

APLICACIÓN DE DIVERSOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA DETECTAR VULNERABILIDAD SÍSMICA EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN PERÚ

APPLICATION OF VARIOUS ASSESSMENT METHODS TO DETECT SEISMIC VULNERABILITY IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN PERU

Donald Gorki, Collantes Delgado¹

Recibido 05/03/2025: Aprobado: 01/06/2025

DOI: <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica262.8>

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar diferentes metodologías de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en una institución educativa, se utilizó el Método Hipotético Deductivo, las técnicas utilizadas fueron la observación científica directa y el análisis documental, la recopilación de datos se realizó con la escala de Benedetti Petrini, la escala de Hirosawa, la ficha del procedimiento de inspección visual rápida del Fema 154, y el análisis Pushover con Etabs. La muestra fue la institución educativa San Juan de Chota, Perú. Los resultados y conclusiones obtenidos utilizando las diferentes metodologías de acuerdo al Método de Benedetti Petrini la institución educativa presenta vulnerabilidad baja, según el Método de Hirosawa la institución no es vulnerable, de acuerdo al método FEMA 154, no es vulnerable, por otro lado, de acuerdo al análisis Pushover la curva de desplazamiento vs el cortante en la base de la institución educativa San Juan para la dirección XX es de 22,78 cm y un cortante de 4684048,31 N. En el caso de la dirección YY, el desplazamiento máximo es de 0,19 cm y un cortante de 3420069,19 N, en este momento la estructura se encuentra en el régimen inelástico próximo al colapso. Finalmente, se concluye que aplicando las metodologías de Hirosawa, Benedetti Petrini, Pushover, la estructura del edificio aplicando los cuatro métodos de evaluación sismorresistente, es No Vulnerable.

Palabras clave: *evaluación estructural; diseño sismorresistente; escala Benedetti Petrini; escala Hirosawa; Pushover; Etabs; FEMA 154; desempeño sísmico*

ABSTRACT

The present investigation aimed to apply different methodologies for assessing seismic vulnerability in an educational institution. The Hypothetical Deductive Method was used, the techniques employed were direct scientific observation and documentary analysis. Data collection was performed using the Benedetti Petrini scale, the Hirosawa scale, the FEMA 154 rapid visual inspection procedure sheet, and Pushover analysis with Etabs. The sample was the San Juan de Chota educational institution, Peru. The results and conclusions obtained using the different methodologies according to the Benedetti Petrini Method, the educational institution presents low vulnerability, according to the Hirosawa method the institution is not vulnerable, according to the FEMA 154 method, it is not vulnerable, on the other hand, according to the Pushover analysis the displacement vs shear curve at the base of the San Juan educational institution for the XX direction is 22,78 cm and a shear of 4684048,31 N. In the case of the YY direction, the maximum displacement is 0,19 cm and a shear of 3420069,19 N, at this moment the structure is in the inelastic regime close to collapse. Finally, it is concluded that applying the methodologies of Hirosawa, Benedetti Petrini, Pushover, the structure of the building applying the four earthquake-resistant evaluation methods, is Not Vulnerable.

Keywords: *structural assessment; earthquake-resistant design, Benedetti Petrini scale; Hirosawa scale; Pushover; Etabs; FEMA 154; seismic performance*

¹Donald Gorki, Collantes Delgado. Maestro en ciencias ingeniero civil. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Perú. Correo: dgcollantesd@unach.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7603-7262>

1. INTRODUCCIÓN

Las deficiencias estructurales en instituciones educativas son una causa principal de pérdidas humanas y económicas en sismos. En Chota, Perú, estas edificaciones son de concreto armado, por lo que se orientó este estudio al análisis de su vulnerabilidad aplicando distintas metodologías. Considerando la vulnerabilidad sísmica como la susceptibilidad inherente de una estructura, un conjunto de edificaciones o una zona urbana en su totalidad a experimentar daños cuando se produce un sismo de determinada magnitud.

2. DESARROLLO

La vulnerabilidad está estrechamente vinculada a las características de diseño de una estructura. Para su estimación, es necesario realizar estudios que abarquen edificaciones cuya posible destrucción, con una probabilidad significativa, pueda generar víctimas, afectar un servicio esencial para la comunidad o agravar los daños debido a efectos catastróficos asociados. Una alta vulnerabilidad puede provocar daños considerables, incluso en zonas con una peligrosidad sísmica moderada [1]. La vulnerabilidad estructural de las instituciones educativas se debe principalmente a la ocurrencia de sismos, así como a su limitada resistencia y baja ductilidad. Además, estas edificaciones deben mantenerse operativas tras un evento sísmico y no colapsar ante un sismo de intensidad moderada.

En la actualidad, existen diversas metodologías para la evaluación estructural sismorresistente, las cuales pueden ser cuantitativas, cualitativas, mixtas, analíticas o experimentales. Estas permiten realizar un diagnóstico general de los edificios y, en el caso de esta investigación, serán utilizadas para evaluar dos instituciones educativas con el fin de determinar si son seguras ante un evento sísmico. Las metodologías utilizadas en el presente estudio de investigación son la de Benedetti Petrini [2] de Italia, la metodología de Hirosawa [3] de Japón, la metodología de la Agencia Federal de Gestión de Emergencias FEMA P-154 [4] de los Estados Unidos y la metodología de análisis

estático no lineal FEMA 440 Pushover [5].

La de Benedetti y Petrini analiza 11 parámetros para asignar un valor de vulnerabilidad. El método de Hirosawa empleado en Japón, evalúa la seguridad sísmica de edificios de hormigón armado. El procedimiento Evaluación Rápida Visual (RVS) de FEMA P-154 identifica construcciones con alto riesgo de colapso en sismos severos. El método FEMA 440 Pushover optimiza el análisis inelástico simplificado para el diseño y mejora sísmica [2, 3, 4], para la aplicación del método Pushover se empleó el programa ETABS (<https://www.csiespana.com/software/5/etabs>).

3. METODOLOGÍA

El presente estudio de investigación se realizó en la ciudad de Chota, la cual se ubica en el departamento de Cajamarca a 2,388 msnm, con una superficie: 261,75 km², limitando: por el norte con el distrito de Chiguirip y Conchán, por el oeste con el distrito de Lajas, por el sur con el distrito de Bambamarca y por el este con el distrito de Chalamarca a una distancia de 150 Km de Cajamarca y a 219 Km de Chiclayo (Municipalidad Provincial de Chota, 2020).

Se trata de una investigación aplicada, según su estrategia o enfoque, es una investigación cuantitativa, y de acuerdo al control de diseño de la prueba, la presente investigación es de tipo no experimental. La población estuvo conformada por las instituciones educativas públicas del nivel secundario de la ciudad de Chota, que según el Portal Escala del Ministerio de Educación [6], existen 5 instituciones educativas: Abel Carbajal Perez, Almirante Miguel Grau, San Juan, Sagrado Corazón de Jesús, Santa Rafaela María La muestra estuvo conformada por la institución educativa pública San Juan del nivel secundario de la ciudad de Chota. Las técnicas utilizadas fueron la observación directa y el análisis documental, mientras que los instrumentos de recolección de datos fue una ficha de Benedetti Petrini, la escala de Hirosawa, ficha del Fema P-154, programa Etabs.

Ubicación de la ciudad de Chota (ver Figura

1):

Z: 2383 msnm

E: 759579.72

S: 9274050.23

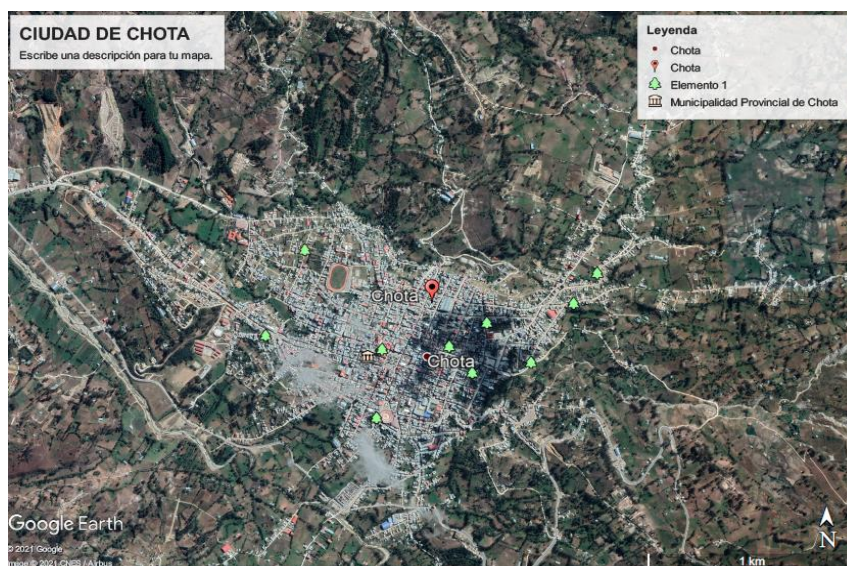


Figura 1. Vista satelital de la ciudad de Chota. Fuente: Google Earth pro (2023)

3.1. Método de Benedetti Petrini

Se emplean formularios que constan de 11 parámetros y se realizan según su sistema estructural, brindando un valor denominado índice de vulnerabilidad [2]:

1. Organización del Sistema Resistente
2. Calidad del Sistema Resistente
3. Resistencia Convencional
4. Posición del Edificio y Cimentación
5. Diafragmas Horizontales
6. Configuración en Planta
7. Configuración en Elevación
8. Distancia máxima entre los muros
9. Tipo de Cubierta
10. Elementos no estructurales
11. Estado de conservación

3.2. Método de Hirosawa

La metodología de Hirosawa evalúa la vulnerabilidad sísmica de edificios, especialmente aquellos de concreto armado. Se basa en la comparación de dos índices: el índice de resistencia proporcionada por el edificio (I_s) y el índice de resistencia demandada por el sismo (I_{so}), determinando si la estructura es sísmicamente segura. El criterio de seguridad se basa en que, si I_s es

mayor o igual que I_{so} , el edificio se considera sísmicamente seguro. Si I_s es menor que I_{so} , se considera inseguro. Se centra en el análisis del comportamiento sísmico de cada piso del edificio, considerando las direcciones principales de la planta [3].

3.3. Método FEMA P-154

A través de esta metodología se puede realizar una evaluación de vulnerabilidad sísmica de acuerdo a formatos estimados en el manual. Manual FEMA P-154. Para la interpretación de resultados, la puntuación inicial, los factores de ajuste y el puntaje final se relacionan con la probabilidad de que la estructura experimente fallos. Las calificaciones varían en un intervalo de 0 a 7, donde una puntuación más alta exhibe una mayor capacidad de resistencia sísmica [4].

3.4. Método FEMA 440 Pushover

El Método FEMA 440 se basa en el análisis Pushover, es una técnica de análisis estructural no lineal utilizada para evaluar el comportamiento de estructuras ante cargas sísmicas [5]. Este método permite:

- Modelar el comportamiento no lineal de estructuras

- Generar la curva de capacidad
- Evaluar el desempeño sísmico

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Método Benedeti Petrini

Se estudió el índice de vulnerabilidad (I_v) obtenido de la evaluación de los 11 parámetros en el pabellón de la institución (ver Tabla 1).

Tabla 1. Índice de Vulnerabilidad del Pabellón D. Fuente: los autores

Parámetros	Clase K_i				Peso W_i	KwI
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente	0				1	0
2. Calidad del Sistema Resistente	0				0,25	0
3. Resistencia Convencional				45	1,5	67,5
4. Posición del Edificio y Cimentación		5			0,75	3,75
5. Diafragmas Horizontales	0				1	0
6. Configuración en Planta		5			0,5	2,5
7. Configuración en Elevación	0				1	0
8. Distancia máxima entre los muros	0				0,25	0
9. Tipo de Cubierta	0				1	0
10. Elementos no estructurales		5			0,25	2,5
11. Estado de conservación	0				1	0
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD = 76,25						

Tabla 2. Intervalo para asignar la vulnerabilidad. Fuente: [7]

Intervalo	Vulnerabilidad
0 hasta 95,63	Baja
95,63 hasta 191,30	Media Baja
191,30 hasta 286,30	Media Alta
286,30 hasta 382,50	Alta

De acuerdo a los resultados observados por este Método de Benedeti Petrini se observa que el grado de vulnerabilidad sísmica del pabellón D de la I.E. San Juan es baja con un puntaje de 76,25, el cual se encuentra dentro de los puntajes de 0 a 95,63 establecido por el método y visualizado según la Tabla 2.

Es de considerar que el método también se aplicó el Método de Benedeti Petrini en otras instituciones educativas de la zona, la mayoría de las instituciones presentan vulnerabilidad sísmica baja, y algunos módulos específicos muestran vulnerabilidad media a baja, lo que representa un riesgo significativo. Las instituciones analizadas fueron Institución Educativa Virgen Asunta: Vulnerabilidad baja, con módulos C y D en nivel medio-bajo. Institución Educativa Isabel Lynch de Rubio: Vulnerabilidad baja, con módulos D y E en nivel medio-bajo. Institución Educativa

Seminario Jesús María: Vulnerabilidad baja general. Instituciones en el Centro Histórico de Trujillo. Factores como materiales de construcción y mano de obra deficiente comprometen la seguridad estructural [8, 9, 10, 11, 12].

4.2. Método de Hirosawa

En la Tabla 3 se observa que el índice de vulnerabilidad es de 4,07 en el primer piso, y de 10,97 en el segundo piso, el índice de juicio estructural en ambos pisos es de 2,53, por lo que de acuerdo al Método de Hirosawa el Is, es mayor al Iso, por lo tanto, la estructura es No Vulnerable. En el caso del Método de Hirosawa, resultados opuestos obtuvieron en el estudio realizado por De la Cruz Díaz et al. [13], y E. A. Villar Gallardo et al. [14], quienes encontraron que los módulos de las instituciones educativas en algunas ciudades de Perú, son vulnerables ante acciones sísmicas, aplicando el Método de Hirosawa. Así también, el estudio realizado por Quieroz Rodríguez y Pedraza [15] quien aplicó el Método Hirosawa, obtuvo como resultados que el 49% de colegios son vulnerables y el otro 51% son seguros.

Tabla 3. Comparación entre los Índices de vulnerabilidad y juicio estructural. Fuente: los autores

DIRECCIÓN	PISO	Is	Iso	Estado
X-X y Y-Y	2°	10,97	2,53	No vulnera
X-X y Y-Y	1°	4,07	2,53	No vulnera

Los resultados encontrados se deben a que la institución educativa Abel Carbajal Pérez, presenta características del concreto como la resistencia a la compresión es de $f'c=210$ kg/cm², el Módulo de Elasticidad (E): 2173706,51 kg/cm² para un $f'c=210$ kg/cm², el Módulo de Poisson (μ): 0,20, el Peso específico (γ_C): 2400 kg/m³.

4.3. Método FEMA P-154

Según el Método FEMA P-154, el puntaje

final obtenido para la edificación estudiada es de $S=4$. De acuerdo con este método, para una puntuación final S , hay una probabilidad de 1 en 10 S de que el edificio colapse bajo acción sísmica. En este caso, con una puntuación final de $S=4$, la probabilidad de colapso es de 1 en 1333,33. Para determinar la vulnerabilidad mediante el método, se aplicó una evaluación rápida para sismos de intensidad moderada, considerando factores como el tipo de suelo, el uso de la edificación y su período de construcción. Este método consiste en asignar puntuaciones a distintos parámetros tras la inspección del módulo y sumarlos. Como resultado, la estructura no requiere una evaluación más detallada, ya que la puntuación obtenida es superior a 2 (ver Figura 2).

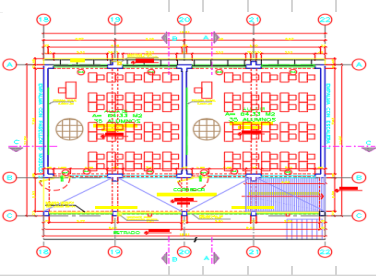
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA SEGÚN EL MÉTODO FEMA 154																					
ING:		DONALD GORKI COLLANTES DELGADO																			
UBICACIÓN:		AV. INCA GARCILAZO DE LA VEGA																			
EDIFICACIÓN EVALU.		I.E. SAN JUAN																			
MÓDULO EVALUADO		D																			
		NOMBRE DEL EDIFICIO:																			
		Dirección: Av. Inca Garcilazo de la Vega																			
		Zona sísmica: 3																			
		Número de Pisos: 2																			
		Año de construcción: 2012																			
		Inspector: Donald Gorki Collantes delgad																			
																					
OCUPACIÓN		TIPO DE SUELO										ELEMENTO DE RIESGO DE CAER									
Sala pública	Gobie N° de perso	A	B	C	D	E	F							Chime Parapetos Reforzamiento							
Oficina	Come 0-10 11-10	Roca	Roc	Suel	Suel	Suel	Suel														
Histórico	Reside 101-1000	dura	a	o	o	o	o							Otros: Eq. Médico, comp							
Industrial	Coleg 1000+																				
Serv. Emergencia																					
TIPO DE EDIFICIO	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM						
			MRF	BR	LM	SW	RC	URM	MRF	SW	URM	TU		FD	RD						
PUNTAJE BÁSICO	7.4	4.8	4.6	4.8	5	4.4	4.8	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.8	4.6					
ALTURA MEDIANA	N/A	N/A	0.2	0.4	N/A	0.2	-0.2	0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.6					
ALTURA ALTA	N/A	N/A	1	1	N/A	1	1.2	1	0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0	N/A	-0.6					
IRREGULARIDAD VERTICAL	-4	-3	-2	-2	N/A	-2	-2	-1.5	-2	-2	N/A	-1.5	-2	-1.5	-2	-1.5					
IRREGULARIDAD EN PLAN	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-1	-0.8	-0.8					
PRECÓDIGO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A					
Post- Benchmark	0	0.2	0.4	0.6	N/A	0.6	N/A	0.6	0.4	N/A	0.2	N/A	0.2	0.4	0.4	0.4					
Suelo Tipo C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0	-0.2	-0.4					
Suelo Tipo D	-1	-0.8	-1.4	-1.2	-1	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1	-1	-0.8	-0.8	-0.8					
Suelo Tipo E	-1.8	-2	-2	-2	-2	-2.2	-2	-2	-2	-2	-2	-1.8	-2	-1	-1.6	-1.4					
Puntaje final S																					
COMENTARIOS																	QUIERE EVALUACIÓN				
																	SI			NO X	

Figura 2. Resultado de Evaluación por Método FEMA 154. Fuente: los autores

El método establece que una puntuación mayor a 2 indica un desempeño aceptable de la edificación bajo una acción sísmica. Por lo tanto, con una puntuación de $S=4$, la edificación se considera aceptable en términos de resistencia sísmica según el Método FEMA P-154, por lo que no sería necesario realizar un análisis más detallado de acuerdo con este método. Se determinó que la edificación no presenta irregularidades en altura ni en planta, con una estructura de pórticos de concreto resistente al momento (C1) y un puntaje base de 4. Construida en 2015 sobre suelo tipo E, se le asigna una penalización de -1.4. Los resultados indican que la estructura es estable y no requiere una evaluación más detallada.

Cabe resaltar que, en evaluaciones de edificaciones educativas en ciudades del Perú, Soto Raico [16] encontró que del análisis por el Método FEMA P-154 la estructura obtuvo un puntaje de 4 por lo que no requiere un estudio detallado. Así mismo, F. Rodríguez, [17] determinó que la IEP N° 86269 María Auxiliadora y IEP Nuestra Señora de las Mercedes, por los métodos de vulnerabilidad un nivel no vulnerable en ambas instituciones educativas y respectivos pabellones en estudio. El estudio realizado por J. Burga y J.

Goicochea [18] determinó que las instituciones educativas con la aplicación del Método FEMA P-154, presentan vulnerabilidad alta con un 39,81%, vulnerabilidad baja con un 0,06%. Así también Q. Arana [19] encontró que la I.E. N°80818 J.B.G. presenta un alto grado de vulnerabilidad sísmica.

4.4. Método FEMA 440 Pushover

En la Figura 3 se aprecia la curva de capacidad de la estructura de la institución educativa San Juan según el método Pushover, para la dirección X, se observa el desplazamiento versus el cortante en la base de la estructura de la institución educativa, el desplazamiento máximo es de 19,23 cm y un cortante de 66509,681 kN, en este momento la estructura se encuentra en el régimen inelástico. Mientras que para la dirección Y, se observa en la Figura 4 el desplazamiento versus el cortante en la base de la estructura de la institución educativa, el desplazamiento máximo de 0,28 cm y un cortante de 14325,211 kN, en este momento la estructura se encuentra en el régimen inelástico próximo al colapso.



Figura 3. Desplazamiento vs cortante en la base para la dirección X. Fuente: los autores

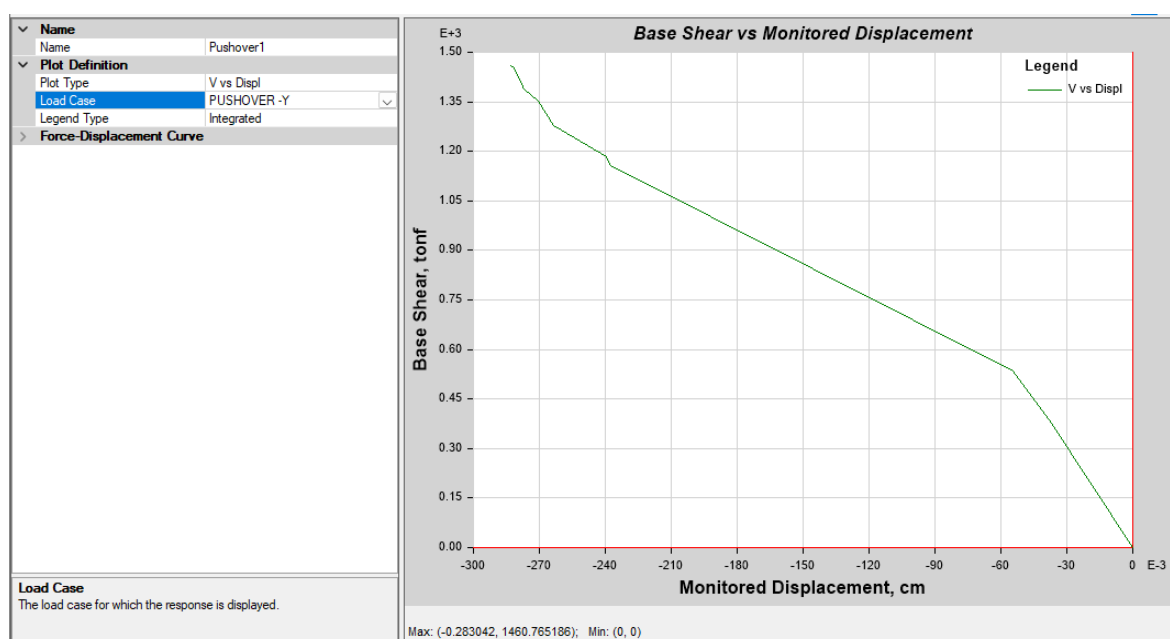


Figura 4. Desplazamiento vs cortante en la base para la dirección Y. Fuente: los autores

Al utilizar la metodología de Pushover los resultados de este estudio indican que la institución educativa San Juan fue construida de acuerdo con los estándares sismorresistentes adecuados, ya que fue construida en el año 2015. Investigaciones previas identificaron una predominancia de rótulas plásticas en estado de seguridad de vida, lo que implica una pérdida de rigidez sin comprometer la estabilidad estructural. Además, la curva de capacidad mostró un desplazamiento de 0,069 cm y una fuerza cortante de 4314,932 kN, indicando una deformación mínima ante cargas sísmicas [20].

En otro estudio se determinó que la capacidad sismorresistente en la dirección X-X presenta un cortante de 966,935 kN y un desplazamiento de 5,982 cm, lo que no cumple con los requisitos de la norma E.030 ni con los estándares de FEMA y ATC-40, pues la edificación no garantiza ocupación inmediata tras un sismo severo. En la dirección Y-Y, se registró una cortante basal de 3849,993 kN y un desplazamiento de 3,03 cm, lo que indica fallas en los muros de albañilería confinada [21].

Como se puede observar en los resultados de diversos estudios realizados son diferentes a

los encontrados en esta investigación, esto debido a que probablemente los edificios construidos son antiguos, en cambio el edificio estudiado fue construido en el año 2015.

5. CONCLUSIONES

La institución educativa San Juan tiene un valor de 76,25 por lo que el grado de vulnerabilidad de acuerdo al Método de Benedetti Petrini es baja. Por otro lado, en la dirección X-X como en la dirección Y-Y según Hirose es No Vulnerable, ya que el Iso es menor al Is.

La institución se evaluó según el Método FEMA P-154, y se obtuvo una puntuación final S=4 hay una probabilidad de 1 en 1330, que el edificio colapse bajo acción sísmica. Por lo que, al tener una puntuación mayor a 2 la edificación tendría un desempeño aceptable bajo una acción sísmica. Se evaluó la curva de desplazamiento vs el cortante para la dirección XX obteniéndose que el desplazamiento máximo es de 19,23 cm y un cortante de 6650,968 kN, en este momento la estructura se encuentra en el régimen inelástico próximo al colapso y, para la dirección YY se obtuvo el desplazamiento máximo de 0,28 cm y un cortante de 14325,211 kN, en este momento la estructura se encuentra en el régimen inelástico próximo al colapso.

6. FINANCIAMIENTO

La investigación que ha dado origen a este artículo no ha recibido el aporte financiero de ninguna fuente.

7. AGRADECIMIENTOS

Al director de la Institución educativa San Juan de Chota por permitir realizar el presente trabajo de investigación,

8. CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

9. REFERENCIAS

- [1] B. Serrano Lanzarote y R. Temes Córdovez, “Vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Valenciana”, *Informes de la Construcción*, vol. 67, n° 539, 2015
- [2] D. Benedetti y V. Petrini, “*Sulla vulnerabilità sismica di edifici in muratura: Prioste di un método di valutazione, L’industria delle Costruzioni*”, Roma, Italia, 1984
- [3] M. Hirosawa, “*Retrofitting and restoration of buildings in Japan*”, IISEE Lecture Note of Seminar Course, Tsukuba, Japan”, 1992
- [4] FEMA P-154, “*Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*”, 3ra. Edición, Washington, D.C., EUA, 2015
- [5] FEMA 440, “*Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures*”, Washington D.C., EUA, 2005
- [6] Portal Escale del Ministerio de Educación, “*Escalé*”, Disponible en: <http://escalé.minedu.gob.pe/padron-de-ieee>, 2024
- [7] F. Yépez, “*Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación*”, Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona, España, 1996
- [8] C. Moreto Tuesta, M. J. Mechato Jiménez y G. A. Díaz Jáuregui, “Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de Benedetti-Petrini”, *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, vol. 4, n° 2, p. 9, 2021
- [9] M. J. Cardoza Ruiz, D. T. Castillo Chunga y L. E. Ordinola Enriquez, “Evaluación estructural aplicando el método Benedetti Petrini en la I.E 14120 - Chapairá-Castilla-Piura-2022”, Trabajo de Grado, Universidad César Vallejo Perú, 2022
- [10] S. Abanto Valdivia y D. J. Cardenas Cruz, “Determinación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método de Benedetti - Petrini en las instituciones educativas del Centro Histórico de Trujillo, Provincia de Trujillo, Región La Libertad”, Trabajo de Grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2016
- [11] C. Moreto Tuesta, M. J. Mechato Jiménez, y G. A. Díaz Jáuregui, “Vulnerabilidad sísmica estructural de instituciones educativas públicas, aplicando el método de Benedetti-Petrini», *Rev. Cient. UNTRM, Cienc. Nat. Ing.*, vol. 4, n.º 2, pp. 57–65, ago. 2021
- [12] O. O. Narro Vasquez y J. C. García Razuri, «*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método Benedetti-Petrini en las instituciones educativas en el distrito de Cupisnique-Contumazá-Cajamarca, 2020*», Trabajo de Grado, Universidad César Vallejo, Perú, 2020
- [13] D. R. De la Cruz Díaz, S. P. Muñoz Pérez y N. H. Marín Bardales, “Evaluación del índice de daño mediante Hirosawa para determinar la vulnerabilidad sísmica en los centros educativos en la Victoria, Chiclayo”, *Epistemia*, vol. 5, n° 1, p. 16, 2021
- [14] V. M. Aguirre Paulini, A. A. Sandoval Valenzuela, E. A. Villar Gallardo, y J. M. Oblitas Santa María, “*Vulnerabilidad sísmica aplicando el método Hirosawa en la institución educativa Elvira García y*

- García – Chiclayo – Perú”, Trabajo de Grado, Universidad san Martín de Porres, Perú, Lima, 2019 2018
- [15] J. B. Quiroz Rodriguez y J. D. Pedraza Franco, “*Análisis de vulnerabilidad sísmica basado en el método Hirosawa para los colegios públicos secundarios del distrito de Chiclayo – Lambayeque*”, Trabajo de Grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2020
- [16] E. E. Soto, “*Comparación de los métodos: fema 154, Hirosawa y demanda - resistencia para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa – Baños del Inca*” Trabajo de Grado, Universidad Privada del Norte, 2018
- [17] F. M. Javier Rodriguez, “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de las instituciones educativas públicas del distrito de Carhuaz, Áncash*”, Universidad César Vallejo, Áncash, Perú, 2021
- [18] J. H. Burga Irigoín y J. Goicochea Aguilar, “*Vulnerabilidad sísmica y estructural en las instituciones educativas públicas de nivel primario y secundario de la ciudad de Íllimo*”, Trabajo de Grado, Universidad Señor de Sipán, Perú, 2020
- [19] Á. E. Arana Quispe y C. A. Ríos Sierra, “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la institución educativa N°80818 “Jorge Basadre Grohmann” - Distrito Florencia de Mora*”, Universidad César Vallejo, Perú, 2020
- [20] F. A. Reyes Roque y L. I. Mercedes Soberanis, “*Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura educativa de Coyllur, ciudad de Huaraz - región Ancash 2018*”, Trabajo de Grado, Universidad César Vallejos, Perú, 2018
- [21] W. Fernandez Hoyos, “*Análisis Pushover para evaluar el desempeño sísmico de una Institución Educativa en el Centro Poblado Yungasuyo, Provincia Utcubamba – Amazonas*”, Trabajo de Grado, Universidad César Vallejos, Perú,