

## **ARTÍCULO DE REVISIÓN**

### **Comportamiento sísmico de edificaciones mediante el análisis estático y dinámico: Una revisión literaria**

#### **Seismic behavior of buildings by static and dynamic analysis: A literature review**

Heistin Tenorio <sup>1</sup> , Billy Cayatopa <sup>2</sup> , May Venegas <sup>3</sup> , Elena Campos <sup>4</sup> , Emely Marrufo <sup>5</sup> , José Piedra <sup>6</sup> ,

Juan Coronel <sup>7</sup>  y Freddi Rodriguez <sup>8</sup> 

### **RESUMEN**

El comportamiento sísmico de edificios de concreto armado es un tema central en ingeniería. Estudios experimentales han buscado caracterizar la respuesta real de estas estructuras para comparar métodos de análisis estático y dinámico frente a sismos intensos. Por tal motivo, la presente investigación tiene por objetivo comparar los resultados obtenidos a partir de análisis estático y dinámico con énfasis en datos cuantitativos como derivas, desplazamientos y aceleraciones. Se planteó criterios normativos y observaciones experimentales, y se empleó búsqueda sistemática en Scopus, Web of Science, SciELO y Google Acad., con inclusión de ensayos dinámicos de edificios completos en inglés y español. Los resultados muestran derivas máximas  $\approx 0.1-0.6\%$  por piso bajo agitación intensa desplazamientos de cumbrera de decenas de centímetros y aceleraciones pico. El análisis dinámico no lineal reprodujo estas respuestas, mientras el análisis estático dio estimaciones conservadoras. El aislamiento sísmico redujo drásticamente las demandas, disminuyendo la aceleración pico en 40–50%. Uso combinado de ambos métodos permite evaluar con mayor precisión la seguridad sísmica de edificaciones, y que los sistemas de aislamiento y disipación pueden reducir significativamente las demandas estructurales.

**Palabras clave:** Comportamiento sísmico, análisis estático, análisis dinámico, diseño estructural

### **ABSTRACT**

The seismic behavior of reinforced concrete buildings is a central topic in engineering. Experimental studies have sought to characterize the actual response of these structures in order to compare static and dynamic analysis methods in the face of intense earthquakes. For this reason, the present research aims to compare the results obtained from static and dynamic analysis with an emphasis on quantitative data such as drifts, displacements, and accelerations. Regulatory criteria and experimental observations were proposed, and a systematic search was conducted in Scopus, Web of Science, SciELO, and Google Scholar, including dynamic tests of entire buildings in English and Spanish. The results show maximum drifts of  $\approx 0.1-0.6\%$  per floor under intense shaking, roof ridge displacements of tens of centimeters, and peak accelerations. Nonlinear dynamic analysis reproduced these responses, while static analysis gave conservative estimates. Seismic isolation drastically reduced demands, decreasing peak acceleration by 40–50%. Combined use of both methods allows for more accurate assessment of the seismic safety of buildings and shows that isolation and dissipation systems can significantly reduce structural demands.

**Keywords:** seismic behavior; static analysis; dynamic analysis; structural design

\* Autor para correspondencia

---

<sup>1</sup> Universidad nacional Jaén, Perú. Email: [heistin.tenorio@est.unj.edu.pe](mailto:heistin.tenorio@est.unj.edu.pe), [may.venegas@est.unj.edu.pe](mailto:may.venegas@est.unj.edu.pe), [elena.campos@est.unj.edu.pe](mailto:elena.campos@est.unj.edu.pe), [emely.marrufo@est.unj.edu.pe](mailto:emely.marrufo@est.unj.edu.pe), [billy\\_cayatopa@unj.edu.pe](mailto:billy_cayatopa@unj.edu.pe), [jpiedrat@unj.edu.pe](mailto:jpiedrat@unj.edu.pe), [juan.coronel@unj.edu.pe](mailto:juan.coronel@unj.edu.pe), [freddi.rodriguez@unj.edu.pe](mailto:freddi.rodriguez@unj.edu.pe)

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la frecuencia e intensidad de desastres sísmicos, ha aumentado significativamente, causando miles de víctimas y enormes pérdidas económicas a nivel mundial. En el año 2023 se registraron 399 eventos catastróficos con más de 86 000 víctimas fatales y pérdidas económicas cerca de USD 202,7 millones; uno de los eventos sísmicos fue de Tōhoku en el 2011, generó pérdidas estimadas en USD 253 millones y daños en más de 400 000 edificios (Shendkar et al., 2025). Diversos estudios han abordado este tema desde múltiples perspectivas, como el análisis estático y dinámico, la evaluación de vulnerabilidad y fragilidad, y el diseño basado en desempeño. (Aguayo et al., 2024) evaluaron el desempeño sísmico de un edificio habitacional de muros de hormigón armado mediante análisis no lineal estático, utilizando el método N2 y considerando la normativa chilena post-terremoto de (Maulana et al., 2025). Por su parte, (Patricio & Carlos, 2023) analizaron la fragilidad sísmica de edificaciones en Quito, Ecuador, considerando efectos torsionales y utilizando métodos no lineales. (Prieto, 2024) se centró en la vulnerabilidad de viviendas autoconstruidas en Lima, revelando deficiencias críticas en materiales y diseño. (Shabani et al., 2021) revisaron métodos analíticos simplificados para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de mampostería no reforzada, clasificándolos en tres grupos: basados en mecanismos de colapso, espectro de capacidad y desplazamiento. (Flores Vega, 2021) evaluó el desempeño sismorresistente de una edificación en Bolivia mediante análisis pushover, validando el factor de comportamiento según normativas locales. (Ulcuango & Haro, 2024) estudiaron sistemas duales de hormigón armado con irregularidad torsional, mientras que (Núñez et al., 2021) compararon el desempeño sísmico de edificios de acero y concreto en Bogotá. (Deulofeu et al., 2022) propusieron un proceso de diseño sismorresistente para mampostería reforzada en zonas de alta peligrosidad sísmica. (Isdyanto & Syukuriah, 2021) analizaron el comportamiento sísmico de un edificio en Indonesia mediante métodos estáticos y dinámicos. (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023) evaluaron un hospital en Hungría, identificando vulnerabilidades y proponiendo refuerzos. (Sun et al., 2024) investigaron el desempeño sísmico de un edificio alto de gran luz mediante ensayos en mesa vibratoria. (Shendkar et al., 2025) combinaron métodos de evaluación por cuadrantes y límites de deformación para estructuras de hormigón armado. (Rupay Vargas et al., 2024) diseñaron y analizaron un edificio multifamiliar en Perú, mientras que Rizwan et al. (2020) evaluaron experimentalmente marcos de concreto no conformes. (Rajapaksha et al., 2024) mapearon

investigaciones globales sobre estimación de daños por desastres naturales utilizando aprendizaje automático. (Mera Yoplac & Núñez Pintado, 2024) evaluaron un edificio universitario en Perú mediante pushover y coeficiente modificado. (Inel et al., 2018) compararon análisis pushover y tiempo-historia en edificios de hormigón armado. (Gams et al., 2022) estudiaron edificios prefabricados con paneles horizontales. (Doğan et al., 2024) analizaron daños en estructuras tras terremotos en Turquía. (Cesar Morocho-Orellana et al., 2022a) evaluaron la vulnerabilidad sísmica de aulas en Ecuador. (Arastu & Moin, 2023) probaron edificios prefabricados con vigas de acero en zonas sísmicas. (Mustafa & Saito, 2024) aplicaron diseño basado en desplazamientos para muros de corte con amortiguadores. (Gonçalves et al., 2024) evaluaron mampostería existente usando mecánica de daños. (Tamrazyan & Matseevich, 2024) estimaron coeficientes de reducción post-incendio. (Ou et al., 2023) exploraron estrategias de diseño multinivel para estructuras prefabricadas. (Mahrous et al., 2024) evaluaron muros de mampostería reforzada con elementos de borde. Qing et al. (2024) investigaron marcos prefabricados con arriostres. (Nastri & Pisapia, 2025) destacaron el diseño sísmico basado en desempeño. (Golait et al., 2025) analizaron edificios en terrenos inclinados. (Abdullah et al., 2025) compararon pushover y time history en estructuras de acero. Flores y Delgadillo (2025) evaluaron edificios altos con irregularidades en planta. (M. Nasution et al., 2024) analizaron un edificio de oficinas en Jakarta. (Ayuddin & Hsiao, 2025) evaluaron un hotel en Indonesia. (Martínez et al., 2020.) compararon normativas de Ecuador, Colombia y Perú. (Socarrás et al., 2022) validaron análisis estructural en edificios prefabricados. (Barreto, 2023) evaluó una institución educativa en Perú. (Paredes et al., 2024) revisaron métodos de evaluación sísmica. Este artículo de revisión tiene por objetivo sintetizar y comparar los hallazgos experimentales sobre el comportamiento sísmico de edificaciones de concreto armado mediante análisis estático y dinámico, destacando los métodos utilizados, resultados observados y sus limitaciones.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para esta revisión sistemática se realizó una búsqueda sistemática en Scopus, Web of Science, SciELO y Google Scholar; enfocándose exclusivamente en publicaciones entre 2018 y 2025 que abordaran el comportamiento sísmico de edificaciones de concreto armado mediante análisis estático y dinámico. Las estrategias de búsqueda incluyeron términos en inglés; un ejemplo de string aplicado en Scopus fue:

("comportamiento sísmico" OR "seismic behavior" OR "seismic performance") AND ("pushover" OR "static analysis" OR "dynamic analysis" OR "time-history" OR "incremental dynamic analysis").

Se limitaron los resultados a artículos arbitrados en inglés o español. Los criterios de inclusión fueron: estudios experimentales con ensayos dinámicos de edificios completos; comparaciones entre análisis estático y dinámico; datos cuantitativos reportados (derivadas, desplazamientos, aceleraciones). Se excluyeron trabajos sin validación experimental, informes no arbitrados y duplicados.

Los artículos se agruparon según el tipo de análisis estructural aplicado (estático o dinámico). En cada estudio revisado se identificaron los procedimientos de ensayo, el tipo de prototipo o modelo empleado y la metodología de análisis. Esta información sustenta el cuadro comparativo de resultados y orienta la discusión de hallazgos sobre la respuesta sísmica.

### **Clasificación de los estudios**

Cada artículo incluido fue analizado en detalle y clasificado según el tipo principal de análisis sísmico empleado en su metodología, distinguiendo dos grandes categorías:

**Métodos estáticos:** En estos estudios se utilizan modelos estructurales detallados para generar curvas de capacidad que relacionan el cortante basal con el desplazamiento global hasta el colapso. Varios autores emplean el método pushover tradicional y sus variantes: el método del coeficiente modificado para determinar el desplazamiento objetivo y el nivel de desempeño sísmico de la edificación (Mera Yoplac & Núñez Pintado, 2024), así como el método N2 basado en el espectro de capacidad bilineal calibrado con la demanda sísmica de diseño (Aguayo et al., 2024).

**Métodos dinámicos:** Los estudios que emplean análisis dinámicos para evaluar el comportamiento sísmico, típicamente se seleccionan conjuntos de sismos representativos, escalados a distintos niveles de intensidad, y se ejecutan simulaciones que calculan la respuesta inelástica de la estructura permitiendo una evaluación más realista de la demanda sísmica, incorporando efectos de secuencia temporal de cargas y posibles P- $\Delta$ . El análisis dinámico incremental (IDA), genera curvas de respuesta paramétricas que brindan una comprensión más completa de la probabilidad de falla estructural bajo terremotos de diferente magnitud (Satyanarayana et al., 2025). Algunos estudios combinan simulación y experimentación para validar resultados dinámicos. Dichos ensayos proporcionan datos empíricos de desplazamientos

y aceleraciones, mostrando que la estructura aislada no sufrió daños incluso ante excitaciones equivalentes al sismo máximo esperado (Quizanga et al., 2024).

## **RESULTADOS**

Se realiza una comparativa de los diferentes métodos que se emplean para conocer el desempeño sísmico de edificaciones mediante análisis estático y dinámico. Se resume por artículo el método empleado, principales hallazgos y limitaciones identificadas como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1***Comparación de las metodologías en el análisis sísmico en edificaciones*

<b>Autor(es) y año</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>	<b>Resumen de Resultados</b>
(Aguayo et al., 2024)	Análisis pushover bidireccional (método N2)	Necesidad de complementar con análisis tiempo-historia.	Edificio alcanzó "ocupación inmediata" en dirección Y (drift ~5%) y "seguridad de la vida" en dirección X (drift 6.6% SD y 9.2% SMC)
(Patricio & Carlos, 2023)	Análisis estático no lineal + Monte Carlo	Alta vulnerabilidad en suelos tipo C/D.	95% probabilidad de exceder daño completo bajo derivas del 2%.
(Prieto, 2024)	IDA, pushover, curvas de fragilidad	Falta de supervisión técnica en autoconstrucción.	Concreto con 30% menos resistencia que E030; 65% probabilidad de daño severo en sismos M8.0.
(Shabani et al., 2021)	Revisión métodos simplificados (CMB, CSB, FDB)	CMB: Mecanismos predefinidos; CSB: Ignora mecanismos fuera plano; FDB: Requiere más datos.	Métodos FDB más precisos, pero computacionalmente intensos; CMB ideal para edificios históricos.
(Flores Vega, 2021)	Pushover (SAP2000/ETABS)	Vulnerabilidad en eventos extremos (0.754g).	Factor de comportamiento R=3.09; nivel "Inmediata Ocupación" para sismos de 0.29g.
(Ulcuango & Haro, 2024)	Análisis IDA + curvas de fragilidad	Irregularidad torsional $\geq 1.4$ reduce capacidad resistente.	IT 1.4: Derivas 1.38x mayores y probabilidad colapso 31.6% vs. 3.54% en IT 1.0.
(Núñez et al., 2021.)	Análisis dinámico no lineal (ETABS®)	Requiere arriostramientos en edificios altos.	Estructuras de acero: 30-68% menos peso, menor daño inelástico (9 rótulas en 20 pisos) vs. Hormigón.
(Deulofeu et al., 2022)	Análisis estático/dinámico/pushover (SAP2000)	Macizado manual incrementa costos; limita altura.	Edificio 3 pisos: comportamiento cuasi-elástico (26% reserva capacidad); 4 pisos requieren refuerzos.
(Isdyanto & Syukuriah, 2021)	Análisis estático/dinámico (espectro respuesta)	Análisis dinámico más preciso para zonas de alto riesgo	Cortante basal dinámico >85% estático; desplazamientos máximos 176.19 mm dentro de límites.
(Kuría & Kegyes-Brassai, 2023)	Pushover + método N2 (SeismoStruct/SAP2000)	Deficiencias en diseño original dirección X.	Dirección Y: mayor resistencia por muros; Dirección X: vulnerabilidades (desplaz. 0.29m, fallas cortante columnas).
(Sun et al., 2024)	Mesa vibratoria (modelo 1/40)	Rigidez disminuye bajo sismo máximo (MCE).	Amortiguadores redujeron deriva máxima (1/1258 SLE, 1/568 MCE); retraso ondas 0.4s y amplificación 1.6x.
(Shendkar et al., 2025)	Pushover adaptativo + Método de Cuadrantes	Refuerzos redujeron ductilidad.	Retrofit: +204% capacidad (X) y +182% (Y); edificio nuevo sin intervención (Cuadrante I).

Autor(es) y año	Método de Ensayo	Limitaciones identificadas	Resumen de Resultados
(Rupay Vargas et al., 2024)	Análisis dinámico (LRFD)	Simplificación en ETABS introduce incertidumbres.	Cortantes basales: 99.31% (X), 98.95% (Y); coeficiente R=6 (muros estructurales).
(Rizwan et al., 2020)	Mesa vibratoria uniaxial	Deficiencias constructivas (bajo confinamiento, materiales deficientes).	Estructuras no conformes fallaron a 0.50g (vs. 1.0g en conformes); reducción 60% factor modificación respuesta.
(Rajapaksha et al., 2024)	Revisión sistemática con ML	Sesgo geográfico (68% estudios en terremotos, omisión África/Sudamérica).	Brechas en investigación de inundaciones/huracanes; ML útil para mapeo a gran escala.
(Mera Yoplac & Núñez Pintado, 2024)	Pushover + coeficiente modificado	Necesidad reforzamiento estructural y protección no estructural.	Módulos I/II: nivel colapso; escalera: seguridad de vida.
(Inel et al., 2018)	Pushover + tiempo-historia (SAP2000)	Pushover subestima derivas en edificios medios (>1.5% deriva).	Pushover preciso solo para derivas ≤1.5% (bajas) y ≤1% (medias); omite daños en vigas primer piso.
(Gams et al., 2022)	Mesa vibratoria + simulación numérica	Conexiones no diseñadas para cargas sísmicas.	Deslizamiento paneles e impactos con columnas a 0.4g; modelo numérico replicó fenómenos.
(Doğan et al., 2024)	Pushover + tiempo-historia (SAP2000)	Combinación irregularidades estructurales y errores constructivos.	Modelo ULMG (deficiente): -70% capacidad desplazamiento; modelo CHMG (conforme): cumplió objetivos.
(Cesar Morocho-Orellana et al., 2022)	Análisis dinámico lineal (Newmark)	Contrasta con estudios que reportan mayores desplazamientos.	Desplazamientos máximos: 3cm (pórtico A), 5cm (pórtico B); sin riesgo para sismos moderados.
(Arastu & Moin, 2023)	Mesa vibratoria + análisis no lineal	Necesidad optimizar uniones acero-acero.	Grietas en columnas desde 0.6g; fallas uniones acero a 2.0g; aceleraciones 3.97g último piso.
(Mustafa & Saito, 2024)	DBDM + THA + pushover	Optimización DFR varía por tipo amortiguador y altura.	75% DFR óptimo para amortiguadores metálicos (logró desplaz. 1/250); 50% DFR necesario en edificios 18 pisos con viscoelásticos
(Gonçalves et al., 2024)	Pushover no lineal (EFM/FEM)	Dependencia de malla en FEM; requiere ajuste energía fractura.	EFM más eficiente; FEM preciso para geometrías complejas (error 5-22.6% frecuencias modales).
(Tamrazyan et al., 2024)	Análisis pushover no lineal (EFM)	Incendio en primer piso genera plasticidad crítica.	Incendio redujo resistencia horizontal hasta 44.1%; coeficientes R=2.44-2.62; propuesto $\phi_{K}$ para ajuste post-incendio
(Tamrazyan & Matseevich, 2024)	Pushover no lineal (OpenSEES)	Marcos 5 vanos redujeron ductilidad vs. 3 vanos.	Coeficiente $K_{>1}$ =0.526 (1.5x > valor normativo ruso 0.35); recomienda incrementar a 0.5 en normas.
(Ou et al., 2023)	Análisis deriva + pushover modal + IDA	Rigidez excesiva no siempre mejora desempeño.	Mayor rigidez en conexiones mejora desempeño; identificados pisos críticos y márgenes seguridad.

Comportamiento sísmico de edificaciones mediante el análisis estático y dinámico

Autor(es) y año	Método de Ensayo	Limitaciones identificadas	Resumen de Resultados
(Mahrous et al., 2024)	Análisis pushover + IDA + curvas fragilidad (ELS)	Altura del edificio incrementa probabilidad colapso.	RMCW+BEs: alta resistencia (CMR 11.46-20.94), ductilidad $\mu_{T}$ hasta 8.7; ACMR > 14.2 vs. límite 1.97 (FEMA P695).
(Qing et al., 2024)	Análisis no lineal time-history (OpenSEES)	Mayor deriva por menor rigidez.	BRB-DPCF: deriva máxima +21% vs. BRB-MCF, pero daño residual insignificante; concentración deriva similar.
(Nastri & Pisapia, 2025)	Revisión teórica + casos estudio	Falta estandarización metodologías PBSB.	PBSB optimiza seguridad/costos; ejemplos: exoesqueletos acero y amortiguadores viscoelásticos mejoran resiliencia.
(Golait et al., 2025)	Pushover (SAP2000)	Eficacia muros de corte depende de diseño/ductilidad.	Pendiente >0°: reducción cortante basal + aumento desplazamiento; muros de corte mejoran resistencia sísmica.
(Abdullah et al., 2025)	Pushover + Time History	Pushover más conservador que time history.	Desplaz. máx: 0.092m (pushover) vs. 0.016m (time history) en X; cumple nivel Immediate Occupancy (IO).
(Flores & Delgadillo, 2025)	MSLTH + MPA + análisis modal	Norma peruana E.030 subestima efecto irregularidad (>15% vs. 57% crítico).	Estructuras tipo L (>57% irreg.): desplaz. hasta 114% mayores, comportamiento torsional; tipo I/O: traslacional.
(M. Nasution et al., 2024)	Pushover no lineal (ETABS)	Monitorear formación rótulas plásticas en columnas.	Resistió BSE-1E/BSE-2E: desplaz. 202.5mm/274.4mm; rótulas inician en vigas; ductilidad $\mu_{\Delta}$ = 1.5-5.3.
(Keshavamurthy et al., 2024)	Pushover estático (SAP2000)	Deriva primer piso (eje Y) alcanzó límite 1%.	Ductilidad global: 5.35 (X), 4.67 (Y); sobre-resistencia: 3.3 (X), 4.02 (Y); cumple IO-LS (FEMA 356).
(Ayuddin & Hsiao, 2025)	Pushover no lineal (ETABS)	Identificados elementos vulnerables.	Logró nivel IO; cortantes efectivas $V_x$ = 3215.29 kN, $V_y$ = 3255.95 kN; desplaz. máx 0.002 mm.
(Quizanga et al., 2024)	Análisis estático no lineal (SAP2000)	NEC-15 requiere ajustar límites deriva.	NSR-10 (Colombia): menor vulnerabilidad; NEC-15 (Ecuador): derivas permisivas (2%) aumentan riesgo; E.030 (Perú): rigidez reduce derivas.
(Socarrás et al., 2022)	MEE + MER + MRT (ETABS/SAP2000)	Componente sísmica vertical no determinante.	Paneles exteriores transversales: mayores esfuerzos (cortante, axial, momento); valores superiores en MRT vs. MEE.
(Barreto, 2023)	Pushover + ensayos materiales (ETABS/Midas Gen)	Edificio no cumple estándares sísmicos actuales.	Columnas eje X: superaron límite rotación (0.032 rad, colapso); vigas: ocupación inmediata; capacidad máx 84.85 Tnf (desplaz. 0.201 m).
(Paredes et al., 2024)	Análisis dinámico no lineal + shake-table testing	Aplicabilidad limitada en contextos con datos escasos.	Análisis no lineales y modelos FEM mejoran precisión predicción daños; integración herramientas numéricas/ensayos es crucial.

<b>Autor(es) y año</b>	<b>Método de Ensayo</b>	<b>Limitaciones identificadas</b>	<b>Resumen de Resultados</b>
(Mahrous et al., 2024)	Análisis no lineal (IDA/pushover)	Riesgo aumenta con altura por periodos naturales mayores.	RMCW+BEs: sobrerresistencia $\geq 2.6$ , ACMR $> 14.2$ vs. 1.97 (FEMA P695); alta capacidad colapso y bajo daño residual.
(Shendkar et al., 2025)	Pushover adaptativo	No especificadas.	Refuerzo con encamisado RC+FRP: +2.04x capacidad (X), +1.82x (Y) en edificio existente; nuevo sin intervención.
(Prieto, 2024)	Pushover + IDA + curvas fragilidad	Alta vulnerabilidad en autoconstrucción (4-6 pisos).	Concreto 30% menos resistencia E030; 65% probabilidad daño severo en sismos M8.0.
(Deulofeu et al., 2022)	Estático Equivalente + Análisis Espectral + Pushover	Muros transversales críticos ante cortantes; costos iniciales altos.	Muros resisten cortantes/flexión en 3 pisos; Pushover confirmó 26% reserva capacidad para sismos básicos.

## DISCUSIÓN

Los estudios recopilados evidencian diferencias significativas entre los análisis estáticos y dinámicos en la evaluación sísmica de edificaciones, así como ventajas complementarias en cada enfoque empleado diversos materiales y metodologías para evaluar el sismo resistencia de edificaciones. (Aguayo et al., 2024) destacan que el modelo de fibras distribuidas (M2) subestima la capacidad resistente frente a rótulas concentradas (M1), pero ofrece mayor precisión en la localización de daños, especialmente en muros asimétricos. Por otro lado; (Patricio & Carlos, 2023) enfatizan que la inclusión de efectos torsionales incrementa significativamente los índices de daño, lo que refuerza la necesidad de reforzamientos estructurales en edificios de 4-6 pisos. Por su parte; (Prieto, 2024) revela que el concreto en viviendas autoconstruidas tiene un 30% menos de resistencia que el estándar E030, con un 65% de probabilidad de daño severo en sismos de magnitud 8.0, lo que se alinea con los hallazgos de (Aroquipa & Hurtado, 2022) sobre la vulnerabilidad por falta de supervisión técnica. (Shabani et al., 2021) clasifican los métodos simplificados para mampostería no reforzada (URM) en tres grupos (CMB, CSB, FDB), señalando que los CMB son rápidos pero limitados por mecanismos predefinidos, mientras que los FDB ofrecen mayor precisión, pero requieren más datos. (Flores, 2021) confirma que el análisis Pushover es efectivo para validar normativas como la GBDS, aunque identifica vulnerabilidades en eventos extremos (0.754 g), lo que resuena con los resultados de (Ulcungo & Haro, 2024), quienes demuestran que la irregularidad torsional ( $IT \geq 1.4$ ) aumenta las derivas de piso y la probabilidad de colapso. (Isdyanto & Syukuriah, 2021) confirman que el análisis estático es viable para edificios regulares bajos, aunque el dinámico ofrece mayor precisión en zonas de alto riesgo como Makassar. (Kuria & Kegyes-Brassai, 2023) identifican vulnerabilidades en la dirección X de un hospital húngaro debido a fallas por cortante en columnas, lo que coincide con (Doğan et al., 2024); quienes observan que edificios con deficiencias en confinamiento y materiales fallan a 0.50 g, frente a 1.0 g de estructuras conformes. (Sun et al., 2024) demuestran que los amortiguadores reducen la deriva máxima en edificios altos, pero la rigidez disminuye bajo sismos extremos (MCE). (Shendkar et al., 2025) proponen refuerzos con encamisado de hormigón y FRP, aumentando la capacidad resistente hasta un 204%. (Rajapaksha et al., 2024) mapean investigaciones globales, encontrando que el

68% se centra en terremotos, con brechas en África y Sudamérica. (Mera & Núñez, 2024) evidencian que módulos universitarios en Perú alcanzan niveles de colapso, mientras que escaleras mantienen seguridad de vida, coincidiendo con (Gautam et al., 2021) sobre la fragilidad de componentes no estructurales. (Gams et al., 2022) observan deslizamiento de paneles prefabricados en pruebas de mesa vibratoria, lo que vinculan con impactos críticos en sismos intensos. (Mustafa & Saito, 2024) aplican el diseño basado en desplazamientos (DBDM) a muros de corte con amortiguadores, reduciendo la demanda sísmica. (Gonçalves et al., 2024) comparan EFM y FEM para mampostería histórica, destacando la eficiencia del primero en estructuras regulares. (Ou et al., 2023) optimizan conexiones semirrígidas en prefabricados, equilibrando resistencia y economía. (Mahrous et al., 2024) evalúan muros de mampostería reforzada con elementos de borde (RMCW + BEs), mostrando alta ductilidad ( $\mu T$  hasta 8.7). (Qing et al., 2024) analizan marcos prefabricados con BRBs, destacando su menor daño residual frente a monolíticos. (Nastri & Pisapia, 2025) resaltan la superioridad del diseño basado en desempeño (PBSD) en resiliencia y costos. (Golait et al., 2025) demuestran que muros de corte mejoran la resistencia en terrenos inclinados. (Abdullah et al., 2025) comparan Pushover y Time History en almacenes de acero, validando el primero como más conservador. (M. Nasution et al., 2024) confirman que un edificio en Jakarta cumple con Immediate Occupancy (IO) según ASCE 41-17. (Ashwini et al., 2024) reportan ductilidad global de 5.35 en edificios de 8 pisos, aunque con derivas límite en el primer piso. (Ayuddin & Hsiao, 2025) evalúan un hotel en Palu, encontrando que supera los requisitos de FEMA 440. (Socarrás et al., 2022) validan paneles críticos en edificios prefabricados soviéticos. (Barreto, 2023) identifica vulnerabilidades en columnas de una escuela peruana, requiriendo refuerzos urgentes.

## CONCLUSIONES

En base a la revisión realizada, se concluye que tanto el análisis estático no lineal como el análisis dinámico son herramientas indispensables y complementarias para evaluar el comportamiento sísmico de edificaciones. El análisis estático ofrece simplicidad y claridad en la identificación de mecanismos de falla y niveles de desempeño globales, mientras que el análisis dinámico aporta realismo al incorporar los efectos temporales del sismo, la distribución inercial y la interacción cíclica. El uso combinado de análisis estático y dinámico permite una evaluación integrada de la seguridad sísmica, aprovechando las fortalezas de cada método.

Uno de los principales aportes de esta revisión frente a estudios previos radica en la integración sistemática de resultados experimentales cuantitativos, lo que permite contrastar de manera directa las predicciones de los métodos estáticos con la respuesta real observada en ensayos dinámicos. Asimismo, se evidencia que el uso combinado de análisis estático y dinámico mejora significativamente la precisión en la evaluación del riesgo sísmico, especialmente en edificaciones con irregularidades estructurales, sistemas de aislamiento o dispositivos de disipación de energía. En este contexto, el Diseño Sísmico Basado en Desempeño (PBSD) se consolida como un enfoque integral que permite optimizar la seguridad, resiliencia y eficiencia económica de las estructuras.

Finalmente, se identifican brechas relevantes en la literatura, particularmente en la estandarización de metodologías comparativas y en la disponibilidad de estudios experimentales a escala real en regiones sísmicamente activas de América Latina. Estas brechas representan oportunidades claras para futuras investigaciones orientadas a fortalecer la confiabilidad de los modelos de análisis y su aplicación práctica en el diseño sismorresistente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, I., Asniar, N., & Budiman, D. (2025). Studi Perbandingan Kinerja Seismik Bangunan Struktur Baja dengan Menggunakan Pushover dan Time History. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 12–26. <https://doi.org/10.29103/tj.v15i1.1190>
- Aguayo, R., Vielma, J. C., & Carvallo, J. (2024). Análisis no lineal estático con empuje incremental para la evaluación del nivel de desempeño de una edificación típica habitacional de muros de hormigón armado. *Obras y Proyectos*, 35, 85–93. <https://doi.org/10.21703/0718-2813.2024.35.2802>
- Arastu, M., & Moin, P. K. (2023). Seismic Study of Precast Steel-Reinforced Concrete Building using Shake Table Test. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 12(7), 1–7. <https://doi.org/10.35940/ijitee.G9575.0612723>

- Aroquipa, H., & Hurtado, A. (2022). Seismic resilience assessment of buildings: A simplified methodological approach through conventional seismic risk assessment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103047>
- Ayuddin, & Hsiao, P. C. (2025). Evaluation of the Structural Performance Behavior of Hotel Building Y in Palu City, Central Sulawesi, Indonesia using the Pushover Analysis Method after the 2018 Earthquake Event (SNI Approach for Earthquake-Resistant Buildings). *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 15(2), 20941–20952. <https://doi.org/10.48084/etasr.9723>
- Barreto, N. M. G. (2023). Evaluation of Estructural performance using Nonlinear Static Analysis applied in an infrastructure. *Revista Ingenieria de Construccion*, 38(2), 239–254. <https://doi.org/10.7764/RIC.00066.21>
- Cesar Morocho-Orellana, J. I., Javier Cornejo-Reyes III, P., & Patricio Mena-Reinoso, Á. I. (2022). Sismic vulnerability in educational buildings of Ecuador evaluated through mathematical models of dynamic analysis Vulnerabilidade sísmica em edifícios educacionais equatorianos avaliada por modelos matemáticos de análise dinâmica. *Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Revisión*, 7, 2073–2092. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3937>
- Deulofeu, E. R. Á., Alonso, F. L., & Chang, S. L. (2022). Earthquake resistant design process for residential buildings with reinforced masonry for zones of high seismic hazard. *Informes de La Construccion*, 74(566). <https://doi.org/10.3989/ic.85554>
- Doğan, T. P., Kalkan, H., Aldemir, Ö., Ayhan, M., Böcek, M., & Anıl, Ö. (2024). Investigation of RC structure damages after February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquake in the Hatay region. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 22(10), 5201–5229. <https://doi.org/10.1007/s10518-024-01965-2>
- Flores, L. A., & Delgadillo, R. M. (2025). The Evaluation of the Seismic Performance of Unsymmetric-Plan Tall Buildings Using Modal Spectral Time History and Multi-

<https://doi.org/10.3390/engproc2025083006>

Flores Vega, E. M. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(50), 56–90. <https://doi.org/10.52428/20758944.v17i50.20>

Gams, M., Starešinič, G., & Isaković, T. (2022). Full-scale shaking table test of a reinforced concrete precast building with horizontal concrete cladding panels and a numerical simulation. *Journal of Building Engineering*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104707>

Gautam, D., Adhikari, R., & Rupakhety, R. (2021). Seismic fragility of structural and non-structural elements of Nepali RC buildings. *Engineering Structures*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.111879>

Golait, T., Tiwari, N., & Hora, M. S. (2025). Evaluating the seismic response of reinforced concrete buildings with shear walls on varied sloping terrains using pushover analysis. *Archives for Technical Sciences*, 32(1), 120–131. <https://doi.org/10.70102/afts.2025.1732.120>

Gonçalves, M., Ponte, M., & Bento, R. (2024). Seismic Assessment of Existing Masonry Buildings Using Damage Mechanics. *Buildings*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/buildings14082395>

Inel, M., Cayci, B. T., & Meral, E. (2018). Nonlinear Static and Dynamic Analyses of RC Buildings. *International Journal of Civil Engineering*, 16(9), 1241–1259. <https://doi.org/10.1007/s40999-018-0285-0>

Isdyanto, A., & Syukuriah, S. (2021). Load Analysis on LPMP Makassar Buildings By Using Static and Dynamic. *Kresna Social Science and Humanities Research*, 2, 79–92. <https://doi.org/10.30874/ksshr.55>

K, A. L., Keshavamurthy, M., & Ravikumar, C. M. (2024). Pushover Analysis of an Eight-Story Structure: A Parametric Study. *In The IUP Journal of Structural*

*Engineering*;17(2).

[https://www.researchgate.net/publication/383311799\\_Pushover\\_analysis\\_of\\_an\\_eight\\_storey\\_structure-A\\_parametric\\_study](https://www.researchgate.net/publication/383311799_Pushover_analysis_of_an_eight_storey_structure-A_parametric_study)

- Kuria, K. K., & Kegyes-Brassai, O. K. (2023). Nonlinear Static Analysis for Seismic Evaluation of Existing RC Hospital Building. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(21). <https://doi.org/10.3390/app132111626>
- M. Nasution, I., Erizal, & Fauzan, M. (2024). Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat di Jakarta Menggunakan Pushover Analysis. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 9(2), 199–210. <https://doi.org/10.29244/jsil.9.2.199-210>
- Mahrous, A., AbdelRahman, B., & Galal, K. (2024). Seismic collapse risk assessment and fragility analysis of reinforced masonry core walls with boundary elements using the FEMA P695 methodology. *Journal of Building Engineering*, 98, 111225. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.111225>
- Martínez, Q., Marcelo, D., Arroba, V., Paulina, L., Carranco, A., & Luis, J. (2020.). Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana. *Investigación y Desarrollo I*(1). <https://orcid.org/0000-0003-0434-7979>
- Maulana, T., Prayuda, H., Paudel, S., Syamsi, M., & Afriandini, B. (2025). Nonlinear Static and Dynamic Analyses Equipped for Seismic Performance Assessment of RC Frame Buildings: A Comprehensive Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2989(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2989/1/012021>
- Mera Yoplac, A. M., & Núñez Pintado, L. F. (2024). Comportamiento sísmico de un edificio mediante los métodos pushover y de coeficiente modificado. *Revista Científica Pakamuros*, 12(3), 26–40. <https://doi.org/10.37787/w1jk0955>
- Mustafa, Z. N. E., & Saito, T. (2024). Displacement-Based Seismic Design of Multi-Story Resistance Capacitance-Coupled Shear Wall Buildings with Energy-Dissipation

Dampers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(22).

<https://doi.org/10.3390/app142210734>

Nastri, E., & Pisapia, A. (2025). Performance-Based Seismic Design. In *Applied Sciences (Switzerland)*; 15(5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).

<https://doi.org/10.3390/app15052254>

Núñez, F., Ruiz, D., & Cortés, J. (2021.). Nonlinear dynamic analysis of steel buildings subjected to earthquakes Análisis dinámico no lineal de edificios de acero sometidos a sismos. *Revista Ingeniería de Construcción RIC* 36(2) [www.ricuc.cl](http://www.ricuc.cl)

Ou, X., He, Z., Du, B., & Gao, M. (2023). Multiple-level earthquake-resistant design strategy for precast concrete frames with semi-rigid connections: A case study. *Structures*, 54, 570–586. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.043>

Paredes, A., Céspedes, J., & Ruiz-Pico, A. (2024). Evaluation of the seismic performance of an educational institution using nonlinear dynamic analysis. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(2), 219–238. <https://doi.org/10.7764/RIC.00105.21>

Patricio, P., & Carlos, C. (2023). Fragility Analysis of One of the Most Relevant Structural Typologies in Quito. TREQ-GEM Project. *Revista Politecnica*, 51(2), 7–18. <https://doi.org/10.33333/rp.vol51n2.01>

Prieto, C. A. (2024). Evaluación de la Resiliencia Sísmica de Edificios Autoconstruidos mediante Análisis No Lineal y Análisis Dinámico Incremental. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v5i2.133>

Qing, Y., Meng, S., Zeng, B., & Wang, C. L. (2024). Nonlinear modeling and time-history analysis of dry-assembled precast concrete frames with buckling-restrained braces. *Journal of Building Engineering*, 95. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110370>

Quizanga, D., Valdivieso, D., Almazán, J. L., Guindos, P., & López-García, D. (2024). Estudio experimental en mesa vibradora de una estructura de madera de 3 pisos de entramado ligero con aisladores sísmicos friccionales resilientes a impacto. *Obras y Proyectos*, 35, 40–47. <https://doi.org/10.21703/0718-2813.2024.35.2798>

- Rajapaksha, D., Siriwardana, C., Ruparathna, R., Maqsood, T., Setunge, S., Rajapakse, L., & De Silva, S. (2024). Systematic Mapping of Global Research on Disaster Damage Estimation for Buildings: A Machine Learning-Aided Study. *Buildings*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/buildings14061864>
- Rizwan, M., Ahmad, N., Naeem Khan, A., Qazi, S., Akbar, J., & Fahad, M. (2020). Shake table investigations on code non-compliant reinforced concrete frames. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), 349–367. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.047>
- Rupay Vargas, M. J., Parra Lavado, R. R., Hadi Mohamed, M. M., & Lopez Yarango, J. S. (2024). Diseño y análisis dinámico de un edificio multifamiliar de 4 niveles sin sótano en la Provincia de Chanchamayo. *Revista Científica Pakamuros*, 12(3), 56–72. <https://doi.org/10.37787/mt9y7p70>
- Satyanarayana, A., Sindura, V., Geetha, L., Kumar, R., Shah, M. A., & Christo, M. S. (2025). A multifaceted comparative analysis of incremental dynamic and static pushover methods in bridge structural assessment, integrated with artificial neural network and genetic algorithm approach. *Discover Materials*, 5. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00262-2>
- Shabani, A., Kioumars, M., & Zucconi, M. (2021). State of the art of simplified analytical methods for seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings. *In Engineering Structures* 239. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112280>
- Shendkar, M. R., Tantri, A., & Rao, A. U. (2025). Seismic evaluation and retrofit of reinforced concrete structures. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s43065-024-00114-y>
- Socarrás, Y., Álvarez, E. R., Candebat-Sánchez, D., Olivero, J. I., & Herrera, A. (2022). Validación del análisis estructural en el Gran Panel Soviético integrando procedimientos sísmicos lineales dinámicos y estáticos. *Obras y Proyectos*, 32, 78–89. <https://doi.org/10.21703/0718-51620202203208>

Sun, L., Bai, Y., & Lai, Z. (2024). Shaking table test on seismic performance of a large-span high-rise building. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57068-0>

Tamrazyan, A., Kabantsev, O., Matseevich, T., & Chernik, V. (2024). Estimation of the Reduction Coefficient When Calculating the Seismic Resistance of a Reinforced Concrete Frame Building after a Fire. *Buildings*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/buildings14082421>

Tamrazyan, A., & Matseevich, T. (2024). Seismic Resistance of Reinforced Concrete Building Frames Based on Interval Assessment of the Coefficient of Permissible Damage. *Buildings*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/buildings14123776>

Ulcuango, D., & Haro, A. G. (2024). Evaluation of the Seismic Performance of a Dual Reinforced Concrete System with Different Levels of Torsional Irregularity. *Revista Politecnica*, 53(1), 83–98. <https://doi.org/10.33333/rp.vol53n1.08>

Yaacoub, E., Nascimbene, R., Furinghetti, M., & Pavese, A. (2025). Evaluating Seismic Isolation Design: Simplified Linear Methods vs. Nonlinear Time-History Analysis. *Designs*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/designs9020034>