

# Factibilidad técnica y económica de utilizar aislamiento sísmico en hospitales peruanos existentes

Paola Ita<sup>1</sup>, Mario Pino<sup>2</sup>, Alejandro Muñoz<sup>3</sup>, Nicola Tarque<sup>4</sup>

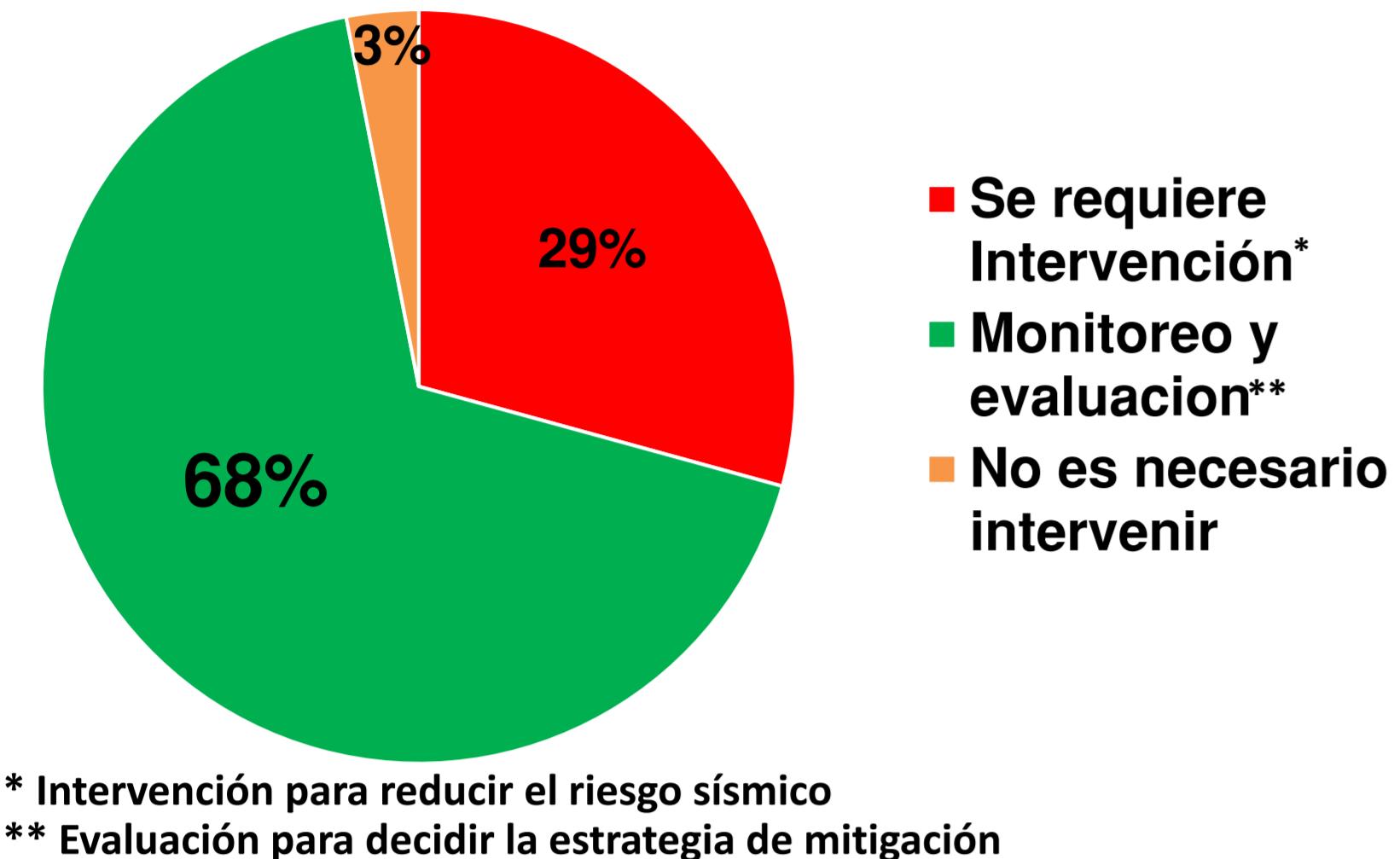
<sup>1</sup> Asistente de investigación (isabel.ita@pucp.pe), <sup>2</sup> Asistente de investigación (mario.pino@pucp.edu.pe), <sup>3</sup> Profesor principal (amunoz@pucp.edu.pe), <sup>4</sup> Profesor asociado (sntarque@pucp.edu.pe)

## Problemática y caso de estudio

### • Problema general

Un tercio de los hospitales de Lima se encuentran en alto riesgo sísmico.<sup>9,10</sup>

#### Nivel de riesgo – Infraestructura de Salud Lima



### • Objetivo general

El objetivo de la investigación es contribuir a la seguridad sísmica de los hospitales en el Perú

Se busca proteger simultáneamente a:

- Elementos estructurales
- Elementos no estructurales
- Contenido médico y mobiliario



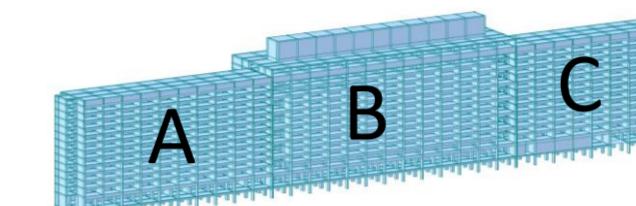
Hospital Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) - Sismo 2016

### • Caso de estudio:

#### Hospital Edgardo Rebagliati Martins (HERM)



- Inaugurado en 1958
- Estructura aporticada con muros de relleno
- Tiene 3 pabellones principales (A, B y C)



## Diagnóstico de la estructura

### • Estudios previos

#### CISMID (1997)<sup>3</sup>:

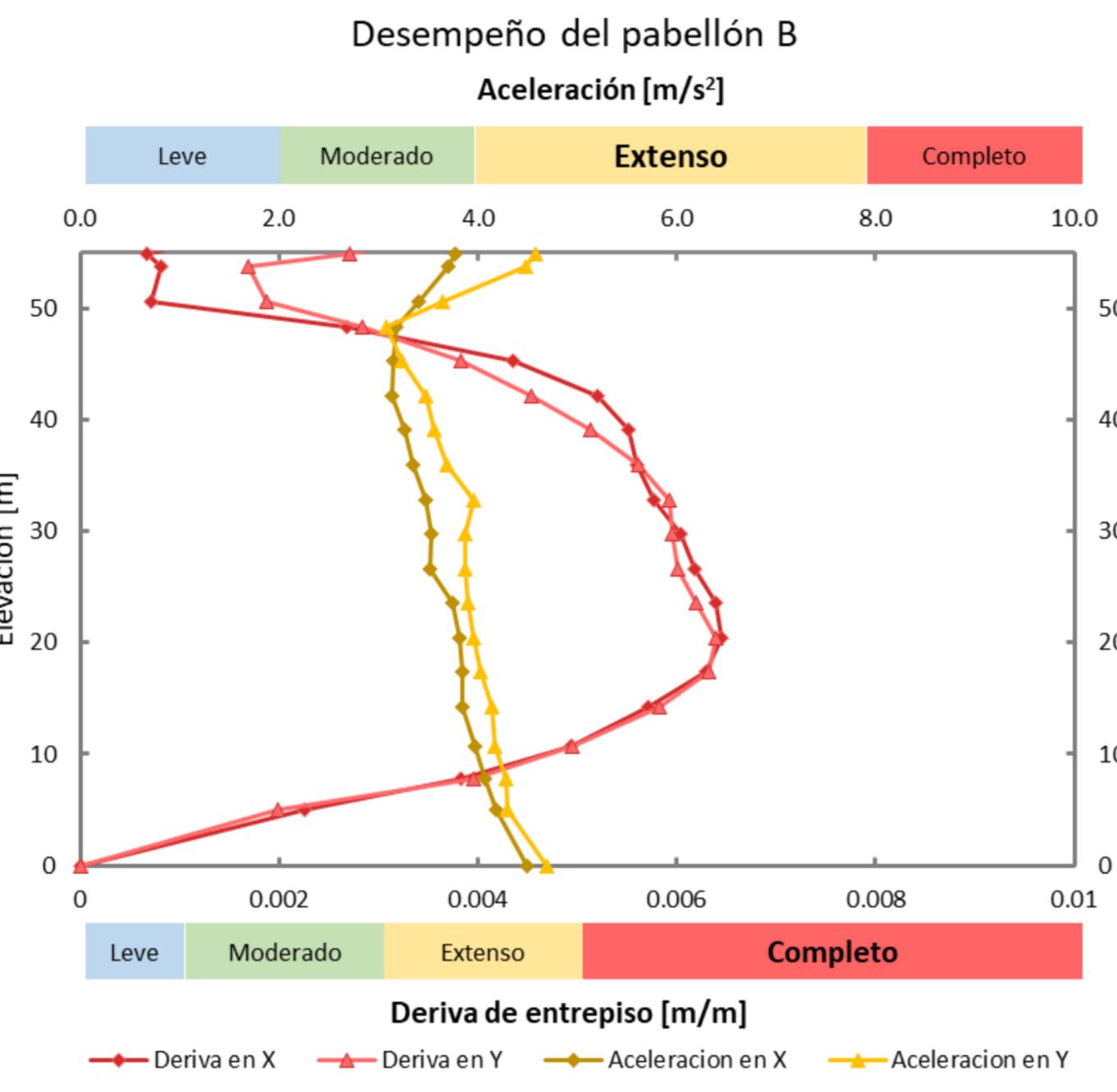
Análisis de vulnerabilidad sísmica (Pabellón A, B y C)

#### Fajardo, C. (2012)<sup>5</sup>:

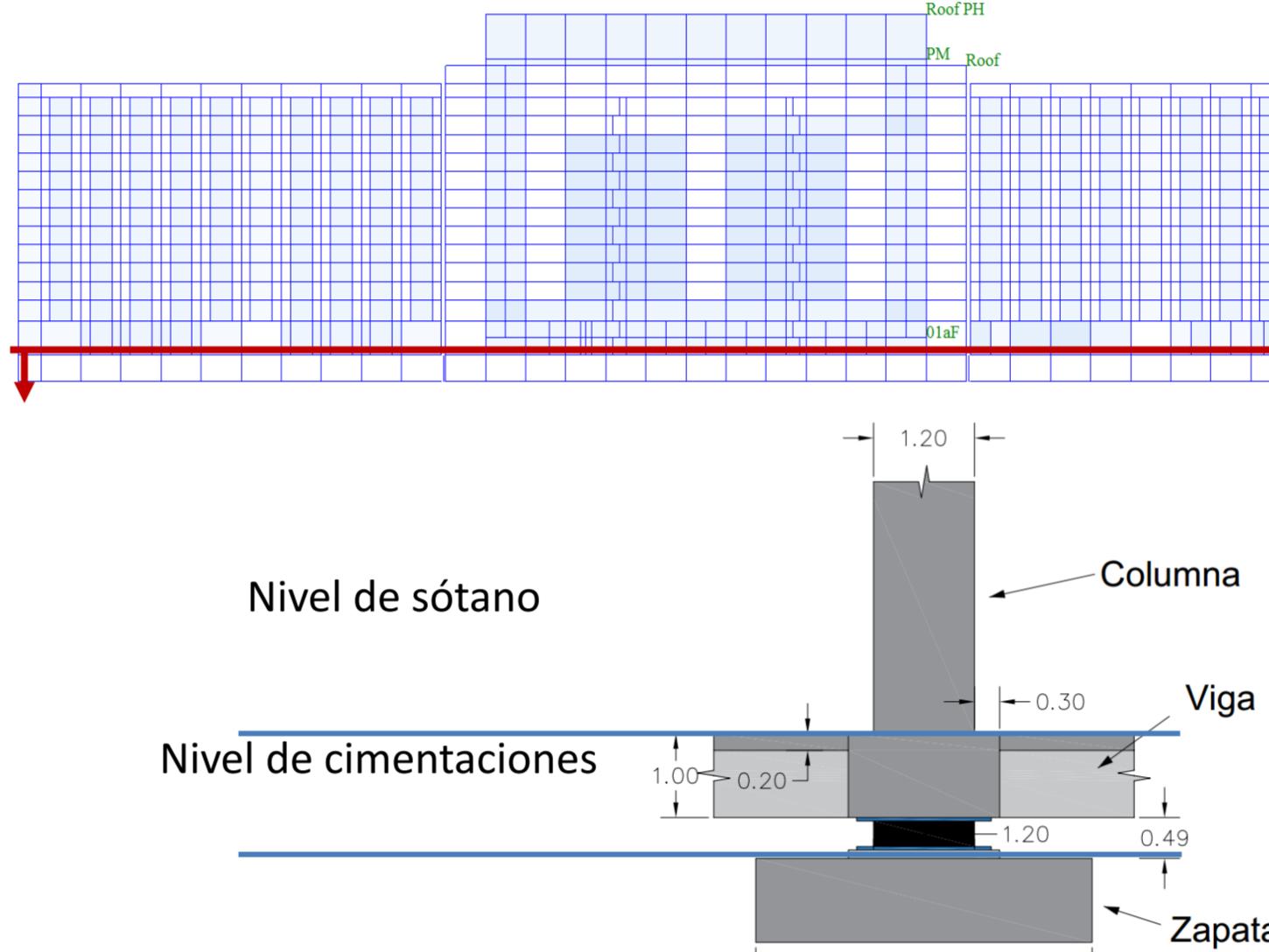
Análisis Estático No lineal (Pabellón A)

#### Díaz et al. (2014)<sup>4</sup>:

Sistema de monitoreo de la estructura (Pabellón A)



### • Nivel de aislamiento



### • Objetivos de desempeño

Nivel de diseño sísmico: Low-code (C3H) <sup>6</sup>				
Parametros	Leve	Moderado	Extenso	Completo
Deriva de entrepiso	0.0019	0.0038	0.0094	0.0219
Aceleración de piso (g)	0.2	0.4	0.8	1.6
PGA (g)	0.12	0.22	0.48	0.79

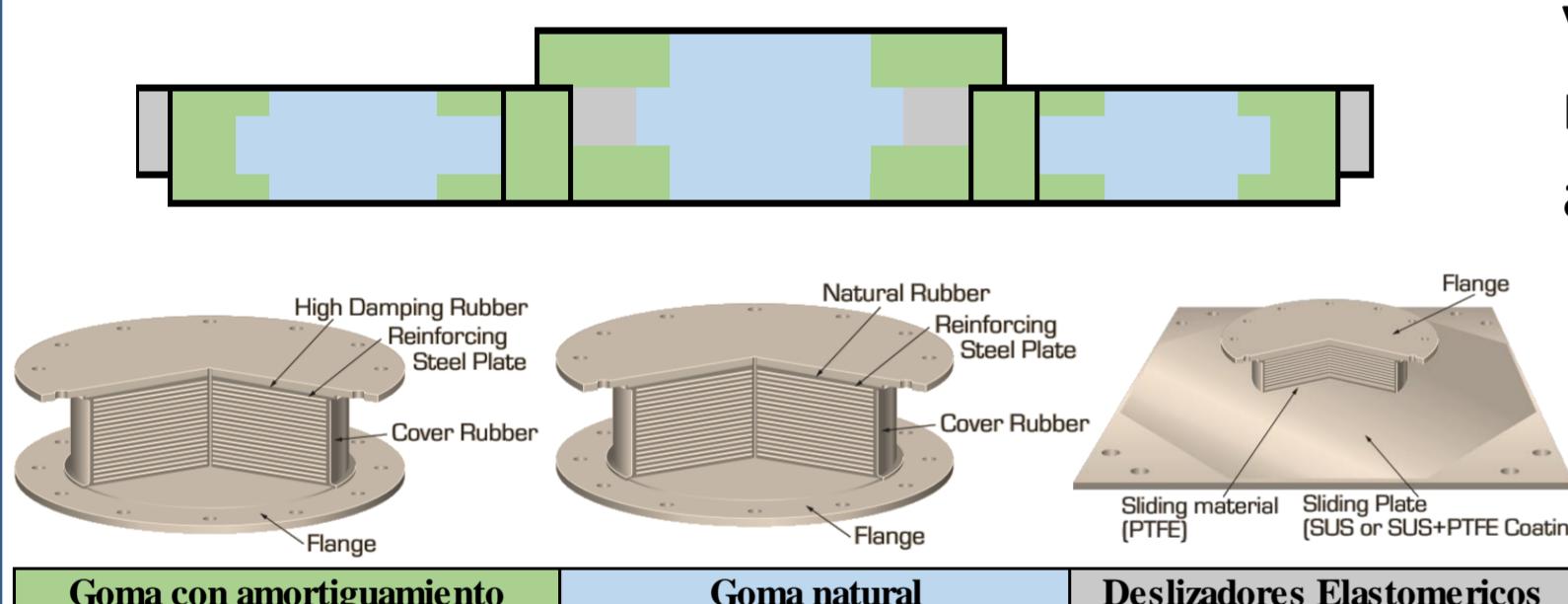
  

Nivel de desempeño de mampostería no reforzada (Calvi,1999) <sup>1</sup>			
Parametros	Leve	Moderado	Extenso
Deriva	0.001	0.003	0.005

- Periodo objetivo : 3.3 seg
- Amortiguamiento: 15%

## Diseño del sistema de aislamiento

### • Diseño del sistema de aislamiento

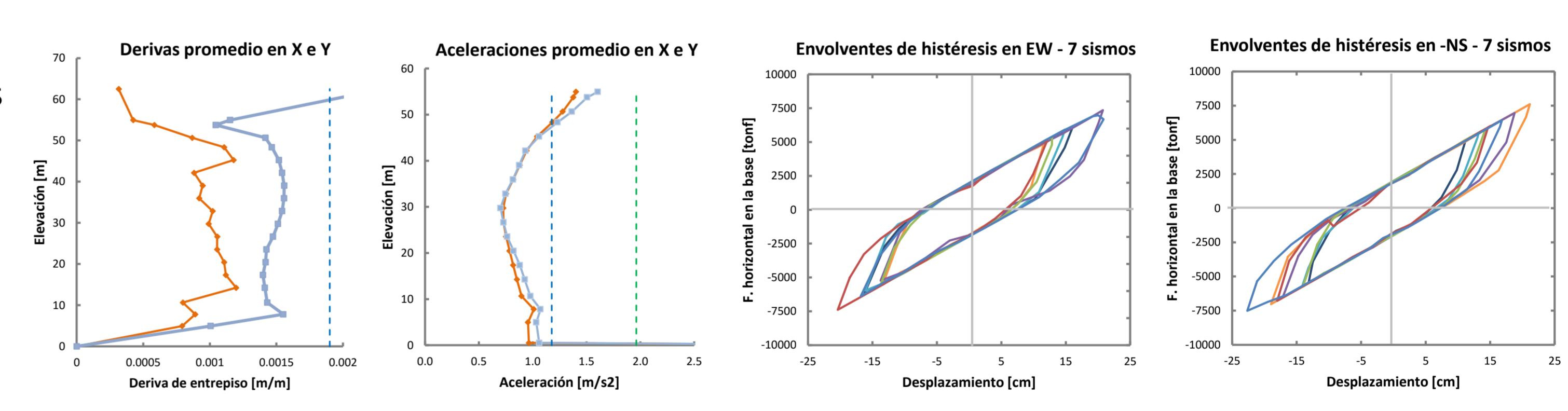


### • Señales sísmicas:

Se usó 7 pares de registros sísmicos (4 peruanos y 3 chilenos)<sup>3,4</sup> para el análisis tiempo historia no lineal escalados al espectro de diseño (475 años).

Sismo	Estación	Magnitud Mw
Lima 1966	Parque de la Reserva	8.1
Lima 1974	Parque de la Reserva	8.0
Arequipa 2001	César Vizcarra Vargas	8.4
Tarapacá 2005	Pica	7.8
Pisco 2007	UNICA-ICA2	8.0
Tocopilla 2007	Tocopilla	7.7
Maule 2010	Constitución	8.8

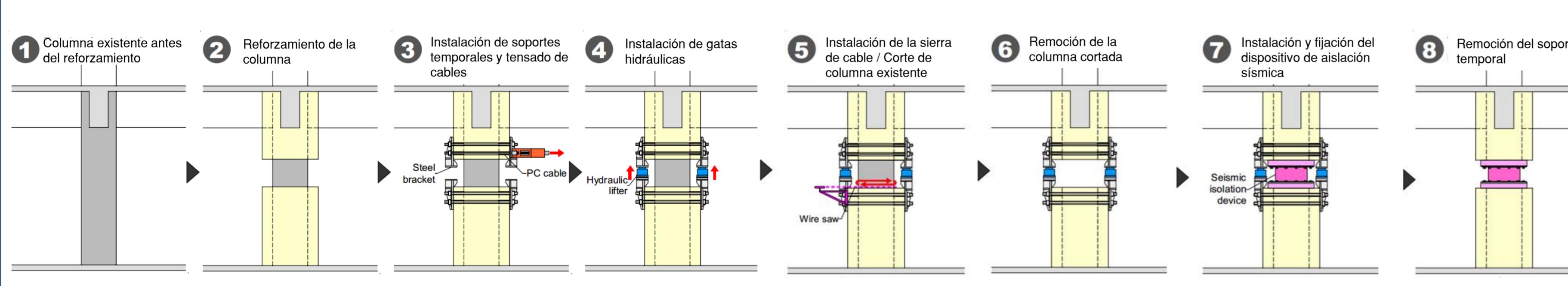
## Resultados de los pabellones A, B y C con aisladores



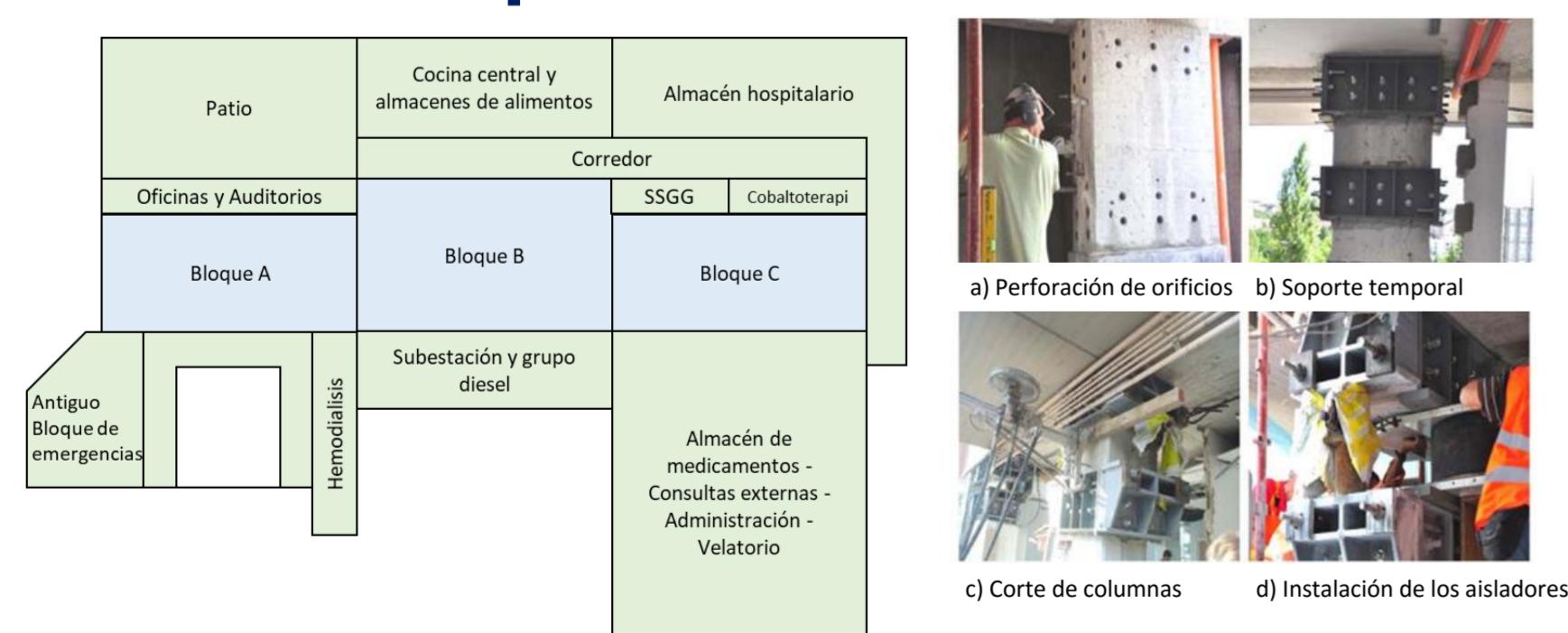
- Periodo efectivo : 3.29 seg
- Amortiguamiento efectivo: 17%

## Diseño del proceso constructivo y estimación de costo

### • Método de instalación de los aisladores<sup>10</sup>



### • Diseño del proceso constructivo:



- Técnicamente es factible utilizar aislamiento sísmico para el caso de estudio. Se alcanzan los objetivos de desempeño para un sismo raro (475 años) y a su vez es posible implementar una técnica de instalación para los aisladores.

## Agradecimientos:

- Los autores agradecen al CONVENIO DE GESTIÓN N° 232-2015 FONDECYT por el soporte brindado a la investigación y a nuestros asesores por su constante apoyo.

### • Estimación de costos:

Se estimó los costos en base a ratios.

COSTO DIRECTO:		S/. 20,209,405.18	
COSTO INDIRECTO, GASTOS GENERALES Y UTILIDAD		S/. 8,083,762.07	
IGV		S/. 5,092,770.11	
<b>INVERSIÓN</b>			
		S/. 33,385,937.36	
		US\$ 10,116,950.71	

## Referencias:

1. Calvi, G. M. (1999). A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 3(03), 411-438.
2. Cardone, D., & Gualdi, G. (2014). Seismic rehabilitation of existing reinforced concrete buildings with seismic isolation: a case study. *Earthquake Spectra*, 30(4), 1619-1642.
3. Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sismicas y Mitigación de Desastres. <http://cemos.csimid.uni.org/cemos-redacs.html>. Noviembre 14, 2017.
4. Centro Sismológico Nacional. <http://www.csn.uchile.cl/red-sismologica-nacional/red-acelerografos/>. Noviembre 14, 2017.
5. CISMID-UNI (1997). Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica en Hospitales del Perú. MINSA/ECHO/OPS-OMS.
6. Díaz et al (2014), "Implementation of Building Monitoring Network in Peru Under SATREPS Project," FIC-UNI, Lima, Peru.
7. Fajardo (2012), "Structural Evaluation of One of Buildings of Edgardo Rebagliati Martins Hospital," Undergraduate Thesis for Civil Engineering, FIC-UNI, Lima, Peru.
8. HAIZUS, M. (2003). MR4 Technical Manual. Multihazard Loss Estimation Methodology.
9. Luca,Trombetta, P., Castellano, M. G., & Cocchio, D.(2014) Retrofit of buildings in Italy through seismic isolation.
10. Matsuura, Y., & Hisada, Y. (2012). Current State of Retrofitting Buildings by Seismic Isolation in Japan. In 15th World Conference on Earthquake Engineering (pp. 24-28).
11. Palomino, J., & Tamayo, R. (2016). Evaluación probabilista del riesgo sísmico de hospitales en Lima con plataforma CAPRA. PUCP, Lima.
12. Santa-Cruz, S. (2013). Informe Interno TAP 2. Evaluación probabilista del riesgo sísmico de escuelas y hospitales de la ciudad de Lima. Componente 2: Evaluación probabilista del riesgo sísmico de locales escolares en la ciudad de Lima, Lima: PUCP.