DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI
ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 14 No. Especial 3 (2026) 98-104

Modelado equivalente de sistemas de piso de Tridilosa para el análisis de vibraciones verticales ante actividades humanas
Equivalent modelling of Tridilosa floor systems for the analysis of vertical vibrations under human activities

F. J. Acosta-Medina [a], O. Caballero-Garatachea [a], G. Juárez-Luna [b], O. S. Areu-Rangel [a], H. I. Navarro-Gómez [a], M. R. Dolores-Mijangos [a].

[a] *Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.*
[b] *Departamento de materiales, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, 02128, Ciudad de México, México.*

Resumen

Las tridilosas son sistemas estructurales compuestos por una o dos losas de concreto reforzado (superior e inferior) soportadas por una armadura tridimensional de acero. Debido a que este tipo de estructura genera un costo de modelado y simulación computacional alto, es necesario proporcionar recomendaciones prácticas de modelado para su análisis dinámico vertical ante fuentes de excitación como la actividad humana. Por tal motivo, en este trabajo se proporciona un procedimiento de modelado equivalente para este tipo de sistema de piso, garantizando niveles de predicción aceptables para su evaluación en el estado límite de servicio. Este trabajo consiste en la implementación de una metodología reportada en la literatura para el cálculo de espesores equivalentes de losas de sección compuesta. El procedimiento propuesto se evaluó en términos del desplazamiento máximo, frecuencia fundamental y aceleración vertical máxima. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el procedimiento propuesto para el modelado equivalente de tridilosas proporciona valores de la respuesta dinámica aceptables.
Palabras Clave: Tridilosa, actividades humanas; modelo equivalente, análisis dinámico; desplazamiento máximo.

Abstract

Tridilosas are structural systems composed of one or two reinforced concrete slabs (upper and lower) supported by a three-dimensional steel space truss. Because this type of structure entails high computational modeling and simulation costs, it is necessary to provide practical modeling recommendations for its vertical dynamic analysis under excitation sources such as human activity. For this reason, this paper provides an equivalent modeling procedure for this type of floor system, ensuring acceptable prediction levels for its evaluation at the serviceability limit state. This work consists of implementing a methodology reported in the literature for calculating the equivalent thickness of composite section slabs. The proposed procedure was evaluated in terms of maximum displacement, fundamental frequency, and maximum vertical acceleration. Based on the obtained results, it is concluded that the proposed procedure for the equivalent modeling of tridilosas provides acceptable dynamic response values.
Keywords: Tridilosa, human activities, equivalent model, dynamic analysis, maximum displacement.

1. Introducción

Los sistemas de piso de tridilosa son estructuras compuestas por una o dos losas de concreto apoyadas en la parte superior, inferior o en ambas caras de una armadura tridimensional de acero, como se muestra en la Figura 1. Este sistema fue propuesto por el ingeniero Heberto Castillo Martínez (Castillo, 2016), y se caracteriza por su ligereza, bajo costo y facilidad constructiva.

Dado que la masa y rigidez de las tridilosas están distribuidas de forma compleja sobre una superficie determinada, se requiere de simulaciones numéricas extensas para evaluar su estado límite de servicio de una manera suficientemente aproximada. En este contexto, se han propuesto procedimientos simplificados para el análisis de este tipo de sistemas de piso, como los reportados por Bozzo y Bozzo (2003), basados en el concepto de sección transformada para definir un espesor equivalente de losa; este

*Autor para la correspondencia: omar_caballero@uaeh.edu.mx
Correo electrónico: ac376341@uaeh.edu.mx (Francisco Javier Acosta-Medina), omar_caballero@uaeh.edu.mx (Omar Caballero-Garatachea), gjl@azc.uam.mx (Gelacio Juárez-Luna), omar_areu@uaeh.edu.mx (Omar Salvador Areu-Rangel), humberto_navarro@uaeh.edu.mx (Humberto Iván Navarro-Gómez), mrdolores@uaeh.edu.mx (María del Rosario Dolores-Mijangos).

Historial del manuscrito: recibido el 08/06/2026, última versión-revisada recibida el 01/09/2026, aceptado el 08/09/2026, publicado el 06/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v14i3.18106

CC BY NC ND

procedimiento aplica en casos en que la rigidez de la losa es igual en ambas direcciones de su plano.

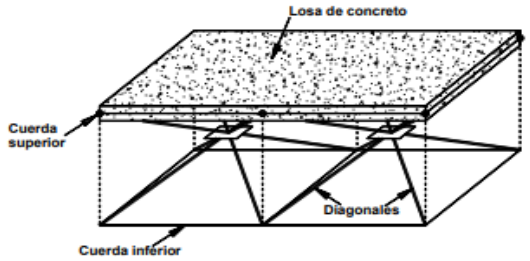


Figura 1. Características físicas de tridilosa

Un antecedente importante en el ámbito del modelado equivalente de sistemas de piso compuestos es el trabajo que proporcionan El-Dardiry y Ji (2006), quienes propusieron modelar numéricamente sistemas de piso de losa de concreto colado sobre lámina acanalada de acero mediante placas equivalentes de espesor uniforme. Este procedimiento consiste en obtener el desplazamiento máximo de un modelo tridimensional refinado. El desplazamiento calculado es sustituido en (1) que corresponde al cálculo de desplazamiento de una placa isótropa simplemente apoyada (Timoshenko y Woinowsky-Krieger, 1959). Posteriormente en (2), la cual representa la rigidez de placa isótropa, se sustituye en (1) y se despeja el valor de h para calcular un espesor equivalente.

$$\Delta_{max} = \alpha \frac{q_o * b^4}{D} \quad (1)$$

$$D = \frac{E_c * h^3}{12(1 - v^2)} \quad (2)$$

Donde Δ_{max} es el desplazamiento máximo, α es un coeficiente adimensional reportado en tablas (Timoshenko y Woinowsky-Krieger, 1959), q_o es la carga por unidad de área, b es la longitud corta de la losa, E_c es el módulo de elasticidad de la placa, h es el espesor de la placa y v es el módulo de Poisson del material. Una vez calculado el espesor equivalente, se modela el tablero de losa sobre sus trabes de apoyo para calcular su frecuencia fundamental. Este enfoque demostró ser eficaz para estimar desplazamientos y frecuencias naturales con un nivel de aproximación aceptable. Este procedimiento fue implementado por Caballero *et al.* (2023) para el modelado equivalente y el cálculo de la frecuencia fundamental de una tridilosa con una sola losa superior de concreto; se consideró el análisis de una losa con apoyos simples para el cálculo de Δ_{max}. y posteriormente, el cálculo del espesor de la placa equivalente h.

Tomando como base la información reportada en la literatura, en este trabajo se propone evaluar e implementar el procedimiento propuesto por El-Dardiry y Ji (2006) para el modelado equivalente de tridilosas con 2 losas de concreto (superior e inferior) sobre bordes rígidos simples y empotrados. Se considera evaluar este procedimiento en términos del desplazamiento máximo y la frecuencia fundamental. Adicionalmente, es importante mencionar que El-Dardiry y Ji (2006) y Caballero *et al.* (2023) no evaluaron el alcance del método de modelado equivalente en términos de la aceleración vertical. Por lo que, en este trabajo, también se evalúa el nivel de predicción de este procedimiento ante cargas dinámicas por actividad humana como lo son el caminar humano y las actividades de un conjunto de personas.

2. Cargas dinámicas por actividades humanas

Las cargas debidas a la actividad humana sobre los sistemas de piso se idealizan con funciones o curvas, fuerza vs. tiempo. En la literatura se han propuesto funciones de carga para representar actividades humanas en sistemas de piso (Ellingwood B. y Tallin A., 1984), (Rainer *et al.,* 1986) (Bachmann y Ammann, 1987), (Allen y Murray, 1993), (Bachmann *et al*., 1995), entre otros. En el caso del caminar de personas HIVOSS (2007) y Ji y Ellis (1994) proponen una función de carga dependiente del tiempo. Considerando que los sistemas de piso a analizar en este trabajo tienen frecuencias fundamentales mayores de 9 Hz, la función de carga para simular el caminar humano es (HIVOSS, 2007):

$$F(t)/W = K_1 t + K_2 t^2 + K_3 t^3 + K_4 t^4 + K_5 t^5 + K_6 t^6 + K_7 t^7 + K_8 t^8 \quad (3)$$

donde W es el peso de una persona. Los coeficientes K1 a K8 son coeficientes adimensionales que dependen de su frecuencia de paso f_s (HIVOSS, 2007). Por otra parte, se utiliza la función de carga propuesta por Ji y Ellis (1994), la cual es una función que simula el impacto inducido por un conjunto de personas sobre el sistema de piso:

$$F(t) = \begin{cases} K_p G sen\left(\frac{\pi t}{t_p}\right) & 0 \le t \le t_p \\ 0 & t_p \le t \le T_p \end{cases} \quad (4)$$

donde K_p es un factor de impacto, G es el peso de un conjunto de personas por unidad de área, t_p es la duración de contacto y T_p es el periodo de excitación de la carga dinámica. Al igual que la función dada por (3), este tipo de carga se utiliza para evaluar su nivel de aplicación en la evaluación de vibraciones de modelos equivalentes de tridilosas.

3. Metodología

En este trabajo, como base de estudio se tomó el tablero de sistema de piso de un edificio de gran altura en la Ciudad de México conformado originalmente por una losa de concreto colado sobre una armadura tridimensional de acero (tridilosa) documentado por Caballero *et al*. (2023), como se muestra en la Figura 2.

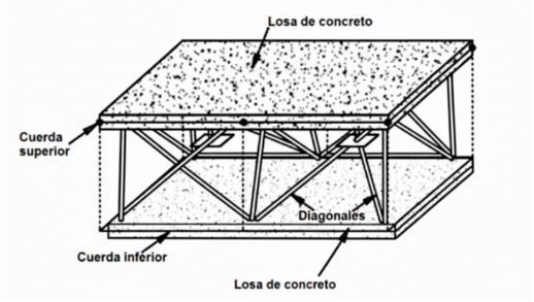


Figura 2. Sistema de piso de tridilosa con losas de concreto superior e inferior.

3.1. Parámetros geométricos y propiedades de los materiales

Las propiedades de la losa de la Figura 2 se tomaron conforme a los datos reportados en Caballero *et al*. (2023) y se enlistan a continuación:

- Dimensiones en planta de 15 m (lado largo) por 9.75 m (lado corto).
- Dos losas macizas de 8 cm de espesor cada una. La losa está construida con concreto que tiene una resistencia a la compresión f'c de 350 kg/cm², un módulo de elasticidad de 261,916 kg/cm², y un peso volumétrico de 2400 kg/m³. El módulo de Poisson adoptado para el análisis es 0.20.
- El acero utilizado en las armaduras tiene una resistencia a fluencia de 2530 kg/cm² y un módulo de elasticidad de 2,100,000 kg/cm². El tipo de acero utilizado en las armaduras es L 5 x 5 x 0.32 cm.

3.2. Modelado del sistema refinado

El modelado numérico se desarrolló en SAP2000 (V24.2.0, 2024) mediante el Método de Elementos Finitos (MEF). Para simular adecuadamente el comportamiento a flexión del sistema de piso, se utilizaron elementos bidimensionales tipo lamina para las losas de concreto y elementos viga-columna para el modelado de la armadura tridimensional. Estos elementos pueden simular el comportamiento de barras sometidas a esfuerzos axiales, cortantes y de flexión. Se garantizó la conectividad estructural perfecta en los nodos, asumiendo que las tres capas trabajan acopladamente. En este trabajo se consideró el análisis de tridilosas soportadas por apoyos infinitamente rígidos. Se establecieron dos configuraciones de apoyo: apoyo simple y empotrado.

En el caso de las losas con apoyo simple, se asignó una línea central de apoyos para garantizar que el sistema de piso desarrolla rotaciones en todo su perímetro, como se observa en la Figura 3.

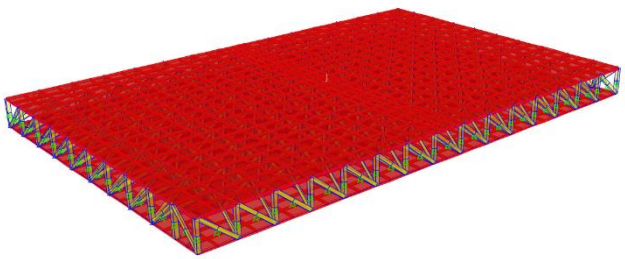


Figura 3. Aplicación de apoyos simples en tablero de tridilosa

En el caso de las losas con apoyo empotrado, se asignaron restricciones al desplazamiento y al giro en el área total de las caras correspondientes a los bordes del sistema de piso, como se observa en la Figura 4.

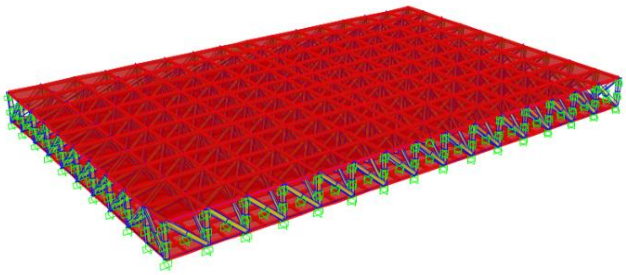


Figura 4. Aplicación de apoyos empotrados en tablero de tridilosa

Considerando el peso propio como fuente de carga principal sobre el sistema de piso, se calcularon los desplazamientos máximos en el centro del claro de las losas de las Figuras 3 y 4, los valores de desplazamiento obtenidos son los que se resumen en la Tabla 1. Posteriormente estos desplazamientos máximos se sustituyeron en la siguiente ec:

$$h = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_o b^4 (12 - v^2)}{E\,\Delta_{max}}} \tag{5}$$

la cual se deriva de las ecs. (1) y (2). En esta expresión se consideró $\alpha = 0.007943$, $q_o = 0.0435$ kg/cm^2, $v = 0.2$ y $E = 261{,}916$ kg/cm^2. De acuerdo a (5) se calcularon los espesores de la losa que se muestran en la Tabla 1. Por lo tanto, los espesores equivalentes se sustituyeron por los modelos refinados. Después de sustituir los espesores equivalentes de tridilosa en los modelos numéricos, se aplicaron cargas estáticas, las cuales corresponden al peso real de la tridilosa.

Tabla 1. Parámetros de desplazamiento y espesores equivalentes calculados.

Modelo	**Desplazamiento de modelo refinado Δ_{max} (cm)**	**Espesor equivalente *h* (cm)**
Simplemente apoyado	0.0884	54.44
Apoyo empotrado	0.0489	43.52

En la Tabla 1, se reportan los espesores equivalentes obtenidos para cada condición de apoyo, la diferencia entre los espesores equivalentes se debe a los distintos valores de los coeficientes de deflexión establecidos en la teoría de placas de Timoshenko y Woinowsky-Krieger (1959), donde en el caso de la losa con apoyo simple α=0.0079431, mientras que en el caso de la losa empotrada α=0.0023846. Por lo tanto, se tiene un espesor mayor para la losa equivalente con apoyo simple respecto a la calculada con la losa empotrada equivalente.

Una vez determinados estos parámetros se procedió a asignar estos espesores al modelo equivalente y aplicar las cargas correspondientes al peso propio, como se muestra en la Figura 5.

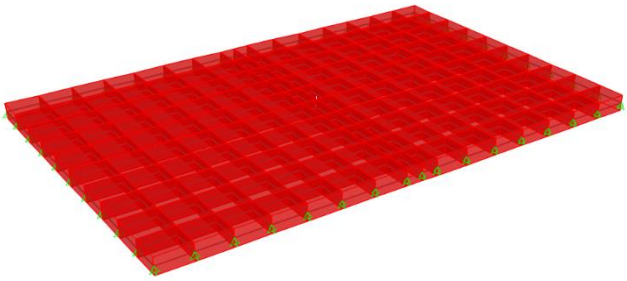


Figura 5. Modelo de losa equivalente

Con el propósito de evaluar el desempeño analítico del modelado equivalente propuesto, se ejecutó el análisis numérico en sus dos escenarios de estudio (apoyo simple y apoyo empotrado), evaluando bajo las mismas condiciones tanto el modelo de la losa equivalente como el modelo refinado de la tridilosa. De ambas simulaciones se extrajeron los parámetros de respuesta estructural más representativos: el desplazamiento máximo y la frecuencia fundamental. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis comparativo de estos valores para cuantificar el grado de similitud entre ambos sistemas, asegurando que el modelo equivalente reproduzca el comportamiento global de la estructura original antes de introducir el historial de cargas dinámicas. Los resultados mencionados se muestran en la Tabla 2 y 3.

Es importante mencionar que este estudio se centró específicamente en estudiar la frecuencia fundamental como variable de interés principal. Esta elección se debe a que dicho parámetro es un indicador principal del comportamiento dinámico global de las losas. Por lo tanto, en las Tablas 2 y 3 se presenta la comparativa entre desplazamientos y frecuencias fundamentales derivadas de los modelos numéricos, donde se observa que para las losas simplemente apoyadas existe una diferencia entre resultados del 3.73% para el desplazamiento máximo y del 4.35% para la frecuencia fundamental. Por otra parte, al evaluar la condición de apoyo empotrado, se registran diferencias del 2.86% y 5.39% respectivamente, mostrando que las diferencias numéricas entre el modelo refinado y el equivalente son menores al 5.5%, lo cual se puede considerar aceptable para fines de la evaluación del estado límite de servicio.

Tabla 2. Comparativa de resultados entre modelo refinado y equivalente con apoyo simple

Apoyo simple			
Parámetro	**Modelo Refinado**	**Modelo Equivalente**	**Diferencia %**
Δ_{max} (cm)	0.0884	0.0851	3.73
Frecuencia fundamental (Hz)	20.39	21.28	4.35

Tabla 3. Comparativa de resultados entre modelo refinado y modelo equivalente con apoyo empotrado

Apoyo empotrado			
Parámetro	**Modelo Refinado**	**Modelo Equivalente**	**Diferencia %**
Δ_{max} (cm)	0.0489	0.0475	2.86
Frecuencia fundamental (Hz)	27.36	28.84	5.39

Con el propósito de analizar el comportamiento dinámico del sistema equivalente, se llevó a cabo un análisis dinámico paso a paso. Se realizo un análisis comparativo, donde se definieron cuatro casos de estudio; los modelos numéricos refinado y equivalente con apoyos simple y empotrado sujetos a las actividades del caminar humano y de aeróbicos por un conjunto de personas.

La simulación del caminar humano consistió en aplicar una función de carga representativa del paso de una persona (Willford *et al.* 2007) para el caso de losas de alta frecuencia. Esta carga se colocó como una carga puntual aplicada en la zona de máximo desplazamiento con el fin de evaluar la respuesta estructural. Dicha función (HIVOSS, 2007) se desarrolló con los parámetros de la Tabla 4, como se observa en la Figura 6, mientras que en la Figura 7 se ilustra esquemáticamente la aplicación de esta función de carga sobre la losa.

Tabla 4. Parámetros para definir funciones de carga

Valores de parámetros	
HIVOSS (2007)	
P (kg)	97
fs (Hz)	2.0
K1	30
K2	-287
K3	2174
K4	-12820
K5	44144
K6	-81445
K7	75293
K8	-27520

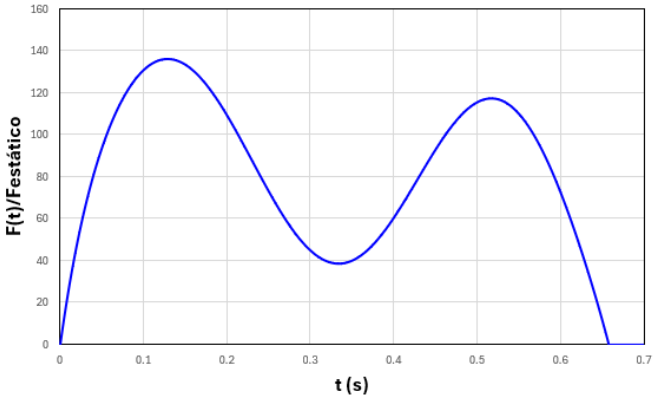


Figura 6. Definición de carga por el caminado humano

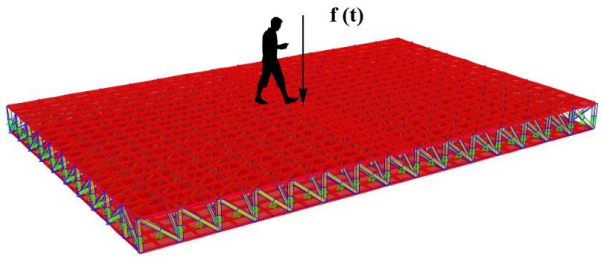


Figura 7. Esquema de aplicación de función de carga del caminado humano sobre la losa de estudio.

El segundo tipo de carga corresponde a un movimiento rítmico colectivo por actividad de aeróbicos. A diferencia del primer caso, esta función se aplicó como una carga dinámica uniformemente distribuida sobre todo el área de la losa, evaluándose de igual manera tanto en el modelo refinado como en el equivalente. Las características de esta función se observan en la Figura 8 (Ji y Ellis, 1994), cuyos parámetros son G = 70 kg/m^2, Kp = 2.34, tp = 0.16 s, Tp = 0.66 s. Finalmente, en la Figura 9 se representa esquemáticamente la aplicación de la carga sobre la losa.

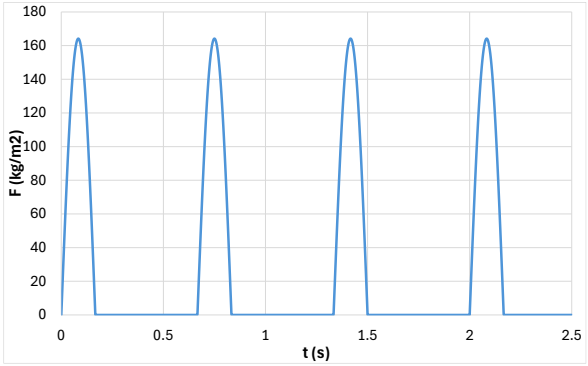


Figura 8. Carga dinámica por la actividad rítmica de un conjunto de personas (Ellis y Ji, 1994)

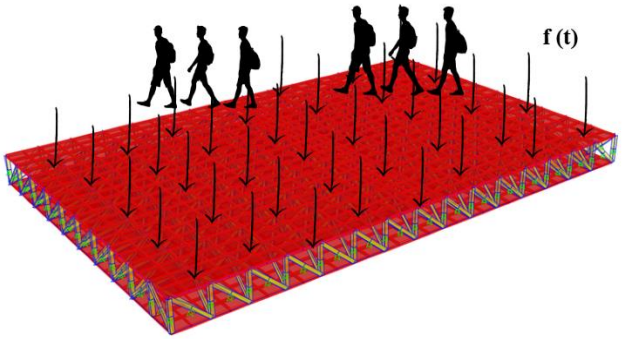


Figura 9. E Esquema de aplicación de la carga dinámica por actividad rítmica de un conjunto de personas sobre la losa de estudio.

Una vez aplicadas las funciones de carga sobre las losas, se procedió al cálculo de la aceleración vertical en el nodo de desplazamiento máximo (centro del claro). Se realizó un análisis comparativo entre los resultados derivados de los modelos refinados y equivalentes en términos de la aceleración vertical. A continuación, se observan las aceleraciones resultantes en las Figuras 10 a 13.

En la Figura 10 se observa que los resultados derivados de ambos modelos son similares principalmente en la zona de aceleración máxima (cuando t =0 s y 0.1 s, aproximadamente). Sin embargo, a partir de t = 0.65 s, cuando se deja de aplicar la carga, se nota una disminución en la respuesta del modelo refinado. Esto se puede atribuir a que la respuesta dinámica se atenúa en la losa inferior al momento en que la carga deja de ser aplicada. En cambio, en el modelo equivalente la respuesta dinámica se mantiene constante por sus diferentes características estructurales respecto al modelo refinado. En el caso de la Figura 11 ocurre exactamente lo mismo al caso mostrado en la Figura 10. A pesar de esta diferencia, se logra una predicción aceptable del comportamiento dinámico vertical del sistema de piso. Finalmente, esto mismo se puede observar al aplicar la carga dinámica distribuida (Figuras 12 y 13). Los desfasamientos se deben a que en el modelo refinado se sigue monitoreando la losa inferior, mientras que el modelo equivalente consta de una sola losa. En cuanto a los valores máximos registrados, la Tabla 5 presenta la comparativa de aceleraciones verticales, donde para los casos analizados, las diferencias en aceleración máxima se situaron entre 0.99 % y 16.43 %. Sin embargo, dada la complejidad de las cargas dinámicas inducidas por humanos, estas diferencias se consideran viables para la evaluación del estado límite de servicio.

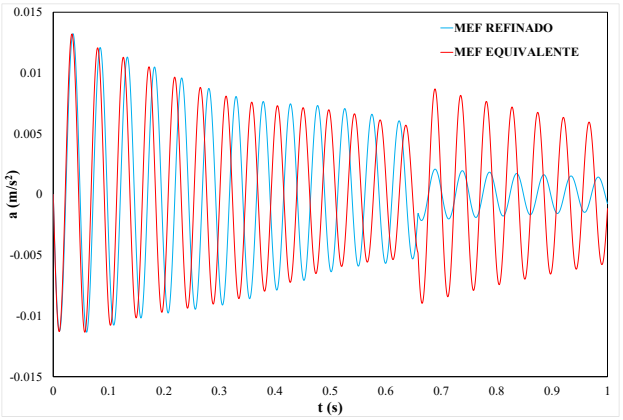


Figura 10. Comparativa de aceleraciones verticales ante la carga de caminado humano con condición de apoyo simple.

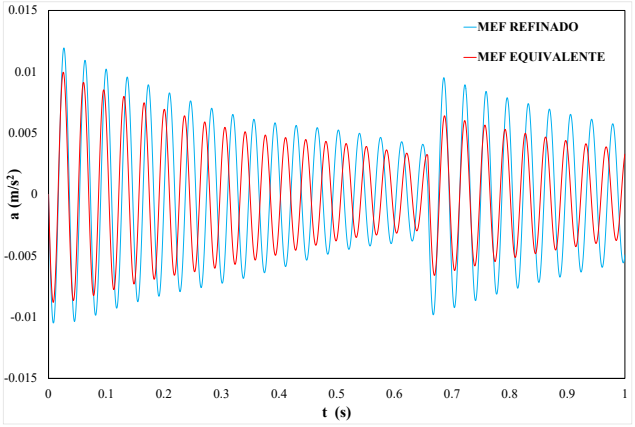


Figura 11. Comparativa de aceleraciones verticales ante la carga de caminado humano con condición de apoyo empotrado.

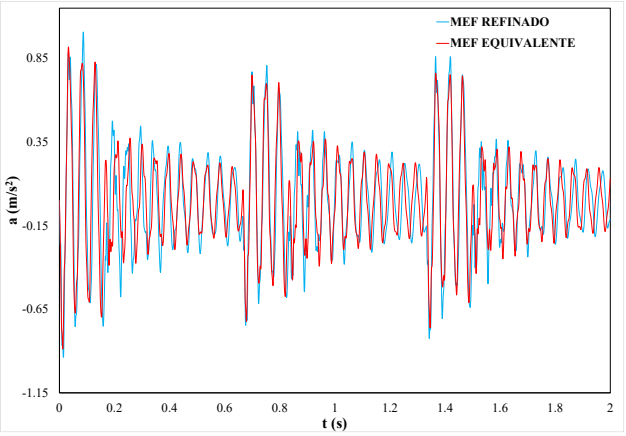


Figura 12. Comparativa de aceleraciones verticales ante la actividad rítmica de un conjunto de personas con condición de apoyo simple.

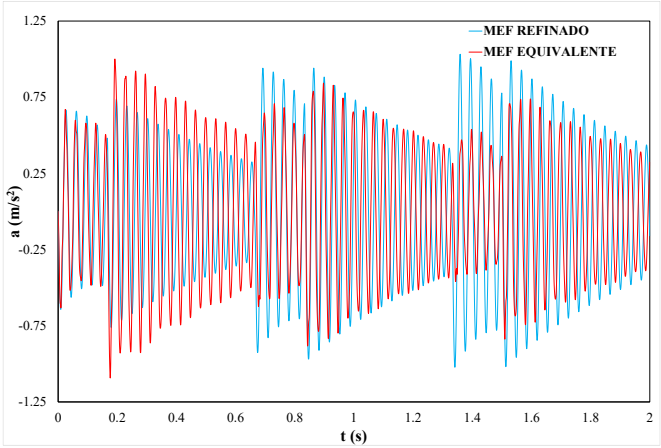


Figura 13. Comparativa de aceleraciones verticales ante la actividad rítmica de un conjunto de personas con condición de apoyo empotrado.

Tabla 5. Comparativa de aceleración vertical entre el modelo refinado y el modelo equivalente ante cargas dinámicas.

Aceleración vertical (m/s²)				
Condición de apoyo	**Carga dinámica**	**Modelo Refinado**	**Modelo Equivalente**	**Diferencia (%)**
Apoyo simple	Carga por el caminado humano	0.01208	0.01196	0.99
	Carga por actividad rítmica de un conjunto de personas	0.90863	0.85752	5.62
Apoyo empotrado	Carga por el caminado humano	0.01187	0.00992	16.43
	Carga por actividad rítmica de un conjunto de personas	0.94127	1.00089	6.33

Como se observa tanto en la figura 10 como en la figura 12, correspondientes a la condición de apoyo simple, se obtiene una respuesta aceptable debido a que vibran de manera similar. En cambio, los escenarios con condiciones de apoyo empotrado muestran una mayor diferencia. Esta variación se atribuye a que ambos modelos desarrollan configuraciones deformadas de vibración ligeramente distintas. Sin embargo, tienden a describir razonablemente el comportamiento dinámico de una placa empotrada. No obstante, a pesar de estas variaciones, el empleo del espesor equivalente calculado para losas simplemente apoyadas y empotradas es suficiente para obtener una buena respuesta, proporcionando valores razonables para fines de evaluación de serviciabilidad.

4. Conclusiones

En este trabajo se evaluaron modelos numéricos de sistemas de piso tipo tridilosa bajo condiciones de apoyo simple y empotrado, sometiéndolos a cargas dinámicas típicas del día a día, tales como el caminar humano y actividades rítmicas. De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que las tridilosas se pueden idealizar como una placa equivalente. La similitud en los desplazamientos máximos y frecuencias fundamentales demuestra que la rigidez global del sistema se reproduce adecuadamente mediante el espesor calculado.

Es importante señalar que, si bien el modelo equivalente presenta limitaciones naturales para estimar con precisión las frecuencias en modos de vibración superiores, esta característica no demerita su utilidad, dado que el desplazamiento máximo y el modo fundamental son los parámetros que influyen principalmente en la evaluación del estado límite de servicio ante vibraciones ocasionadas por actividad humana.

En términos generales, se demuestra la viabilidad de usar losas equivalentes en el estudio dinámico de tridilosas, ya que, desde un punto de vista práctico, el modelo equivalente es una herramienta útil y de bajo costo computacional. De esta manera, los resultados muestran la eficacia de un procedimiento analítico que optimiza el procedimiento de modelado de estos sistemas de piso.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial generativa y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del presente manuscrito, los autores utilizaron [Gemini] para [mejora de figuras]. Todo el contenido generado o sugerido por la herramienta fue revisado y editado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, originalidad, integridad y rigor científico del contenido final del manuscrito.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Hidalgo por el apoyo proporcionado en la realización de este trabajo. El tercer autor agradece a la Universidad Autónoma Metropolitana por las facilidades proporcionadas durante la realización de esta investigación.

Referencias

Allen, D. E., y Murray, T. M. (1993). Design criterion for vibrations due to walking. AISC Engineering Journal, 30(4), 117-129. https://ej.aisc.org/index.php/engj/article/view/1281

Bachmann, H., y Ammann, W. J. (1987). Vibrations in structures: Induced by man and machine. Zúrich: International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). https://books.google.com.mx/books?id=T7PhFZVfMC4C

Bachmann, H., Pretlove, A. J., y Rainer, J. H. (1995). Vibration problems in structures: Practical guidelines. Basilea: Birkhäuser. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-9231-5

Bozzo, M., y Bozzo, L. M. (2003). Losas reticulares mixtas: Proyecto, análisis y dimensionamiento. Barcelona: Editorial Reverté. https://books.google.com/books?id=XoMGlqoLGU8C

Caballero, O., Ayala, A.G., Escamilla, M. A., y Juárez, G. (2023). Modelado de tridilosas en el análisis sísmico de edificios y en el de vibraciones verticales ante cargas de servicio. Memorias del XXIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

Castillo, H. (2016). Estructura tridilosa para grandes claros. Ciudad de México: Editorial Trillas.

El-Dardiry, E., y Ji, T. (2006). Modelling of the dynamic behaviour of profiled composite floors. Engineering Structures, 28, 567-579. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2005.09.012

Ellingwood, B., y Tallin, A. (1984). Structural serviceability: Floor vibrations. Journal of Structural Engineering, 110(2), 401-420. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1984)110:2(401)

HIVOSS. (2007). Human induced vibration of steel structures (HIVOSS): Design of floor structures. Aquisgrán: Research Fund for Coal and Steel. https://doi.org/10.2777/79056

Ji, T., y Ellis, B. R. (1994). Floor vibration induced by dance-type loads: Theory. The Structural Engineer, 72(3), 37-44.

Rainer, J. H., & Pernica, G. (1986). Vertical dynamic forces from footsteps. Canadian Acoustics, 14(2), 12–21.

Timoshenko, S., y Woinowsky-Krieger, S. (1959). Theory of plates and shells (2a ed.). Nueva York: McGraw-Hill. https://www.cap-recifal.com/ccs_files/articles/cuveaqua1_denisio/Timoshenko_-_Theory_of_plates_and_shells.pdf

Willford, M., Young, P. and Field, C. (2007), " Predicting footfall-induced vibration: part 1", Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings, 160(2), pp. 65-72.