

UNI VERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la
respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno –
Huánuco – 2025”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIEROA
CIVIL**

AUTORA: Jara Sinche, Beich Gheraldine

ASESOR: Dávila Herrera, Percy Mello

HUÁNUCO – PERÚ

2026

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Estructuras
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73486354

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41050949

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible.

Código ORCID: 0000-0001-5484-6982

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

D

H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 08:30 horas del día jueves 17 de setiembre de 2026, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

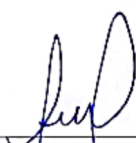
- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1655-2026-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO JUANA MORENO – HUÁNUCO – 2025", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Beich Gheraldine JARA SINCHE, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

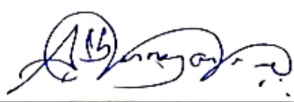
Siendo las 09:30 PM horas del día 17 del mes de setiembre del año 2026, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
PRESIDENTE



MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
SECRETARIO (A)



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
VOCAL



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: **BEICH GHERALDINE JARA SINCHE**, de la investigación titulada **"EFECTO DE LA VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE AMORTIGUAMIENTO EN LA RESPUESTA ESTRUCTURAL DEL INSTITUTO PEDAGÓGICO JUANA MORENO - HUÁNUCO - 2025"**, con asesor(a): **PERCY MELLO DAVILA HERRERA**, designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 1400-2025-D-FI-UDH** del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del **24 %** verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 30 de julio de 2026



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

Nota: La presente constancia tendrá una **vigencia de cuatro (4) meses**, conforme a lo establecido en la **Directiva del Software de Identificación de Similitud y Originalidad**, aprobada mediante **Resolución N° 532-2024-P-CD-UDH**.

Vencido dicho plazo, el solicitante deberá realizar nuevamente el procedimiento correspondiente para la emisión de una nueva constancia.

Válida hasta el 30 de noviembre de 2026.

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

documentop.com

Fuente de Internet

5%

2

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

vdocuments.site

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.uta.edu.ec

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1%

6

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

9

anyflip.com

Fuente de Internet

1%

10

moam.info

Fuente de Internet

1%



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Con la luz de Dios iluminando mi camino, dedico este trabajo por brindarme la fortaleza, la fe y la perseverancia para alcanzar esta meta.

A mis padres, en especial a mi adorada mamá Marisol Sinche, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y por ser mi mayor motivación para salir adelante. Gracias por nunca dejar de creer en mí.

A mi querido abuelo Estodio Sinche, quien ha sido una fuente de inspiración, por sus enseñanzas, su cariño y por acompañarme con su ejemplo a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por guiar cada uno de mis pasos y brindarme la fortaleza necesaria para culminar esta etapa.

A mis docentes del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco por brindarme la formación académica necesaria y las herramientas para desarrollarme profesionalmente.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera aportaron en la realización de este trabajo, brindándome su ayuda, motivación y consejos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCION	XII
CAPÍTULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	14
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	24
2.2. BASES TEÓRICAS	24
2.2.1. VIBRACIÓN LIBRE	24
2.2.2. VIBRACIÓN LIBRE VISCOSAMENTE AMORTIGUADA	25
2.2.3. SISTEMAS SUBAMORTIGUADOS.....	27
2.2.3. AMORTIGUAMIENTO EN ESTRUCTURAS	29
2.2.4. PROPIEDADES DE VIBRACIÓN DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA MILLIKAN	29
2.2.5. ESTIMACIÓN DE LAS FRACCIONES DE AMORTIGUAMIENTO MODAL.....	32
2.2.6. AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL PARA DIVERSOS CÓDIGOS EXTRANJEROS	34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	36
2.4. HIPÓTESIS.....	39
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	39
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	39
2.5. VARIABLES.....	40
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	40
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	40
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	41
CAPÍTULO III.....	42
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	42
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1. ENFOQUE.....	42
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	42
3.1.3. DISEÑO.....	43

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	43
3.2.1. MUESTRA	44
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	45
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	45
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	45
3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
CAPÍTULO IV	47
RESULTADOS	47
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	47
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	61
CAPITULO V	68
DISCUSION DE RESULTADOS	68
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS	68
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Periodos naturales de vibración y de amortiguamiento modal.....	32
Tabla 2 Valores de amortiguamiento recomendados I.....	33
Tabla 3 Operacionalización de Variables.....	41
Tabla 4 Instrumentos de recolección de datos.....	45
Tabla 5 Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II.....	61
Tabla 6 Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II.....	62
Tabla 7 Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II.....	63
Tabla 8 Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II.....	64
Tabla 9 Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II.....	65
Tabla 10 Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Efectos del amortiguamiento sobre la vibración libre.....	27
Figura 2 Vibración de sistemas a amortiguamientos de $\zeta = 2, 5, 10$ y 20%.....	28
Figura 3 Biblioteca Millikan.....	30
Figura 4 Curva de respuesta en la frecuencia para la biblioteca Millikan.....	31
Figura 5 Amortiguamiento según la norma chilena.....	34
Figura 6 Espectro elástico de aceleración de diseño.....	35
Figura 7 Espectro elástico de diseño.....	36
Figura 8 Vista en planta del módulo I y II.....	44
Figura 9 Vista en elevación del módulo I y II.....	45
Figura 10 Espectros de diseño Dir X y Dir. Y con 5% de amortiguamiento.....	49
Figura 11 Espectros de diseño Dir .X y Dir. Y con 3% de amortiguamiento.....	50
Figura 12 Espectros de diseño Dir.X y Dir. Y con 6% de amortiguamiento....	51
Figura 13 Espectros de diseño Dir.X al 3%, 5% y 6%.....	52
Figura 14 Espectros de diseño Dir.Y al 3%, 5% y 6%.....	53
Figura 15 Ingreso del espectro de diseño Dir.X al 3% en el módulo I.....	54
Figura 16 Ingreso del espectro de diseño Dir.Y al 3% en el módulo I.....	54
Figura 17 Ingreso del espectro de diseño Dir.X al 5% en el módulo I.....	55
Figura 18 Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 5% en el módulo I.....	55
Figura 19 Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 6% en el módulo I.....	56
Figura 20 Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 6% en el módulo I.....	56
Figura 21 Ingreso del espectro de diseño Dir.X al 3% en el módulo II.....	57
Figura 22 Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 3% en el módulo II.....	58
Figura 23 Ingreso del espectro de diseño Dir.X al 5% en el módulo II.....	58
Figura 24 Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 5% en el módulo II.....	59
Figura 25 Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 6% en el módulo II.....	59
Figura 26 Ingreso del espectro de diseño Dir.Y al 6% en el módulo II.....	60

Figura 27 Derivas de entrepiso del módulo I y II.....	61
Figura 28 Fuerzas cortantes basales del módulo I y III.....	62
Figura 29 Derivas de entrepiso del módulo I y II.....	63
Figura 30 Fuerzas cortantes basales del módulo I y II.....	64
Figura 31 Derivas de entrepiso del módulo I y II.....	65
Figura 32 Fuerzas cortantes basales del módulo I y II.....	66

RESUMEN

En esta investigación se propuso como objetivo general y principal determinar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco – 2025 utilizando valores de amortiguamiento de 3% y 6% que fueron comparadas frente al valor normativo equivalente a 5%. Para demostrar los objetivos generales y específicos el alcance fue del tipo explicativo y diseño no experimental con la finalidad de comparar las diferencias de los parámetros estructurales al utilizar diversos valores de amortiguamiento.

La población se eligió por conveniencia, debido a que se disponía de la información estructural, como planos estructurales y memorias de cálculo, lo que permite desarrollar un modelado numérico confiable. En la etapa de la ejecución de los resultados se construyeron espectros de diseño a diferentes valores de amortiguamiento. Para los espectros de diseño con amortiguamientos distintos al 5% se utilizó una fórmula del tipo exponencial propuesta por Colqui 2018, los datos de cada uno de estos nuevos espectros fueron incorporados en el software ETABS V19.0 y analizados bajo el método del análisis dinámico espectral tal como sugiere el RNE E.030.

La conclusión más relevante recae en que se determinó el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno, observándose una reducción de la fuerza cortante basal de 90.55 a 77.16 toneladas y de la deriva de entrepiso de 0.00722 a 0.00614 al aumentar el amortiguamiento de 3% a 6%.

Palabras clave: Amortiguamiento, deriva de entrepiso, fuerza cortante en la base, respuesta estructural, edificaciones educativas.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of varying damping percentages on the structural response of educational buildings in Huánuco, Peru, by 2025. Damping values of 3% and 6% were used and compared to the standard damping value of 5%. To achieve these objectives, the study employed an explanatory approach, utilizing a quasi-experimental design to compare the differences in structural parameters such as interstory drift and base shear when using various damping values.

The population was selected for convenience, as structural information, including structural plans and calculation reports, was readily available, allowing for the development of reliable numerical modeling. During the results analysis phase, design spectra were constructed for different damping values. For design spectra with damping percentages other than 5%, an exponential formula proposed by Colqui (2018) was used. The data from each of these new spectra were imported into the response spectrum functions section of the ETABS V19.0 software and subsequently analyzed using the dynamic spectral analysis method, as suggested by the RNE E.030.

The most relevant conclusion is that the effect of varying the damping percentage on the structural response of educational buildings was determined. Using a damping percentage of 3%, a base shear force of 90.55 tons and an interstory drift of 0.00722 were obtained, while with a damping percentage of 6%, a base shear force of 77.16 tons and an interstory drift of 0.00614 were obtained.

KEYWORDS: damping, interstory drift, base shear, structural response, educational buildings

INTRODUCCION

Según Chopra 2020, ante un evento sísmico la estructura parte del análisis por gravedad a una vibración, la disipación de esta energía sísmica lo realizan los elementos estructurales a través de la fricción y otra parte los materiales de construcción como el concreto, por lo que se desprende que el aumento del amortiguamiento sugiere menores esfuerzos, diversos investigadores reportan el colapso estructural debido a estimar más de lo normal el porcentaje de amortiguamiento.

El RNE a través de la E.030 manifiestan la utilización de un 5% de amortiguamiento, esto basado en códigos extranjeros, sin embargo, algunos autores mencionan que este parámetro de amortiguamiento no debería ser un valor fijo sino variable, allí recae el vacío de conocimientos que esta investigación busca solucionar. Partiendo desde un enfoque de asumir dos porcentajes de amortiguamiento y evaluando la respuesta estructural medido a través de las derivas de entrepiso y los esfuerzos cortantes basal del edificio.

La edificación elegida para evaluar la variación del porcentaje de amortiguamiento en función de los parámetros estructurales expuestos anteriormente, fueron los módulos I y II del Instituto Pedagógico Juana Moreno del distrito de Llata, provincia de Huamálíes y departamento de Huánuco. Estos dos módulos fueron obviamente diseñados bajo el RNE E.030 asumiendo un 5% de amortiguamiento, ambos de 5 pisos y guardan relación en alturas y dimensiones en planta, por lo que el objetivo general de la investigación radica en determinar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco – 2025.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Problemática internacional: Las deficiencias estructurales y el mal cálculo del porcentaje del amortiguamiento en estructuras fueron las causantes del colapso de más de 7000 escuelas luego del sismo de Sichuan, China (Lu et al. 2012). Los valores de amortiguamiento empleados en el diseño no reflejaban el comportamiento real de las edificaciones durante el sismo de Maule, Chile (MINEDUC, 2011), de los cuales se desprende que el porcentaje del amortiguamiento no es un valor fijo, la utilización de los valores de amortiguamiento podrían subestimar o sobreestimar la respuesta sísmica de las estructuras.

Problemática nacional: La ubicación del Perú en una zona sísmica alta demanda el uso de estructuras dúctiles capaces de disipar energía sísmica y permanecer en pie para los fines que hayan sido diseñadas. El parámetro que controla la disipación de energía es el porcentaje de amortiguamiento estructural que es variable de las propiedades dinámicas de la estructura y la intensidad sísmica, tal como lo estudió Alejo (2025) quien menciona que la variación del coeficiente de amortiguamiento influye significativamente en la respuesta sísmica de una edificación de 5 niveles. Nuestra normativa N.T.E E.030-2018 manifiesta utilizar un valor del orden del 5% del amortiguamiento estructural basado en investigaciones y códigos extranjeros.

Problemática local: particularmente el departamento de Huánuco posee ciertas zonas sísmicas 3 ($Z=0.35g$), en las provincias de Dos de mayo y Huamalíes, por ello esta investigación utiliza la edificación educativa

destinada a ser un instituto pedagógico ubicada en el departamento de Huánuco, provincia de Huamalíes y distrito de Lata con la finalidad de evaluar las propiedades dinámicas de la estructura sujetas a la variación del coeficiente de amortiguamiento (3% y 6%), las cuales son los periodos de vibración, derivas de entrepiso (<0.007) y valores de fuerzas cortantes en la base ($VD > 0.80VE$); mismas que deben satisfacer la N.T.E E.030-2018. Como se reporta anteriormente, el valor del porcentaje de amortiguamiento repercute en la respuesta elástica de una estructura y esto está apoyado en la vibración libre; en donde la estructura es perturbada de su posición inicial y vibra sin ninguna excitación externa, finalmente el decaimiento del movimiento en vibración está controlado precisamente por la razón del amortiguamiento (Chopra, 2023).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

PG: ¿En qué medida se puede evaluar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE1: ¿Cómo hallar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 3% - Huánuco - 2025?

PE2: ¿De qué manera estimar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 6% - Huánuco - 2025?

PE3: ¿Cuánto es la respuesta estructural a través de derivas de entrepisos y esfuerzos de corte del Instituto Pedagógico Juana Moreno - Huánuco - 2025?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

OG: Evaluar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno - Huánuco - 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE1: Hallar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 3% - Huánuco - 2025.

OE2: Estimar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 6% - Huánuco - 2025.

OE3: Cuantificar la respuesta estructural a través de derivas de entrepisos y esfuerzos de corte del Instituto Pedagógico Juana Moreno - Huánuco - 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Diversos autores coinciden en que la justificación de la investigación detalla y explica la importancia de ejecutar una investigación referido a un problema o situación de carácter relevante dentro de la ingeniería civil; este apartado estará dividido en tres tipos de justificación, las cuales son: justificación práctica, justificación teórica y justificación metodológica, todo

esto con la finalidad de convencer a los lectores y profesionales a cargo de su revisión.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRACTICA

La literatura menciona que la justificación práctica está destinada al aporte de mecanismos para la solución parcial o total de un problema real dentro de la ingeniería civil.

Mediante esta investigación se pretende abordar la variación del porcentaje de amortiguamiento normado equivalente al 5% por una razón menor de amortiguamiento del orden del 3% y otra razón de amortiguamiento superior del orden del 6%, ello con la finalidad de evaluar la respuesta lateral de estructuras.

Estas razones utilizadas obedecen a normativas o metodologías extranjeras que permiten la utilización de menores niveles de amortiguamiento, tal como se detalla a continuación:

FEMA 440 – FEMA P-695: mencionan la utilización del amortiguamiento efectivo entre 4% y 7% que es dependiente del nivel de daño (American Society of Civil Engineers. (2022). ASCE/SEI 7-22: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. Reston, VA: ASCE).

Euro código: menciona la aceptación de la variación del porcentaje de amortiguamiento de hasta 7% para estructuras de concreto con elevada fricción interna o mayores pérdidas energéticas (European Committee for Standardization. (2004). EN 1998-1:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Brussels: CEN).

Ya que existe la discrepancia del porque solamente utilizar el porcentaje normado. Con esto se pretende proponer una solución parcial al problema de disipación de energía y evaluación de desplazamientos y fuerzas dentro de las estructuras.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Hernández et al. (2020) mencionan que la investigación teórica es justificada cuando se detecta un vacío en un campo científico y la conducción del estudio permitirá llenarlo total o parcialmente.

La N.T.E E.030 – 2018, menciona que el amortiguamiento estructural para el diseño estructural debe ser una razón del 5%, al igual que diversos códigos extranjeros; esta razón de amortiguamiento fue adoptado de otras realidades, desde los materiales de construcción hasta la respuesta estructural de acuerdo al diseño estructural.

Del párrafo anterior se desprende el vacío en el campo científico de la ingeniería civil – estructural, luego esto se puede abordar de manera total o parcial utilizando estructuras reales diseñadas bajo la N.T.E E.030 y N.T.E E.060 con la diferencia de la variación del porcentaje de amortiguamiento.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La literatura menciona que esta justificación está destinada a explicar la elección de los diversos componentes del enfoque metodológico relacionado con los objetivos del estudio.

Para cumplir con la determinación de los objetivos planteados para esta investigación, el tipo de investigación será aplicada, el nivel de la investigación explicativa, el diseño de la investigación será no

experimental, la población serán todos los módulos/pabellones académicos del Instituto Pedagógico Juana Moreno, mientras que la muestra será un pabellón destinado a la enseñanza académica y otro pabellón destinado a la sala de reunión de docentes.

Finalmente, la metodología descrita en el párrafo anterior es la más adecuada y satisface a la pregunta de investigación y propone el alcance de los objetivos propuestos por el autor.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández et al. (2022). Toda investigación presenta limitaciones, ya sea por cuestiones metodológicas, temporales, económicas, o por el acceso limitado a fuentes de información. Reconocerlas no disminuye el valor del estudio, sino que fortalece su transparencia y credibilidad científica.

En base a lo estipulado por Hernández et al. (2022), las limitaciones para el presente proyecto de tesis son:

Cuestiones temporales: será ejecutado con los tiempos establecidos en el reglamento de grados y títulos de la Universidad de Huánuco.

Cuestiones económicas: se utilizarán los recursos económicos propios del autor para llegar a la demostración de los objetivos planteados.

Fuentes de información: como se pretende utilizar estructuras reales ya construidas, la información será utilizada netamente del expediente técnico del proyecto en mención.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La viabilidad tiene relación directa con la factibilidad del proyecto; debe analizarse si el investigador posee las condiciones necesarias para ejecutar el estudio con éxito (Tamayo, 2023)

La factibilidad del proyecto de investigación es positiva, ya que el autor dispone de las herramientas digitales, los conocimientos básicos y la disponibilidad de tiempo para ejecutar el presente proyecto de tesis en mención.

Finalmente; se concluye que el presente proyecto de tesis satisface las exigencias mínimas requeridas por Tamayo (2023) y es posible su ejecución dentro de los parámetros mencionados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Chopra (2023) en el libro denominado “Dynamics of Structures (6.^a ed., 2023)” propuso como **objetivo general**: determinar las propiedades dinámicas reales del edificio Millikan, con la finalidad de hallar el porcentaje de amortiguamiento efectivo mediante pruebas de vibración libre y forzada, también propuso verificar si estos valores de amortiguamiento tenían representación con el comportamiento total de un edificio. **Metodología**: realizó pruebas de vibración en campo, procesamiento de datos en el gabinete y validaciones de los resultados obtenidos. **Resultados**: las pruebas mostraron que el amortiguamiento efectivo del edificio Millikan estaban del orden de 3% y 5% de la crítica, mostraron también deformaciones constantes por debajo de la frecuencia fundamental (periodos de vibración). **Conclusiones**: confirmó que el amortiguamiento en estructuras de concreto armado no es un valor fijo, ya que es del orden de 3% y 5%, lo cual fue adoptado por gran parte de las normativas.

Zampieri & Scotta (2024) en el artículo denominado “Calibration of Equivalent Viscous Damping Expressions for Displacement-Based Design and Application to RC Frames” propuso como **objetivo**: Proponer y calibrar fórmulas actualizadas para estimar el amortiguamiento viscoso equivalente de edificios con marcos de concreto armado (RC frames) para ser usadas en procedimientos de diseño basados en

desplazamientos. **Metodología:** Selección y definición de las muestras utilizadas, procedieron con la simulación a través de software avanzado, determinación a través de la extracción del amortiguamiento y finalmente la calibración estadística. **Resultados:** En general, los marcos diseñados usando los parámetros calibrados mostraron resultados más conservadores en términos de fuerza basal de diseño (“base shear”) y desplazamientos máximos en los análisis NLTH. **Conclusiones:** obtienen una estimación de amortiguamiento equivalente que conduce a diseños más conservadores y con mejor ajuste entre lo previsto por el diseño y lo observado en análisis NLTH

Anil (2023) en la tesis denominada “Amortiguación por registros de vibraciones de edificios altos” propuso como **objetivo:** Determinar el porcentaje de amortiguamiento efectivo en edificios altos de concreto armado a partir de registros reales de vibraciones ambientales y sísmicas; así mismo analizar cómo varía el amortiguamiento con la altura del edificio, la amplitud de vibración y el nivel de esfuerzo estructural, evaluando si los valores normativos (como el 5%) son representativos para estas estructuras. **Metodología:** Instalación de sistemas de monitoreo del tipo permanente en la fase de monitoreo e instrumentación, posteriormente realizó la fase de identificación de modo de vibración para luego pasar a la fase de evaluación de la amortiguación con dependencia de la amplitud y finalmente aplicó la fase de modelado probabilístico a través del ajuste del modelo de datos. **Resultados:** el amortiguamiento efectivo observado se ubicó mayormente entre 2% y 6% para los modos fundamentales de los edificios, **Conclusiones:** el

estudio confirma que asumir un valor fijo de 5% de amortiguamiento para el análisis sísmico de edificios altos de concreto armado puede no reflejar fielmente el comportamiento dinámico real.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Alejo (2025) en la tesis denominada “Porcentaje de amortiguamiento ideal de una edificación de 5 niveles en el distrito de El Tambo – Huancayo 2023” propuso como **objetivo**: Determinar el porcentaje de amortiguamiento más representativo (ideal) para una edificación de concreto armado de 5 niveles, ubicada en el distrito de El Tambo – Huancayo. **Metodología**: Realizó cuatro fases metodológicas, como son: la fase de caracterización de la demanda sísmica de Huancayo, seguido del modelamiento estructural base, continuando con la fase de la sensibilidad a través de la variación del amortiguamiento y finalmente la fase final de la selección ideal del porcentaje adecuado a través del control de derivas y reducción de fuerzas cortantes en la base. **Resultados**: A través de análisis dinámicos usando las simulaciones de respuesta sísmica, se obtuvo valores de amortiguamiento que variaron entre 3% y 6% dependiendo del modo de vibración, **Conclusiones**: determinó que el amortiguamiento ideal para la edificación analizada es de 4%, ligeramente por debajo del valor convencional de 5% usado en normativas, también recomienda que, en edificaciones parecidas en la región, se utilicen valores entre 4% y 5%, en lugar de asumir un único valor estándar de 5%.

Soto (2021) en la tesis denominada “Análisis sísmico al utilizar 2% y 5% del amortiguamiento estructural en el colegio estatal de Oxamarca,

provincia de Celendín – Cajamarca 2020” propuso como **objetivo**: Evaluar el comportamiento sísmico de una edificación educativa (colegio estatal en Oxamarca – Cajamarca) al considerar dos valores distintos de amortiguamiento estructural: 2% y 5%. **Metodología**: Realizó la recopilación de datos del colegio Oxamarca, para pasar al modelamiento estructural base acompañado de una fase de simulación y análisis de dos escenarios sísmicos, finalmente realizó una fase de análisis comparativo y discusión de resultados a través de la comparación de derivas de entrepiso, fuerzas cortantes en la base y momentos flectores. **Resultados**: Con 2% de amortiguamiento, la estructura presentó mayores desplazamientos laterales y derivas entre pisos, incrementando el riesgo de daño frente a sismos severos, mientras que con 5% de amortiguamiento, los desplazamientos y derivas disminuyeron significativamente, demostrando un mejor control de la respuesta sísmica, **Conclusiones**: El análisis comparativo demostró que la variación del porcentaje de amortiguamiento tiene un impacto directo en la demanda sísmica de la estructura, para edificaciones educativas similares, recomienda adoptar el valor de 5% de amortiguamiento, dado que representa condiciones más seguras frente a la acción sísmica.

Muriel (2025) en la tesis denominada “Análisis y diseño estructural con interacción sísmica suelo-estructura para una edificación multifamiliar en Jayllihuaya -Puno, para un sismo moderado, considerando amortiguamiento de 6%” propuso como **objetivo**: Evaluar los efectos en la respuesta estructural al considerar un amortiguamiento del 6%, distinto al valor normativo común de 5%. **Metodología**:

Primeramente, obtuvo los parámetros del suelo y las funciones de impedancia, luego generó el modelo numérico en el software ETABS, posteriormente realizó la definición de la demanda sísmica moderada con un amortiguamiento del 6% y finalmente realizó el análisis dinámico espectral tiempo historia de donde evaluó resultados. **Resultados:** El uso de 6% de amortiguamiento permitió reducir en promedio un 8–10% los desplazamientos máximos respecto al modelo con 5%, observó que el incremento del amortiguamiento tuvo un efecto positivo en la reducción del cortante basal y de las aceleraciones absolutas en los pisos superiores. **Conclusiones:** Adoptar un 6% de amortiguamiento mejora el control de desplazamientos y esfuerzos, lo que puede contribuir a un mejor desempeño sísmico en comparación con el valor estándar de 5%.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No existen antecedentes a nivel de tesis de pre grado sobre el porcentaje de amortiguamiento en estructuras.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. VIBRACIÓN LIBRE

De acuerdo con Anil K. Chopra (2023), una estructura presenta vibración libre cuando es desplazada de su posición de equilibrio estático y posteriormente se le permite oscilar sin la acción de fuerzas dinámicas externas. El estudio de este tipo de vibración permite introducir conceptos fundamentales como la frecuencia natural y la razón de amortiguamiento en sistemas de un grado de libertad (pp. 48).

Asimismo, el autor señala que la velocidad con la que disminuye la amplitud del movimiento durante la vibración libre está directamente gobernada por la razón de amortiguamiento. En este sentido, las soluciones analíticas de la vibración libre constituyen una base importante para estimar, a partir de datos experimentales, tanto la frecuencia natural como el nivel de amortiguamiento de una estructura (pp. 56).

2.2.2. VIBRACIÓN LIBRE VISCOSAMENTE AMORTIGUADA

De acuerdo con Anil K. Chopra (2023), la vibración libre con amortiguamiento viscoso describe el comportamiento dinámico de un sistema estructural que, tras ser desplazado de su posición de equilibrio, oscila sin la acción de fuerzas externas, mientras disipa energía mediante un mecanismo de amortiguamiento proporcional a la velocidad.

En la misma línea, Ray W. Clough y Joseph Penzien (2020) señalan que, en la vibración libre amortiguada, el sistema responde a una perturbación inicial mediante oscilaciones cuya energía se reduce progresivamente debido al efecto del amortiguamiento. En el caso del amortiguamiento viscoso, dicha disipación de energía es directamente proporcional a la velocidad del movimiento.

Si se establece $p(t) = 0$ en la siguiente ecuación:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t)$$

Se obtiene la ecuación diferencial que rige la vibración libre de los sistemas de 1GDL con amortiguamiento:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = 0$$

Al dividir entre m resulta:

$$\ddot{u} + 2\zeta\omega_n\dot{u} + \omega_n^2 u = 0$$

donde $\omega_n = \sqrt{k/m}$ y

$$\zeta = C/2m\omega_n = C/C_{cr}$$

Se hará referencia a

$$C_{cr} = 2m\omega_n = 2\sqrt{km} = 2k/\omega_n$$

El amortiguamiento crítico se introduce como un valor de referencia, mientras que la razón de amortiguamiento (ζ) representa la relación entre el amortiguamiento real del sistema y dicho valor crítico. Por su parte, el coeficiente de amortiguamiento se asocia con la cantidad de energía que se disipa durante un ciclo de vibración, ya sea libre o forzada de tipo armónico. No obstante, la razón de amortiguamiento, al ser un parámetro adimensional, constituye una propiedad del sistema que depende no solo del amortiguamiento, sino también de su masa y rigidez.

La ecuación diferencial que describe el movimiento puede resolverse empleando métodos convencionales, considerando condiciones iniciales de desplazamiento y velocidad. Sin embargo, antes de abordar su solución formal, resulta conveniente analizar cualitativamente el comportamiento del sistema.

En este contexto, el análisis se enfoca en sistemas sub amortiguados ($c < C_{cr}$) debido a que la mayoría de las estructuras de interés en ingeniería, tales como edificaciones, puentes, presas y otras infraestructuras, se comportan dentro de este rango, presentando usualmente razones de amortiguamiento menores al 10%.

2.2.3. SISTEMAS SUBAMORTIGUADOS

De acuerdo con Anil K. Chopra (2023), un sistema se considera sub amortiguado cuando su razón de amortiguamiento (ζ) es menor que la unidad, lo que implica que la disipación de energía no es suficiente para suprimir las oscilaciones de forma inmediata. En consecuencia, el sistema continúa vibrando libremente, presentando una disminución progresiva de su amplitud con el tiempo, generalmente de forma exponencial.

La solución de la ecuación

$$m \ddot{u} + c \dot{u} + k u = 0$$

Sujeta a las condiciones iniciales de la ecuación, para sistemas con $c < C_c$ o $\zeta < 1$ es:

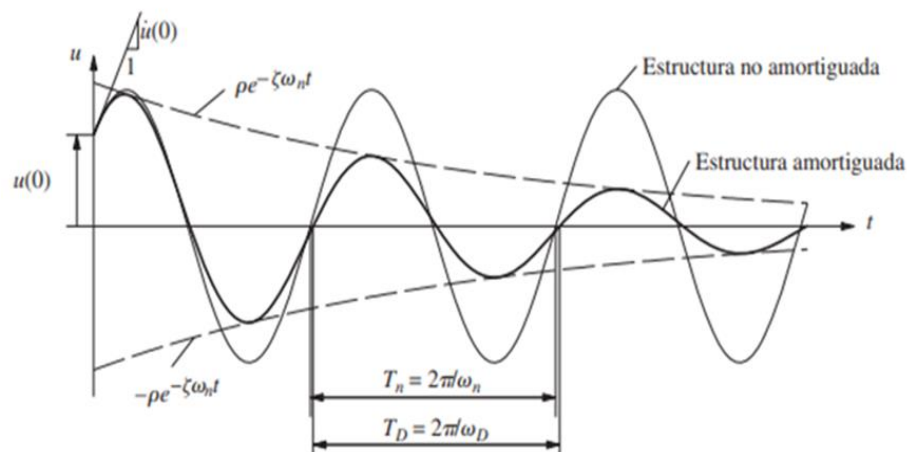
$$u(t) = e^{(-\zeta \omega_n t)} \left[u(0) \cos \left[\omega_D t + \frac{(u'(0) + \zeta \omega_n u(0))}{\omega_D} \right] + \frac{(u'(0) + \zeta \omega_n u(0))}{\omega_D} \sin \omega_D t \right]$$

Donde:

$$\omega_D = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}.$$

Figura 1

Efectos del amortiguamiento sobre la vibración libre



Fuente: Chopra (2023).

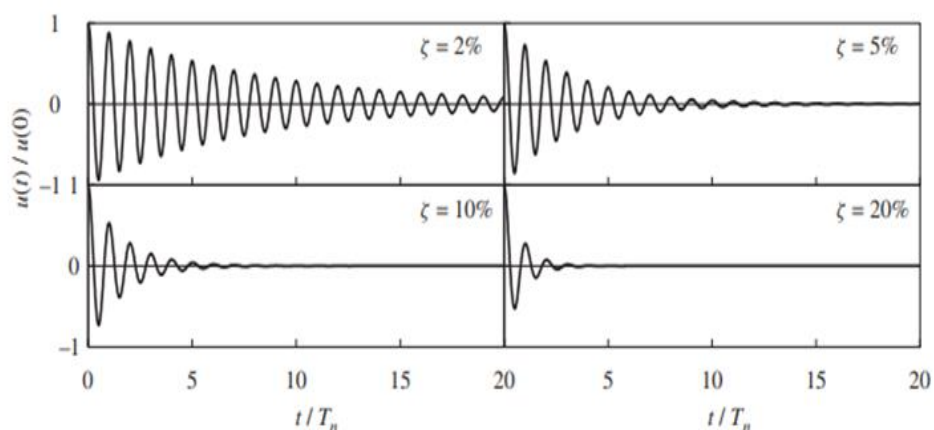
Cabe destacar que la ecuación previamente presentada se ilustra en la figura 1, la cual muestra la respuesta a la vibración libre de un sistema de un grado de libertad (1GDL) con una fracción de amortiguamiento $\zeta = 0.05$ o 5%.

La vibración libre de ambos sistemas comienza con el mismo desplazamiento inicial $u(0)$ y la misma velocidad inicial $u'(0)$ y, por lo que las gráficas de desplazamiento frente al tiempo presentan idénticas ordenadas y pendientes en $t = 0$. La figura 1 indica que la frecuencia natural de vibración amortiguada es ω_D y que se relaciona mediante la ecuación anterior con la frecuencia natural ω_n del sistema sin amortiguamiento.

El efecto más importante del amortiguamiento es sobre la rapidez de decaimiento en vibración libre. Esto se muestra en la figura 2, donde se grafica la vibración libre debida al desplazamiento inicial $u(0)$ para cuatro sistemas que tienen el mismo periodo natural T_n pero diferentes fracciones de amortiguamiento: $\zeta = 2, 5, 10$ y 20%.

Figura 2

Vibración de sistemas a amortiguamientos de $\zeta = 2, 5, 10$ y 20%



Fuente: Chopra (2023).

2.2.3. AMORTIGUAMIENTO EN ESTRUCTURAS

Chopra (2023) no es práctico determinar los coeficientes de la matriz de amortiguamiento directamente a partir de las dimensiones estructurales, los tamaños de los elementos estructurales y las propiedades de amortiguamiento de los materiales estructurales utilizados. Por lo tanto, el amortiguamiento suele especificarse mediante los valores numéricos de las fracciones de amortiguamiento modal; estos valores son suficientes para analizar los sistemas lineales con amortiguamiento clásico. Los datos experimentales que proveen un fundamento para estimar estas fracciones de amortiguamiento se estudian en la parte A de este capítulo, que termina con los valores recomendados para las fracciones de amortiguamiento modal. Sin embargo, la matriz de amortiguamiento es necesaria para el análisis de los sistemas lineales con amortiguamiento no clásico y para el estudio de las estructuras no lineales. En la parte B se presentan dos procedimientos para construir la matriz de amortiguamiento de una estructura a partir de las relaciones de amortiguamiento modal; se consideran los sistemas con amortiguamiento clásico, así como los sistemas con amortiguamiento no clásico.

2.2.4. PROPIEDADES DE VIBRACIÓN DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA MILLIKAN

Chopra (2023) elegida como un ejemplo para analizar el amortiguamiento, la Biblioteca Robert A. Millikan es un edificio de nueve pisos, hecho con concreto reforzado y construido en 1966-1967, en el campus del California Institute of Technology en Pasadena, California.

En la figura 3 se muestra una fotografía de este edificio. Tiene una planta de 69 por 75 pies, y se extiende 144 pies por encima del nivel del terreno y 158 pies por encima del nivel del sótano. La altura incluye un techo cerrado que alberga equipos de aire acondicionado. Las fuerzas laterales en la dirección norte-sur son soportadas principalmente por los muros de cortante de 12 pulgadas de espesor de concreto reforzados situados en los extremos este y oeste del edificio. En la dirección este-oeste los muros de 12 pulgadas de concreto reforzado del núcleo central, que albergan el ascensor y la escalera de emergencia, proporcionan la mayor parte de la resistencia lateral. En los muros norte y sur hay muros prefabricados de concreto con ventanas, atornillados. Éstos se diseñaron para una función arquitectónica, pero proporcionan rigidez en la dirección este-oeste para las vibraciones de baja amplitud.

Figura 3

Biblioteca Millikan



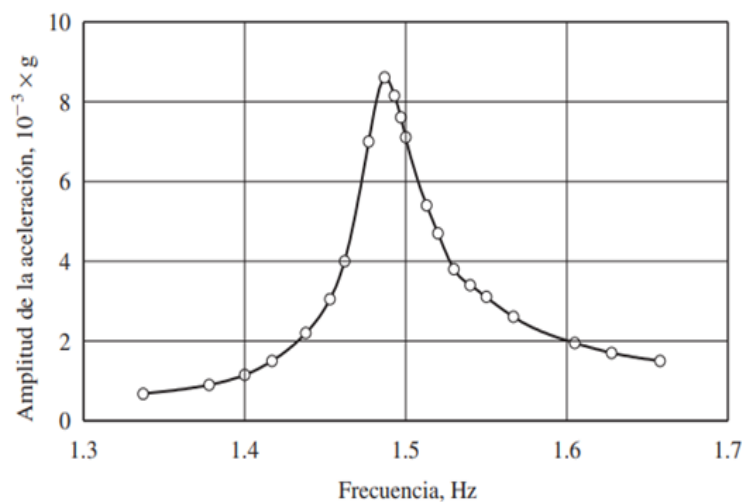
Fuente: Chopra (2023).

Chopra (2023) las propiedades de vibración (periodos naturales, modos naturales y fracciones de amortiguamiento modal) de la

Biblioteca Millikan se han determinado mediante pruebas de vibración forzada, utilizando el generador de vibraciones. Tal prueba conduce a una curva de respuesta en la frecuencia que muestra un pico de resonancia correspondiente a cada frecuencia natural de la estructura; por ejemplo, en la figura 4 se muestra una curva de respuesta en la frecuencia con valores cercanos a la frecuencia de vibración natural fundamental en la dirección este-oeste. A partir de estos datos fue posible determinar la frecuencia natural y la fracción de amortiguamiento para el modo de vibración fundamental.

Figura 4

Curva de respuesta en la frecuencia para la biblioteca Millikan



Fuente: Chopra (2023).

Los resultados se presentan en la tabla 1, se muestran periodos naturales de vibración y la fracción de amortiguamiento:

Tabla 1

Periodos naturales de vibración y de amortiguamiento modal

Excitación	Aceleración del techo (g)	Modo fundamental	Modo fundamental	Segundo modo	Segundo modo
		Periodo (s)	Amortiguamiento (%)	Periodo (s)	Amortiguamiento (%)
Dirección Norte-Sur					
Generador de vibración	5 × 10E-3 a 20 × 10E-3	0.51 – 0.53	1.2 – 1.8	a	a
Sismo de Lytle Creek	0.05	0.52	2.9	0.12	1
Sismo de San Fernando	0.312	0.62	6.4	0.13	4.7
Dirección Este-Oeste					
Generador de vibración	3 × 10E-3 a 17 × 10E-3	0.66 – 0.68	0.7 – 1.5	b	b
Sismo de Lytle Creek	0.035	0.71	2.2	0.18	3.6
Sismo de San Fernando	0.348	0.98	7	0.2	5.9

Fuente: Chopra (2023).

2.2.5. ESTIMACIÓN DE LAS FRACCIONES DE AMORTIGUAMIENTO MODAL

Chopra (2023) lo ideal sería disponer de datos sobre el amortiguamiento determinados a partir de movimientos sísmicos registrados en muchas estructuras de diversos tipos (edificios, puentes, presas, etcétera) que utilicen diferentes materiales (acero, concreto reforzado, concreto prees forzado, mampostería, madera, etcétera). Tales datos servirían de base para estimar las fracciones de amortiguamiento para una estructura existente cuya seguridad sísmica deba evaluarse o para una nueva estructura que se esté diseñando. Hasta que se acumule una base de datos lo suficientemente grande, la

selección de las fracciones de amortiguamiento se basa en los datos disponibles y en las opiniones de expertos. En la tabla 2 se proporcionan los valores recomendados de amortiguamiento para dos niveles de movimiento: los niveles de esfuerzo de servicio con amplitudes menores a la mitad del esfuerzo de cedencia, y los esfuerzos que están en el punto de cedencia, o justo por debajo de éste. Para cada nivel de esfuerzo se da un intervalo de valores de amortiguamiento; los valores superiores de amortiguamiento se utilizan para las estructuras normales y los valores más bajos se emplean para las estructuras especiales que deben diseñarse de manera más conservadora.

Tabla 2

Valores de amortiguamiento recomendados

Nivel de esfuerzo	Tipo y condición de la estructura	Fracción de amortiguamiento
Esfuerzo de trabajo, menor de aproximadamente la mitad del punto de cedencia	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado, concreto debidamente reforzado (solo agrietamiento leve)	2-3 3-5
	Concreto reforzado con grietas considerables	
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones clavadas o atornilladas	5-7
En el punto de cedencia o justo debajo de éste	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado (sin pérdida completa en el presfuerzo)	5-7
	Concreto presforzado con pérdida total del presfuerzo	7-10 7-10
	Concreto reforzado	
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones atornilladas	10-15
	Estructuras de madera con uniones clavadas	15-20

Fuente: Chopra (2023).

Chopra (2023) además de la tabla 2, los valores de amortiguamiento recomendados son del 3% para las estructuras de mampostería no reforzada y del 7% para las construcciones de mampostería reforzada. La mayoría de los códigos de construcción no

reconocen la variación en el amortiguamiento respecto a los materiales estructurales y, por lo general, existe una fracción de amortiguamiento del 5% implícita en el espectro de diseño y en las fuerzas sísmicas especificadas en el código.

Chopra (2023) las fracciones de amortiguamiento recomendadas pueden utilizarse directamente para el análisis elástico lineal de las estructuras con amortiguamiento clásico. Para tales sistemas las ecuaciones de movimiento se desacoplan al transformarlas a los modos naturales de vibración del sistema no amortiguado, y las fracciones de amortiguamiento modal estimadas se utilizan en forma directa en cada ecuación modal.

2.2.6. AMORTIGUAMIENTO ESTRUCTURAL PARA DIVERSOS CÓDIGOS EXTRANJEROS

Normativa Chilena: La normativa NCh433 es la normatividad dedicada a la ingeniería sismorresistente en Chile, a continuación, se muestra lo indicado para la fracción del amortiguamiento:

6.3 Análisis modal espectral: 6.3.1 Este método se puede aplicar a las estructuras que presenten modos normales de vibración clásica, con amortiguamientos modales del orden de 5% del amortiguamiento crítico.

Figura 5

Amortiguamiento según la norma chilena

NCh433

a) El método CQC.

$$\rho_{ij} = \frac{8 \xi^2 r^{3/2}}{(1+r)(1-r)^2 + 4 \xi^2 r(1+r)}$$

en que:

$$r = \frac{T_i}{T_j}$$

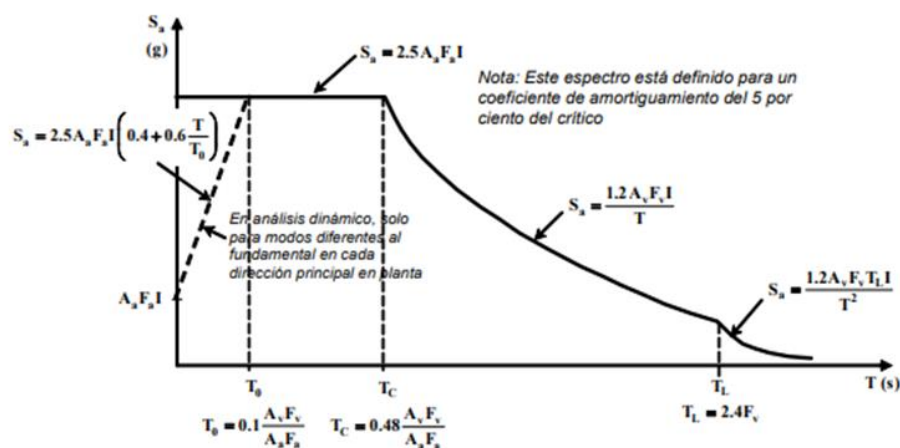
Fuente: NCh433 (2022).

Normativa colombiana: La normativa NSR-10 es la normatividad dedicada a la ingeniería sismorresistente en Colombia, a continuación, se muestra lo indicado para la fracción del amortiguamiento:

A.2.6 — ESPECTRO DE DISEÑO A.2.6.1 — Espectro de aceleraciones — La forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico.

Figura 6

Espectro elástico de aceleración de diseño



Fuente: NSR-10.

A.2.6.2 — Espectro de velocidades — La forma del espectro elástico de velocidades en m/s, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico.

Normativa Ecuatoriana: La normativa NEC-SE-DS es la normatividad dedicada a la ingeniería sismorresistente en Ecuador, a continuación, se muestra lo indicado para la fracción del amortiguamiento:

Espectro de respuesta para diseño:

Representa la amenaza o el peligro sísmico, y más específicamente la respuesta de la estructura al sismo. El espectro de

diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta basado en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas con el sitio de emplazamiento de la estructura, o bien puede ser un espectro construido según los requerimientos especificados en una norma. Es un espectro de tipo elástico para una fracción de amortiguamiento respecto al crítico del 5%, utilizado con fines de diseño para representar los efectos dinámicos del sismo de diseño.

Figura 7

Espectro elástico de diseño

S_d o $S_d(T)$	Espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
------------------	--

Fuente: NEC-SE-DC.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- 1. Amortiguamiento:** Se define como el proceso mediante el cual una estructura mecánica disipa energía, transformándola principalmente en calor, lo que produce una disminución progresiva de la amplitud de vibración en el tiempo (Chopra, 2023, p.55).
- 2. Análisis dinámico lineal:** Es un procedimiento de análisis en el que la estructura se idealiza con un comportamiento elástico, incorporando el efecto del amortiguamiento a través de un coeficiente equivalente (ASCE, 2022, p. 120).
- 3. Análisis dinámico no lineal:** Corresponde a un método de análisis que considera de manera explícita el comportamiento inelástico de los materiales y elementos estructurales cuando son sometidos a acciones sísmicas (FEMA, 2005, p. 3-2).

4. **Carga muerta:** Se refiere al peso propio de la estructura y de todos sus componentes permanentes, los cuales no presentan variaciones significativas a lo largo del tiempo (E.030, 2018).
5. **Capacidad estructural:** Es la máxima resistencia y capacidad de deformación que puede alcanzar una estructura antes de experimentar el colapso bajo la acción de cargas sísmicas (FEMA, 2005, p. 4-5).
6. **Coeficiente de reducción sísmica (R):** Es un factor que refleja la capacidad de una estructura para disipar energía mediante comportamiento inelástico, permitiendo reducir las fuerzas sísmicas obtenidas a partir de un análisis elástico (FEMA, 2005, p. 2-3).
7. **Grados de libertad dinámicos (GLD):** Representan los desplazamientos o rotaciones independientes que puede experimentar una estructura, asociados a su capacidad de deformarse en determinadas direcciones (Chopra, 2014).
8. **Coeficiente de amortiguamiento equivalente:** Se define como la proporción de energía disipada en cada ciclo de vibración, la cual es considerada en los análisis dinámicos lineales para representar el efecto del amortiguamiento (ASCE, 2022, p. 108).
9. **Demanda sísmica:** Se refiere al nivel de esfuerzos, deformaciones o desplazamientos que una acción sísmica impone sobre una estructura determinada (CEN, 2004, p. 27).
10. **Desempeño estructural:** Corresponde al comportamiento que presenta una estructura frente a diferentes solicitaciones de carga y condiciones externas a lo largo de su vida útil (Rojas, 2023).

- 11. Espectro de respuesta:** Representa los valores máximos de respuesta de un sistema de un grado de libertad sometido a diversas excitaciones sísmicas (Chopra, 2014).
- 12. Grados de libertad (GL):** Se definen como las posibles traslaciones o rotaciones que un sistema estructural puede experimentar, consideradas en su modelación y diseño (Chopra, 2014).
- 13. Modelo estructural:** Es la idealización matemática de un sistema estructural, utilizada para determinar fuerzas internas a partir de sus propiedades mecánicas y características resistentes (Chopra, 2014).
- 14. Modo de Vibración:** Describe la forma en que una estructura oscila, de acuerdo con sus propiedades dinámicas y las condiciones establecidas en la normativa correspondiente (E.060, 2009).
- 15. Losa de cimentación:** Elemento estructural de concreto armado que se apoya directamente sobre el terreno y tiene como función distribuir las cargas de la edificación hacia el suelo (Amado, 2023).
- 16. Respuesta estructural:** Se produce cuando una estructura sometida a aceleraciones en su base desarrolla fuerzas de inercia, generando energía que se almacena y disipa en forma de deformación (PUCP, 2022).
- 17. Rigidez lateral de pórticos:** Se define como la relación entre la fuerza aplicada a un elemento estructural y el desplazamiento que esta produce en el mismo (UNI-ENSEÑA, 2021).
- 18. Software de análisis:** Es una herramienta computacional que debe contar con la capacidad de realizar análisis dinámicos, como historial de respuesta, y análisis estáticos no lineales (pushover), además de

representar la degradación de resistencia y rigidez en elementos sometidos a grandes deformaciones (Chopra, 2014).

19. Vibración libre: Se produce cuando un sistema es desplazado de su posición de equilibrio y se le permite oscilar sin la acción de fuerzas externas adicionales (Chopra, 2023, p. 48).

20. Vibración sub amortiguada: Se presenta cuando el coeficiente de amortiguamiento es menor que la unidad, lo que genera un movimiento oscilatorio cuya amplitud disminuye progresivamente con el tiempo (Chopra, 2023, p. 56).

21. Vulnerabilidad sísmica: Se define como el nivel de susceptibilidad que tiene una edificación para experimentar daños estructurales ante la ocurrencia de un sismo de determinada intensidad (Cardona, 2001, p. 15).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG: La variación del porcentaje de amortiguamiento tiene un efecto significativo en la respuesta estructural del Instituto pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 3% modifica la respuesta estructural del Instituto pedagógico Juana Moreno comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco - 2025.

HE2: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 6% cambia la respuesta estructural del Instituto pedagógico Juana Moreno

comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco - 2025.

HE3: La variación de los porcentajes de amortiguamiento de 3 % y 6 % altera las derivas de entrepiso y las fuerzas cortantes basales respecto al amortiguamiento normado del Instituto pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Respuesta estructural

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Porcentaje de amortiguamiento

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍNDICE	MEDICIÓN
Variable dependiente. Respuesta estructural.	Capacidad de una edificación para resistir cargas permanentes y cargas sísmicas.	Derivas de entrepiso	Desplazamiento en la losa superior entre la altura total del edificio.	Desplazamiento dividido entre la altura	Adimensional
		Fuerzas cortantes basales	Fuerzas generadas para resistir las fuerzas laterales (sísmicas)	Esfuerzos	Toneladas (tn.) Kilogramos (kg.)
Variable independiente. Porcentaje de amortiguamiento.	Razón del valor de amortiguamiento que otorga resistencia lateral a una estructura.	Coefficiente de amortiguamiento.	Razón de amortiguamiento.	Disipación de energía sísmica	%.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar las hipótesis previamente establecidas, y para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. Los datos son numéricos y se analizan mediante métodos estadístico (Hernández, 2014)

Bajo la premisa anterior se adopta el enfoque cuantitativo, basado en que se pretende utilizar la recolección y análisis de datos correspondientes a los módulos académicos; para la prueba inicial de las hipótesis planteadas para luego establecer la aceptación de las mismas mediante el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en cada módulo en estudio.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El alcance o nivel adoptado para el presente proyecto de tesis es del tipo explicativo, ya que está destinado a determinar las causas que originan un fenómeno, particularmente se pretende determinar las causas que generan la variación del porcentaje de amortiguamiento con respecto a lo normado, tanto en fuerzas internas y desplazamientos del sistema global.

Algunos otros autores refieren que este tipo de alcance o nivel establece relación de causalidad (causa y efecto). En referencia al párrafo anterior, para esta investigación la causa estará comprendida por la

variación del porcentaje de amortiguamiento con respecto al normado y el efecto sería el distinto desempeño estructural de los módulos académicos; por lo cual se adapta perfectamente al nivel explicativo.

3.1.3. DISEÑO

Este proyecto de tesis se concibe bajo el diseño no experimental; ya que no existe la manipulación deliberadamente de las variables de diseño, es decir, se observa directamente como actúa cada variable. En este caso, se aplican diferentes valores de amortiguamiento sobre el modelo estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno, observando su influencia en parámetros estructurales como desplazamientos, derivas y fuerzas internas.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Es el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones o características previamente establecidas y sobre los cuales se pretende generalizar los resultados de la investigación (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2022, p. 175). El universo o también llamado población, es referido al total de elementos en estudio, en este caso se pretende evaluar módulos académicos del Instituto Pedagógico Juana Moreno, por lo que este último es adoptado como población.

Justificación de la utilización de esta institución educativa: la elección del Instituto Pedagógico Juana Moreno, como caso de estudio dentro de la población se justifica por conveniencia, debido a que representa un modelo estructural típico de las Instituto Pedagógico Juana Moreno (denominada así a las edificaciones educativas que ofrecen enseñanzas después de la secundaria) de la región de Huánuco, tanto en el proceso constructivo y tipo

3.2.1. MUESTRA

Para esta investigación se realiza la utilización del módulo I destinados a las zonas administrativas y el módulo II destinado a aulas académicas, ya que es de fácil accesibilidad para la toma de muestras permitiendo recolectar la información de la geometría y materiales directamente y de manera rápida.

Vista en planta del módulo I y II



Fuente: Expediente técnico – SEACE 2.0

Figura 9

Vista en elevación del módulo I y II



Fuente: Expediente técnico – SEACE 2.0

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tamayo, (2021) manifiesta que los instrumentos de recolección de datos son aquellos mecanismos que permiten observar o medir las variables del estudio.

Por ello la recolección de datos para satisfacer la ejecución de la presente investigación, serán medios digitales como se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4

Instrumentos de recolección de datos

Técnica	Definición	Instrumentos
MEDIO DIGITAL		
<i>Análisis documental</i>	<i>Técnica que permite recolectar información a partir de documentos escritos u otros materiales, para extraer datos útiles relacionados con las variables o categorías del estudio (Hernández et al. 2022).</i>	<i>Examinación de documentos técnicos necesarios para la construcción de modelos numéricos que representen a los elementos de la muestra.</i>

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de datos se utilizarán recursos gráficos, cuadros y/o esquemas que permitan la interpretación, análisis y realizar

comparaciones entre lo obtenido por el autor. Los principales softwares para este fin serán: Excel, PowerPoint y demás.

3.3.3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La interpretación de los datos será ejecutada bajo el análisis comparativo, ya que los resultados obtenidos serán contrastados con otros estudios de similar característica, así mismo el análisis de contenido servirá para interpretar el significado de los resultados luego de variar el porcentaje de amortiguamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para evaluar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento estructural en la respuesta estructural en edificaciones educativas se propusieron diversos modelos estructurales correspondientes al módulo I y módulo II del Instituto pedagógico Juana Moreno, los cuales son:

Modulo I con 3%, 5% y 6% de amortiguamiento

Modulo II con 3%, 5% y 6% de amortiguamiento

Fórmulas para la determinación de la aceleración espectral: El amortiguamiento equivalente al 5% es el normado ya que siempre es el adoptado en diversas normativas, así como en la E.030 del RNE. Motivo por el cual la totalidad de resultados fueron contrastados, comparados y normalizados en función de ese amortiguamiento. Por otra parte, la respuesta estructural se traduce en la obtención de los valores de máximos desplazamientos en el techo, derivas de entrepiso y esfuerzos cortantes en la base generados al someter a las estructuras a un *análisis dinámico modal espectral*, que consistió en utilizar un espectro inelástico de pseudo aceleraciones (E.030, 2020), comúnmente llamado espectro de diseño, definido por la ecuación (1):

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Sin embargo, esta fórmula solo fue válida para un amortiguamiento equivalente al 5% (amortiguamiento normado), al variar el coeficiente de amortiguamiento entonces la anterior formula ya no funciona. En ese caso se recurrió a Colqui (2018) que menciona que la ecuación que modela con alta

precisión la relación entre el porcentaje de amortiguamiento y el coeficiente de amplificación sísmica se expresa mediante la siguiente ecuación (2):

$$C = 0.6840 - 0.603 \ln(\xi\%)$$

Esta relación permitió generar espectros de diseño ajustados para distintos niveles de amortiguamiento (Colqui, 2018)

Análisis: La ecuación (1) propuesta por el reglamento corresponde a sistemas estructurales con amortiguamiento equivalente al 5%, lo que sugirió que todos los sistemas estructurales contruidos bajo nuestra norma deben estar en ese rango. El problema surge cuando el amortiguamiento cambia de valor.

Interpretación: La literatura manifestó la utilización de la ecuación (2) del tipo logarítmica para caracterizar la generación de espectros de diseño en el rango del 3% y 7%. La cual genera la posibilidad de ejecutar análisis sísmicos espectrales con diversos rangos de amortiguamiento.

Construcción del espectro de diseño con amortiguamiento de 5%:

Los datos para construir el espectro inelástico de pseudo aceleraciones con el amortiguamiento normado del 5% son:

- Z: Zona (Huamalíes – Llata) = 0.35g
- U: Uso (educación) = 1.50
- S: Tipo de suelo = 1.20
- Rx=7.00 sistema dual
- Ry=6.00 sistema de muros estructurales
- Tp= 1.00
- TL=1.60

Sin embargo, la constante C: sigue la ecuación (3):

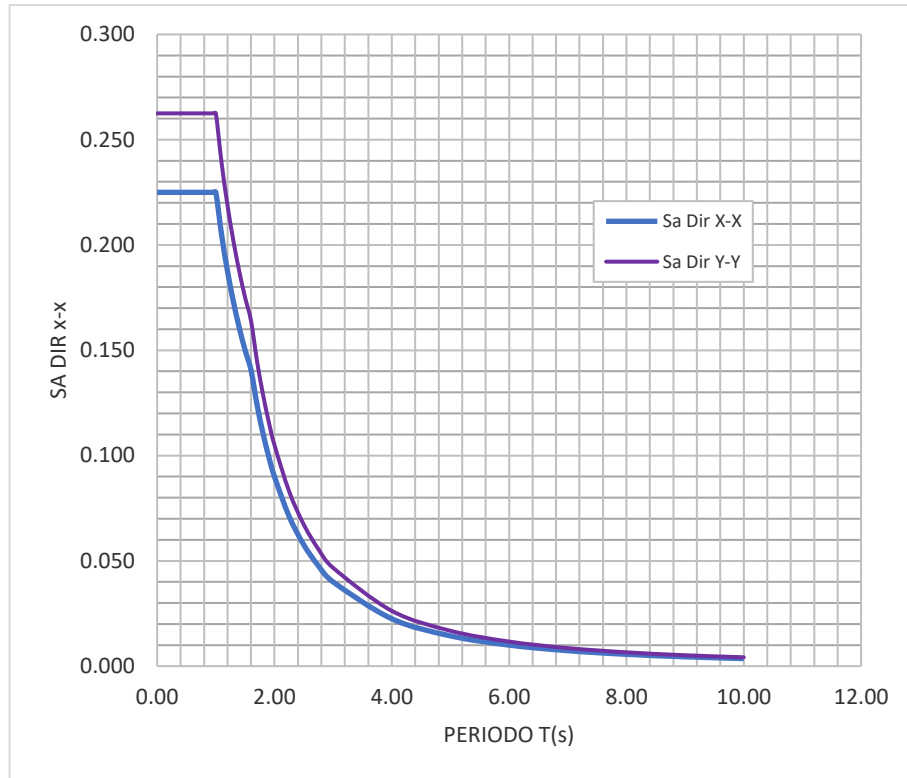
$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Figura 10

Espectros de diseño Dir. X y Dir. Y con 5% de amortiguamiento



Análisis: La figura 10 representa a los espectros de diseño en cada dirección de análisis con un amortiguamiento del 5%, en este caso no es necesario utilizar la formula exponencial propuesta por Colqui (2018), ya que los valores de C siguen a la ecuación (3).

Interpretación: Estos espectros de diseño son los utilizados para diseñar sísmicamente los edificios peruanos. Sin embargo, sujeta a un amortiguamiento del 5% (comúnmente adoptado por códigos extranjeros que fueron la inspiración de nuestro código E.030).

Construcción del espectro de diseño con amortiguamiento de 3%:

Los datos para construir el espectro inelástico de pseudo aceleraciones a este nivel de amortiguamiento son:

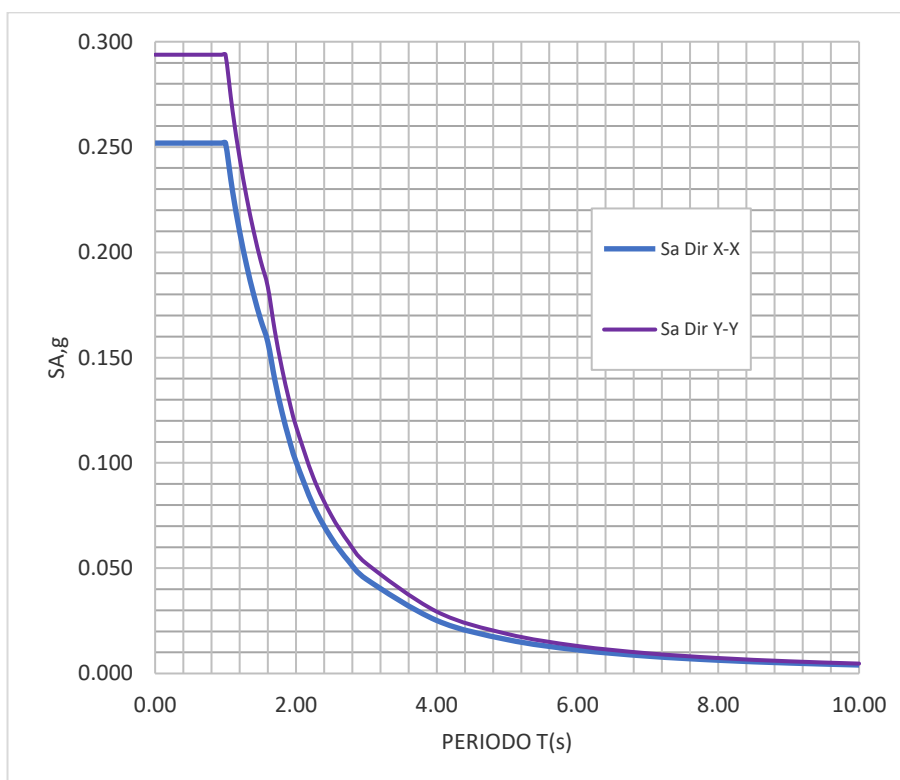
- Z: Zona (Huamalíes – Llata) = 0.35g
- U: Uso (educación) = 1.50
- S: Tipo de suelo = 1.20
- $R_x=7.00$ sistema dual
- $R_y=6.00$ sistema de muros estructurales

Sin embargo, la constante:

$$C = 0.6840 - 0.603 \ln(\xi\%) \Rightarrow C = 0.6840 - 0.603 \ln(3\%) \quad C=2.80$$

Figura 11

Espectros de diseño Dir. .X y Dir. Y con 3% de amortiguamiento



Análisis: La figura 11 representa a los espectros de diseño en cada dirección de análisis con un amortiguamiento del 3% utilizando la formula exponencial propuesta por Colqui (2018).

Interpretación: Estos espectros de diseño fueron distintos debido a que se tiene diferentes sistemas estructurales en cada dirección de análisis (en X sistemas duales y en Y sistemas de muros estructurales).

Construcción del espectro de diseño con amortiguamiento de 6%:

Los datos para construir el espectro inelástico de pseudo aceleraciones a este nivel de amortiguamiento son:

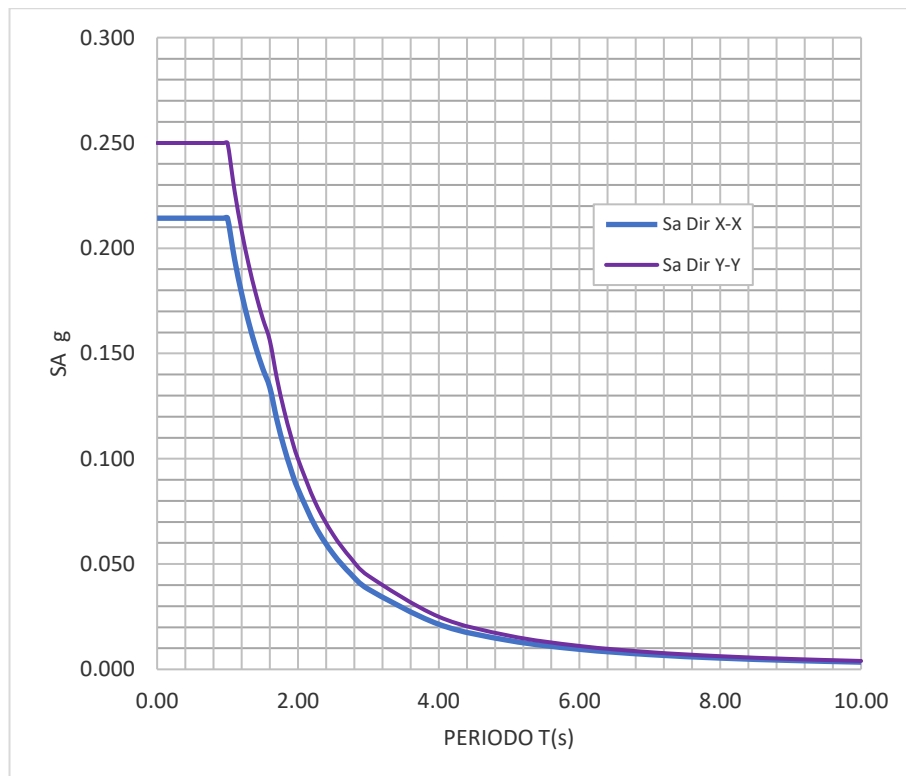
- Z: Zona (Huamalíes – Llata) = 0.35g
- U: Uso (educación) = 1.50
- S: Tipo de suelo = 1.20
- $R_x=7.00$ sistema dual
- $R_y=6.00$ sistema de muros estructurales

Sin embargo, la constante:

$$C = 0.6840 - 0.603 \ln(\xi\%) \Rightarrow C = 0.6840 - 0.603 \ln(6\%) \quad C=2.38$$

Figura 12

Espectros de diseño Dir. X y Dir. Y con 6% de amortiguamiento



Análisis: La figura 12 representa a los espectros de diseño en cada dirección de análisis con un amortiguamiento del 6% utilizando la ecuación (2) exponencial propuesta por Colqui (2018).

Interpretación: Estos espectros de diseño fueron distintos debido a que se tiene diferentes sistemas estructurales en cada dirección de análisis (en X sistemas duales y en Y sistemas de muros estructurales).

A continuación, se presentan todos los espectros juntos por cada dirección de análisis que fueron necesarios para realizar el análisis espectral con espectros de pseudo aceleraciones según la E.030:

Figura 13

Espectros de diseño Dir. X al 3%, 5% y 6%

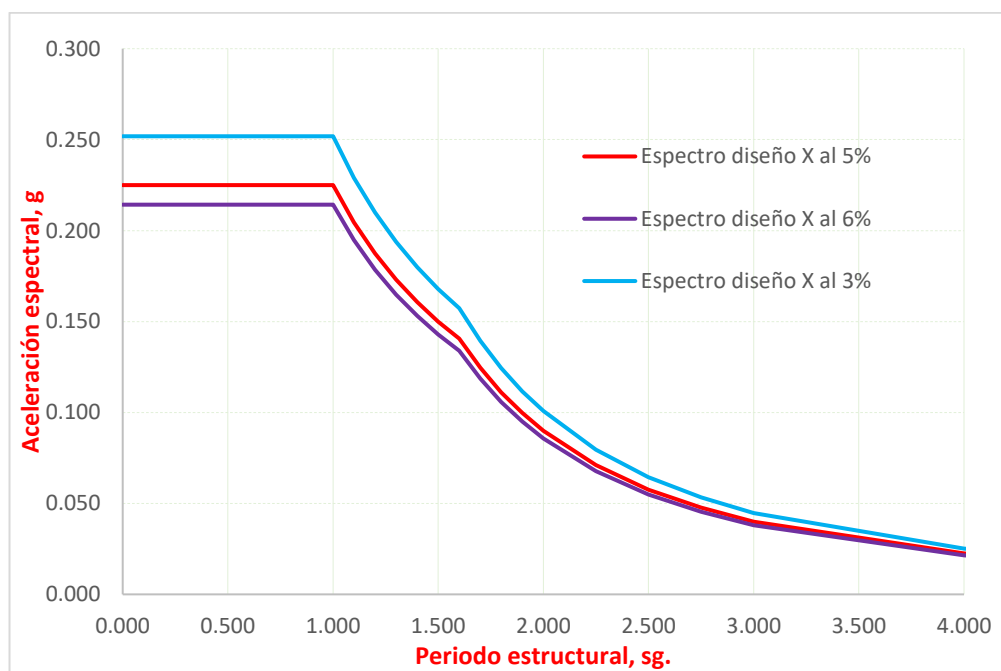
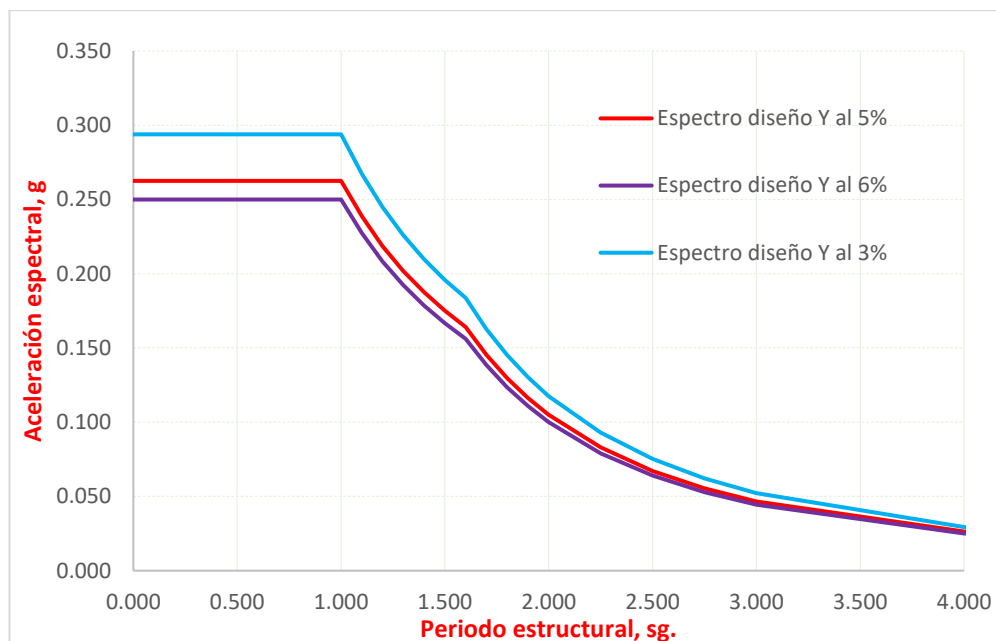


Figura 14

Espectros de diseño Dir.Y al 3%, 5% y 6%



Fuente: Elaboración propia

Análisis: La figura 13 y 14 muestran a los tres espectros de diseño considerando diversos valores de amortiguamiento, la línea roja es el espectro que se calcularía usando la formula conocida según E.030 ZUCS/R, mientras que los demás se construyen modificándose el valor de C por una aproximación logarítmica.

Interpretación: Las aceleraciones espectrales para el espectro de amortiguamiento equivalente al 3% sugieren ser mayores que las aceleraciones espectrales del 5% de amortiguamiento de la E.030 y también mayores que al considerar un amortiguamiento del 6%.

Generación de los modelos numéricos: Luego de conocer cada espectro de diseño en cada dirección de análisis se procedió a ingresar estos datos en el apartado de “Define response spectrum functions” del software ETABS V19.0.

Para el módulo I:

Figura 15

Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 3% en el módulo I

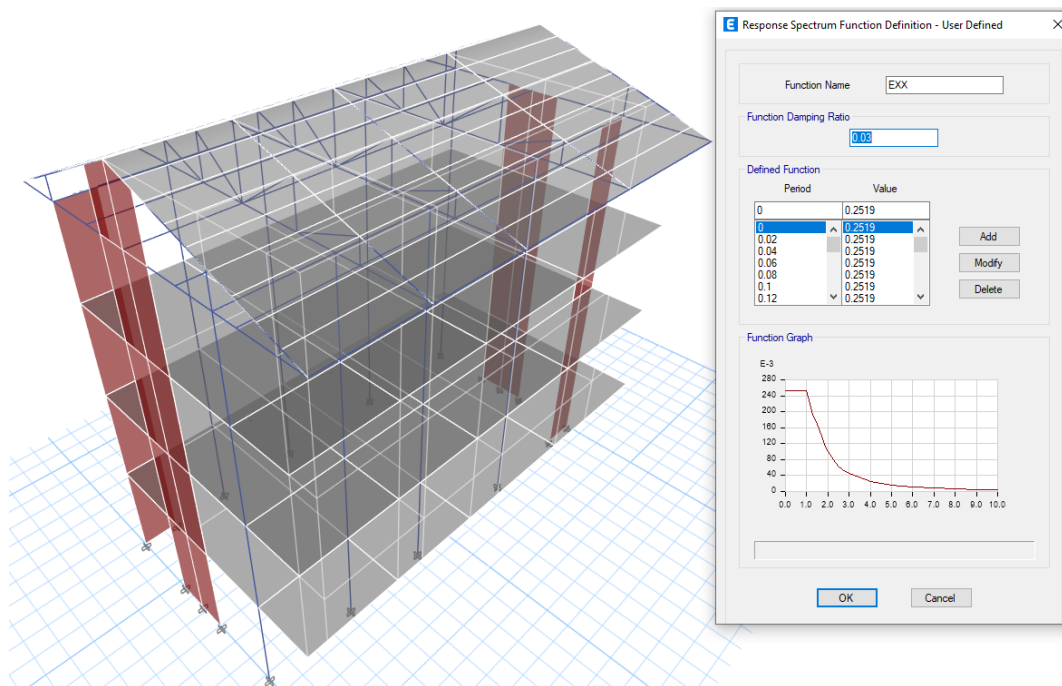


Figura 16

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 3% en el módulo I

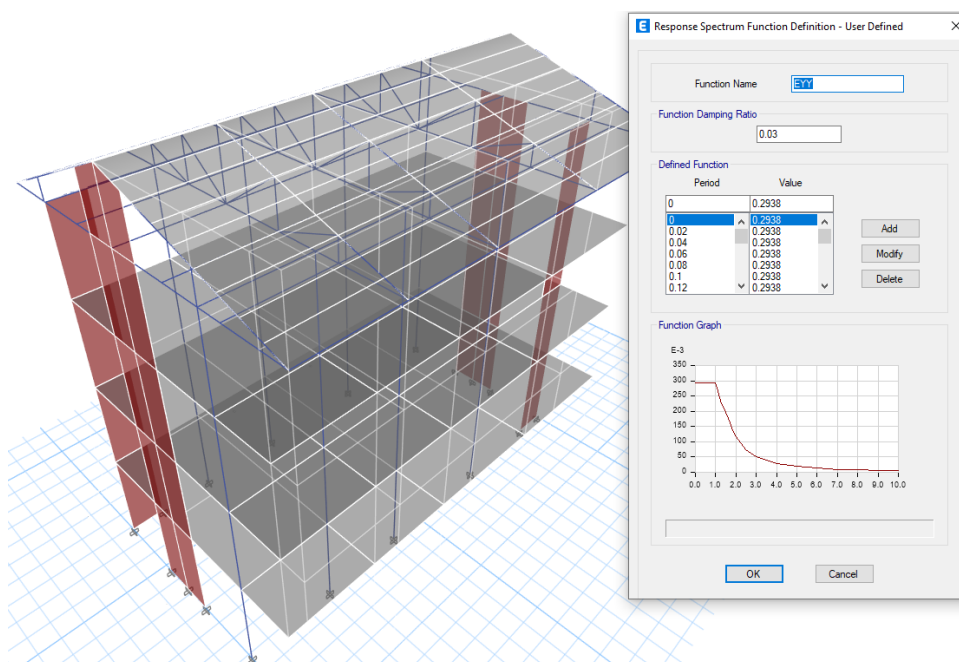


Figura 17

Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 5% en el módulo I

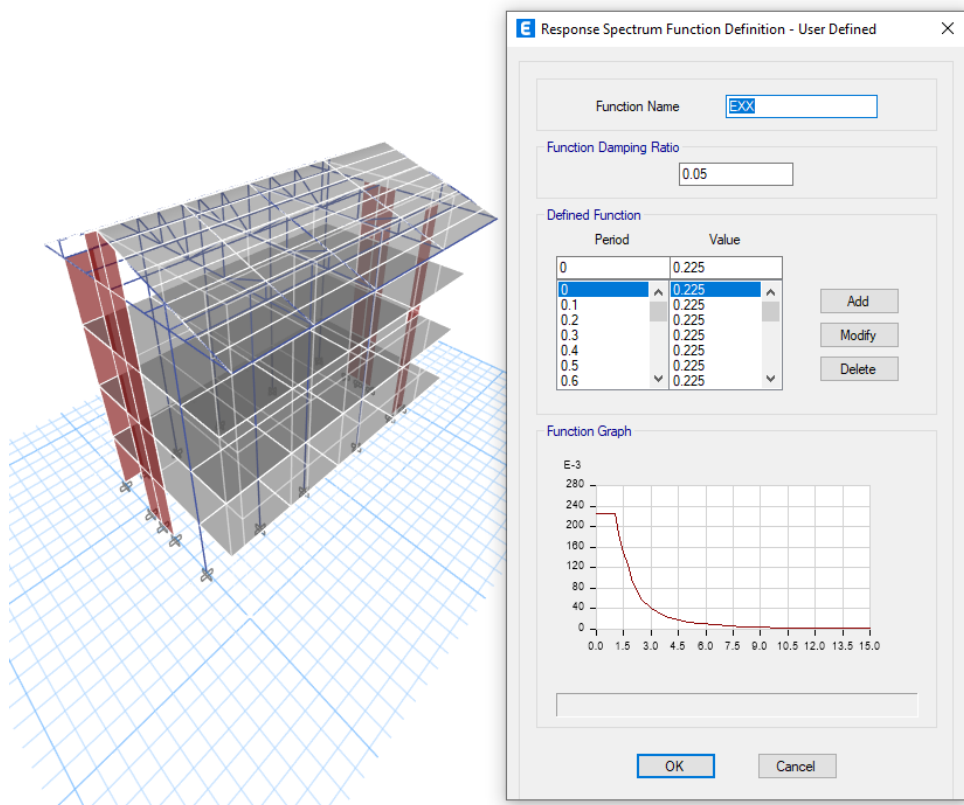


Figura 18

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 5% en el módulo I

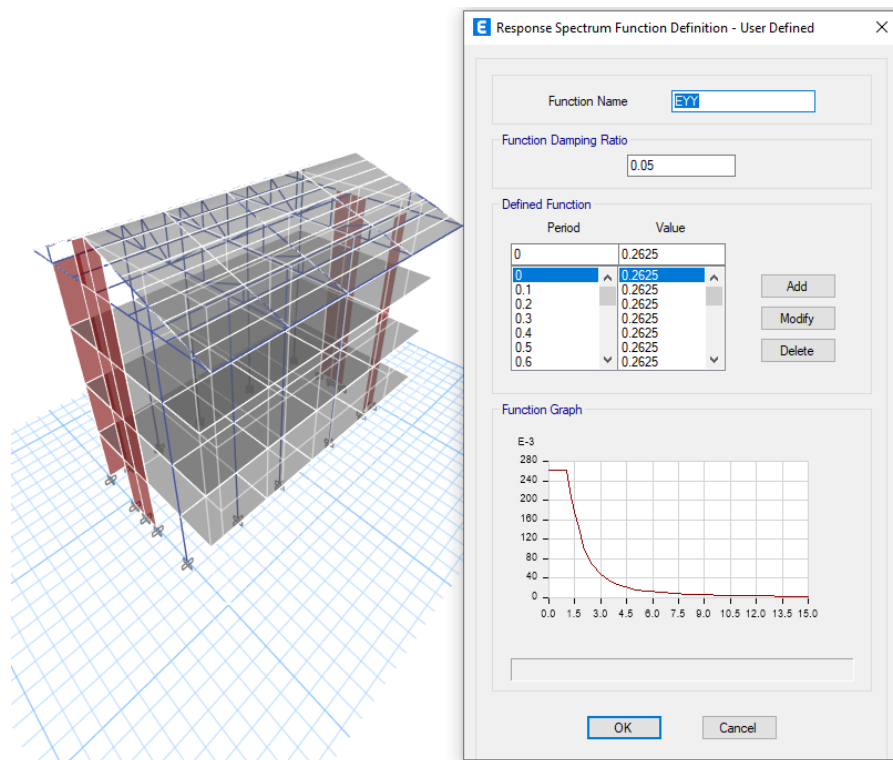


Figura 19

Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 6% en el módulo I

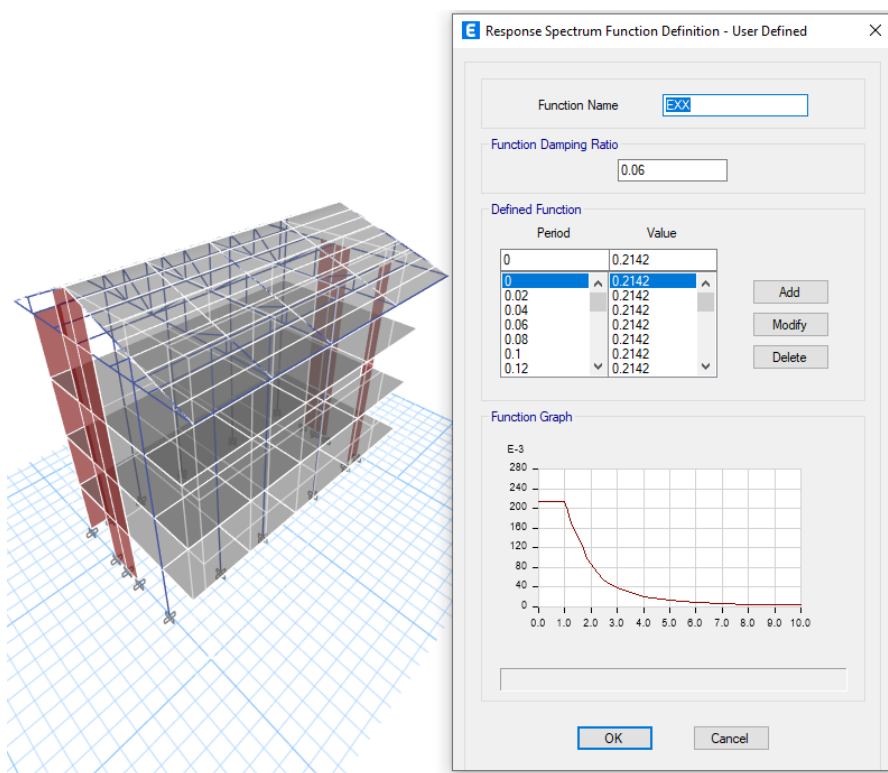
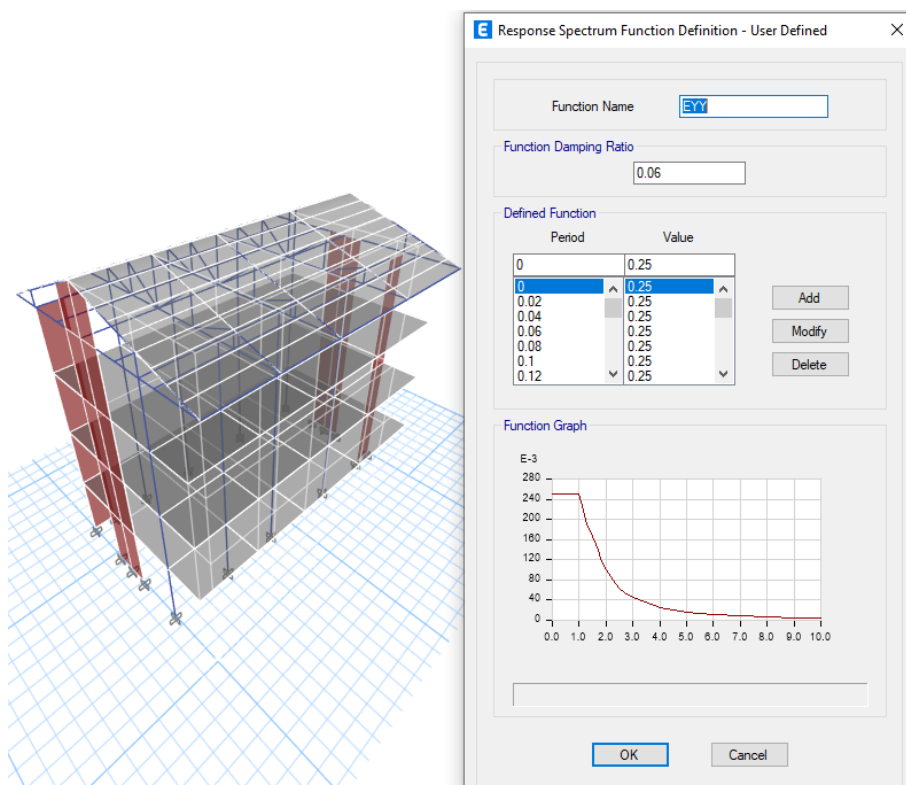


Figura 20

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 6% en el módulo I



Análisis: Las figuras 15, 17 y 19 corresponden a los modelos numéricos que serán sometidos al análisis dinámico espectral en la dirección X en el módulo I utilizando diversos espectros de diseño sujetos a amortiguamientos de 3%, 5% y 6% respectivamente, por otro lado, las figuras 16, 18 y 20 corresponden a los modelos numéricos que serán sometidos al análisis dinámico espectral en la dirección Y utilizando diversos espectros de diseño sujetos a amortiguamientos de 3%, 5% y 6% respectivamente.

Interpretación: Estas variaciones del amortiguamiento directamente en los espectros de diseño sirvieron para analizar las diferencias en desplazamientos transformados a deriva y fuerzas cortantes basales normalizados al amortiguamiento del 5% en el módulo I.

Para el módulo II:

Figura 21

Ingreso del espectro de diseño Dir.X al 3% en el módulo II

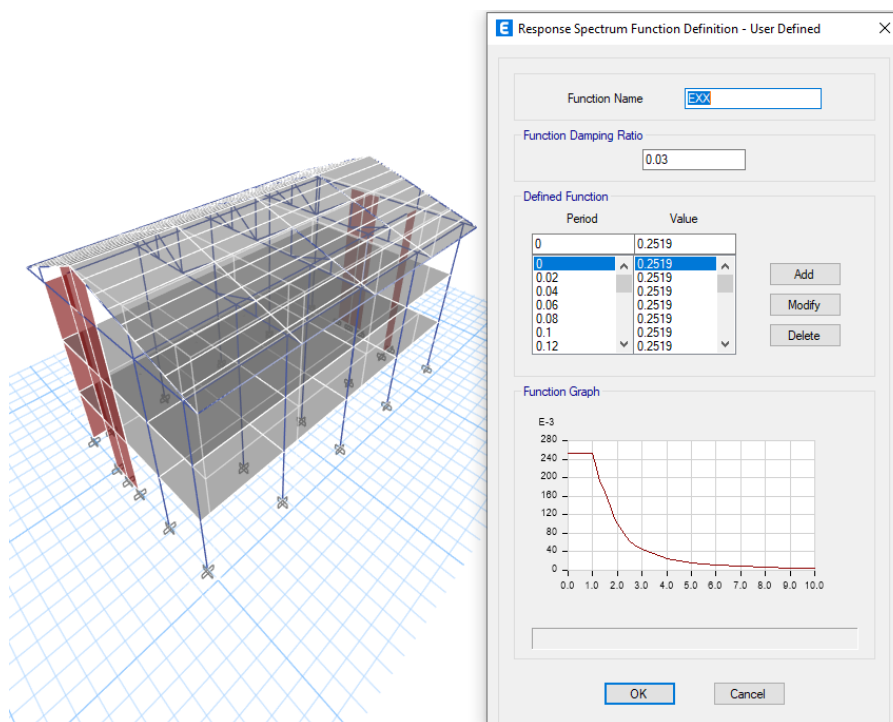


Figura 22

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 3% en el módulo II

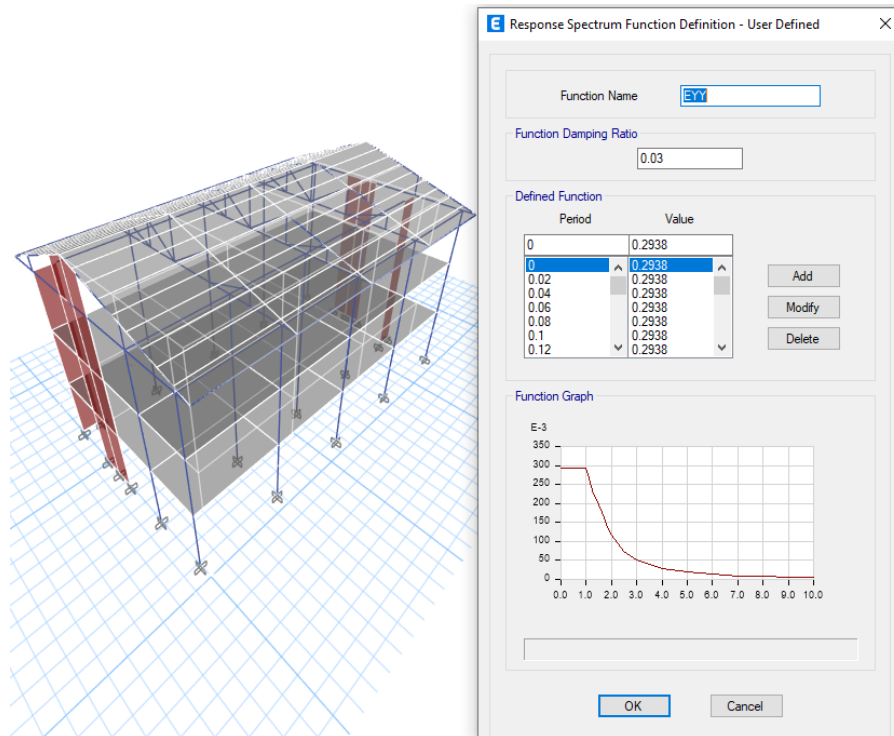


Figura 23

Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 5% en el módulo II

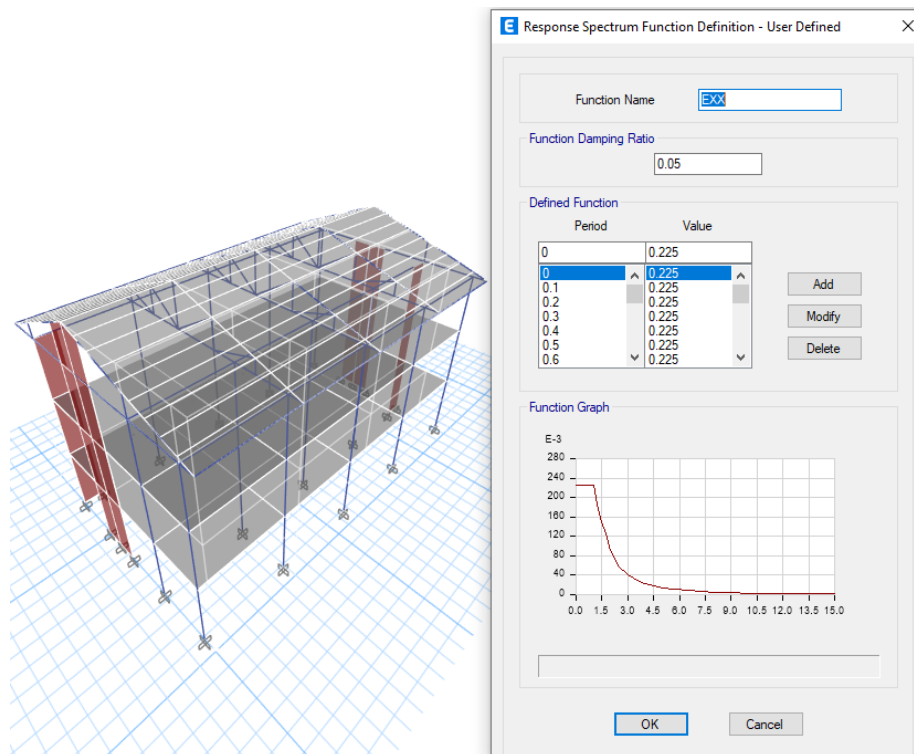


Figura 24

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 5% en el módulo II

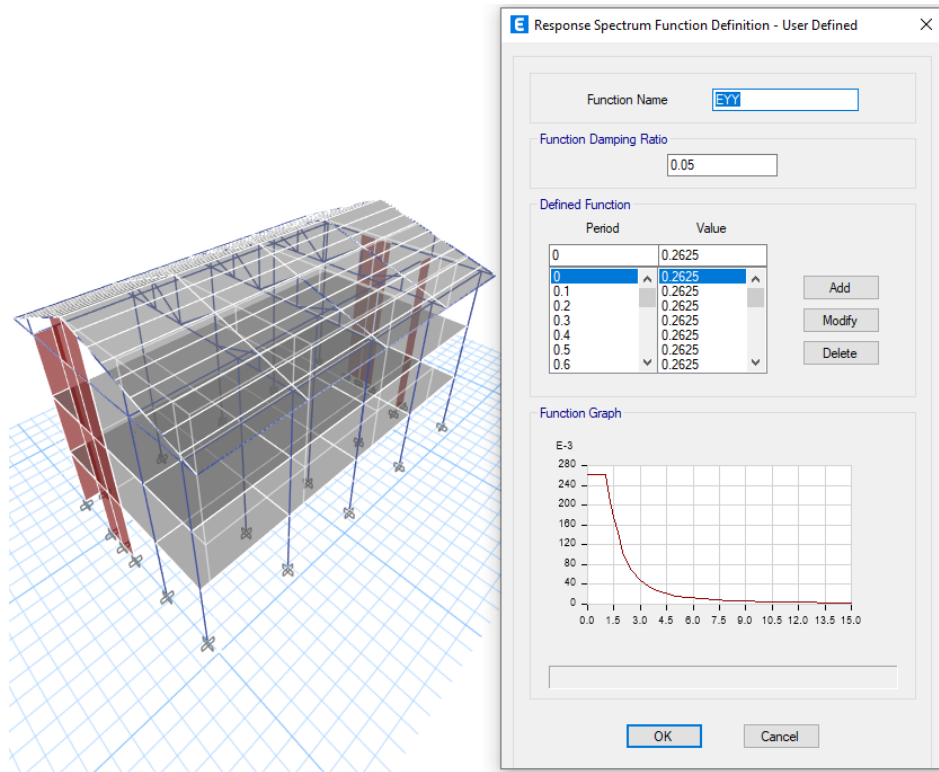


Figura 25

Ingreso del espectro de diseño Dir. X al 6% en el módulo II

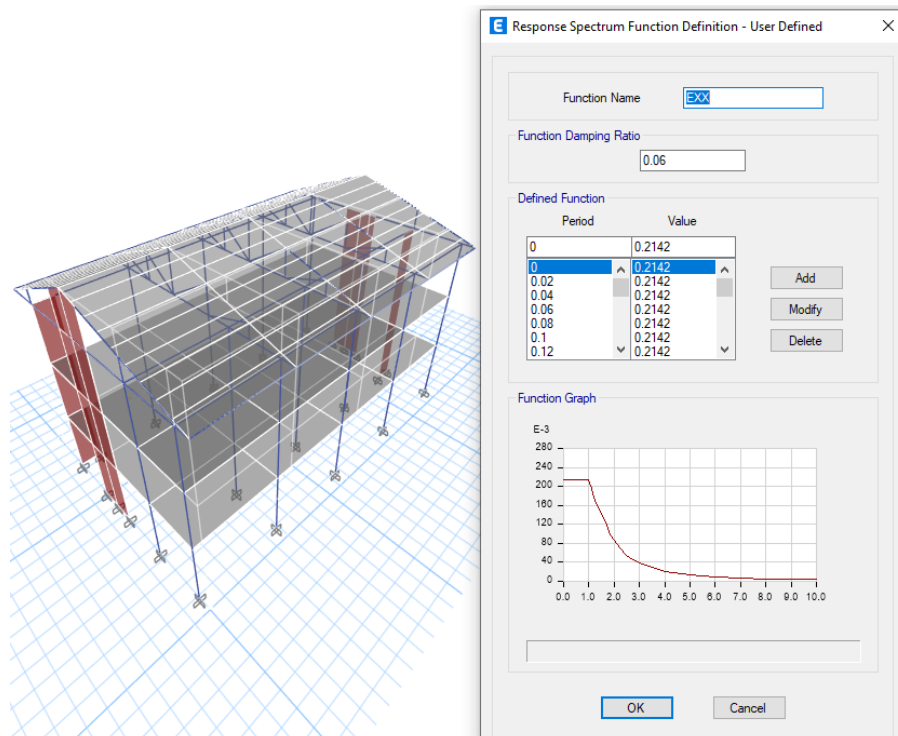
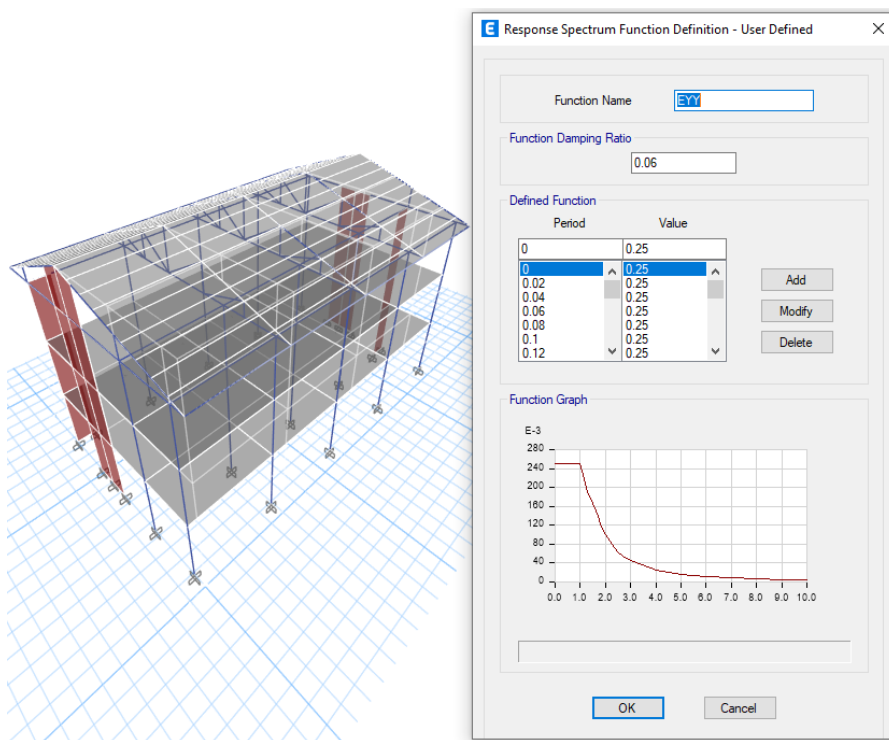


Figura 26

Ingreso del espectro de diseño Dir. Y al 6% en el módulo II



Análisis: Las figuras 21, 23 y 25 corresponden a los modelos numéricos que serán sometidos al análisis dinámico espectral en la dirección X en el módulo II utilizando diversos espectros de diseño sujetos a amortiguamientos de 3%, 5% y 6% respectivamente, por otro lado, las figuras 22, 24 y 26 corresponden a los modelos numéricos que serán sometidos al análisis dinámico espectral en la dirección Y en el módulo II utilizando diversos espectros de diseño sujetos a amortiguamientos de 3%, 5% y 6% respectivamente.

Interpretación: Estas variaciones del amortiguamiento directamente en los espectros de diseño sirvieron para analizar las diferencias en desplazamientos transformados a deriva y fuerzas cortantes basales normalizados al amortiguamiento del 5% en el módulo II.

Para la contrastación se consideró como efecto técnico relevante toda variación igual o superior al 5 % respecto al valor normativo de 5 % de amortiguamiento, además de verificar el cumplimiento del límite de deriva establecido por la N.T.E. E.030.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

HG: La variación del porcentaje de amortiguamiento tiene un efecto significativo en la respuesta estructural Instituto pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.

La respuesta estructural fue medida contrastando derivas de entrepiso y fuerzas cortantes basales por cada modelo reportado anteriormente, mediante las siguientes figuras se realizó una comparación paramétrica:

Figura 27

Derivas de entrepiso del módulo I y II

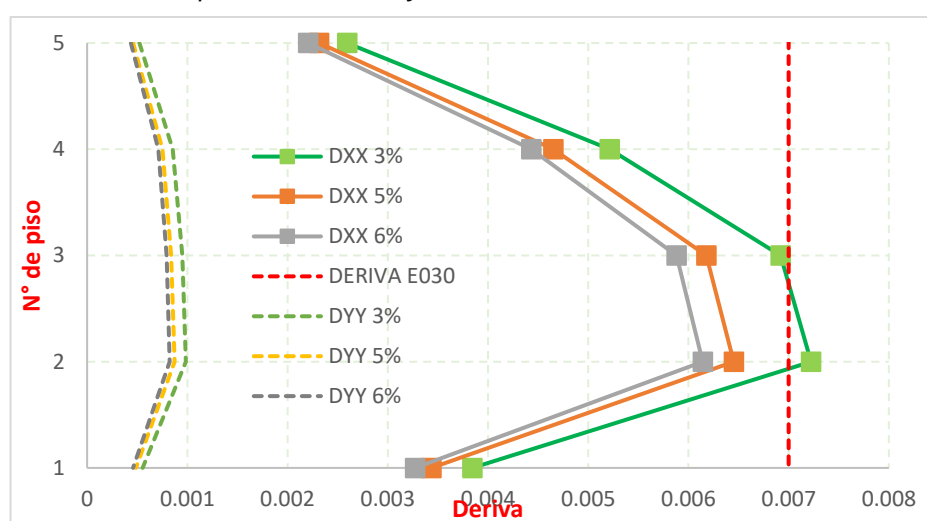


Tabla 5

Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II

Módulo I y II		
Amortiguamiento	Derivas de entrepiso	Variación normalizada (%)
3%	0.00722	$\frac{0.00722}{0.00645} = 112\%$
5%	0.00645	$\frac{0.00645}{0.00645} = 100\%$

6%	0.00614	$\frac{0.00614}{0.00645} = 95.19\%$
----	---------	-------------------------------------

Figura 28

Fuerzas cortantes basales del módulo I y II

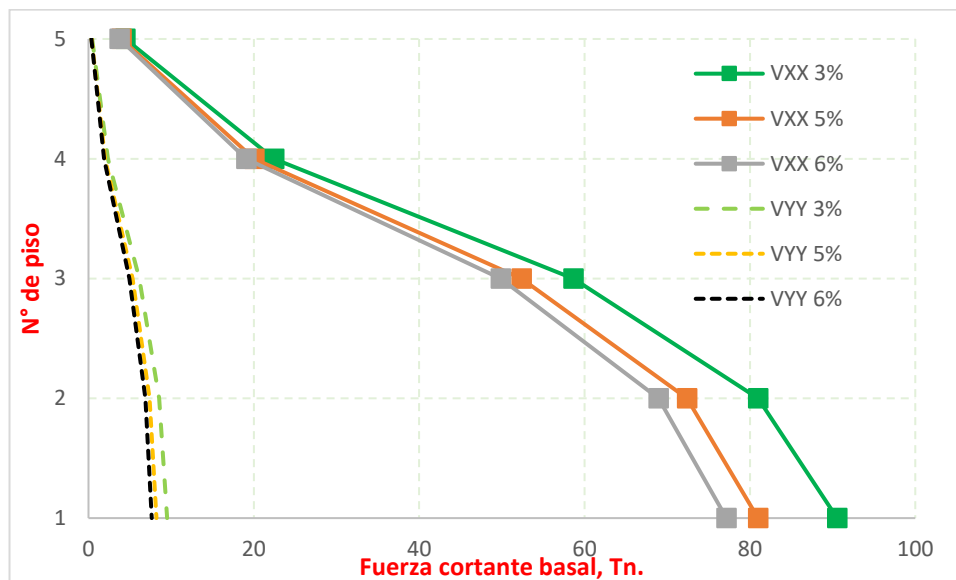


Tabla 6

Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II

Modulo I y II		
Amortiguamiento	Cortante en la base (Tn.)	Variación normalizada (%)
3%	90.55	$\frac{90.55}{80.98} = 111.82\%$
5%	80.98	$\frac{80.98}{80.98} = 100\%$
6%	77.16	$\frac{77.16}{80.98} = 95.28\%$

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se acepta la hipótesis ya que, la variación del porcentaje de amortiguamiento SI tiene un efecto significativo en la respuesta estructural Instituto pedagógico Juana Moreno, mostradas porcentualmente en las tablas 5 y 6.

HE1: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 3% modifica la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco - 2025.

Para evaluar estas hipótesis solamente fueron comparadas los resultados de derivas de entrepiso y esfuerzos cortantes utilizando el amortiguamiento normado y el amortiguamiento del orden del 3%.

Figura 29
Derivas de entrepiso del módulo I y II

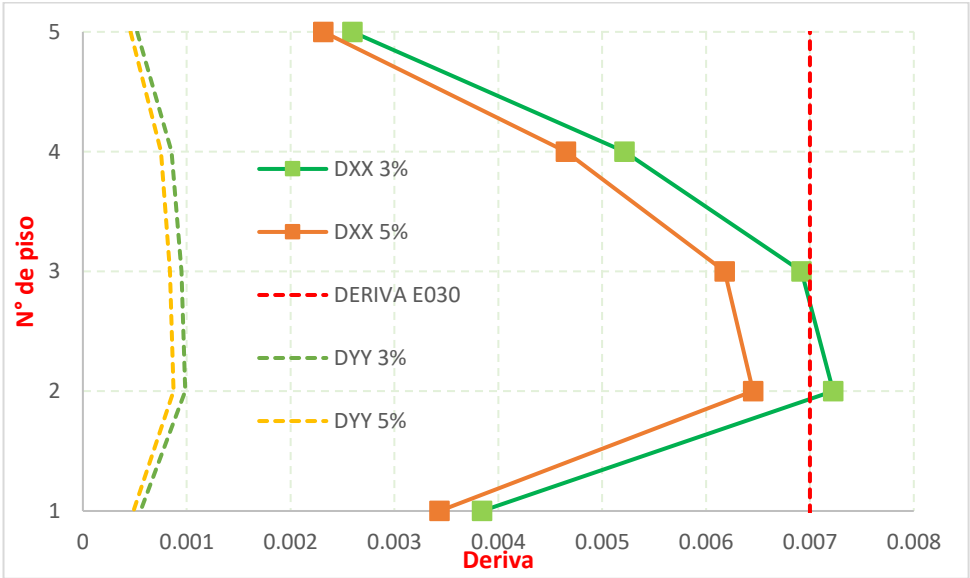


Tabla 7
Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II

Modulo I y II		
Amortiguamiento	Derivas de entrepiso	Variación normalizada (%)
3%	0.00722	$\frac{0.00722}{0.00645} = 112\%$
5%	0.00645	$\frac{0.00645}{0.00645} = 100\%$

Figura 30

Fuerzas cortantes basales del módulo I y II

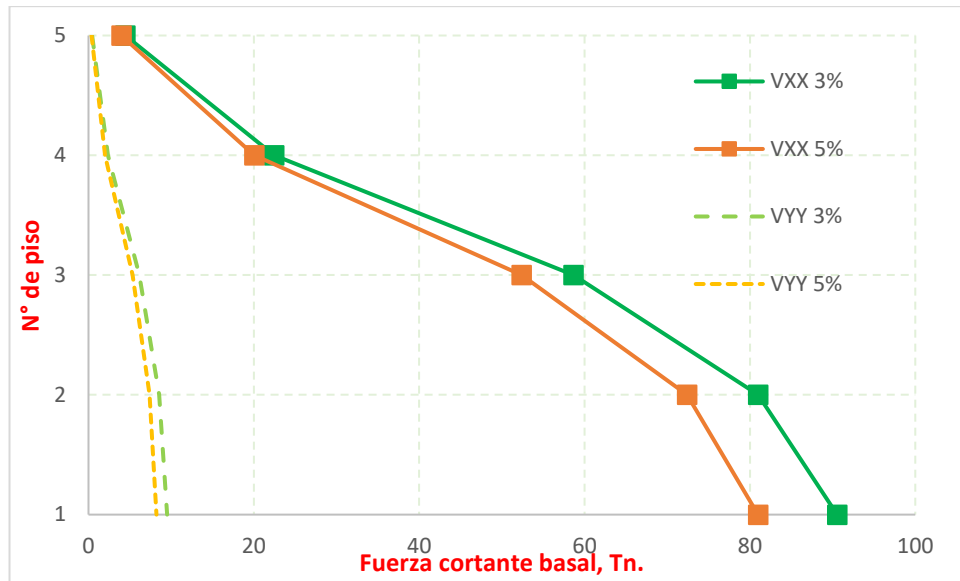


Tabla 8

Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II

Modulo I y II		
Amortiguamiento	Cortante en la base (Tn.)	Variación normalizada (%)
3%	90.55	$\frac{90.55}{80.98} = 111.82\%$
5%	80.98	$\frac{80.98}{80.98} = 100\%$

Finalmente se acepta la hipótesis porque estas variaciones del amortiguamiento en los espectros de diseño sirvieron para analizar las diferencias en desplazamientos, derivas y fuerzas cortantes basales del módulo II, normalizadas respecto al amortiguamiento del 5 %.

HE2: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 6% cambia la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco - 2025.

Para evaluar esta hipótesis también fueron comparadas los resultados de derivas de entrepiso y esfuerzos cortantes utilizando el amortiguamiento normado y el amortiguamiento del orden del 6%.

Figura 31
Derivas de entrepiso del módulo I y II

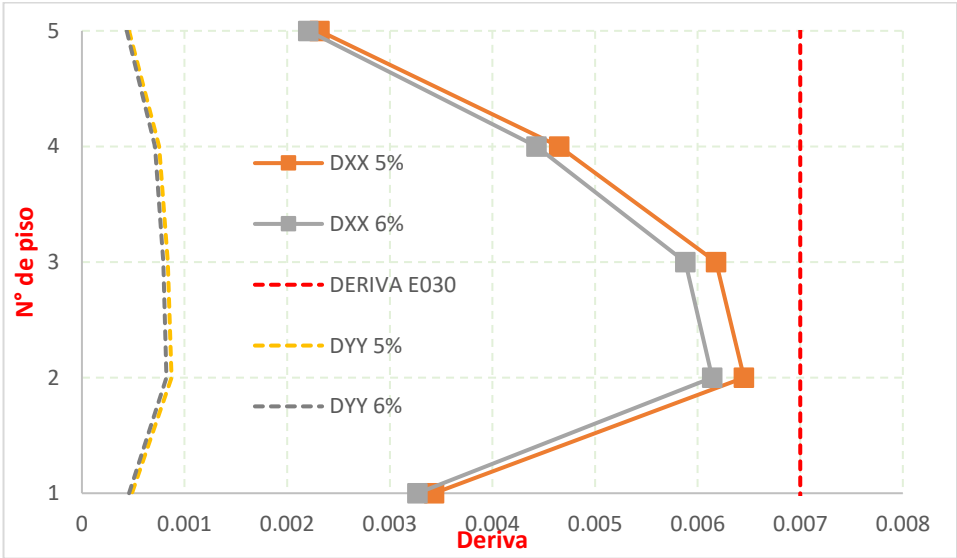


Tabla 9
Comparación paramétrica de derivas del Módulo I y II

Modulo I y II		
Amortiguamiento	Derivas de entrepiso	Variación normalizada (%)
5%	0.00645	$\frac{0.00645}{0.00645} = 100\%$
6%	0.00614	$\frac{0.00614}{0.00645} = 95.19\%$

Figura 32

Fuerzas cortantes basales del módulo I y II

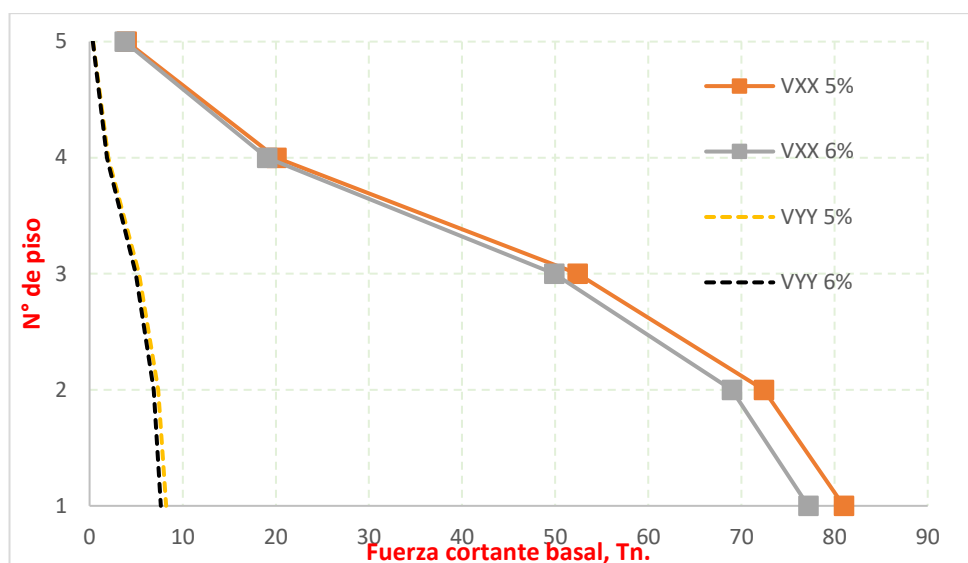


Tabla 10

Comparación paramétrica de fuerzas cortantes del Módulo I y II.

Módulo I y II		
Amortiguamiento	Cortante en la base (Tn.)	Variación normalizada (%)
5%	80.98	$\frac{80.98}{80.98} = 100\%$
6%	77.16	$\frac{77.16}{80.98} = 95.28\%$

Finalmente se acepta la hipótesis ya que, la utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 6% cambia la respuesta estructural de edificaciones educativas comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco – 2025.

Se encontró la reducción de la cortante en la base pasando de 80.98 toneladas a 77.16 toneladas, de manera similar para la deriva de entrepiso reduciéndose de 0.00645 a 0.00614.

HE3: La variación de los porcentajes de amortiguamiento de 3 % y 6 % altera las derivas de entrepiso y las fuerzas cortantes basales respecto al amortiguamiento normado del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.

Se rechaza esta hipótesis específica 3 debido a que no solo se alteran las derivas de entrepiso y las fuerzas cortantes basales, también se reducen cuando se utiliza un espectro de diseño a 6% de amortiguamiento, tal como lo manifiesta la figura 28 y la tabla 6.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

Las principales evidencias de esta investigación son:

- Variación de los porcentajes de amortiguamiento (3% y 6%), para cada una de ellas se generó un espectro de diseño utilizando una ecuación logarítmica reportado por Colqui (2018).
- Al variar el porcentaje de amortiguamiento estructural se observaron cambios en derivas de entrepiso y fuerzas cortantes en la base. Mayores valores de amortiguamiento representan menores derivas de entrepiso y fuerzas cortantes en la base del edificio.
- Ambos modelos utilizados corresponden a módulos educativos de 5 pisos, con la única diferencia que el sistema estructural en la dirección X fue dual y la dirección Y fue de muros estructurales. Las derivas de entrepiso y fuerzas cortantes en la base son más despreciables en la dirección Y (dirección más rígida).

Contraste de evidencias con Chopra (2023):

- Las pruebas mostraron que el amortiguamiento efectivo del edificio Millikan estaban del orden de 3% y 5% de la crítica, mostraron también deformaciones constantes por debajo de la frecuencia fundamental (periodos de vibración).
- Según el expediente técnico de esta institución educativa, los módulos I y II fueron diseñados asumiendo un amortiguamiento equivalente al 5%, sin embargo, la preocupación de la presente

tesis estuvo basada en evaluar derivas de entrepiso y fuerzas cortantes en la base considerando un valor de amortiguamiento menor ($\xi=3\%$) y otro mayor ($\xi=6\%$) al normado ($\xi=5\%$).

- Chopra también confirmó que el amortiguamiento en estructuras de concreto armado no es un valor fijo, ya que es del orden de 3% y 5%, lo cual fue adoptado por gran parte de las normativas.
- Según los resultados de la presente INVESTIGACION, el amortiguamiento en estructuras de concreto armado (como la del Instituto Pedagógico Juana Moreno) puede variar entre $\xi=3\%$ (con mayores derivas y fuerzas cortantes) o $\xi=6\%$ (con menores derivas y fuerzas cortantes), por lo cual no es un valor fijo.
- La variabilidad observada en los módulos del Instituto Pedagógico Juana Moreno se alinea fielmente con lo estudiado mencionado y reportado por Chopra, donde confirmó que el amortiguamiento en estructuras de concreto armado no representa un valor único, sino que depende de las propiedades dinámicas y condiciones de sitio.

Contraste de las evidencias con Zampieri & Scotta (2024):

- Este autor obtuvo una estimación de amortiguamiento equivalente que conduce a diseños más conservadores y con mejor ajuste entre lo previsto por el diseño y lo observado en análisis NLTH.
- En la presente INVESTIGACION se utilizó un análisis espectral (usando espectros de diseño) que desprende un diseño conservador al utilizar mayor amortiguamiento ($\xi=6\%$) y no un diseño estructural menos conservador al utilizar

amortiguamientos menores ($\xi=3\%$), con referencia a lo normado por la E.030.

- A pesar que estos autores hayan realizado un NLTH se corrobora que la acertada calibración y la utilización de diversos valores de amortiguamiento son indispensables para acortar la brecha entre lo estipulado en los reglamentos y el comportamiento real de las estructuras.

Contraste de las evidencias con Alejo (2025):

- Alejo determinó que el amortiguamiento ideal para la edificación analizada es de 4%, ligeramente por debajo del valor convencional de 5% usado en normativas, también recomienda que, en edificaciones parecidas en la región, se utilicen valores entre 4% y 5%, en lugar de asumir un único valor estándar de 5%.
- Mediante la presente INVESTIGACION, el amortiguamiento ideal a usarse en edificaciones educativas podría ser inclusive del 3% ya que permite mayor capacidad de deformación en la estructura rígida, utilizar 6% de amortiguamiento reduce los desplazamientos y por ende otorga un comportamiento sin mucha capacidad de deformación.
- Alejo estudió viviendas comunes en donde el amortiguamiento ideal radica en el orden del 4%, mientras que para instituciones educativas (Instituto Pedagógico Juana Moreno) el amortiguamiento ideal recae en el orden del 3% con la finalidad de dotar de una exigencia de seguridad mayor a este tipo de edificaciones, el aporte de este autor y el aporte de la presente

investigación concluyen en una única recomendación crucial sobre la no consideración de un amortiguamiento único sino variable y aún más cuando la categoría de la edificación (vivienda común – educativa) está en juego.

Fortalezas:

- **Estudio paramétrico:** Realizado para evaluar el efecto de la respuesta estructural ante la variación del porcentaje de amortiguamiento, se encontraron aumentos y disminuciones de los parámetros de derivas de entrepiso y esfuerzos cortantes en la base.
- **Valores razonables de amortiguamiento:** La revisión de la literatura a través de antecedentes de la investigación sugieren utilizar valores de amortiguamiento controlados, este estudio NO se apoyó en valores de amortiguamiento demasiado grandes ni muy pequeños, que son distintos a la realidad.
- **Utilización de modelos numéricos:** Gracias al expediente técnico de obra se obtuvieron los modelos numéricos de los módulos de estudio que fueron los construidos para el diseño sísmico.
- **Coherencia con resultados sísmicos:** Los resultados manifiestan que conforme se aumente el parámetro de amortiguamiento menores serán los parámetros estructurales evaluados (derivas de entrepiso y fuerzas cortantes en la base).

Limitaciones:

- **Amortiguamiento idealizado:** Las estructuras diseñadas para albergar a los estudiantes de este instituto fue diseñada en base a la E.030 por lo cual se asumió un porcentaje de amortiguamiento del 5%, sin embargo, no se hicieron mediciones experimentales para corroborarlo.
- **Comportamiento netamente lineal:** Este instituto fue diseñado para las exigencias de la E.030, utilizando el análisis espectral de pseudo aceleraciones; el mismo que representa un análisis lineal simplista. Por lo que NO se realizó un análisis no lineal avanzado.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno demostrándose que para mayores valores de amortiguamiento menores esfuerzos cortantes en la base y menores derivas de entrepiso.

Fue hallado la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno utilizando un porcentaje de amortiguamiento del 3%, numéricamente 90.55 toneladas de fuerza cortante en la base y una deriva de entrepiso de 0.00722.

Se estimó la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno utilizando un porcentaje de amortiguamiento del 6%, numéricamente 77.16 toneladas de fuerza cortante en la base y una deriva de entrepiso de 0.00614.

Se logró cuantificar la variación de la respuesta estructural con el porcentaje de amortiguamiento normado de Instituto Pedagógico Juana Moreno, a nivel de derivas: considerando un amortiguamiento de 3% se aumenta un 12% con relación al amortiguamiento normado del 5%, así mismo considerando un amortiguamiento de 6% se reduce en un 4.81% con relación al amortiguamiento normado del 5%. A nivel de fuerzas cortantes en la base: considerando un amortiguamiento de 3% se aumenta un 11.82% con relación al amortiguamiento normado del 5%, así mismo considerando un amortiguamiento de 6% se reduce en un 4.72% con relación al amortiguamiento normado del 5%.

Utilizando un amortiguamiento del orden de 3% la deriva inelástica en la dirección X aumenta y supera las exigencias del RNE E.030 que es equivalente a 0.007, por lo cual no satisface el diseño sísmico.

Las derivas de entrepiso son mayores en la dirección X y despreciables en la dirección Y, esto refleja que esta edificación educativa superior posee demasiada rigidez en la dirección Y a diferencia de la flexibilidad de la dirección X.

RECOMENDACIONES

Continuando con la línea de investigación se podría corroborar el real valor de amortiguamiento y demás propiedades dinámicas de los módulos I y II de esta edificación educativa superior utilizando ensayos experimentales in situ.

Evaluar numéricamente (usando modelos en softwares potentes) el valor del amortiguamiento estructural, pero sujetas a acciones sísmicas que lleven más allá del rango elástico y lineal a las estructuras.

Esta investigación sugiere la utilización del 5% de amortiguamiento, pero para concreto armado, futuros trabajos de investigación deberían evaluar este porcentaje en demás sistemas estructurales como el acero estructural, la madera, y demás sistemas estructurales.

Actualmente existen sistemas de disipación de energía en la base que generan el incremento del amortiguamiento estructural mejorando su desempeño frente a acciones sísmicas, futuros trabajos de investigación podrían estimar este incremento que seguramente estarán en el orden de las decenas.

Finalmente, y en base a los resultados obtenidos, el amortiguamiento debe dejarse de considerar un valor fijo, por el contrario, y de acuerdo al tipo de sistema estructural debería ser un valor variable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Falconí, R. (2019). *Análisis sísmico de edificios*. [PDF]. <https://1library.co/document/z3jpve7y-analisis-sismico-de-edificios-roberto-aguiar-falconi-pdf.html>. [1]
- ASCE/SEI 7-22: *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Reston, VA: ASCE.
- Computers & Structures, Inc. (2017). *CSI analysis reference manual for SAP2000, ETABS, SAFE, and CSI Bridge*. Computers & Structures, Inc.
- Chopra, A. K. (2023). *Amortiguación por registros de vibraciones de edificios altos*. [PDF].
- Chopra, A. K. (2023). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering (6th ed.)*. Prentice Hall.
- Colqui Ventura, W. C. (2018). *Influencia del amortiguamiento en el comportamiento estructural de la Institución Educativa Integrada Puerto Yurinaki, distrito de Perené, provincia de Chanchamayo, región Junín* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental.
- Clough, R. W., & Penzien, J. (1993). *Dynamics of Structures (2nd ed.)*. McGraw-Hill.
- Giorgi, I., Zampieri, P., & Scotta, R. (2024). *Calibration of equivalent viscous damping expressions for displacement-based design and application to RC frames*. *Buildings*, 14(3), 738. MDPI.

- European Committee for Standardization. (2004). *EN 1998-1:2004 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. Brussels: CEN.
- Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P., & Baptista Lucio, P. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (8.ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2010). *NSR-10: Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente*. Bogotá, Colombia: ICONTEC.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). *NEC – Norma Ecuatoriana de la Construcción: Reglamento de Diseño para Edificaciones Sismo Resistente*. Quito, Ecuador: INEN.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). (2016). NCh433 Of. 2016: *Diseño sísmico de estructuras de edificación*. Santiago, Chile: INN.
- Lu, X., Xu, Z., Guan, H., & Ye, L. (2012). *Collapse simulation of reinforced concrete high-rise building induced by extreme earthquakes*. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 41(12), 1677–1696.
- Ministerio de Educación de Chile. (2011). *Informe de evaluación de daños en establecimientos educacionales tras el terremoto del 27 de febrero de 2010*. Santiago de Chile: MINEDUC.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2018). *Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda>.

Muriel Pinto, C. R. (2019). *Análisis y diseño estructural con interacción sísmica suelo–estructura para una edificación multifamiliar en Jayllihuaya–Puno, para un sismo moderado, considerando amortiguamiento de 6%* [Tesis de licenciatura, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez]. Repositorio Institucional UANCV. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2973>.

Soto Raico, C. R. (2021). *Análisis sísmico al utilizar 2% y 5% del amortiguamiento estructural en el colegio estatal de Oxamarca, provincia de Celendín - Cajamarca 2020* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la UPN. <https://hdl.handle.net/11537/27891>.

Tamayo y Tamayo, M. (2005). *El proceso de la investigación científica* (5.^a ed.). México: Limusa.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Jara Sinche, B. G. (2026) *Efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno Huánuco 2025* [Tesis pregrado, Universidad de Huánuco], Repositorio Institucional UDH, <https://>

ANEXOS

ANEXO N°01

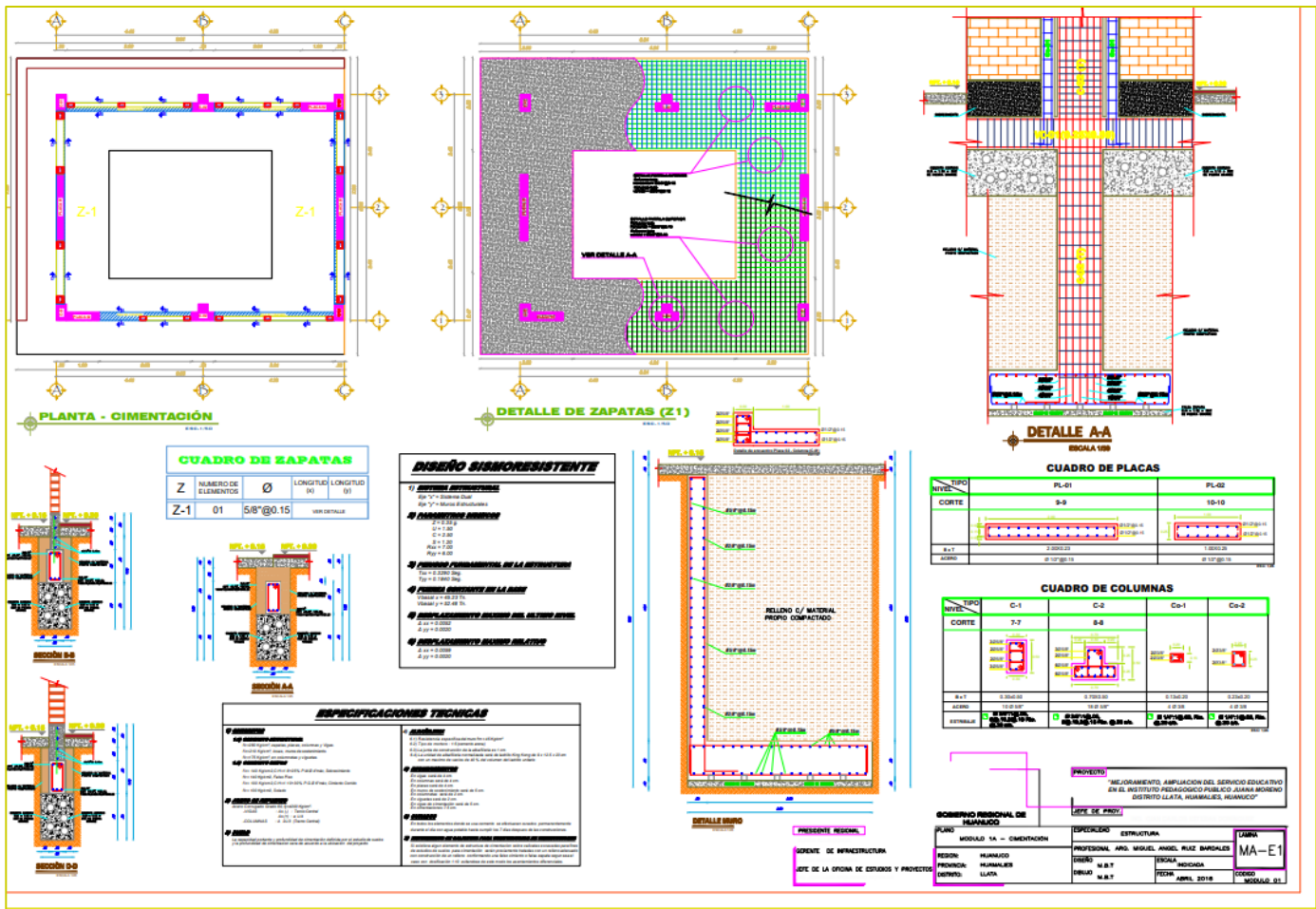
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco – 2025”

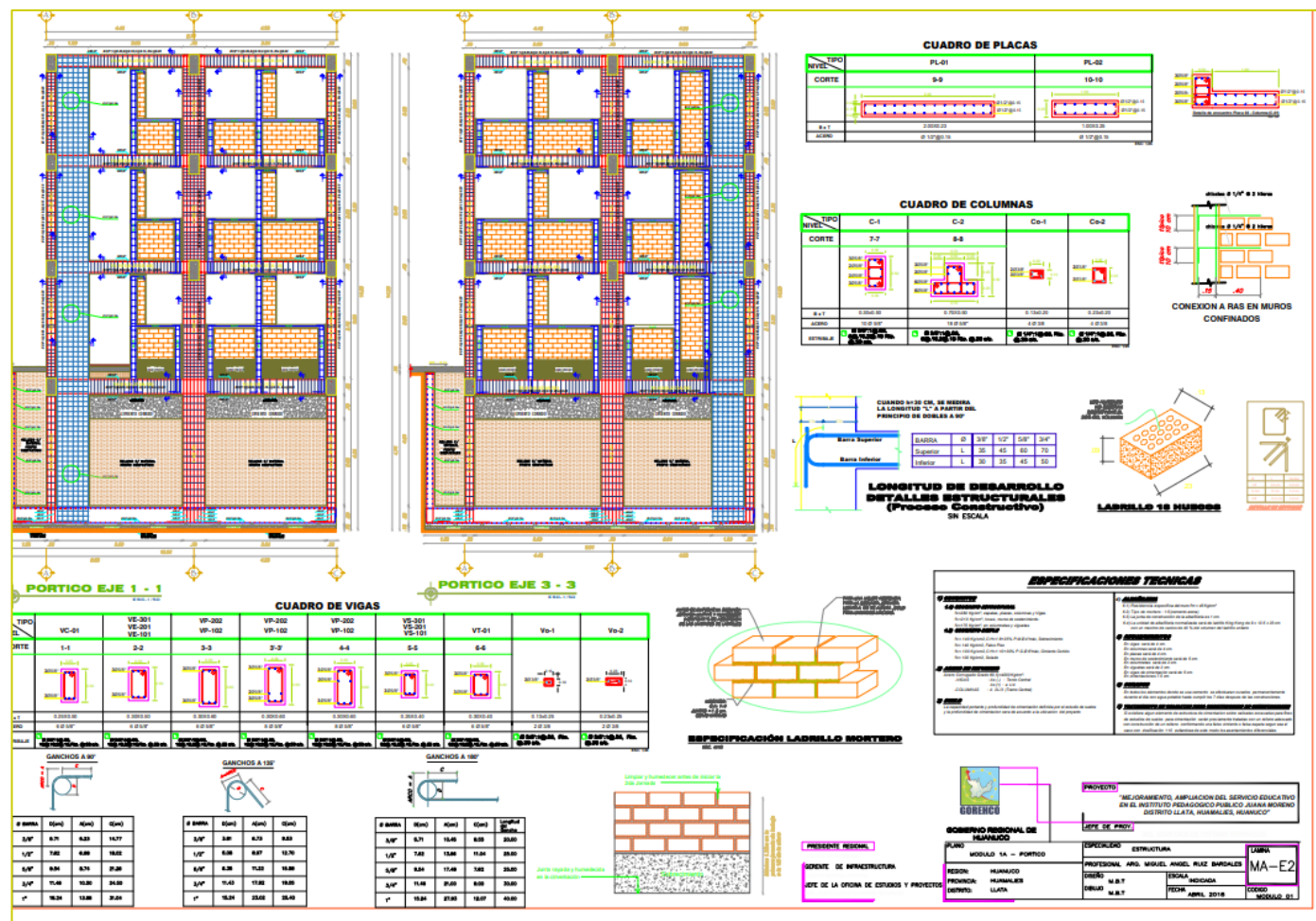
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	ÍNDICE	METODOLOGÍA
Formulación general ¿En qué medida se puede evaluar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025?	Objetivo general OG: Evaluar el efecto de la variación del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco – 2025.	Hipótesis general. HG: La variación del porcentaje de amortiguamiento tiene un efecto significativo en la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.	Variable Independiente: Porcentaje de amortiguamiento.		Tipo: Aplicada
			Dimensiones Coeficiente de amortiguamiento	Disipación de energía sísmica	Enfoque: Cuantitativo.
	Objetivos específicos OE1: Hallar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 3% - Huánuco - 2025. OE2: Estimar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 6% - Huánuco – 2025.	Hipótesis específicas. HE1: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 3% modifica la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno comparadas al porcentaje de amortiguamiento normado - Huánuco - 2025. HE2: La utilización de un porcentaje de amortiguamiento del 6% cambia la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno comparadas al porcentaje de	Variable dependiente: Respuesta estructural		Nivel: Explicativo
Problemas específicos. PE1: ¿Cómo hallar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 3% - Huánuco - 2025? PE2: ¿De qué manera estimar la respuesta estructural del Instituto Pedagógico Juana					Diseño: No experimental
					Población: Instituto Pedagógico Público Juana Moreno.
					Muestra: Módulo I y Módulo II.

Moreno variando el porcentaje de amortiguamiento al 6% Huánuco – 2025? PE3: ¿Cuánto es la respuesta estructural a través de derivas de entrepisos y esfuerzos de corte del Instituto pedagógico Juana Moreno Huánuco – Huánuco – 2025?	OE3: Cuantificar la respuesta estructural a través de derivas de entrepisos y esfuerzos de corte del Instituto pedagógico Juana Moreno Huánuco – Huánuco – 2025.	amortiguamiento normado - Huánuco - 2025. HE3: La variación de los porcentajes de amortiguamiento de 3 % y 6 % altera las derivas de entrepiso y las fuerzas cortantes basales respecto al amortiguamiento normado del Instituto Pedagógico Juana Moreno – Huánuco - 2025.	Dimensiones Deriva de entrepiso Fuerzas cortantes basales	Desplazamiento en la losa superior entre la altura total del edificio Fuerzas generadas para resistir las fuerzas laterales (sísmicas)
---	--	---	--	---

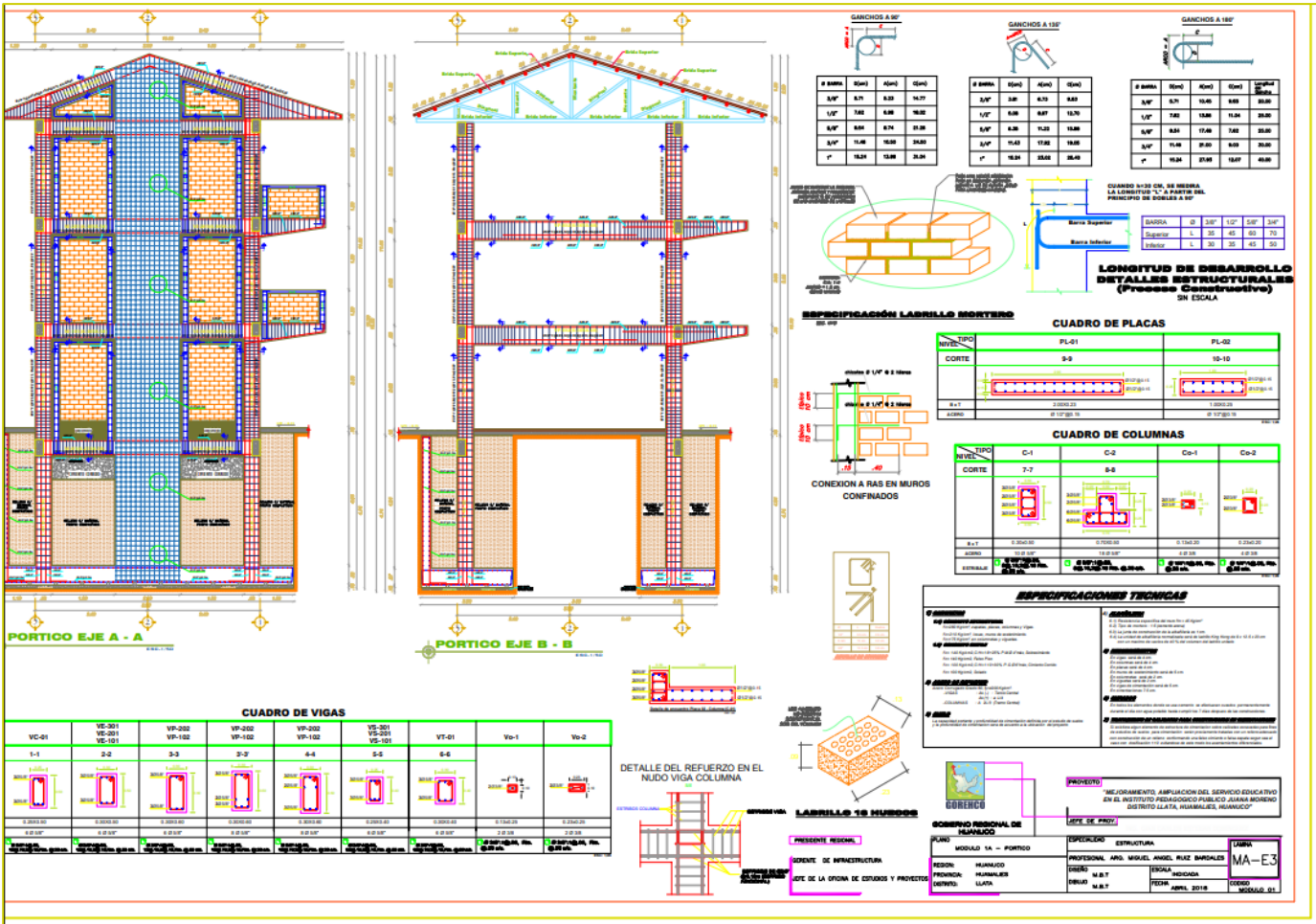
PLANO ESTRUCTURAL DEL MODULO I



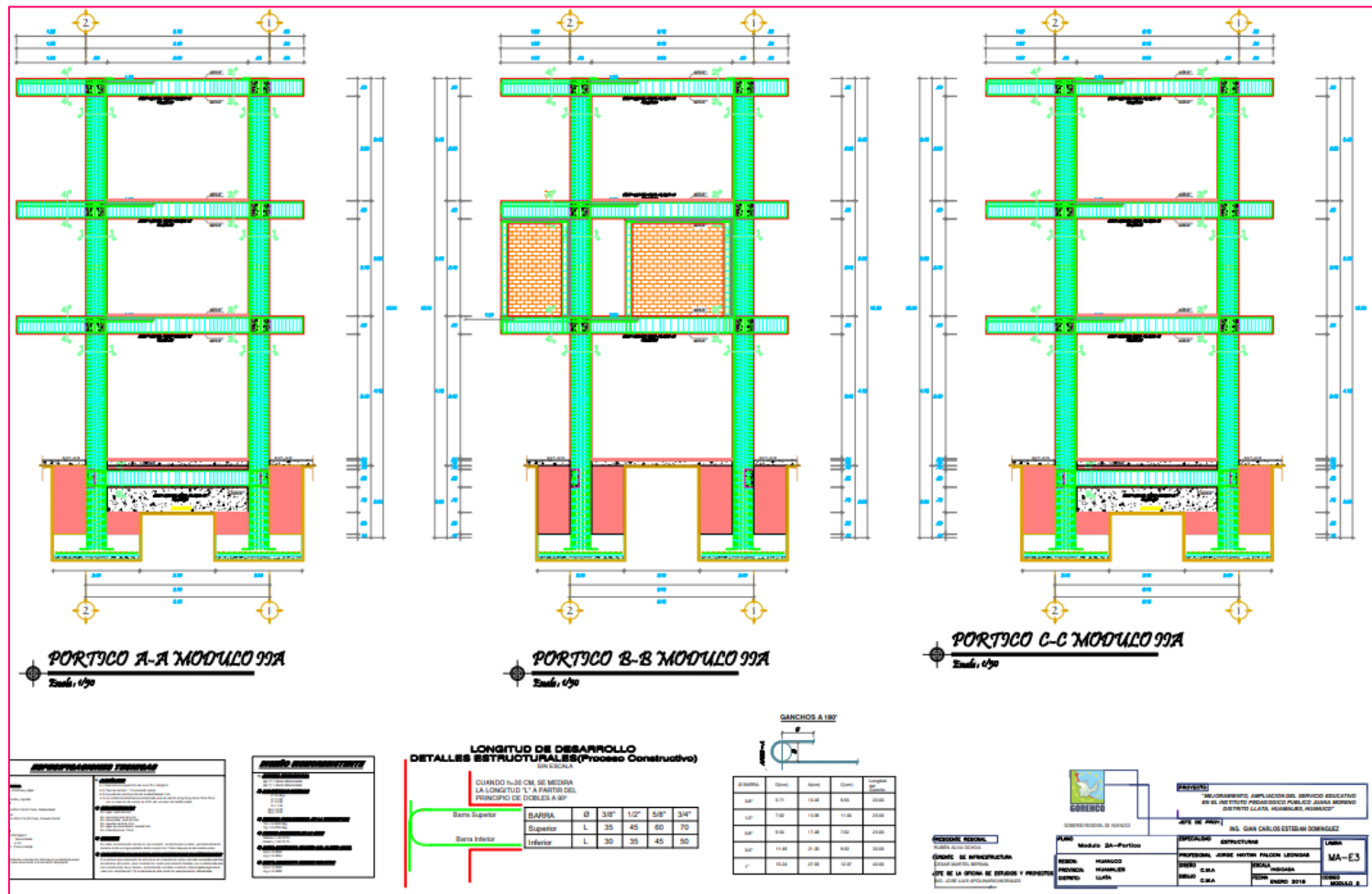
PLANO ESTRUCTURAL DEL MODULO I



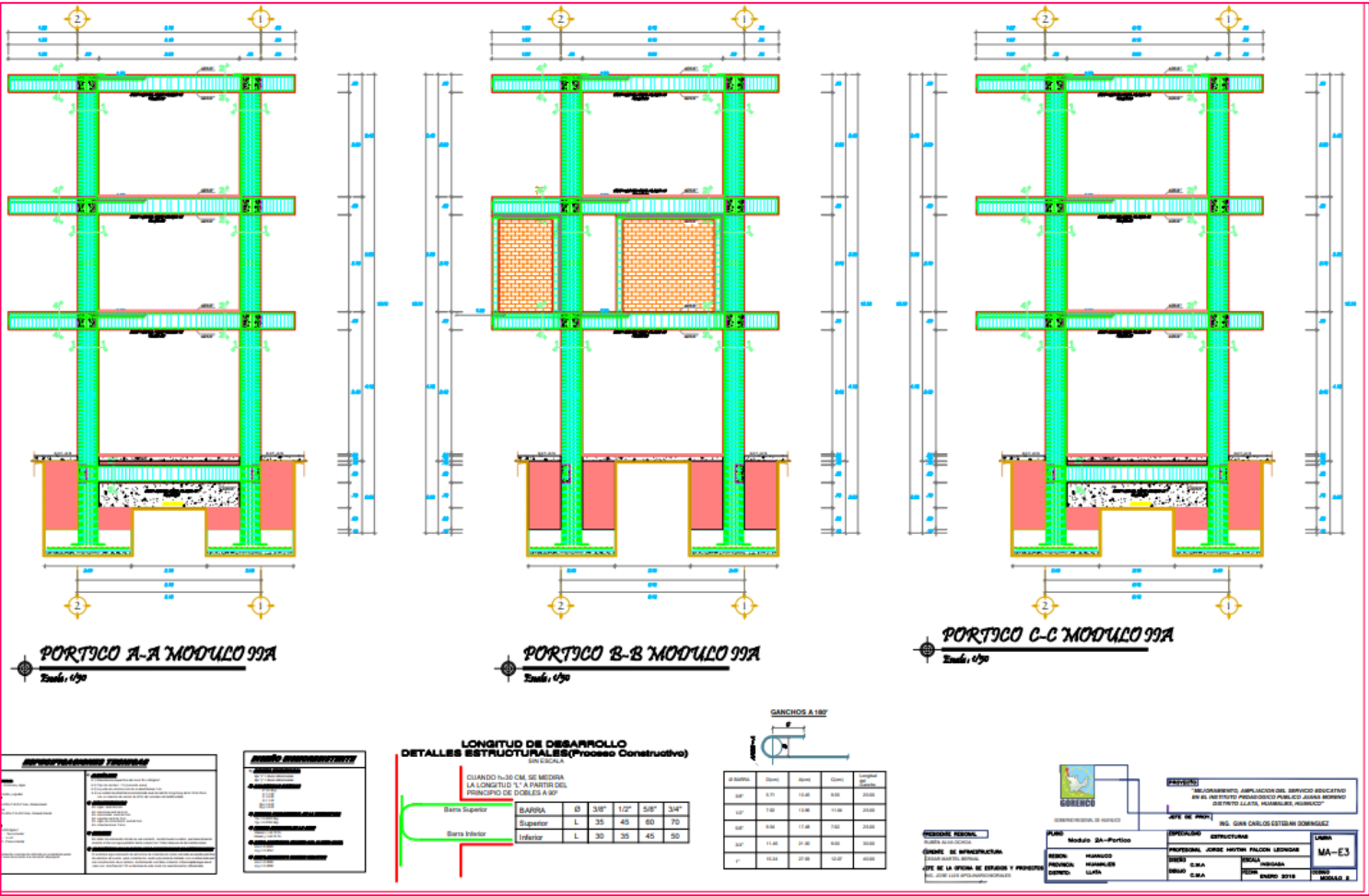
PLANO ESTRUCTURAL DEL MODULO I



PLANO ESTRUCTURAL DEL MODULO II

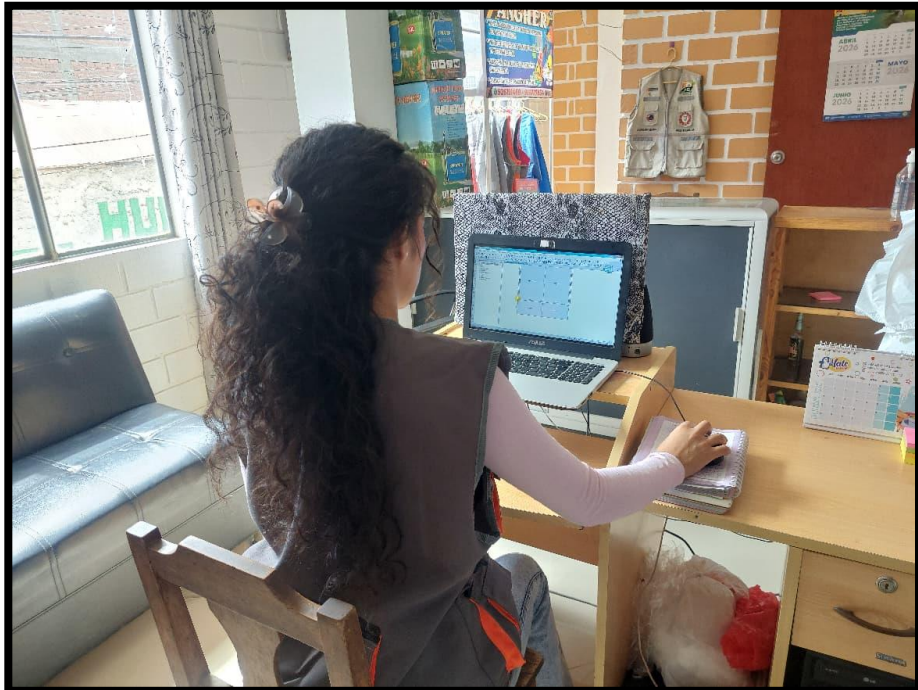


PLANO ESTRUCTURAL DEL MODULO I



ANEXO N°08

VISTAS FOTOGRAFICAS



Evaluación de la respuesta estructural de los modelos numéricos de los módulos I y II.



Construcción de los modelos numéricos de los módulos I y II.



Recolección de datos para contrastar con los planos y construir los modelos numéricos de los módulos I y II.

ANEXO N°09

INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

DISEÑO SISMORESISTENTE

1) SISTEMA ESTRUCTURAL

Eje "x" = Muros Estructurales

Eje "y" = Muros Estructurales

2) PARAMETROS SISMICOS

$Z = 0.35 \text{ g.}$

$U = 1.50$

$C = 2.50$

$S = 1.20$

$R_{xx} = 6.00$

$R_{yy} = 6.00$

3) PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA

$T_{xx} = 0.4020 \text{ Seg.}$

$T_{yy} = 0.3750 \text{ Seg.}$

4) FUERZA CORTANTE EN LA BASE

$V_{\text{basal } x} = 40.70 \text{ Tn.}$

$V_{\text{basal } y} = 40.70 \text{ Tn.}$

5) DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL ULTIMO NIVEL

$\Delta_{xx} = 0.0035$

$\Delta_{yy} = 0.0044$

6) DESPLAZAMIENTO MAXIMO RELATIVO

$\Delta_{xx} = 0.0056$

$\Delta_{yy} = 0.0068$

DISEÑO SISMORESISTENTE

1) SISTEMA ESTRUCTURAL

Eje "x" = Sistema Dual

Eje "y" = Muros Estructurales

2) PARAMETROS SISMICOS

$Z = 0.35 \text{ g.}$

$U = 1.50$

$C = 2.50$

$S = 1.20$

$R_{xx} = 7.00$

$R_{yy} = 6.00$

3) PERIODO FUNDAMENTAL DE LA ESTRUCTURA

$T_{xx} = 0.3290 \text{ Seg.}$

$T_{yy} = 0.1840 \text{ Seg.}$

4) FUERZA CORTANTE EN LA BASE

$V_{\text{basal } x} = 45.23 \text{ Tn.}$

$V_{\text{basal } y} = 52.48 \text{ Tn.}$

5) DESPLAZAMIENTO MAXIMO DEL ULTIMO NIVEL

$\Delta_{xx} = 0.0052$

$\Delta_{yy} = 0.0020$

6) DESPLAZAMIENTO MAXIMO RELATIVO

$\Delta_{xx} = 0.0059$

$\Delta_{yy} = 0.0020$