

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método
Hirosawa

Por:

Josue Milton Hanampa Mamani

Asesor:

Roberto Roland Yoctun Rios

Lima, Septiembre 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

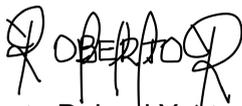
Ing. Roberto Roland Yoctun Rios, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA A TRAVÉS DEL MÉTODO HIROSAWA" constituye la memoria que presenta el estudiante Josue Milton Hanampa Mamani para aspirar al grado académico de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 22 días del mes de septiembre del año 2020



Roberto Roland Yoctun Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....18.....día(s) del mes de.....setiembre.....del año 2020....siendo las.....10:45.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):Mg. Leonel Chahuares Paucar....., el (la) secretario(a): Ing. Ferrer Canaza Rojas..... y los demás miembros: Ing. David Díaz Garamendi.....y el (la) asesor(a)...Ing. Roberto Roland Yoctún Ríos.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método Hiroswawa". de los (las) egresados (as):

.....a).....**JOSUE MILTON HANAMPA MAMANI**.....
b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

.....**INGENIERÍA CIVIL**.....
 (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **JOSUE MILTON HANAMPA MAMANI**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
APROBADO	16	B	BUENO	MUY BUENO

Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.



 Presidente
 Mg. Leonel Chahuares
 Paucar

 Secretario
 Ing. Ferrer Canaza
 Rojas

 Asesor
 Ing. Roberto Roland
 Yoctún Ríos

 Miembro

 Miembro
 Ing. David Díaz
 Garamendi

 Candidato (a)
 Josue Milton Hanampa
 Mamani

 Candidato/a (b)

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método Hirosawa

Hanampa Mamani, Josue Milton

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

Resumen

En el presente artículo se realiza un análisis por método Hirosawa para evaluar la vulnerabilidad sísmica del pabellón 6 de la institución educativa José Faustino Sánchez Carrión ubicada en el departamento de Lima, provincia de Lima y distrito de Lurigancho Chosica. El método Hirosawa es de origen Japonés y es un análisis cualitativo que consiste en la comparación del índice de vulnerabilidad estructural (Is) con el índice de juicio estructural (Iso). La evaluación se realizó mediante una previa visita de campo, entrevistas, evaluación técnica in situ y llenado de formularios para la obtención de datos y posteriormente la evaluación del pabellón por el método Hirosawa. En conclusión, debido a que la resistencia que ejerce la estructura del pabellón 6 no es suficiente a la resistencia requerida por el sismo, el pabellón 6 de la institución educativa José Faustino Sánchez Carrión es Vulnerable, ello indica que tendrá un comportamiento inseguro frente a un evento sísmico, por lo que se recomienda realizar una evaluación de los demás pabellones de dicha institución educativa.

Palabras claves: Vulnerabilidad sísmica, método Hirosawa, análisis cualitativo, índice estructural, índice de juicio estructural

Assessment of seismic vulnerability through the Hirosawa method

Abstract

In this article, an analysis is carried out using the Hirosawa method to evaluate the seismic vulnerability of pavilion 6 of the José Faustino Sánchez Carrión educational institution located in the department of Lima, province of Lima and district of Lurigancho Chosica. The Hirosawa method is of Japanese origin and is a qualitative analysis that consists of comparing the structural vulnerability index (Is) with the structural judgment index (Iso). The evaluation was carried out through a previous field visit, interviews, on-site technical evaluation and filling in of forms to obtain data and later the evaluation of the pavilion by the Hirosawa method. In conclusion, because the resistance exerted by the structure is not sufficient to the resistance required by the earthquake, pavilion 6 of the educational institution José Faustino Sánchez Carrión is Vulnerable, this indicates that it will have an unsafe behavior in the face of a seismic event, Therefore, it is recommended to carry out an evaluation of the other pavilions of said educational institution.

Keywords: Simian vulnerability, Hirosawa method, qualitative analysis, structural index, structural judgment index

1. Introducción

El Perú está ubicado en una zona crítica al costado de la interacción de dos placas tectónicas, la placa Sudamericana y la placa Nazca, las cuales interactúan entre sí, produciéndose un proceso de subducción, que es la causa de la mayor parte de los macrosismos en la parte occidental de nuestro territorio, como parte del denominado "Cinturón de fuego" que rodea al Océano Pacífico. Los sismos locales y regionales generalmente se originan por la existencia de fallas geológicas. Los sismos por fallas son movimientos telúricos de menor magnitud, pero cuando se produce muy cerca de la superficie estos sismos son muy violentos. (INDECI, 2010).

Según la normativa peruana E.030, el distrito de Lurigancho Chosica se encuentra en la zona sísmica cuatro y con una aceleración de 0.45g. Además, al encontrarse cerca a la costa peruana el distrito tiene altos índices de ocurrencia sísmica que puede traer graves consecuencias como la

destrucción de los centros educativos y con ello la pérdida de vidas humanas.

Según Ramos Chura (2017), Una de las formas de predecir un terremoto a largo plazo son las denominadas lagunas sísmicas en la cual son zonas en donde por un largo tiempo no ocurre un sismo de gran magnitud y en función de la distribución espacial y temporal de los sismos de gran magnitud ocurridos se predice que en algún momento ocurrirá. Dichas lagunas sísmicas se encuentran cerca a la costa peruana por el departamento de Lima y por ello es necesario prevenir y evaluar las estructuras importantes como son los centros educativos

Así también existen muchas metodologías para el estudio de la vulnerabilidad sísmica como es "el método cualitativo de Hirosawa" que es un método japonés muy utilizado en gran parte de américa latina incluido el Perú.

2. Metodología

Hirosawa es un método que fue hallado basado en la experiencia japonesa frente a los eventos sísmicos.

El método se basa en la estimación de la resistencia última de la estructura asumiendo un comportamiento de edificio cortante para el sistema estructural. Esto presume que debido a la existencia de un diafragma rígido el mecanismo de colapso será del tipo panel fallando las columnas al momento de alcanzar la capacidad máxima del sistema calculado a partir de un análisis espectral del sistema. El método considera también la geología y morfología del sistema, así como el nivel de daño existente, deterioro en el tiempo del sistema estructural e influencia de las condiciones locales de la zona donde se encuentre el edificio (MINSA/ECHO/OPS-OMS, 1997).

La vulnerabilidad estructural en este método se establece considerando que:

- Si $I_s \geq I_{s0}$ se considera que el edificio tiene un comportamiento sísmico seguro frente a un evento sísmico.
- Si $I_s < I_{s0}$ se considera que el edificio tiene un comportamiento incierto frente a un evento sísmico y, por lo tanto, se considera como inseguro.

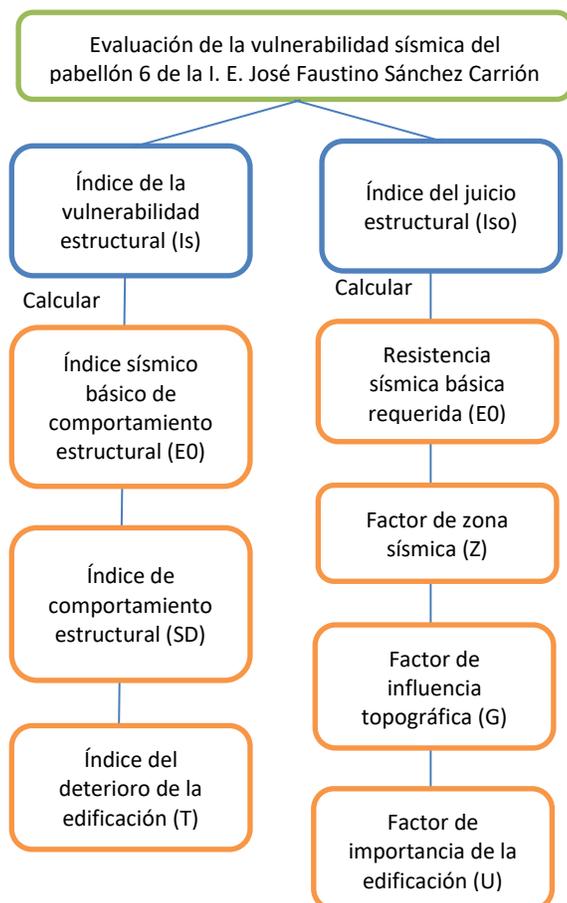


Figura 1: Metodología Hirosawa

3. Resultados Discusión

El pabellón 6, al que analizaremos, pertenece al nivel secundario de la I. E. José Faustino Sánchez Carrión como se aprecia en la figura 2.



Figura 2: Distribución de los pabellones en la I. E. José Faustino Sánchez Carrión

3.1. Evaluación inicial

La I. E. José Faustino Sánchez Carrión fue creada aproximadamente el año 1986 como colegio de educación secundaria estatal mediante la DRE lima metropolitana, se implementó posteriormente el nivel primario aproximadamente en 1994. Desde entonces no se realizó ningún mantenimiento ni mejora de la infraestructura educativa.

La evaluación de la vulnerabilidad del pabellón 6, se realizó por el método Hirosawa, debido a que no se cuentan con los planos de la estructura del pabellón, por lo que primero se realizó el levantamiento para así contar con las dimensiones que me sirven para aplicar el método Hirosawa.

A continuación, se presenta la elevación frontal, posterior y transversal del pabellón 6.

Elevación frontal

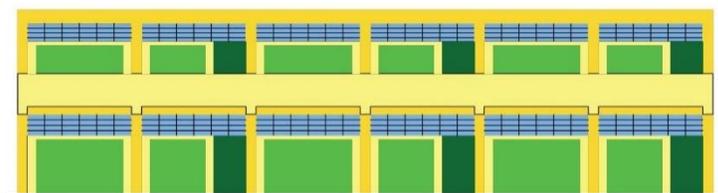


Figura 3: Elevación frontal

Elevación posterior

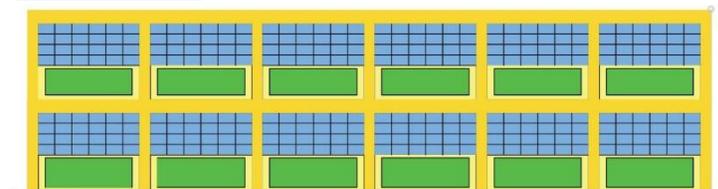


Figura 4: Elevación posterior

Elevación transversal

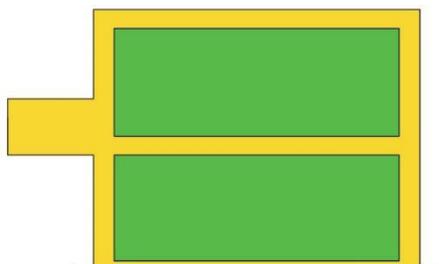


Figura 5: Elevación transversal

En las siguientes imágenes se presentan algunos problemas del pabellón a analizar.



Figura 6: Paredes deterioradas, es un problema muy común casi en todas las paredes de la Institución educativa.



Figura 7: Columnas reventadas por el acero corroído.



Figura 8: Corrosión del acero en las columnas



Figura 9: Rajaduras longitudinales en columna principal

Es importante destacar que debido los problemas que la estructura presenta, las autoridades de la Institución educativa estaban evaluando demoler por completo el pabellón 6, esto debido al peligro que generaba a todo el personal y alumnado de la institución.

3.2. Zonificación geotécnica

Los estudios realizados por H. Tavera mediante la refracción sísmica en el año 2012, señalan que en Caragongo se encuentran tres tipos de perfiles de suelo, de las cuales la estructura de la institución educativa esta situada sobre un suelo rígido (S1) como indica la figura 10.

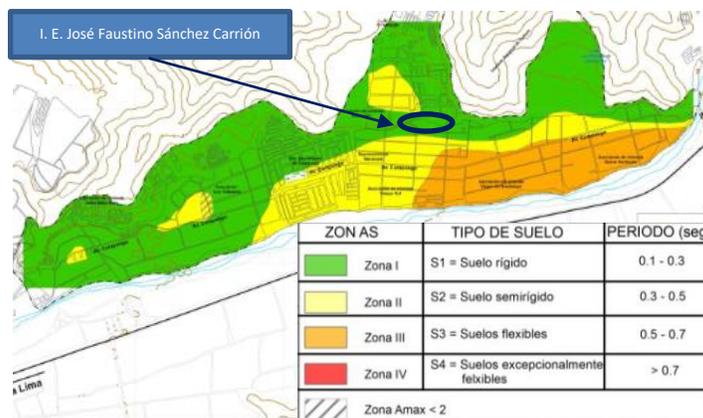


Figura 10: Zonificación sísmica. Fuente: H. Tavera (2012)

3.3. Índice de vulnerabilidad estructural

Para determinar el índice de vulnerabilidad estructural, se necesita calcular el índice sísmico básico, el índice de comportamiento estructural y Índice del deterioro de la edificación.

3.3.1. Metrado de cargas

El peso por cada nivel me permite calcular la cortante con la que posteriormente se determina el Índice sísmico básico de comportamiento estructural (E0).

Nivel de evaluación	Peso de losa	Peso de columna	Peso de vigas	Pesos de muros	Peso del piso (Wj)
1	71932.2	20260.6272	47157.6	7073.64	146424.067
2	71932.2	19578.4512	47157.6	7073.64	145741.891

Tabla 1: Metrado de carga por nivel.

3.3.2. Índice sísmico básico de comportamiento estructural

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_1 * (C_{mar} + C_{sc} + C_a + C_{ma}) + \alpha_2 * C_w + \alpha_3 * C_c) * F$$

La edificación tiene un sistema estructural aporricado, lo cual los elementos más importantes en esta estructura son las columnas y vigas, por lo que la ecuación se reduce a:

$$E_0 = \frac{(n_p + 1)}{(n_p + i)} * (\alpha_3 * C_c) * F$$

Ahora la cortante "Cc" se calcula aplicando la siguiente ecuación recomendada por Hiroswawa.

$$C_c = \frac{f_c}{200} + \frac{10 * \sum A_{c1} + 7 * \sum A_{c2}}{\sum_{j=1}^{np} W_j}$$

Nivel	f'c (kg/cm2)	Ac1 (cm2)	Ac2 (cm2)	Wj (Kg)
1	210	0	2856	146424.1
2	210	0	2856	145741.9

Tabla 2: Calculo del "Cc"

De la formula, "Ac1" representa a la suma de las áreas de las columnas de concreto armado, donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es menor que 6.

Así también "Ac2" representa a la suma de las áreas de las columnas de concreto armado, donde la relación entre la altura libre (h) y el ancho (D) es menor que 6.

Cc	1er nivel	0.072
	2do nivel	0.144

Por otro lado, para el cálculo del E0 también necesitamos el "α" que es el factor de reducción de la capacidad de acuerdo al nivel evaluado, y "F" que es el índice de ductilidad asociado a los elementos verticales. El resumen se presenta a continuación:

np	2
α	1
F	1

Entonces Finalmente se tiene:

Nivel	E0
1er piso	0.0718
2do piso	0.1080

3.3.3. Índice sísmico de configuración estructural

$$SD = q_1 * q_2 * \dots * q_8$$

teniendo en cuenta que:

$$q_i = \{1.0 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 1,2,3,4,5,7,8$$

$$q_i = \{1.2 - (1 - G_i) * R_i\} \text{ para } i = 6$$

Item	Gi			Ri	SD
	1	0.9	0.8		
Regularidad	Regular (a1)	Mediano (a2)	Irregular (a3)	1	1
Relación largo - ancho	B ≤ 5	5 < B ≤ 8	B > 8	0.5	1
Contratación de planta	0.8 ≤ C	0.5 ≤ C ≤ 0.8	C < 0.5	0.5	-
Atrio o patio interior	Rap = 0.1	0.1 < Rap ≤ 0.3	0.3 < Rap	0.5	-
Excentricidad de atrio o patio interior	f1 = 0.4 f2 = 0.1	f1 ≤ 0.4 0.1 < f2 ≤ 0.3	0.4 < f1 0.3 < f2	0.25	-
Subterráneo	1 ≤ Ras	0.5 ≤ Ras < 1.0	Ras < 0.5	1	-
Junta de dilatación	0.01 ≤ s	0.005 ≤ s < 0.01	s < 0.005	0.5	1
Uniformidad de altura de piso	0.8 ≤ Rp	0.7 ≤ Rh < 0.8	Rh < 0.7	0.5	1
					1

Tabla 3: Configuración estructural

3.3.4. Índice de deterioro de la edificación "T"

Para este caso se evalúan el "T1" que representa la deformación permanente, el "T2" que representa las grietas en muros o columnas debido a la corrosión del acero de refuerzo, el "T3" que representa los incendios, el "T4" que representa el uso de la edificación y el "T5" que representa el tipo de daño estructural. Todos estos factores se evaluaron y a continuación se presenta el resumen:

T1	0.9
T2	0.9
T3	1
T4	1
T5	0.9
Valor mas bajo de deterioro (T)	0.9

Tabla 4: Deterioro de la edificación

Entonces el cálculo del Índice de la vulnerabilidad de la edificación se resume en el siguiente cuadro:

Is (resistencia provista para el edificio)	
Is = E0 * Sd * T	
Parámetro	Valor
E0 piso 2	0.1080
E0 piso 1	0.0718
SD	1.0
T	0.90
Is piso 2	0.10
Is piso 1	0.06
Is	0.06

Tabla 5: Resumen del cálculo Is

3.4. Índice de Juicio estructural

$$I_{so} = E_{so} * Z * G * U$$

El cálculo del índice de juicio estructural se calcula teniendo en cuenta la norma peruana E.030. como se muestra a continuación:

Zonificación	
Zona	Z4
Z	0.45

Tabla 6: Zonificación sísmica

Parámetros de sitio	
Perfil tipo	S1
S	1.0
Tp (S)	0.4
Tl (S)	2.5

Tabla 7: Parámetros sísmicos

Categoría de la edificación	
Categoría	A
U	1.5

Tabla 8: Categoría de la edificación

Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas		
Sistema estructural	Porticos	
R0	8	
Irregularidad (No presenta irregularidades)	la	1
	lp	1
R	8	

Tabla 9: Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas

Factor topográfico "G"	
Con pendiente	1.1
sin pendiente	1

Tabla 10: Factor topográfico

Factor "C"	
Ct	60
hn	6.3
T	0.11
C	2.5

Tabla 11: Factor "C"

Entonces ahora calculamos la resistencia sísmica básica requerida mediante la fórmula recomendada por Hiroswawa que es el cociente de "Z" por "C" y dividido por el factor de reducción. Reemplazando se tiene:

Resistencia sísmica "Eso"	
Eso	0.141

Finalmente se procede a determinar el índice de Juicio estructural de la cual a continuación se presenta el resumen:

Cálculo del "Is"	
$Is = Eso * Z * G * U$	
Parámetro	Valor
Eso	0.141
Z	0.45
G	1.10
U	1.50
Is	0.10

Tabla 12: Índice de juicio estructural

3.5. Resultado

Realizando la comparación se tiene que el "Is" índice de la vulnerabilidad estructural es menor al "Iso" índice del juicio estructural, como se muestra a continuación

Is	<	Iso
0.06		0.10

Esto quiere decir que el pabellón 6 evaluado tendrá un comportamiento inseguro frente a un eventual evento sísmico (es Vulnerable).

4. Conclusión

- El pabellón 6 de la I. E. José Faustino Sánchez Carrión presenta una condición actual riesgosa debido a que la estructura presenta grietas de más de 3 mm y los elementos importantes como es la columna presenta una deformación visible esto en base a que sus aceros están expuestos y presentan un alto grado de corrosión, esto se podría justificar debido a la falta de mantenimiento y a la antigüedad de la estructura (34 años aprox.)

- El pabellón 6 es vulnerable frente a un evento sísmico, por lo que tendrá un comportamiento inseguro ante un evento telúrico, esto debido a que el índice de la resistencia de la estructura no es suficiente a la resistencia requerida por el sismo ($Is=0.06 > Iso=0.10$).

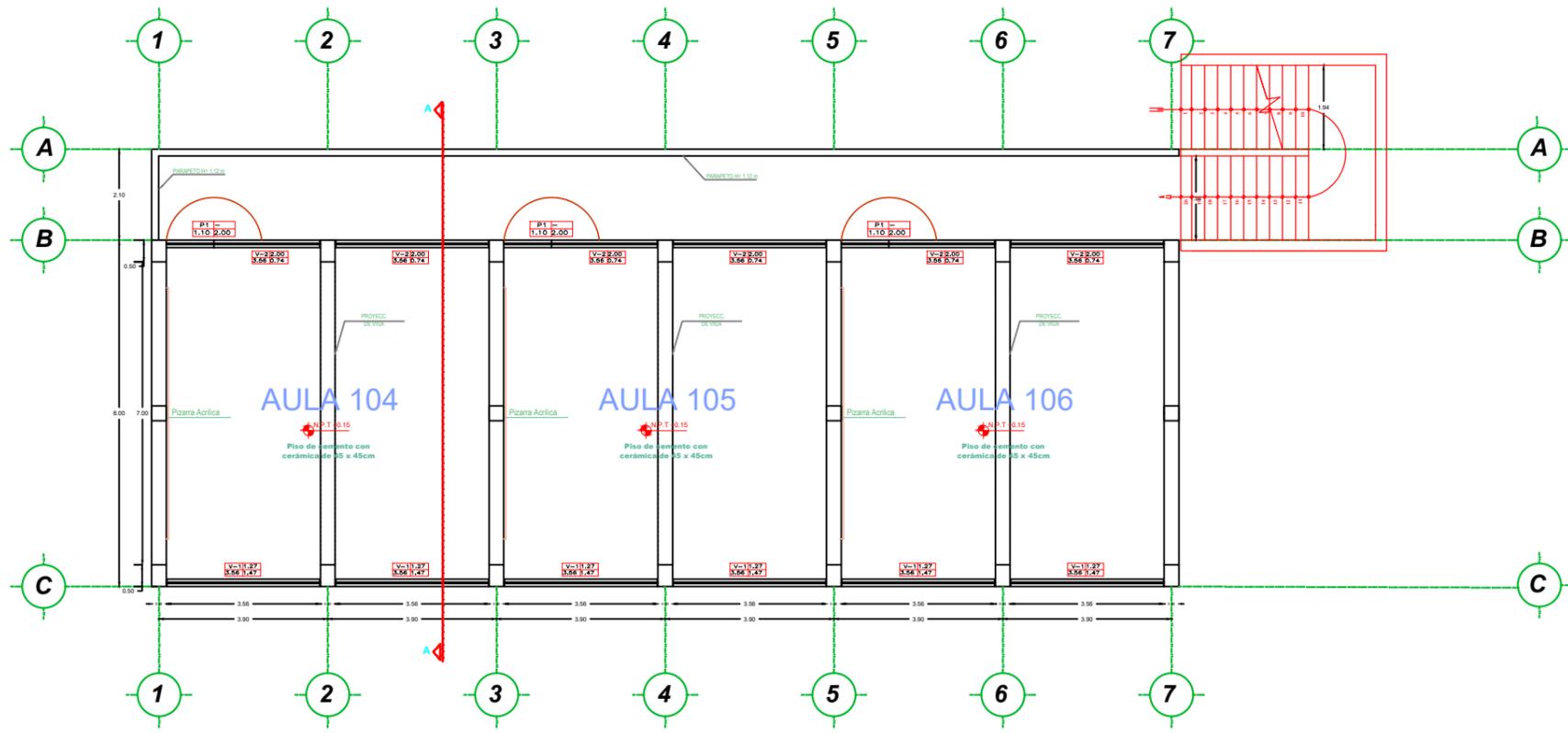
5. Recomendación

- Es importante realizar una evaluación de los demás pabellones de la institución educativa José Faustino Sánchez Carrión para que así las autoridades tomen acciones del caso e informen a los estudiantes y docentes para estar prevenidos y conservar nuestra vida.
- Realizar la evaluación por un método cuantitativo para así comparar los resultados.

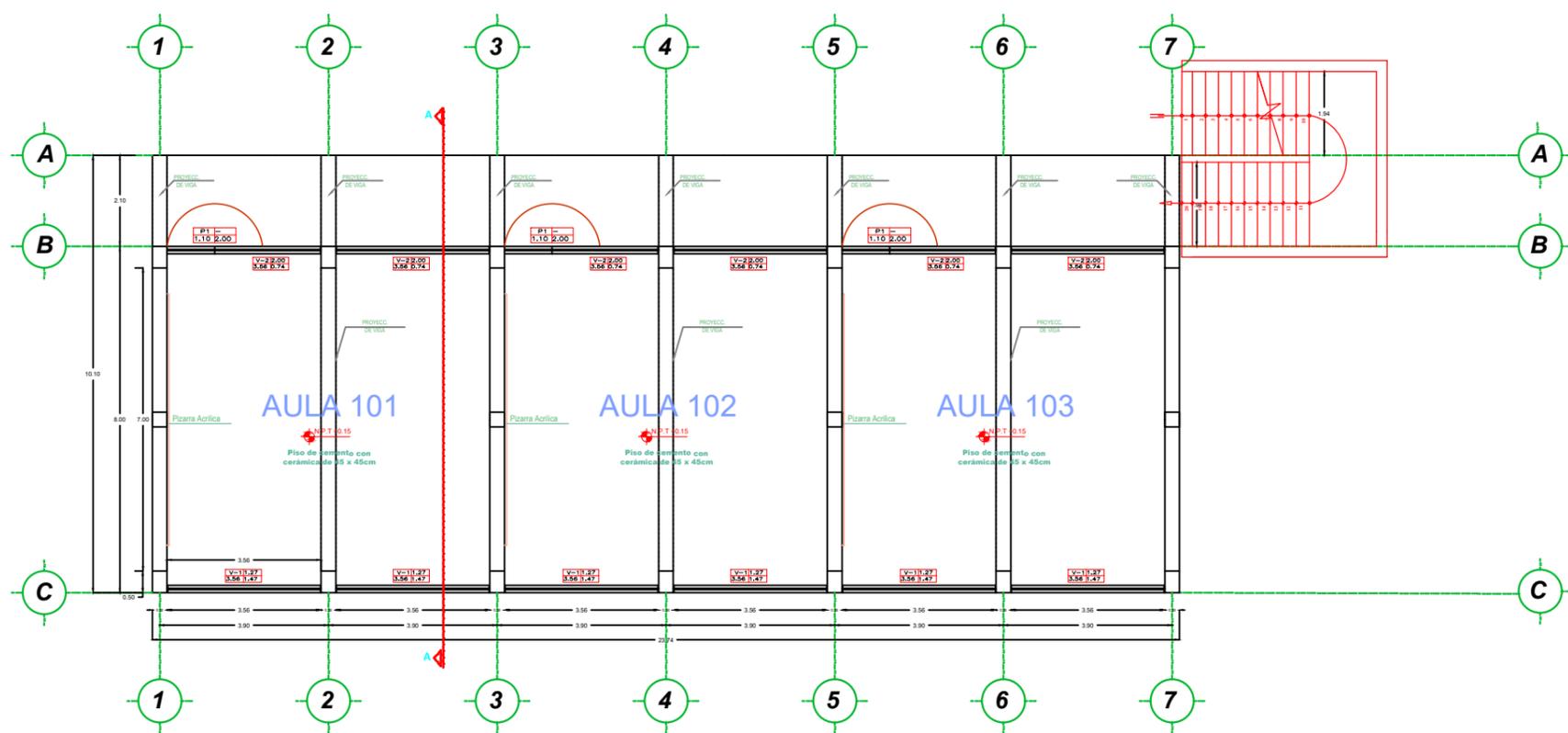
6. Referencias

- Caballero Guerrero, A. R. (15 de Julio de 2007). *Repositorio de la Universidad del Norte*. Obtenido de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guevara Morales, N., Osorio Rodriguez, S., & Arturo Vargas, E. (Octubre de 2006). *Repositorio de la Universidad de el Salvador*. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/4522/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20capacidad%20estructural%20del%20edificio%20de%20la%20Biblioteca%20de%20las%20ing%20enier%C3%ADas%20y%20arquitectura%2C%20utilizandoan%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20%28Pushover%29.pdf>
- INDECI. (2010). *INDECI*. Obtenido de Sismos en el Perú: <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/movimientos-sismicos.pdf>
- Julian, C. (Julio de 2008). *Researchgate*. Obtenido de Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño / Evaluation of the seismic vulnerability of structures using a performance design: https://www.researchgate.net/publication/41805550_Evaluacion_de_la_vulnerabilidad_sismica_de_estructuras_utilizando_un_diseno_por_desempeno_Evaluation_of_the_seismic_vulnerability_of_structures_using_a_performance_design
- Lezama, J. (2015). *ESTUDIO DE VULNERABILIDAD*. Arequipa - Perú: BLOQUE 3 (ADMINISTRACIÓN).
- MINSA/ECHO/OPS-OMS. (Abril de 1997). *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú*. Obtenido de Proyecto de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú: <ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/transparencia/08Proyectos/evaluacion/EstHospitalDosdeMayo.PDF>
- NAVIA LLORENTE, J. A., & BARRERA ROA, E. M. (Octubre de 2007). *Repositorio de la Universidad de la Salle*. Obtenido de DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN VIVIENDAS: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15337/T40.08%20N229d.pdf;jsessionid=303EE825E715DC1DEDD24F2CF114642B?sequence=1>
- Peralta Alvarez, M. G. (Junio de 2012). *Repositorio de la UPC*. Obtenido de ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL Y ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL DEL HOSPITAL: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/17872/Tesina_Maximo.pdf
- Safina Melone, S. (21 de Febrero de 2003). *Repositorio de la UPC*. Obtenido de Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93538>
- Sucasaca Fuentes, J. (30 de Diciembre de 2016). *Repositorio UANCV*. Obtenido de Nivel de Desempeño de una Estructura Aporticada de Cinco Niveles Aplicado a la Evaluación y Reforzamiento: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/734>

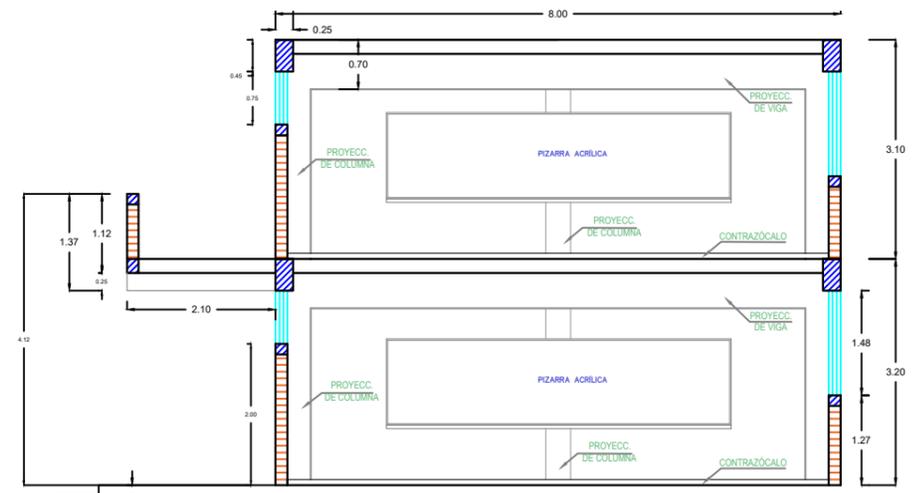
7. Anexo



SEGUNDO PISO
ESC 1/150



PRIMER PISO
ESC 1/150



CORTE A-A
ESC 1/100



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



ARTÍCULO: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica a través del método Hirosawa		LAMINA: A-01	
PLANO: ARQUITECTURA Y CORTE	UBICACIÓN: Lima - Lurigancho-Chosica Mercado Carapongo		
Pabellón 06: Planta Y Corte			
NOMBRE: Josue Milton Hanampa Mamani	ASESOR: Ing. Yoctun Rios Roberto Roland	ESCALA: indicada	FECHA: SEPTIEMBRE - 2020