

NIVELES DE PRIORIDAD Y ESTRATEGIAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN LOS COLEGIOS PÚBLICOS DE LA CIUDAD DE TACNA

LEVELS OF PRIORITY AND STRATEGIES FOR MITIGATING SEISMIC RISK IN PUBLIC SCHOOLS IN THE CITY OF TACNA

 Cotrado Flores, Dina¹
 Salinas Morales, Lys²
 Chaparro Quispe, Edgar³
 Almonte Durand, Catherine⁴



Fecha de recepción : 11/06/2021

Fecha de aprobación : 24/09/2021

Resumen

Este trabajo de investigación se ha realizado con la finalidad de establecer los niveles de prioridad y estrategias que se deben aplicar para la intervención de la mitigación del riesgo sísmico en colegios públicos de la ciudad de Tacna. Para ejecutar esta investigación se ha evaluado 33 colegios públicos de la ciudad de Tacna. La metodología utilizada está en función al estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú” desarrollada en el año 2017, la misma que consiste en identificar la tipología constructiva y mediante esta información se determina el nivel de riesgo en función a 3 categorías: Edificaciones con alto riesgo de colapso, edificaciones con alto potencial de daño y edificaciones con buen desempeño sísmico esperado. De los resultados, 13 colegios presentan un alto potencial de daño (ADP) y por lo tanto requieren intervención estructural, mientras que 20 colegios presentan un buen desempeño sísmico esperado (BDS) y por lo tanto no requieren de ningún tipo de intervención.

Palabras Claves: Colegios Públicos, Riesgo sísmico, tipología constructiva, Vulnerabilidad sísmica.

Abstract

This research work has been carried out in order to establish the priority levels and strategies that must be applied for the intervention of seismic risk mitigation in the public schools of the city of Tacna. To carry out this research, 33 public schools in the city of Tacna have been evaluated. The methodology used is based on the study "Seismic Risk Reduction Strategy for Public School Buildings in Peru" developed in 2017, which is based on identifying the construction typology and based on this information the level of risk is determined based on 3 categories: Buildings with high risk of collapse, buildings with high damage potential and buildings with good expected seismic performance. From the results, 13 schools show a high damage potential (ADP) and therefore require structural intervention, while 20 schools show a good expected seismic performance (BDS) and therefore do not require any type of intervention.

Key words: Public Schools, Seismic risk., construction typology, Seismic vulnerability.

¹ Mtra. en Ingeniería Civil con mención en Estructuras. Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú. dcotrado@upt.edu.pe. <https://orcid.org/0000-0002-4262-5733>.

² Mtra. en Arquitectura paisajista, Facultad de Arquitectura, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú. lsolsm_78@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8539-0006>.

³ Mtro. Ing. Civil con mención en estructuras, Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú. dcotrado@upt.edu.pe. edgar.hcq@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-3709-2247>

⁴ Mtra. en Arquitectura paisajista, Facultad de Arquitectura, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú. alessandra@hotmail.es. <https://orcid.org/0000-0002-7110-8620>

1. Introducción

Según el mapa sísmico del Perú, los sismos ocurren frente a la costa desde la ciudad de Tacna hasta Tumbes. Una de las causas que la originan es la subducción de la Placa de Nazca sobre la Sudamericana. Haciendo una revisión de los últimos sismos en el sur del Perú, estos se han presentado en Pisco y Arequipa, quedando Lima y Tacna como zonas en donde hay acumulación de energía o también conocidos como zonas de silencio sísmico.

Asimismo, en el año 2012, el Banco Mundial ha financiado el proyecto de Evaluación del riesgo sísmico de 2000 centros educativos de Lima y el Callao; y en el 2017 presentó el estudio Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de edificaciones públicas del Perú. Sin embargo, este estudio tuvo limitaciones en cuanto a la clasificación de la tipología estructural, complejidad y área construida.

En este contexto, en esta investigación se ha estudiado a 33 colegios públicos de la ciudad de Tacna, los cuales son susceptibles a sufrir grandes daños ocasionados por un evento sísmico de gran magnitud y aplicando la metodología propuesta por el Banco Mundial se ha realizado una propuesta de intervención para que se pueda reducir el nivel de riesgo sísmico.

2. Material y métodos

Para desarrollar este proyecto, se ha utilizado la metodología empleada en el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú” La población objeto del estudio está compuesto por los colegios públicos de la ciudad de Tacna a nivel primaria y secundaria. La muestra está conformada por 33 colegios de la ciudad de Tacna, cuya lista es mostrada en la tabla nro. 01.

Tabla 1

Lista de Colegios Evaluados

N°.	Edificación Escolar
1	Colibri PNP Tacna
2	42036 Juan María Rejas
3	San Martín de Porres
4	42006 San Francisco de Asís
5	Coronel Bolognesi
6	43006 Mercedes Indacochea
7	Daniel Comboni
8	San Ignacio de Loyola
9	42010 Santísima Niña María
10	43003 Carlos Armando Laura
11	Manuel A. Odría
12	42241 Hermógenes Arenas Yañez
13	Federico Barreto
14	San José Fe y Alegría 40
15	Hermanas Barcia Boniffatti
16	Jorge Basadre Grohmann
17	42223 Manuel de Mendiburu
18	43001 Hermanos Barreto
19	Marista de Tacna
20	Alexander Fleming
21	43008 Jorge Martorell Flores
22	42003 Gregorio Albarracín

23	Champagnat
24	42217 Nuestros Héroes de la Guerra del Pacifico
25	42058 Olga Grohman de Basadre
26	43007 Luis Banchemo Rossi
27	42021 Fortunato Zora Carbajal
28	42198 Víctor Raúl Haya de la Torre
29	42002 Carlos Wiese
30	Nuestra Señora de Fátima
31	42023 Víctor Mayuri Claussen
32	Manuel Flores Calvo
33	43009 María Ugarteche de Maclean

Fuente: Propia

La metodología consistió en determinar la:

- Amenaza sísmica: Se baso en informes disponibles y en estudios anteriores realizados por SENCICO. Asimismo, en el mapa de zonificación sísmica del Perú, los 33 colegios evaluados se encuentran en la zona 4, lo cual significa que estan en la zona de más alta sismicidad.
- Base de datos de las edificaciones: Se ha realizado un levantamiento de información mediante el uso de fichas de campo, la cual incluye la siguiente información específica: Nombre del Colegio, ubicación, Nivel (Primaria o secundaria), número de estudiantes, área construida, número de pisos, antigüedad de la construcción, ejecutor de la obra, sistema estructural y estado actual. Adicionalmente se ha realizado ensayos con esclerómetro en 3 elementos estructurales por cada centro educativo.
- Determinación de la Tipología constructiva: Esta información se ha obtenido mediante la utilización de fichas de campo con la cual se ha determinado la tipología constructiva de los colegios. En el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú”, hay 10 tipos de tipologías y su determinación se basa en el uso del algoritmo mostrado en la figura 1.

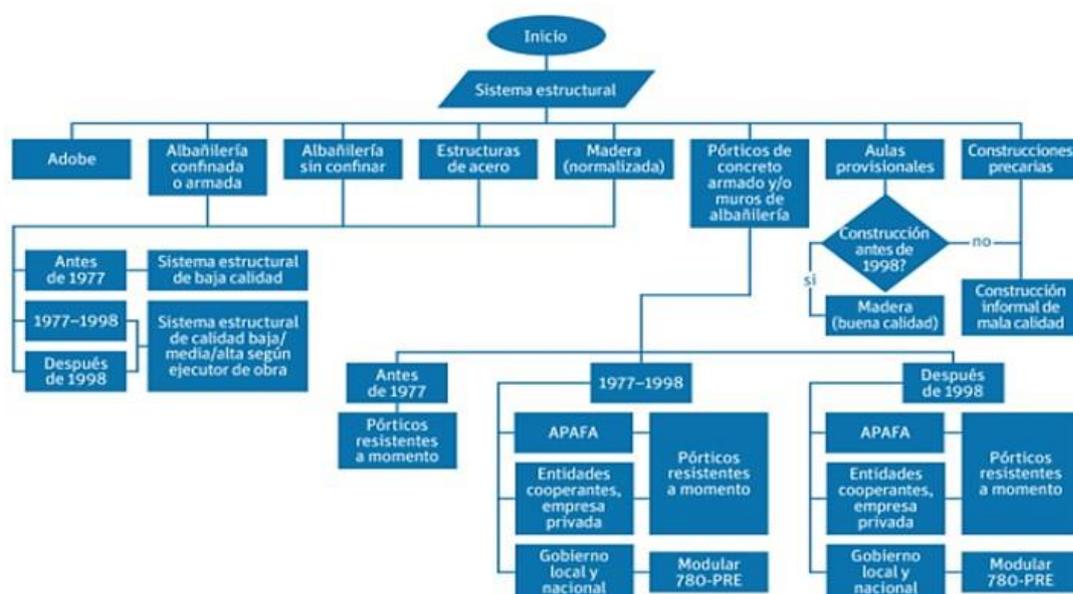


Figura 1. Diagrama de flujo para la asignación de Tipologías Constructivas. Fuente: (Banco Mundial, 2017)

- d) Vulnerabilidad sísmica: En función a la tipología constructiva y los datos levantados en campo se determina los niveles de códigos sísmicos y mediante esta información se puede determinar el nivel de riesgo sísmico.
- e) Evaluación del riesgo: Según el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú” existen 3 tipos de categorización de tipologías constructivas de acuerdo al nivel del riesgo, las que son: Edificios con alto riesgo de colapso (ARC), Edificios con alto potencial de daño (APD) y Edificios con buen desempeño sísmico esperado (BDS). Con esta información se puede determinar la estrategia de intervención y el nivel de prioridad a cada colegio o centro educativo.

3. Resultados

a. Amenaza Sísmica

En el año 2014, Zer Geosystem Perú, a solicitud de Sencico elaboró el estudio Determinación del peligro sísmico en el territorio nacional. Según este estudio, el peligro sísmico es una medida en términos probabilísticos de que el sismo más fuerte que puede ocurrir en una zona, o en un determinado número de años, supere o no un determinado nivel de intensidad sísmica (intensidad, aceleración, velocidad, etc.). Por otro lado, en el 2017, Roncal a través de su trabajo de tesis titulado “Determinación del peligro sísmico en el territorio Nacional y elaboración de aplicativo web” evalúa el peligro sísmico a nivel de roca, utilizando diferentes ecuaciones de predicción de movimientos tales como: Young (1997), Zhao (2006), y BC Hydro (2016) para el caso de los sismos por subducción; y Sadigh (1997), Campbell & Bozorgnia (2014), Abrahamson & Silva (2014), y Chiou & Youngs (2014) para el caso de los sismos continentales.

Del estudio antes mencionado, se han obtenidos valores de aceleraciones espectrales de diferentes ciudades. Para el caso de Tacna, se tuvo el resultado mostrado en la tabla 2.

Tabla 2

Aceleraciones espectrales para la ciudad de Tacna

Periodo estructural T (s)	Aceleración espectral (% g) en suelo firme para un periodo de retorno de 475 años
0.0	0.48
0.2	1.10
0.3	0.89
0.4	0.75
0.5	0.65
1.0	0.34
1.5	0.22
2.0	0.16
3.0	0.09
0.0	0.48

Nota: Tomada de Roncal, 2017

Asimismo, haciendo una revisión de la NTE E.030 (Diseño sísmoresistente), considera al Perú en 4 zonas sísmicas definidas por distrito. Estas zonas sísmicas han sido determinadas para una

probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. En el caso de Tacna los distritos de Alto de Alianza, Ciudad Nueva, Gregorio Albarracín, Pocollay y Tacna se encuentran ubicados en la zona 4, es decir en la zona de mayor aceleración sísmica, en la que Z tiene un valor de 0.45g.

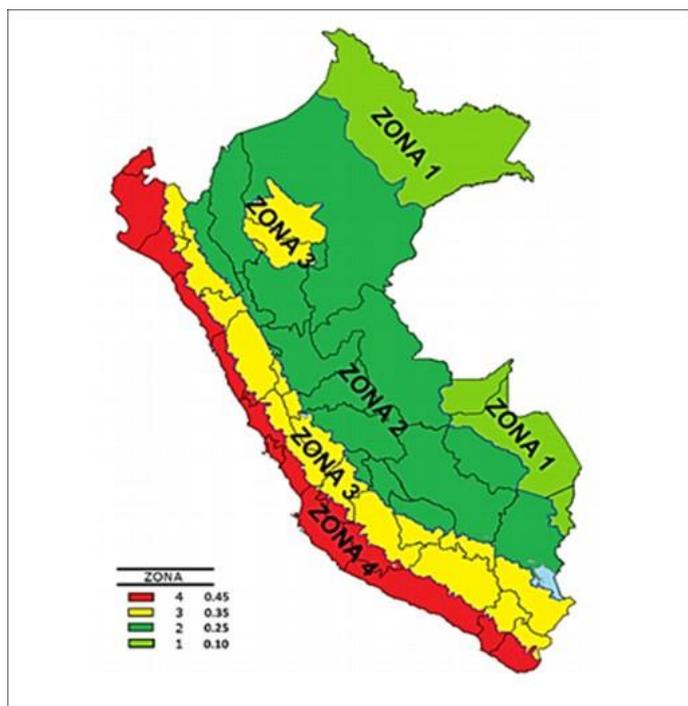


Figura 2. Mapa de zonificación sísmica del Perú. Fuente: (NTE E.030, 2018)

b. Base de Datos de la Edificación

Se ha evaluado 33 colegios públicos de la ciudad de Tacna de los cuales:

- 5 colegios solo cuentan con atención a nivel Primaria, 1 a nivel Secundaria y 27 tienen nivel Primaria y Secundaria.
- 1 colegio cuenta de 0 a 50 estudiantes, 3 colegios de 51 a 100 estudiantes, 8 colegios de 101 a 250 estudiantes, 8 colegios de 251 a 500 estudiantes, 7 colegios de 501 a 750 estudiantes y 1 colegio de 1251 a 1500.
- 7 colegios han sido reconstruidos desde el año 2006, 11 colegios han sido rehabilitados mediante el encamisado parcial de las columnas de concreto cambiando de esta manera de un sistema estructural de pórticos de concreto armado a un sistema dúal de concreto armado. 3 colegios están en plena construcción y 12 colegios aún no han presentado alguna intervención.
- 01 colegio es de un piso, 26 colegios son de 2 pisos y 06 colegios son de 3 pisos.
- 01 construcción data antes del año 1977 y pertenece al colegio Gregorio Albarracín. 11 colegios han sido construidos entre 1977 y 1998, y 21 colegios han sido reconstruidos o reforzados después de 1998.

c. Tipología Constructiva

Para realizar el estudio de Riesgo sísmico es necesario determinar la tipología constructiva de la edificación. Según el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú”, hay 10 tipos de tipologías, los mismos que se detallan en la tabla 03.

Tabla 3

Tipologías Constructivas

N°.	Tipo Estructural	Descripción
1	Adobe (A)	Adobe
2	Albañilería sin confinar (ASC)	Muros de carga en mamposterías simple
3	Albañilería confinada (AC)	Muros confinados arriostrados con elementos de concreto reforzado
4	Precarias (P)	Construcciones informales precarias (triplay, quincha, etc.)
5	Estructuras de acero (EA)	Pórticos en acero
6	Estructuras de madera (M)	Construcciones de madera
7	Pórticos de concreto reforzado (PCM)	Estructuras de concreto con pórticos de concreto reforzado; con alta complejidad en su comportamiento sísmico
8	Módulos 780 pre código (PRE)	Módulo 780, previo a la norma del año 1998; con problemas de columna corta
9	Módulos 780 post código (POST)	Módulo 780, posterior a la norma de 1998
10	Aulas provisionales (PROV)	Aulas provisionales, realizadas por el gobierno después de la norma de 1998

Nota: Tomada del Informe del Banco Mundial (2017, p.30)

De los resultados, en la figura 3 se observa que 5 colegios están clasificados como 780-PRE, 7 colegios como PCM y 21 Colegios como 780-POST.

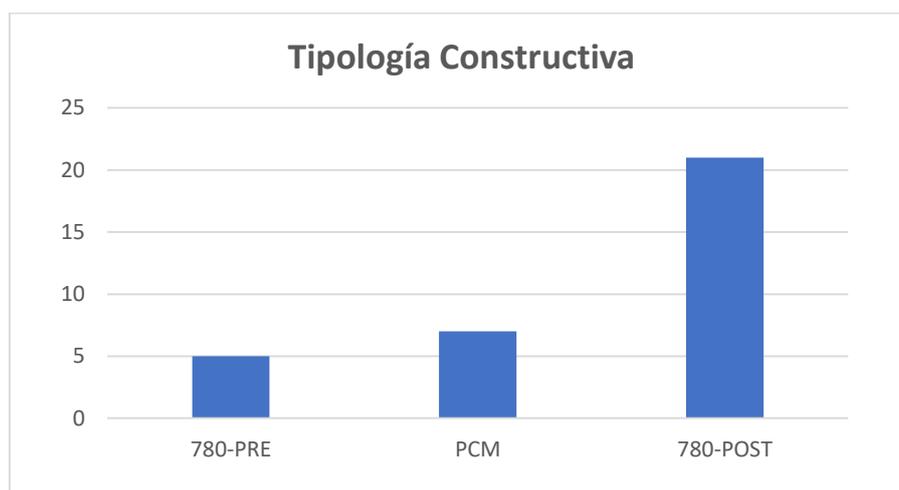


Figura 3. Tipología constructiva. Fuente: Elaboración Propia.

d. Nivel de código sísmico

Para determinar el nivel de daño en una edificación escolar, es necesario determinar el nivel de código sísmico. Según el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú”, hay 4 tipos de código sísmico.

- Pre-código (P): No cumple con ningún requisito mínimo de resistencia sísmica.
- Bajo (L): No cumple de manera general con las mínimas especificaciones de resistencia sísmica.
- Medio (M): Cumple de manera general con las especificaciones de resistencia sísmica.
- Alto (H): Cumple totalmente con las especificaciones de resistencia sísmica de códigos internacionales de diseño sísmico de edificios en términos de capacidad de carga y capacidad de deformación horizontal o ductilidad para zonas de alta amenaza sísmica.

De los 33 colegios evaluados se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 4

Nivel de código sísmico de los colegios evaluados.

Nº.	Edificación Escolar	No. Pisos	Nivel de código sísmico			
			P	L	M	H
1	Colibri PNP Tacna	2	-	-	-	X
2	42036 Juan María Rejas	2	-	-	-	X
3	San Martín de Porres	2	-	X	-	-
4	42006 San Francisco de Asis	2	-	X	-	-
5	Coronel Bolognesi	3	-	-	-	X
6	43006 Mercedes Indacochea	2	-	-	-	X
7	Daniel Comboni	2	-	X	-	-
8	San Ignacio de Loyola	2	-	X	-	-
9	42010 Santísima Niña María	3	-	-	-	X
10	43003 Carlos Armando Laura	2	-	-	-	X
11	Manuel A. Odría	2	-	-	-	X
12	42241 Hermógenes Arenas Yañez	2	-	X	-	-
13	Federico Barreto	2	-	-	X	-
14	San José Fe y Alegría 40	2	-	-	X	-
15	Hermanas Barcia Boniffatti	2	-	X	-	-
16	Jorge Basadre Grohmann	2	-	X	-	-
17	42223 Manuel de Mendiburu	3	-	-	-	X
18	43001 Hermanos Barreto	2	-	-	X	-
19	Marista de Tacna	2	-	X	-	-
20	Alexander Fleming	3	-	X	-	-
21	43008 Jorge Martorell Flores	2	-	X	-	-
22	42003 Gregorio Albarracín	2	-	X	-	-
23	Champagnat	2	-	-	-	X
24	42217 Nuestros Héroes de la Guerra del Pacifico	2	-	-	-	X
25	42058 Olga Grohman de Basadre	1	-	X	-	-
26	43007 Luis Bancharo Rossi	2	-	-	X	-
27	42021 Fortunato Zora Carbajal	2	-	-	X	-
28	42198 Víctor Raúl Haya de la Torre	3	-	-	X	-
29	42002 Carlos Wiese	2	-	-	-	X
30	Nuestra Señora de Fátima	3	-	X	-	-
31	42023 Víctor Mayuri Claussen	2	-	-	X	-
32	Manuel Flores Calvo	2	-	-	X	-
33	43009 María Ugarteche de Maclean	2	-	-	X	-

Nota: Elaboración Propia

e. Nivel de código sísmico

El riesgo sísmico puede ser interpretado como las pérdidas económicas directas en términos del valor económico relativo o absoluto con respecto al valor de reposición asociado a cada tipo de edificación.

Asimismo, según el estudio “Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú”, según el nivel del riesgo, existen 3 tipos de categorización de tipologías constructivas, las que son:

- a) Edificaciones con alto riesgo de colapso (ARC): Son las construcciones que presentan un deficiente comportamiento sísmico y que por este motivo su intervención presenta grandes dificultades técnicas, altos costos y pocas garantías de funcionalidad. Dentro de estas edificaciones se clasifican las siguientes tipologías constructivas: edificaciones precarias, aulas provisionales, adobe y albañilería sin confinar.
- b) Edificaciones con alto potencial de daño (APD): Son las construcciones que ante eventos sísmicos de magnitud media-alta muestran un comportamiento sísmico deficiente; pero, presentan viabilidad funcional, técnica y económica para su intervención. Dentro de estas edificaciones se clasifican los siguientes sistemas estructurales: grandes unidades escolares, pórticos resistentes a momento y modulares 780 PRE.
- c) Edificaciones con buen desempeño sísmico esperado (BDS): Esta referida a las construcciones diseñadas y construidas con criterios sísmo-resistente y por lo tanto no requieren ningún tipo de intervención.

En ese sentido, en la tabla 5 se muestra la categorización de las tipologías constructivas según el nivel de riesgo de los colegios evaluados.

Tabla 5

Nivel de riesgo sísmico de los colegios evaluados.

N°.	Edificación Escolar	Nivel de riesgo sísmico		
		ARC	APD	BDS
1	Colibri PNP Tacna	-	-	X
2	42036 Juan María Rejas	-	-	X
3	San Martín de Porres	-	X	-
4	42006 San Francisco de Asis	-	X	-
5	Coronel Bolognesi	-	-	X
6	43006 Mercedes Indacochea	-	-	X
7	Daniel Comboni	-	X	-
8	San Ignacio de Loyola	-	X	-
9	42010 Santísima Niña María	-	-	X
10	43003 Carlos Armando Laura	-	-	X
11	Manuel A. Odría	-	-	X
12	42241 Hermógenes Arenas Yañez	-	X	-
13	Federico Barreto	-	-	X
14	San José Fe y Alegría 40	-	-	X
15	Hermanas Barcia Boniffatti	-	X	-
16	Jorge Basadre Grohmann	-	X	-
17	42223 Manuel de Mendiburu	-	-	X
18	43001 Hermanos Barreto	-	-	X
19	Marista de Tacna	-	X	-
20	Alexander Fleming	-	X	-
21	43008 Jorge Martorell Flores	-	X	-
22	42003 Gregorio Albarracín	-	X	-
23	Champagnat	-	-	X

24	42217 Nuestros Héroes de la Guerra del Pacifico	-	-	X
25	42058 Olga Grohman de Basadre	-	X	-
26	43007 Luis Banchemo Rossi	-	-	X
27	42021 Fortunato Zora Carbajal	-	-	X
28	42198 Víctor Raúl Haya de la Torre	-	-	X
29	42002 Carlos Wiese	-	-	X
30	Nuestra Señora de Fátima	-	X	-
31	42023 Víctor Mayuri Claussen	-	-	X
32	Manuel Flores Calvo	-	-	X
33	43009 María Ugarteche de Maclean	-	-	X

Nota: Elaboración Propia

En la tabla 5, 13 edificaciones presentan un alto potencial de daño (ADP), por lo que se propone reforzarlas ya sea mediante en encamisado parcial o total de las columnas; y 20 colegios presentan un buen desempeño sísmico esperado (BDS) y por lo tanto no requieren de ningún tipo de intervención.

Asimismo, el costo de intervención total se estima mediante la siguiente formula:

$$\text{Costo de sustitución} = [300,450] \text{ US\$/m}^2 + 25\% \text{ (Aulas provisionales reutilizables)} + 10\% \text{ (demolición)}$$

Y el costo de intervención para las edificaciones que presentan un Alto potencial de daño se puede estimar mediante:

$$\text{Costo de reforzamiento integral} = 50\% \text{ del costo de reposición}$$

En base a esta información y a la cantidad de alumnos de cada edificación escolar se puede estimar el orden de prioridad, el mismo que se propone en la tabla:

Tabla 6

Nivel de prioridad de los colegios evaluados

No.	Edificación Escolar	Nivel de Prioridad
1	42003 GREGORIO ALBARRACIN	1
2	SAN MARTIN DE PORRES	2
3	43008 JORGE MARTORELL FLORES	3
4	42006 SAN FRANCISCO DE ASIS	4
5	42241 HERMOGENES ARENAS YAÑEZ	5
6	JORGE BASADRE GROHMANN	6
7	MARISTA DE TACNA	7
8	NUESTRA SEÑORA DE FATIMA	8
9	DANIEL COMBONI	9
10	ALEXANDER FLEMING	10
11	SAN IGNACIO DE LOYOLA	11
12	HERMANAS BARCIA BONIFFATTI	12
13	42058 OLGA GROHMAN DE BASADRE	13

Nota: Elaboración Propia

4. Discusión

Si bien es cierto que la metodología propuesta permite evaluar de manera rápida a los colegios públicos de la ciudad de Tacna, es necesario identificar adecuadamente el sistema estructural del edificio, ya que de ello dependerá la propuesta de reforzamiento estructural. Así por ejemplo en la norma de Diseño Sismoresistente de Perú, Los sistemas estructurales se clasifican en:

- Estructuras de Acero (Pórticos especiales resistente a momentos, Pórticos intermedios resistente a momentos, Pórticos ordinarios resistente a momentos, Pórticos especiales concéntricamente arriostrados, Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados, y Pórticos excéntricamente arriostrados).
- Estructuras de Concreto armado (Pórticos, dual, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada)
- Estructuras de Albañilería Armada o Confinada y
- Estructuras de Madera

Dentro de esta normatividad, los centros educativos presentan una Categoría A2, es decir son edificaciones esenciales; y en la tabla 06 de la NTE E.030, para la zona 4 como es el caso de la ciudad de Tacna, no está permitido los sistemas estructurales de pórticos de concreto armado debido a que son sistemas estructurales muy flexibles. En ese sentido, se propone realizar la clasificación del sistema estructural en base a lo indicado en la NTE E.030.

Para este trabajo de investigación se ha identificado 2 sistemas estructurales predominantes, los que se muestran en la figura 4.

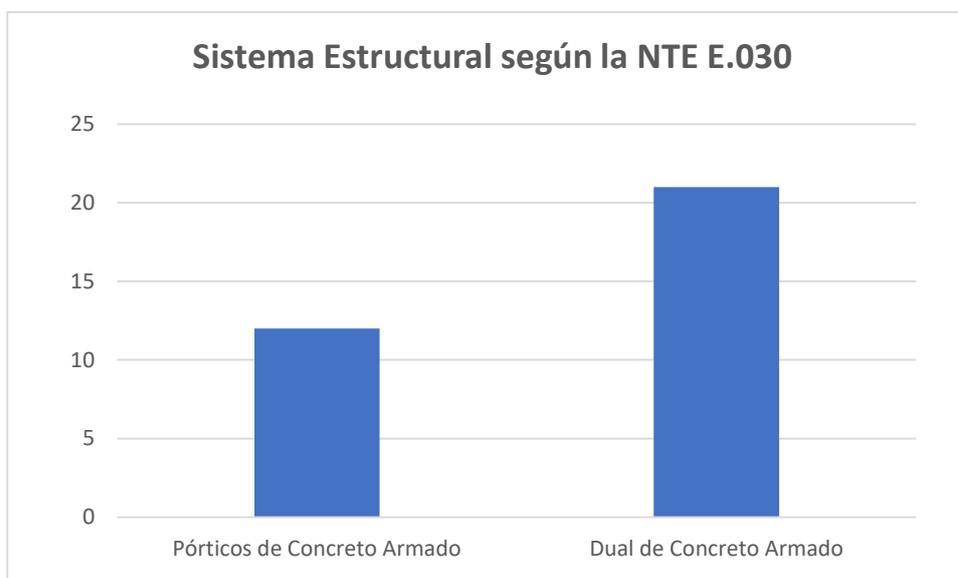


Figura 4. Sistema estructural según la NTE E.030. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4, se observa que 12 colegios han sido construidos empleando un sistema estructural de pórticos de concreto armado y 21 colegios cuentan con un sistema estructural dual de concreto armado.

5. Conclusiones

- Se ha identificado el nivel de riesgo esperado, de los cuales 13 edificaciones presentan un alto potencial de daño (ADP) y 20 colegios presentan un buen desempeño sísmico esperado (BDS) y por lo tanto no requieren de ningún tipo de intervención.

- Las edificaciones con alto potencial de daño (ADP) que cuentan con un sistema estructural de columna y vigas de concreto armado deben ser reforzados mediante el encamisado total o parcial de las columnas o mediante la incorporación de placas de concreto armado, para evitar una falla por columna corta y porque estos sistemas han demostrado ser demasiados flexibles en terremotos pasados.
- Los colegios con alto potencial de daño (ADP) que cuentan con un diafragma o losa flexible deben ser reemplazados por un material más rígido como por ejemplo una losa aligerada o losa maciza o en su defecto una losa prefabricada.
- Finalmente se concluye que en base al área de la edificación y a la cantidad de estudiantes que ocupan las instalaciones, se debe reforzar a corto plazo los colegios 42003 Gregorio Albarracín y San Martín de Porres.

6. Referencias

- Banco Mundial. (2017). Estrategia de Reducción del Riesgo Sísmico de Edificaciones Escolares Públicas del Perú. *Informe técnico*.
- Minedu. (2017). Plan nacional de infraestructura Educativa al 2025. Ministerio de educación. *Informe técnico*.
- Muñoz, A. & Blondet, M., 2007. Reducción de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares peruanas en alto riesgo. *Informe técnico PUCP*.
- Roncal. (2017). Determinación del peligro sísmico en el territorio nacional y elaboración de aplicativo web. *Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Ingeniería*.
- Yamin. (2015). Riesgo sísmico de edificaciones en términos de pérdidas económicas mediante integración de costos de reparación de componentes. *Tesis de Postgrado Universidad Politécnica de Catalunya*.
- Sencico (2018). Norma técnica de edificaciones NTE E.030 Diseño sismorresistente. *Norma Técnica*.