas y desventajas de cada enfoque en términos de resistencia, peso y comportamiento ante cargas, lo que es crucial para la toma de decisiones en el diseño de edificaciones eficientes.

La elección entre losas macizas y losas aligeradas semiprefabricadas es un tema de gran relevancia en la ingeniería civil, dado su impacto en la eficiencia y efectividad de las construcciones. En su estudio, Wood & Desvars (2024) evaluaron la eficiencia relativa de ambos sistemas en términos de costos, plazos de ejecución y desempeño estructural. Los resultados de su investigación subrayan la importancia de considerar de manera integral las características particulares de cada proyecto al seleccionar el tipo de losa más adecuado. Factores como la altura de la edificación, las cargas a soportar, la rapidez constructiva y las limitaciones presupuestarias son elementos críticos que deben ser analizados para asegurar el éxito del proyecto. Este enfoque integral no solo mejora la toma de decisiones en el diseño estructural, sino que también promueve prácticas constructivas más sostenibles y eficientes.

La búsqueda de materiales alternativos en la construcción ha llevado a investigar la viabilidad de la incorporación de subproductos agrícolas en la elaboración de bloques para losas aligeradas. En este contexto, Chinga et al. (2024) evaluaron el efecto de la adición de cascarillas de arroz en diferentes porcentajes (5 %, 10 % y 15 %) en la fabricación de bloques tradicionales. Los resultados del

estudio indicaron que tanto el 5 % como el 10 % de cascarillas se ajustan a los parámetros establecidos en la norma INEN 3066 y en las especificaciones de la fábrica artesanal. Sin embargo, se concluyó que a medida que aumenta el porcentaje de reemplazo del material orgánico, la resistencia del bloque para losas aligeradas disminuye. Estos hallazgos subrayan la importancia de encontrar un equilibrio entre la sostenibilidad y el desempeño estructural en la producción de materiales de construcción.

Cárdenas et al. (2021) evaluaron la construcción de las placas de entre piso y muros de carga en viviendas unifamiliares con el fin de determinar y analizar los rendimientos obtenidos en estos dos elementos estructurales. El resultado de este trabajo muestra que existe una ventaja en la utilización de este tipo de formaletas con respecto a la construcción de placas de entrepiso, esta ventaja, seguramente se debe a la distribución de estas formaletas de manera horizontal que necesitan crear lo que se considera como diafragma rígido.

En cuanto al material aligerante, Paye et al. (2014) concluye que el sistema de placas colaborantes permite un mayor rendimiento en la construcción de las losas de entrepiso. El poliestireno como material aligerante de las losas de entrepiso proporciona una disminución del peso del elemento aligerante en un 99 % respecto al ladrillo de arcilla tradicional, lo que origina que el peso propio de la losa disminuya en un 40 % con respecto a las losas aligeradas de ladrillos de arcilla; además sugiere que, en el caso de proyectos de edificaciones orientadas a vivienda multifamiliar de varios pisos, se recomienda el uso del sistema de losas con viguetas pretensadas con bovedillas de poliestireno, puesto que este sistema brinda un mayor aislamiento acústico y térmico, siendo además de fácil manipulación.

## CONCLUSIONES

El comportamiento estructural de losas aligeradas con la incorporación de losas colaborantes o *Steel deck* puede reemplazar a

las bloquetas de techo.

La losa colaborante tiene un comportamiento estructural aceptable de acuerdo con los parámetros estructurales de cada ensayo, debido a su resistencia sin sufrir daños considerables en su estructura.

La dosificación de mezcla de concreto vaciado colaborante cumple respecto a la resistencia de compresión del diseño de mezcla realizado. en los especímenes de losa.

La resistencia a la flexión de la losa colaborante satisface los requerimientos de carga de este elemento estructural.

No se observaron daños en los especímenes de losas aligeradas con placa colaborante después de alcanzar la amplificación máxima dinámica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas, J., Jácome, J., & Vergel., M. (2021). Diferencias en los rendimientos de los procesos constructivos de placa entrepiso y muros de carga mediante el sistema de construcción industrializada. *Boletín Redipe*, 10(9):544-549. DOI: <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i9.1460>
- Chinga, R., Mera, C., & Guerra, J. (2024). Repercusión del uso de la cascarilla de arroz en la elaboración de bloques para losas aligeradas. *MQR Investigar*, 8(2), 2718–2735. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.2718-2735>
- Cueva, J. (2019). *Estudio del comportamiento de las losas con placa colaborante en términos de parámetros geométricos y mecánicos*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/20546>
- Heredia, R., León, A., Nieto, J., & Illescas, P. (2024). Análisis comparativo técnico-económico

entre losas aligeradas en dos direcciones y losas tipo viguetas en una dirección. Caso de estudio en la ciudad de Azogues, Ecuador. *Revista Neogranadina Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 34(2),77-94. DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.7279>.

Lucero, K. (04 de julio de 2020). La construcción, un pilar de la economía debilitado por la pandemia. *La Gestion*. <https://revistagestion.primicias.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-construccion-un-pilar-de-la-economia-debilitado-por-la-pandemia/>

Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo (2024). *Reporte del Mercado laboral. Sector Construcción*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6565614/5716638-reporte-mercado-laboral-sector-construccion.pdf>

Paye, A., Peña, J., & Franco, J. (2014). Propuesta para la Utilización de Losas de Entrepisos Prefabricados y su Evaluación Costo-Tiempo. *Sinergia e Innovación*, 2(2), 1-29. DOI: <https://doi.org/10.19083/sinergia.2014.376>

Velásquez, S. (2019). Análisis comparativo entre el diseño de losa tradicional de hormigón armado y losa postensada con adherencia. *Ingeniería y sus alcances, Revista de Investigación*, 3 (5) <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v3i5.32>

Wood, W., & Desvars, D. (2024). Análisis técnico y económico de la losa maciza y la losa aligerada semiprefabricada. *Revista de Ingeniería, Ciencias y Sociedad*, 6(1), 29–39. <https://doi.org/10.70990/rics.v6i1.45>