



FACULTAD DE INGENIERÍA, COMPUTACIÓN Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPARACIÓN CUALITATIVA Y  
CUANTITATIVA DE LA VULNERABILIDAD  
SÍSMICA DEL COLEGIO NUESTRA SEÑORA  
DEL PILAR Y DEL COLEGIO NACIONAL  
LIBERTADOR CASTILLA DE APLAO**

**Autores: ROLANDO TTITO OCON**

**ELVIS JESUS FLORES ROQUE**

**Asesor: Mag. Boris Andre Bustamante Mora**

Tesis presentada a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
como parte de los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

**AREQUIPA - PERÚ**

**2025**

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
6	<a href="https://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorio.unj.edu.pe">repositorio.unj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
10	<a href="https://upc.aws.openrepository.com">upc.aws.openrepository.com</a> Fuente de Internet	<1%
11	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
12	<a href="https://cdnmedia.mapei.com">cdnmedia.mapei.com</a> Fuente de Internet	<1%

## RESUMEN

Esta investigación comparó la vulnerabilidad sísmica de los pabellones analizados del Colegio Nacional Libertador Castilla de Aplao (CNLCA) y del Colegio Nuestra Señora del Pilar (CNSP) mediante un enfoque integrado: evaluación cualitativa con FEMA P-154, Índice de Vulnerabilidad (Benedetti-Petrini) y Hirosawa, y evaluación cuantitativa con análisis estático no lineal Pushover. Se verificaron además derivas, irregularidades y parámetros normativos E.030. Los objetivos fueron: (i) diagnosticar el estado estructural; (ii) estimar y comparar la vulnerabilidad con métodos cualitativos y cuantitativos; y (iii) sustentar medidas de mejora del desempeño. Los resultados muestran, de forma consistente en FEMA e Índice, mayor vulnerabilidad en el CNLCA y baja en el CNSP; Hirosawa clasificó ambos como “seguros”, evidenciando sobreestimación de seguridad en tipologías con deficiencias de resistencia y ductilidad. En el Pushover, el CNLCA alcanzó Prevención de Colapso (CP) en ambas direcciones, mientras el CNSP alcanzó Seguridad de Vida (LS), confirmando la tendencia de los métodos cualitativos y la necesidad de intervención prioritaria en el CNLCA. Se propuso y verificó un reforzamiento con placas/muros de corte en el CNLCA, logrando reducir derivas a niveles normativos, aumentar el corte basal y mejorar la disipación energética, con desempeño compatible con exigencias (verificación con espectros sin reducción,  $R=1$ ). En conclusión, la combinación de métodos es indispensable: las inspecciones rápidas orientan la priorización, pero el Pushover define con precisión el nivel de desempeño, justificando refuerzos en el CNLCA y mantenimiento preventivo/monitoreo en el CNSP.

**Palabras clave:** Vulnerabilidad sísmica, evaluación estructural, FEMA P-154, Índice de Vulnerabilidad, método Hirosawa, análisis Pushover, reforzamiento estructural.

## ABSTRACT

This study compared the seismic vulnerability of selected buildings at Colegio Nacional Libertador Castilla de Aplao (CNLCA) and Colegio Nuestra Señora del Pilar (CNSP) through an integrated approach: qualitative screening with FEMA P-154, Vulnerability Index (Benedetti-Petrini) and Hirosawa, and quantitative assessment using nonlinear static Pushover analysis. Drift limits, irregularities, and E.030 code checks were also verified. The objectives were: (i) diagnose structural conditions; (ii) estimate and compare vulnerability using qualitative and quantitative methods; and (iii) justify performance-oriented strengthening strategies. Results consistently indicate higher vulnerability at CNLCA and low vulnerability at CNSP per FEMA and the Index; conversely, Hirosawa rated both buildings “safe,” overestimating safety where strength/ductility deficiencies are present. Pushover analysis placed CNLCA at Collapse Prevention (CP) in both directions, while CNSP reached Life Safety (LS), corroborating qualitative trends and supporting priority intervention at CNLCA. A strengthening scheme with shear walls/plates was proposed and verified for CNLCA, reducing inter-story drifts to code limits, increasing base shear capacity, and improving energy dissipation, with performance compatible with severe-event demands (checked with un-reduced spectra,  $R=1$ ). In conclusion, combining methods is essential: rapid screenings guide prioritization, whereas Pushover accurately establishes performance levels, justifying strengthening at CNLCA and preventive maintenance/monitoring at CNSP.

**Keywords:** Seismic vulnerability, structural assessment, FEMA P-154, Vulnerability Index, Hirosawa method, Pushover analysis, structural retrofitting.