

Seismic vulnerability and structural reinforcement of public educational institutions in a Peruvian province with seismic risk

Freddy Michel Javier Ramírez, Estudiante¹, Marco Antonio Cerna Vásquez, Magíster², and Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor¹

¹Universidad César Vallejo (UCV). Huaraz, Perú. fjavierr@ucvvirtual.edu.pe

²Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. mcernav@ucvvirtual.edu.pe

³Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. ssotoa@ucv.edu.pe

Abstract— One of the Sustainable Development Goals (SDG) is to achieve quality education for all, and building and adapting educational facilities for children that offer safe learning environments is one of the goals. In this research, the objective is to evaluate the seismic vulnerability of public educational institutions in a Peruvian province with seismic risk, as well as to develop a proposal for structural reinforcement in institutions. For the evaluation, the methods were applied: FEMA 154 and Benedetti-Petrini and Hirose. Two public educational institutions in a Peruvian province with seismic risk were evaluated, finding that the pavilions of these institutions present a non-vulnerable level, where one did not meet the mechanical strength of concrete and the other did not meet the requirements of Standard E. 030 of Seismic Resistant Design with the support of Etabs software. Subsequently, the information obtained was processed and it was determined that educational institutions from a constructive and structural approach present notable differences, and it is necessary for the Regional Government to establish engineering studies in these infrastructures as a priority to safeguard the lives of children and young people. close to the return of post-pandemic educational presence.

Keywords—Earthquake, Education, Quality of education, Security.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.493>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de instituciones educativas públicas de una provincia peruana con riesgo sísmico

Seismic vulnerability and structural reinforcement of public educational institutions in a Peruvian province with seismic risk

Freddy Michel Javier Ramírez, Estudiante¹, Marco Antonio Cerna Vásquez, Magíster², and Segundo Eloy Soto Abanto, Doctor¹

¹Universidad César Vallejo (UCV). Huaraz, Perú. fjavierr@ucvvirtual.edu.pe

²Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. mcernav@ucvvirtual.edu.pe

³Universidad César Vallejo (UCV). Trujillo, Perú. ssotoa@ucv.edu.pe

Resumen – Uno de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) es alcanzar una educación de calidad para todos, y el construir y adecuar instalaciones educativas para los niños que ofrezcan entornos de aprendizaje seguro es una de las metas. En esta investigación el objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de una provincia peruana con riesgo sísmico, así como, elaborar una propuesta para el reforzamiento estructural en las instituciones. Para la evaluación se aplicó los métodos: FEMA 154 y Benedetti-Petrini e Hiroswawa. Se evaluaron 2 instituciones educativas públicas en una provincia peruana con riesgo sísmico, encontrando que los pabellones de estas instituciones presentan un nivel no vulnerable, donde una no cumplió con la resistencia mecánica de concreto y la otra no cumplió con las exigencias de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente con el apoyo del software Etabs. Posteriormente se procesó la información obtenida y se determinó que las instituciones educativas desde un enfoque constructivo y estructural presentan notables diferencias, siendo necesario que el Gobierno Regional, establezca como prioridad los estudios de ingeniería en estas infraestructuras para salvaguardar la vida de los niños y jóvenes, próximos al retorno de la presencialidad educativa post pandemia.

Palabras clave—Sismo, Educación, Calidad de la educación, Seguridad.

I. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de la calidad educativa para los niños, es necesario establecer medidas que permitan brindarles condiciones seguras para su desarrollo [1], por lo que urge evaluaciones de vulnerabilidad a las instituciones educativas y alternativas de solución al encontrarse niveles de riesgo no deseados.

En estudios realizados en instituciones educativas de América Latina, se encontró casos donde las estructuras de las escuelas presentaban vulnerabilidad, en niveles medio y alto [2], en algunos casos las vigas y columnas cumplían con el

diseño estructural especificado, pero los refuerzos de acero indicados en planos no se ajustan a un modelamiento sísmico [3].

Existen instituciones educativas que presentan altos niveles de vulnerabilidad [4], debido al desconocimiento de los diseños sismorresistentes y la aplicación de normas relacionadas. En diversas evaluaciones se encontró patologías como: fisuras, grietas y otras en sus estructuras, así como la falta de señales de zonas seguras, evacuación y de peligro.

En Carhuaz, provincia peruana, ubicada en la zona 3 según la Norma Técnica Peruana E. 030, se hace de vital importancia el análisis de vulnerabilidad sísmica en sus edificaciones, en especial las de servicio educativo, por el riesgo de las pérdidas humanas que por sus características carecen de respuestas para sobrellevar un evento sísmico de gran magnitud.

En Carhuaz, se identificó la existencia de instituciones educativas sin estudios de vulnerabilidad sísmica. Ante un eventual sismo, puede provocar daños en las edificaciones educativas [5]. Incluso, se determinó la presencia de edificaciones construidas de manera informal colindantes a las instituciones, sin diseño sismorresistentes y con materiales de mala calidad [6].

Si bien es cierto, no se han presentado eventos sísmicos de gran intensidad como en la década de los setentas, la provincia de Carhuaz se ubica en el anillo de fuego del Pacífico y se encuentra sobre la placa de Nazca y Sudamericana, reconocida por su alta actividad tectónica y sísmica [7].

En esta investigación el objetivo es evaluar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas del distrito de Carhuaz y elaborar una propuesta para el reforzamiento estructural de dichas instituciones.

II. MARCO TEÓRICO

En la referencia [8], se definió a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica como: “una necesidad en las nuevas aplicaciones de la ingeniería sismorresistente en estructuras

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.493>

ISBN: 978-628-95207-0-5 ISSN: 2414-6390

basadas en las actualizaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)”. Así mismo, en la referencia [9], se indicó que la vulnerabilidad estructural: “describe a los daños que sufren los cimientos, columnas, vigas, losas y muros”.

La evaluación de patologías en edificaciones, consiste en: “evaluar lesiones físicas, químicas y mecánicas, la finalidad de la observación visual será para determinar el nivel de grado de daño de los elementos de la infraestructura” [10].

En las edificaciones las patologías son consideradas las lesiones de tipo físico, químico y mecánico, que se presentan en los elementos estructurales de las construcciones, conocidos también como imperfecciones que se pueden observar. En la tabla 1, se muestra la calificación de acuerdo al grado de severidad para la evaluación de estas patologías.

TABLA 1
GRADO DE SEVERIDAD PARA EL DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS EN EDIFICACIONES

Severidad	Grado
$0 \leq S \leq 40\%$	Baja
$41\% \leq S \leq 60\%$	Media
$61\% \leq S \leq 100\%$	Alta

Esta clasificación de patologías es utilizada en la evaluación de infraestructuras de instituciones educativas [11].

El método cualitativo en Estados Unidos se le conoce como FEMA 154, cuya finalidad es determinar si una edificación requiere o no de un reforzamiento estructural de manera rápida y visual. La evaluación se realiza de acuerdo a los siguientes resultados: si el índice de evaluación es menor o igual que 2, se tiene que hacer uso de una metodología más detallada para el análisis de la infraestructura; si el índice de evaluación es mayor que 2, la infraestructura no requiere de un análisis detallado.

Para el recojo de información, se utiliza el Formato FEMA 154, que es una ficha de inspección visual rápida de edificaciones con amenazas sísmicas potenciales, en donde se recoge información como tipo de suelo, tipo de edificio, dimensiones, ocupación, entre otros.

Según lo manifestado en la referencia [12] se indica que “Benedetti – Petrini es el método de índice de vulnerabilidad conocido por su gran aplicación en varios países y al ser un método sencillo y adaptable al RNE con sus 11 parámetros de evaluación”. En la tabla 2 se indica los parámetros mencionados.

TABLA 2
PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN DEL MÉTODO BENEDETTI-PETRINI, 1984

Parámetro	Ki.A A	Ki.B B	Ki.C C	Ki.D D	Wi Wi
Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1
Configuración en planta	0	5	25	45	0.5

Configuración en elevación	0	5	25	45	1
Distancia máxima en muros	0	5	25	45	0.25
Tipo de cubierta	0	15	25	45	1
Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
Estado de conservación	0	5	25	45	1

Para la referencia [13]: el método de Hirosawa aplicado en edificaciones: “es la estimación de su última resistencia en cuanto a su comportamiento de la estructura frente a un evento sísmico finalmente obteniendo la vulnerabilidad estructural del edificio”.

Este método se basa en dos consideraciones para la evaluación de la vulnerabilidad en edificaciones: para un comportamiento seguro frente a un sismo, el índice de vulnerabilidad estructural (Is) debe ser mayor e igual que el índice de juicio estructural (Iso); para un comportamiento inseguro frente a un sismo, el Is debe ser menor que el Iso.

Esta metodología evalúa el nivel de vulnerabilidad sísmica de una edificación y sus respectivos elementos el principal objetivo es determinar los dos índices, el primero es su componente de tipo estructural y el segundo de juicio estructural o capacidad sísmica, y con ello se obtiene si la edificación es segura o insegura frente a un evento sísmico, determinado finalmente la vulnerabilidad.

Para un adecuado diseño de una edificación se aplica el RNE, con sus respectivas normas: Norma Técnica E.020 correspondiente al de Cargas, Norma Técnica E.030 el de Diseño Sismorresistente, Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones y la Norma Técnica E.060 de Concreto Armado con ello se garantiza un diseño adecuado estructuralmente.

El reforzamiento de muros de corte influye en la modificación global de la edificación. El procedimiento se basa en construir las denominadas placas, para ello es necesario la demolición total o parcial de los muros de albañilería, y como resultado se logra el incremento de la resistencia a todas las fuerzas en ese sentido.

El encamisado de concreto es un tipo de reforzamiento muy utilizado. Esto se practica cuando la sección no es suficiente para poder transmitir las cargas. El procedimiento constructivo es realizar el vaciado de la columna sobre la existente, cumpliendo que este concreto tiene una resistencia superior a la resistencia existente.

III. PROCESO

A. Identificación de patologías

Para realizar el diagnóstico de las patologías en las instituciones educativas se consideraron once tipos de lesiones divididas en tres grupos, como se muestra a continuación:

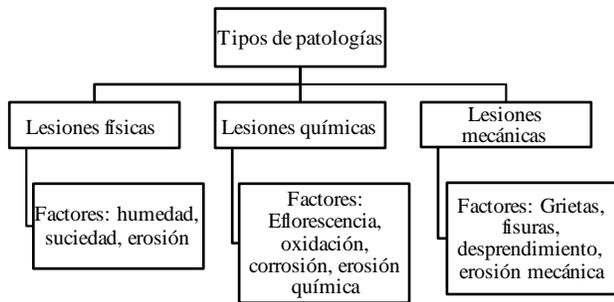


Figura 1. Tipos de patologías en las edificaciones

En cuanto a los estudios de ingeniería básica como es el caso de la mecánica de suelos, se evaluaron cinco características esenciales en cumplimiento de la norma E.050, con el objetivo de determinar correctamente los parámetros sísmicos que exige la norma E.030 de diseño sismorresistente.

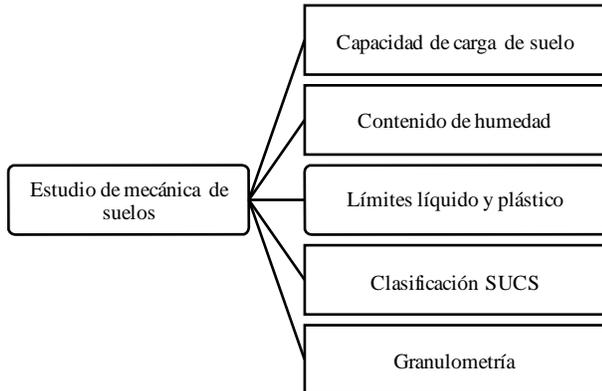


Figura 2. Estudios de mecánica de suelos realizados en las edificaciones.

B. Métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica

Los métodos que se utilizaron corresponde a Método FEMA 154, Método Benedetti – Petrini y Método Hiroswawa. La siguiente imagen muestra las condiciones a evaluarse en las edificaciones de concreto.

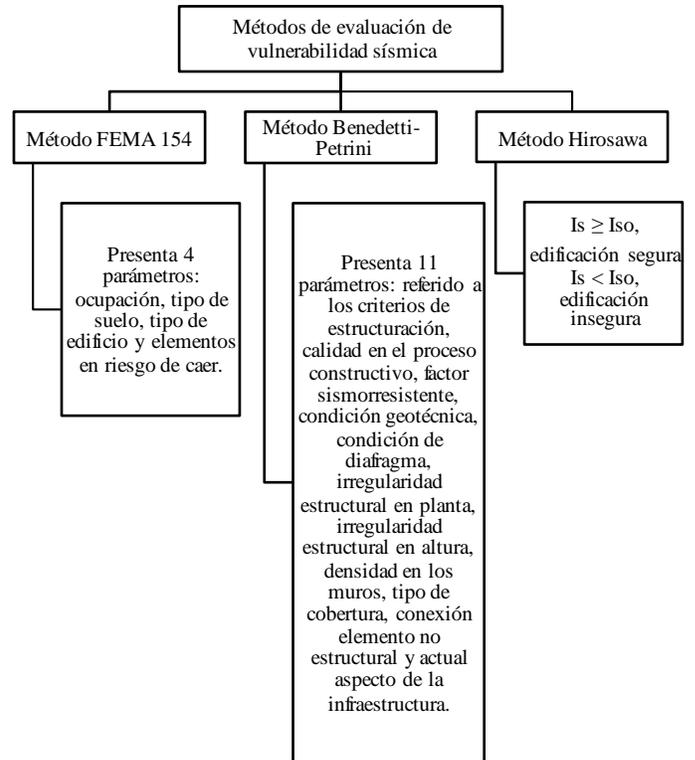


Figura 3. Métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica

C. Resistencia de compresión axial del concreto

Este procedimiento se basó en verificar la resistencia mecánica de los materiales de la infraestructura, para ello se realizaron los ensayos de esclerometría, y luego se verificó el esfuerzo de diseño de concreto que se ilustra en los planos estructurales de las edificaciones educativas.

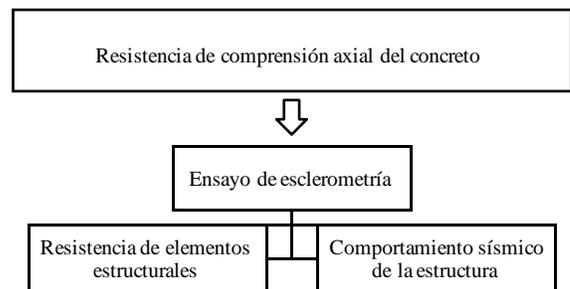


Figura 4. Proceso de evaluación de resistencia de compresión axial

D. Análisis estático y dinámico según norma E.030

Después de haber realizado el análisis del estudio de mecánica de suelos según los datos de todos los parámetros sísmicos, se realizó un análisis sísmico; es decir, un análisis estático y dinámico. En el análisis estático se trabajó como un

primer parámetro la norma E.030. En el análisis dinámico, una vez obtenido los datos del análisis estático, se procedió a realizar los cálculos de modos de vibración, desplazamientos, los que fueron obtenidos según el software Etabs.

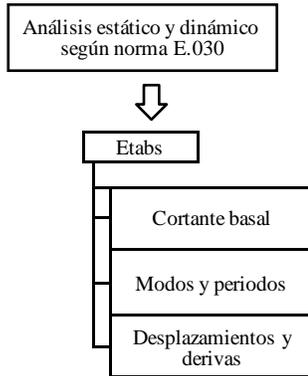


Figura 5. Proceso de análisis estático y dinámico según norma E.030

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Diagnóstico de patologías en instituciones educativas

Se evaluó la institución educativa A (IEA) y la institución educativa B (IEB), codificadas a fin de mantener la confidencialidad de la información recopilada. A continuación, se presenta el análisis de manera separada.

Para el caso de la IEA, presentó 2 pabellones de sistema estructural mixto. Los resultados fueron los siguientes:

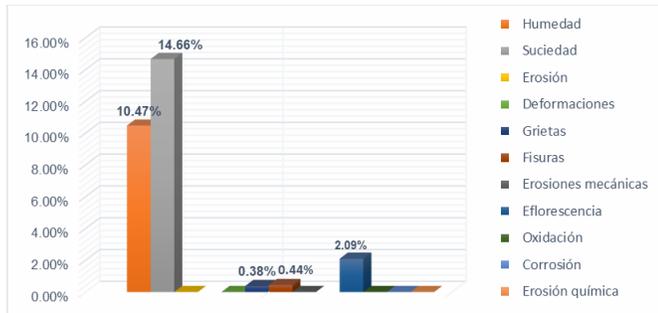


Figura 6. Resultado de evaluación institución educativa A - pabellón A.

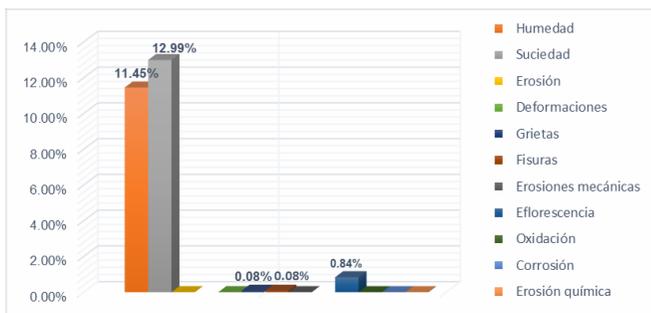


Figura 7. Resultado de evaluación institución educativa A - pabellón B.

Se observó que, la principal afectación de la institución educativa A corresponde a humedad y suciedad. El grado de severidad se calificó como baja.

De igual forma, la IEB, presentó 2 pabellones de sistema estructural mixto. Los resultados fueron los siguientes:

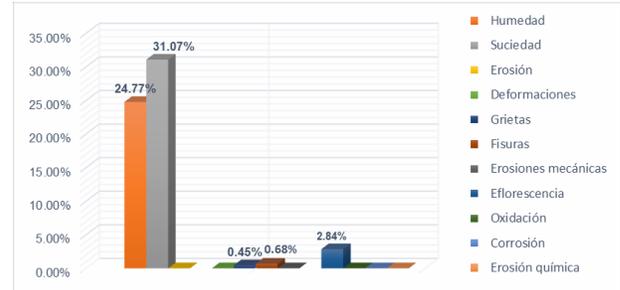


Figura 8. Resultado de Evaluación institución educativa B - pabellón A.

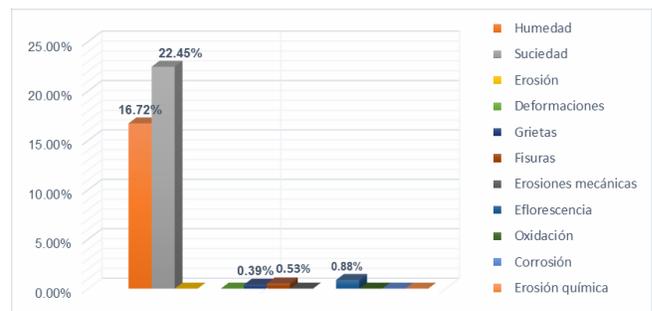


Figura 9. Resultado de evaluación institución educativa B - pabellón B.

Las figuras muestran que la principal afectación de la institución B corresponde a humedad y suciedad. El grado de severidad es media.

B. Estudio de Mecánica de Suelos

Se realizaron los ensayos de acuerdo a la norma E.050 suelos y cimentaciones artículo 16 del RNE. Se realizaron 2 calicatas para cada institución educativa.

TABLA 3
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO DE LA INSTITUCIÓN A EN SUS PABELLONES A Y B

Calicata	C-1 (Pab A)	C-2 (Pab B)	
Tipo de muestra	Mab. 01	Mab. 01	
Capacidad de carga del suelo (kg/cm ²)	1.13	1.12	
Peso específico relativo de sólidos (S _s)	2.63	2.66	
Contenido de humedad (W%)	6.71	6.47	
Límites de consistencia	L.L	19.23	23.16
	L.P	14.45	16.05
	I.P	4.78	7.11

Análisis granulométrico por tamizado	% grava	20.13	22.14
	% arena	39.98	34.83
	% finos	39.9	43.03
	Cu	-	-
	Cc	-	-
Clasificación unificada de suelos (SUCS)	SM-SC	SC	
Estructura	Cimentación	Cimentación	

Para el pabellón A de la IEA, se observó que la capacidad de carga del suelo es de 1.13 kg/cm², según la clasificación unificada de suelos (SUCS) es un suelo arena limosa – arena arcillosa. Para el caso del pabellón B, presentó 1.12 kg/cm² de capacidad de carga de suelo con una clasificación unificada de suelos (SUCS) arena limosa.

TABLA 4
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO DE LA INSTITUCIÓN B EN SUS PABELLONES A Y B

Calicata	C-3 (Pab A)	C-4 (Pab B)	
Tipo de muestra	Mab. 01	Mab. 01	
Capacidad de carga del suelo (kg/cm ²)	1.10	1.11	
Peso específico relativo de sólidos (Ss)	2.69	2.64	
Contenido de humedad (W%)	5.10	5.41	
Límites de consistencia	L.L	20.00	20.50
	L.P	14.74	15.45
	I.P	5.26	5.05
Análisis granulométrico por tamizado	% grava	23.25	23.37
	% arena	32.44	37.13
	% finos	43.32	39.50
	Cu	-	-
	Cc	-	-
Clasificación unificada de suelos (SUCS)	SM-SC	SM-SC	
Estructura	Cimentación	Cimentación	

La calicata 3 del pabellón A de la IEB, presentó una capacidad de carga del suelo de 1.10 kg/cm², con una clasificación unificada de suelos (SUCS) de arena limosa – arena arcillosa. Los cálculos obtenidos para el pabellón B son muy parecidos, ya que presenta una capacidad de carga de suelo de 1.11 kg/cm², con una clasificación unificada de suelos (SUCS) de arena limosa – arena arcillosa.

C. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

Las edificaciones en estudio fueron evaluadas por 3 métodos de vulnerabilidad sísmica de connotado renombre y uso.

En lo que corresponde a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica - método FEMA 154, se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA 5
CONSOLIDADO MÉTODO FEMA 154 DE IEA

Pabellón	Nivel	Puntaje final	Vulnerabilidad sísmica
A	1	4.6	Vulnerabilidad baja
A	2	4.6	Vulnerabilidad baja
B	1	4.6	Vulnerabilidad baja
B	2	4.6	Vulnerabilidad baja

La evaluación realizada a los pabellones en estudio no requirió de una evaluación detallada debido al puntaje obtenido; fue mayor a 2.

TABLA 6
CONSOLIDADO MÉTODO FEMA 154 DE IEB

Pabellón	Nivel	Puntaje final	Grado de vulnerabilidad sísmica
A	1	4.6	Vulnerabilidad baja
A	2	4.6	Vulnerabilidad baja
B	1	4.6	Vulnerabilidad baja
B	2	4.6	Vulnerabilidad baja

La evaluación realizada a los pabellones A y B, obtuvo el puntaje final mayor de 2, por tanto, no requirió una evaluación detallada.

De igual forma, se realizó la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por el método Benedetti – Petrini, se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA 7
CONSOLIDADO MÉTODO BENEDETTI-PETRINI DE LA IEA

Pabellón	Nivel	Índice de vulnerabilidad	vulnerabilidad
A	1	42.50	Vulnerabilidad BAJA
A	2	42.50	Vulnerabilidad BAJA
B	1	42.50	Vulnerabilidad BAJA
B	2	42.50	Vulnerabilidad BAJA

Después de aplicar este método y evaluar los 11 parámetros para los pabellones A y B, y tras analizar los resultados, se encontró un calificativo de 42.50 puntos en comparativo a los valores máximos y mínimos que presenta este método se encuentra en un nivel bajo debido a que se encuentra entre los 0 y 127.50, lo cual indica que estos pabellones están considerados con un nivel de vulnerabilidad baja frente a un evento sísmico.

TABLA 8
CONSOLIDADO MÉTODO BENEDETTI-PETRINI DE LA IEB

Pabellón	Nivel	Índice de vulnerabilidad	Vulnerabilidad sísmica
A	1	102.50	Vulnerabilidad baja
A	2	102.50	Vulnerabilidad baja
B	1	102.50	Vulnerabilidad baja
B	2	102.50	Vulnerabilidad baja

Luego de realizar el análisis de resultados según el método en estudio estos pabellones presentaron un calificativo de 102.50, los cuales en comparación con los valores máximos y mínimos de 0 y 127.50 no presentan vulnerabilidad sísmica frente a la presencia de un sismo.

Como último método se utilizó a Hirosawa, teniéndose los siguientes resultados:

TABLA 9
CONSOLIDADO MÉTODO HIROSAWA DE LA IEA

Pabellón	Nivel	Índice de vulnerabilidad estructural	Índice del juicio estructural	Vulnerabilidad
A	1 y 2	0.72	0.06	No es vulnerable
B	1 y 2	0.72	0.06	No es vulnerable

Según los índices: $I_s > I_{so}$, la infraestructura se considera segura y si $I_s < I_{so}$ la infraestructura es inseguro. Por tanto, los pabellones A y B su comportamiento es seguro frente a la presencia de un sismo.

TABLA 10
CONSOLIDADO MÉTODO HIROSAWA DE LA IEB

Pabellón	Nivel	Índice de vulnerabilidad estructural	Índice del juicio estructural	Vulnerabilidad
A	1 y 2	1.34	0.06	No es vulnerable
B	1 y 2	1.34	0.06	No es vulnerable

Teniendo como referencia las consideraciones: $I_s \geq I_{so}$, la infraestructura se considera segura y si $I_s < I_{so}$ la infraestructura es inseguro. Los pabellones A y B presentaron un comportamiento seguro ante la presencia de un evento sísmico.

D. Resistencia a la compresión axial del concreto

Para la IEA se realizó el ensayo de esclerometría aplicándose en las vigas y columnas más críticas de la edificación.

TABLA 11
RESULTADO DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA DE IEA

Pabellón	Punto	fc Resistente	fc Demandante	Evaluación
A	Viga VP 1	245.00	210	Cumple
	Columna C1	143.00	210	No cumple
	Viga VP 2	265.00	210	Cumple
	Columna C2	184.00	210	No cumple
B	Viga VP 1	296.00	210	Cumple
	Columna C1	163.00	210	No cumple
	Viga VP 2	189.00	210	No cumple
	Columna C2	497.00	210	Cumple

Se puede verificar que la estructura no cumple por resistencia mecánica del concreto mínimo, porque el f_c

resistente es menor al f_c demandante. Estos valores obtenidos son muy valiosos y determinantes para una propuesta de mejora o reforzamiento.

En cuanto a la IEB, se tuvieron los siguientes resultados:

TABLA 12
RESULTADO DEL ENSAYO DE ESCLEROMETRIA DE IEB

Pabellón	Punto	fc Resistente	fc Demandante	Evaluación
A	Viga VP 1	296.00	210	Cumple
	Columna C1	214.00	210	Cumple
	Viga VP 2	347.00	210	Cumple
	Columna C2	367.00	210	Cumple
B	Viga VP 1	265.00	210	Cumple
	Columna C1	459.00	210	Cumple
	Viga VP 2	280.00	210	Cumple
	Columna C2	438.00	210	Cumple

En esta edificación se observa que el f_c resistente es mayor al f_c demandante, esto indica que la estructura cumple con la resistencia mecánica del concreto, cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto.

E. Análisis estático y dinámico

Este análisis consiste en el modelamiento de la infraestructura de los pabellones en estudio en su estado actual mediante el software Etabs y en cumplimiento de la norma de diseño sismorresistente E030.

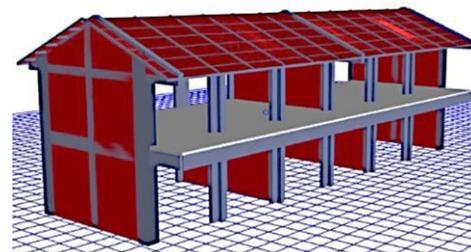


Figura 10. Modelamiento mediante el software Etabs de institución educativa A- pabellón A.

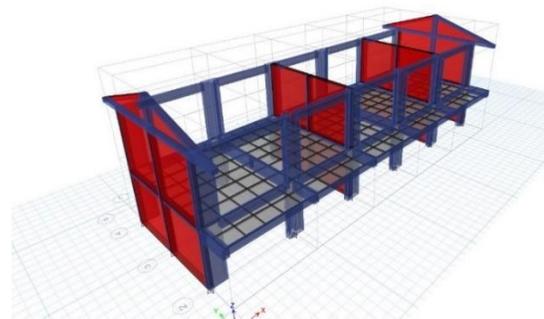


Figura 11. Modelamiento mediante el software Etabs de institución educativa B - pabellón B.

A continuación, se presentan los resultados más importantes para la IEA. Los resultados muestran que la edificación presenta una rigidez en el eje X-X y en el eje Y-Y correcta y aceptable. Por lo que esta estructura no requiere reforzamiento estructural.

TABLA 13
DERIVA DEL ENTREPISO DE LA IEA

Pab	Pisos	hi	Deriva X	Deriva Y	Norma E.030	Control (X/Y)
A	2	3.10	0.000736	0.002333	0.007	Cumple
	1	2.80	0.000254	0.000819	0.007	Cumple
B	2	3.10	0.000736	0.002333	0.007	Cumple
	1	2.80	0.000254	0.000819	0.007	Cumple

En función a la deriva, así como, a los factores de regularidad en altura y planta, no es necesario realizar reforzamiento estructural en dicha edificación.

TABLA 14
DERIVA DEL ENTREPISO DE LA IEB

Pab	Pisos	hi	Deriva X	Deriva Y	Norma E.030	Control E.030 (Y-Y)
A	2	3.35	0.001123	0.012426	0.007	No Cumple
	1	3.35	0.001128	0.011426	0.007	No Cumple
B	2	3.35	0.001125	0.012550	0.007	No Cumple
	1	3.35	0.001129	0.011600	0.007	No Cumple

Se realizó el mismo procedimiento siendo los resultados más importantes de la IEB. En este pabellón según lo muestra la tabla anterior, se observa que en el eje X-X, cumple la rigidez de acuerdo al comparativo realizado con la norma, en cambio, en el eje Y-Y no cumple. Por ello esta infraestructura requiere un reforzamiento estructural.

F. Reforzamiento Estructural

Para el caso de la IEB, se realizó el reforzamiento con muros de corte de 15 cm. de espesor a la estructura del pabellón A. Con ello se incrementa la rigidez y por tanto estas reducirán su vulnerabilidad frente a un evento sísmico

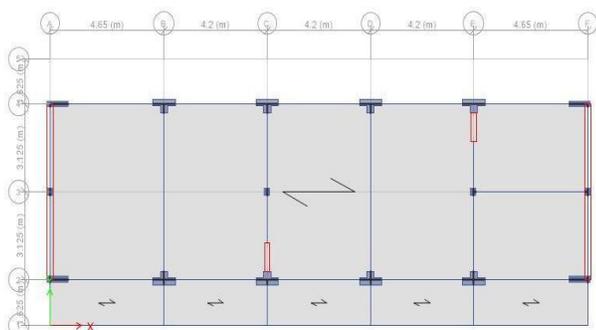


Figura 12. Modelamiento de reforzamiento adición de muros de corte en planta en el Pabellón A

TABLA 15
MÁXIMA DERIVA DEL ENTREPISO DE LA IEB – PABELLÓN A

Máxima deriva del entrepiso						
Pisos	hi	Deriva X	Deriva Y	Norma E.030	Control E.030 (X-X)	Control E.030 (Y-Y)
1	3.35	0.000250	0.001002	0.007	Cumple	Cumple
2	3.35	0.001110	0.003460	0.007	Cumple	Cumple

Para el caso del pabellón A de la institución educativa B, se planteó el reforzamiento mediante el encamisado de concreto a columnas de la estructura para mejorar su desempeño frente a un evento sísmico.

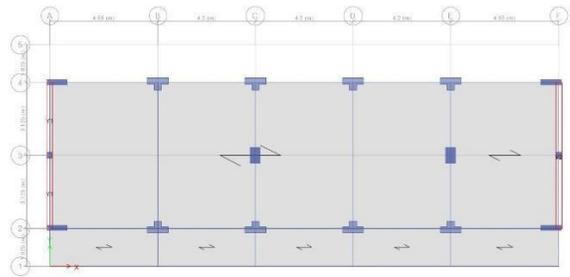


Figura 13. Modelamiento de reforzamiento encamisado de concreto en el pabellón B.

TABLA 16
MÁXIMA DERIVA DEL ENTREPISO DE LA IEB – PABELLÓN B

Máxima deriva del entrepiso						
Pisos	hi	Deriva X	Deriva Y	Norma E.030	Control E.030 (X-X)	Control E.030 (Y-Y)
1	3.35	0.000290	0.001230	0.007	Cumple	Cumple
2	3.35	0.001050	0.004240	0.007	Cumple	Cumple

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las instituciones educativas A y B presentaron un grado de vulnerabilidad sísmica baja según la evaluación por el Método FEMA 154, Método Benedetti – Petrini y Método Hiroswa.

En cuanto a la resistencia a la compresión evaluada por el ensayo de esclerometría, se determinó que no cumplían el 50% de elementos estructurales en la institución educativa A. Esto muestra que el proceso constructivo de las instituciones educativas carece de una adecuada supervisión y control en el diseño de mezclas establecido.

Se concluye que la institución educativa B no cumplen los estándares de deriva de entrepiso según la normativa E.030 Diseño Sismorresistente (superan el límite de distorsión 0.007), De igual forma, presentan irregularidades importantes en planta y altura.

Es de suma importancia que, a puertas de iniciar la presencialidad educativa en la provincia de Huaraz, región de

Ancash, se realicen los estudios estructurales pertinentes, para establecer los reforzamientos o reparaciones necesarias a la infraestructura, con el fin de salvaguardar la vida de los niños y jóvenes.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas. «Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.» <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- [2] A. Giménez, M. Olavarrieta, A. Acero, J. Chong, K. Ramones y L. Reinoza, «Estudio de la vulnerabilidad sísmica cualitativa en instituciones escolares de concreto armado del estado Falcón,» vol. 21, n° núm. 1, 2020.
- [3] E. Soto., «Comparación de los métodos: FEMA 154, Hirosawa y Demanda - Resistencia para evaluar vulnerabilidad sísmica en infraestructura educativa - Baños del Inca,» Cajamarca, 2018.
- [4] C. Sánchez, D. C., K. Mercedes, C. Sánchez, Leyva Chang y J. L., «Un nuevo enfoque para la estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de instalaciones educacionales,» *Revista de arquitectura e ingeniería*, vol. 14, n° 1, 2020.
- [5] Á. Simon, «Vulnerabilidad sísmica en instituciones educativas nivel secundario del distrito de Panao Pachitea-Huánuco,» Huánuco, 2016.
- [6] A. Ruiz, F. Vidal y C. Aranda, «Estudio de la vulnerabilidad sísmica del centro histórico de Tapachula, Chiapas, con el método de Índice de Vulnerabilidad,» vol. 15, 2016.
- [7] J. Alarcón y J. Malqui, «Vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas del distrito de San José – Lambayeque,» Pimentel, 2018.
- [8] M. Kala y J. Blanco, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las infraestructuras educativas de concreto armado en Juliaca y San Miguel, Puno,» Puno, 2018.
- [9] V. Salvatierra, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la Institución Educativa Particular San Agustín, San Juan de Lurigancho - 2018,» Lima, 2018.
- [10] D. Quiroz y E. Vasquez, «Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de nivel primario y secundario del distrito de Mochumí-Lambayeque,» Pimentel, 2020.
- [11] A. Villanueva, «Evaluación de patologías en edificaciones de cinco instituciones educativas públicas del distrito de Pimentel - Chiclayo,» Pimentel, 2018.
- [12] E. Hidalgo y R. Silvestre, «Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa N° 20475 – Los Pelones, del distrito y provincia de Barranca del departamento de Lima,» Barranca, 2019.
- [13] J. Hanampa, «Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método Hirosawa,» Lima, 2020.