



Colpa Matara, 12 de diciembre del 2024.

C.O. N° 43-2024-UI-EPIC

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO – HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS Y FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E. N° 10386 CUYUMALCA, CHOTA”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Luis Alex Cabrera Delgado y Ely Muñoz Marrufo**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 9% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

  
Miguel Ángel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 157782




Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo Jefe

de la unidad de investigación FCI-

UNACH

# Luis Alex Cabrera Delgado Ely Muñoz Marrufo

## CAPÍTULO I. COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO – HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS ...

-  INFORME FINAL DE TESIS ESTUDIANTES
-  UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2024
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

### 1.1.1. Detalles del documento

Identificador de la entrega

**trn:oid:::1:3113259687**

Fecha de entrega

**12 dic 2024, 6:47 p.m. GMT-5**

Fecha de descarga

**12 dic 2024, 6:52 p.m. GMT-5**

Nombre

de

archivo

**INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_Luis\_Alex\_Cabrera\_Ely\_Muñoz\_08.11.24.docx**

Tamaño de archivo

**12.6 MB**

**163 Páginas**

**31,814 Palabras**

## CAPÍTULO II. 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### 2.1.1. Filtrado desde el informe






Bibliografía

Texto mencionado

Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### 2.1.2. Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

### 2.1.3. Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	<b>Internet</b>	<b>hdl.handle.net</b>	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorio.unach.edu.pe</b>	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b>	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Trabajos del estudiante</b>	<b>Universidad Nacional Autonoma de Chota</b>	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorioacademico.upc.edu.pe</b>	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorio.upt.edu.pe</b>	<b>0%</b>
<b>7</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b>	<b>0%</b>
<b>8</b>	<b>Internet</b>	<b>repositorio.unesum.edu.ec</b>	<b>0%</b>
<b>9</b>	<b>Internet</b>	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b>	<b>0%</b>
<b>10</b>	<b>Internet</b>	<b>www.grafiati.com</b>	<b>0%</b>
<b>11</b>	<b>Trabajos del estudiante</b>		

12	Internet	repositorio.udes.edu.co	0%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	0%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Continental	0%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Santo Tomas	0%
16	Publicación	Vega, David Hernan Goni. "Análisis Comparativo del Comportamiento Inelástico d...	0%
17	Internet	fdocuments.es	0%
18	Internet	repositorio.ug.edu.ec	0%
19	Internet	repositorio.unc.edu.pe	0%
20	Internet	www.coursehero.com	0%
21	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	0%
22	Internet	repositorio.unh.edu.pe	0%
23	Internet	repositorio.usmp.edu.pe	0%
24	Internet	www.dspace.espol.edu.ec	0%
25	Publicación		

26	Internet	repositorio.unj.edu.pe	0%
27	Internet	eudora.vivienda.gob.pe	0%
28	Trabajos del estudiante	ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	0%
29	Internet	ri2.bib.udo.edu.ve	0%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnológica del Perú	0%
31	Internet	repositorio.continental.edu.pe	0%
32	Internet	web.mat.upc.edu	0%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Perú	0%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	0%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Santa	0%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma	0%
37	Trabajos del estudiante	Universidad San Ignacio de Loyola	0%
38	Internet	iisee.kenken.go.jp	0%
39	Internet		

40	Internet	revistas.uniss.edu.cu	0%
41	Trabajos del estudiante	uncedu	0%
42	Internet	www.smfn.unical.it	0%
43	Publicación	Gutiérrez R., Jorge E.. "Competencias Ambientales Desde la Economía Circular Co...	0%
44	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	0%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte	0%
46	Internet	repositorio.unap.edu.pe	0%
47	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	0%
48	Internet	riunet.upv.es	0%
49	Internet	tesis.pucp.edu.pe	0%
50	Internet	www.dspace.uce.edu.ec	0%
51	Publicación	Castillo, Enrique del Rey. "Parametric Study of a Historical Masonry Building Subj...	0%
52	Publicación	Olivos Lara, Omar Eduardo. "Proteccion sismica de edificaciones hospitalarias per...	0%
53	Internet		

54

Internet

[alicia.concytec.gob.pe](http://alicia.concytec.gob.pe)

0%

55

Internet

[doku.pub](http://doku.pub)

0%

56

Internet

[idoc.tips](http://idoc.tips)

0%

57

Internet

[m.revistanefrologia.com](http://m.revistanefrologia.com)

0%

58

Internet

[repositorio.upse.edu.ec](http://repositorio.upse.edu.ec)

0%

59

Internet

[worldwidescience.org](http://worldwidescience.org)

0%

60

Internet

[www.medicinaoral.com](http://www.medicinaoral.com)

0%

61

Internet

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

0%

62

Internet

[www.semanticscholar.org](http://www.semanticscholar.org)

0%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Comparación del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo –  
historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386

Cuyumalca, Chota

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**Presentado por:**

Luis Alex Cabrera Delgado

Ely Muñoz Marrufo

**Asesor:** Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

**Línea de investigación:** Análisis experimental de estructuras

**Chota – Perú**

**2025**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



"Un sueño hecho realidad"

## FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

### 1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Cabrera Delgado, Luis Alex  
Muñoz Marrufo, Ely

Código del alumno: 2014052162  
2014052177

Teléfono: 930142751  
947721871

Correo electrónico: [Cd.axel\\_10@hotmail.com](mailto:Cd.axel_10@hotmail.com)  
[elyjoder@gmail.com](mailto:elyjoder@gmail.com)

DNI: 46489032  
47636200

### 2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación  Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico  Tesis

### 3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller  Licenciado  Título  
 Magister  Segunda especialidad  Doctor

### 4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Comparación del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota.

### 5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA.

### 6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL.

### 7. ASESOR:

Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

Teléfono: 980952316

Correo electrónico: [enchavez@unach.edu.pe](mailto:enchavez@unach.edu.pe)

D.N.I: 26698185

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

DNI. 46489032

DNI. 47636200

**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO  
MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO – HISTORIA PARA  
SISMOS MÁXIMOS Y FRECUENTES DEL PAÍS, CASO:**

**I.E. N° 10386 CUYUMALCA, CHOTA**

**POR:**

**LUIS ALEX CABRERA DELGADO**

**ELY MUÑOZ MARRUFO**

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título**

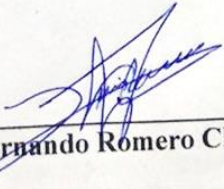
**de**

**INGENIERO CIVIL**


**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

  
-----  
**Mg. Ing. Martha Gladys Huamán Tanta**

**PRESIDENTE**

  
-----  
**Msc. Ing. Luis Fernando Romero Chuquilín**

**SECRETARIO**

  
-----  
**Mg. Ing. Jefferson Ruiz Cachi**

**VOCAL**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del Campus Universitario - Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Luis Alex Cabrera Delgado y Ely Muñoz Marrufo**, denominada: "**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO- HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS Y FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N° 10386 CUYUMALCA, CHOTA**"; escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADA

CON EL CALIFICATIVO (\*)

CATORCE

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 07 de enero del 2025.

  
Dra. Martha Gladys Huamán Tanta.  
**PRESIDENTE**

  
Msc. Luis Fernando Romero Chuquilin.  
**SECRETARIO**

  
Mg. Jefferson Ruiz Cachi.  
**VOCAL**

  
Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
**ASESOR**

(\*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: ( 20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: “**COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO- HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS Y FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N° 10386 CUYUMALCA, CHOTA**”; presentado por los Bachilleres: **Luis Alex Cabrera Delgado y Ely Muñoz Marrufo**, sustentada el día 07 de enero del 2025, según Resolución de Coordinación N°011-2025-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 21 de enero del 2025.

Dra. Martha Gladys Huamán Tanta.  
**PRESIDENTE**

Msc. Luis Fernando Romero Chuquilin.  
**SECRETARIO**

Mg. Jefferson Ruiz Cachi.  
**VOCAL**

Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta investigación con profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por ser nuestra guía constante y brindarnos la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para superar cada reto a lo largo de este camino.

A nuestros familiares, quienes, con su amor incondicional, apoyo constante y fe en nosotros, fueron un pilar fundamental en los momentos más difíciles. Su confianza en nuestras capacidades y sacrificios nos impulsaron a seguir adelante.

A nuestros amigos, por su compañía y aliento en cada etapa de este proceso. Sus palabras de ánimo y su presencia nos dieron el impulso necesario para culminar este trabajo.

A todos ellos, con gratitud infinita, dedicamos este logro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de esta investigación desean expresar su más profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios, por brindarnos la fortaleza, la salud y las oportunidades necesarias para culminar este trabajo. Su guía ha sido fundamental para superar cada desafío a lo largo del proceso.

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento al Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez, nuestro asesor, por su invaluable apoyo, orientación y paciencia. Su vasta experiencia y sabios consejos han sido fundamentales para la correcta realización de esta investigación. Sin su dedicación y compromiso, este trabajo no habría alcanzado la calidad requerida.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al director de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, quien nos permitió el acceso a las instalaciones y brindó toda la información necesaria para realizar los estudios básicos sobre la infraestructura del colegio. Su colaboración y disposición fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación.

A nuestros amigos y familiares, quienes han sido un pilar constante de apoyo emocional y moral. Gracias por su comprensión y aliento en los momentos de mayor dificultad, por brindarnos el impulso para seguir adelante y alcanzar nuestras metas.

Este logro es tanto nuestro como de todos aquellos que, de alguna manera, nos acompañaron a lo largo de este camino. ¡Muchas gracias!

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xx</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>26</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4. Delimitación de la investigación.....</b>	<b>28</b>
<b>1.5. Objetivos .....</b>	<b>29</b>
1.5.1. Objetivo general.....	29
1.5.2. Objetivos específicos .....	29
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>30</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	30
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	35
2.1.3. Antecedentes regionales .....	39
<b>2.2. Bases teórico – científicas .....</b>	<b>40</b>
2.2.1. Peligro sísmico.....	40
2.2.2. Registros sísmicos .....	43
2.2.3. Métodos de análisis sísmico .....	45
<b>2.3. Marco conceptual.....</b>	<b>48</b>
2.3.1. Evento sísmico.....	48
2.3.2. Sismos máximos y sismos frecuentes.....	50
2.3.3. Representación de los movimientos sísmicos.....	51
2.3.4. Parámetros sísmicos de la norma E.030 .....	52
2.3.5. Análisis de cargas .....	55
2.3.6. Análisis estático lineal con la norma E.030.....	57
2.3.7. Análisis dinámico lineal: modal espectral .....	58
2.3.8. Análisis tiempo – historia .....	61

2.3.9. Requisitos de rigidez y ductilidad normados.....	64
<b>2.4. Hipótesis.....</b>	<b>65</b>
<b>2.5. Operacionalización de variables.....</b>	<b>65</b>
2.5.1. Variable independiente: Sismos máximos y frecuentes del país.....	65
2.5.2. Variable dependiente: Análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia.....	66
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>68</b>
<b>3.1. Tipo y nivel de investigación.....</b>	<b>68</b>
<b>3.2. Diseño de investigación.....</b>	<b>69</b>
<b>3.3. Métodos de investigación.....</b>	<b>71</b>
<b>3.4. Población, muestra y muestreo.....</b>	<b>72</b>
3.4.1. Población.....	72
3.4.2. Muestreo.....	72
3.4.3. Muestra.....	73
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>76</b>
3.5.1. Técnicas.....	76
3.5.2. Instrumentos.....	77
<b>3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....</b>	<b>78</b>
3.6.1. Proceso de recolección, procesamiento y análisis de datos.....	78
3.6.2. Procesamiento de datos.....	96
3.6.3. Análisis de datos.....	96
<b>3.7. Aspectos éticos.....</b>	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>98</b>
<b>4.1. Descripción de resultados.....</b>	<b>98</b>
4.1.1. Espectros sísmicos para análisis modal espectral y tiempo – historia.....	98
4.1.2. Análisis sísmico dinámico modal espectral.....	102
4.1.3. Análisis sísmico dinámico tiempo – historia.....	111
4.1.4. Comparación del análisis dinámico.....	138
<b>4.2. Contrastación de hipótesis.....</b>	<b>143</b>
<b>4.3. Discusión de resultados.....</b>	<b>160</b>

<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>171</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>171</b>
<b>5.2. Recomendaciones y/o sugerencias .....</b>	<b>172</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS .....</b>	<b>174</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>183</b>
Anexo A. Matriz de consistencia.....	183
Anexo B. Ficha de datos de la institución educativa.....	184
Anexo C. Panel fotográfico .....	186
Anexo D. Resultado de ensayos de mecánica de suelos.....	190
Anexo E. Resultado de ensayos de esclerometría .....	200
Anexo F. Planos.....	206

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Resumen de Perfiles de Suelo .....	52
<b>Tabla 2</b> Factor de Suelo S.....	53
<b>Tabla 3</b> Períodos $T_P$ y $T_L$ .....	53
<b>Tabla 4</b> Categoría y Factor “U” del Edificio.....	53
<b>Tabla 5</b> Sistemas Estructurales.....	54
<b>Tabla 6</b> Irregularidades Estructurales en Altura.....	54
<b>Tabla 7</b> Cargas Mínimas Repartidas Vivas .....	55
<b>Tabla 8</b> Carga Viva del Techo.....	56
<b>Tabla 9</b> Límites para la Distorsión del Entrepiso de Acuerdo a la Norma E.030.....	64
<b>Tabla 10</b> Límites de Deriva según HAZUS .....	64
<b>Tabla 11</b> Matriz de Operacionalización de Variables .....	67
<b>Tabla 12</b> Tipo de Investigación por los Criterios Más Relevantes.....	69
<b>Tabla 13</b> Técnicas e Instrumentos para Recolectar Datos.....	77
<b>Tabla 14</b> Número de Puntos de Muestreo para Ensayo de Esclerometría.....	83
<b>Tabla 15</b> Resultados de Resistencia a Compresión en los Puntos de Muestreo para Esclerometría .....	85
<b>Tabla 16</b> Estudio de Suelos .....	91
<b>Tabla 17</b> Parámetros para la Formación del Espectro de Diseño.....	99
<b>Tabla 18</b> Descripción de los Eventos Sísmicos Máximos y Frecuentes.....	100
<b>Tabla 19</b> Casos de Carga Sísmica .....	100
<b>Tabla 20</b> Análisis Modal Espectral para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca ...	102
<b>Tabla 21</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	103
<b>Tabla 22</b> Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	104
<b>Tabla 23</b> Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	105
<b>Tabla 24</b> Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	106
<b>Tabla 25</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	107
<b>Tabla 26</b> Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	108
<b>Tabla 27</b> Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	109
<b>Tabla 28</b> Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	110
<b>Tabla 29</b> Detalles del Análisis Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	111
<b>Tabla 30</b> Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Amazonas .....	112

<b>Tabla 31</b> Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Loreto .....	113
<b>Tabla 32</b> Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Cajamarca.....	113
<b>Tabla 33</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas.....	114
<b>Tabla 34</b> Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas .....	114
<b>Tabla 35</b> Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este.....	116
<b>Tabla 36</b> Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur.....	116
<b>Tabla 37</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto .....	118
<b>Tabla 38</b> Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto .....	118
<b>Tabla 39</b> Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este.....	120
<b>Tabla 40</b> Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur .....	120
<b>Tabla 41</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca.....	122
<b>Tabla 42</b> Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca .....	122
<b>Tabla 43</b> Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	124
<b>Tabla 44</b> Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur.....	124
<b>Tabla 45</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas.....	126
<b>Tabla 46</b> Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas .....	126
<b>Tabla 47</b> Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este.....	128
<b>Tabla 48</b> Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur.....	128

<b>Tabla 49</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto .....	130
<b>Tabla 50</b> Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto .....	130
<b>Tabla 51</b> Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este.....	132
<b>Tabla 52</b> Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur .....	132
<b>Tabla 53</b> Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca.....	134
<b>Tabla 54</b> Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca .....	134
<b>Tabla 55</b> Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	136
<b>Tabla 56</b> Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur .....	136
<b>Tabla 57</b> Comparación de los Resultados del Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral y el Análisis Tiempo – Historia de la I.E. N° 10386.....	141
<b>Tabla 58</b> Variaciones (%) en los Resultados del Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral y el Análisis Tiempo – Historia de la I.E. N° 10386.....	142
<b>Tabla 59</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado de la I.E. N° 10386 Cuyumalca ..	144
<b>Tabla 60</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado de la I.E. N° 10386 Cuyumalca .	144
<b>Tabla 61</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas .....	145
<b>Tabla 62</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto .....	146
<b>Tabla 63</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca.....	146
<b>Tabla 64</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas .....	146
<b>Tabla 65</b> Deriva en X e Y para el Módulo N°2 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto .....	147
<b>Tabla 66</b> Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado con Pórticos de Concreto Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca.....	147
<b>Tabla 67</b> Datos Ordenados para el Análisis Estadístico .....	149
<b>Tabla 68</b> Factores de Estudio para el Análisis Estadístico .....	153
<b>Tabla 69</b> Análisis ANOVA para Cortante en la Base .....	154

<b>Tabla 70</b>	Análisis ANOVA para Porcentaje de la Cortante Dinámica.....	155
<b>Tabla 71</b>	Análisis ANOVA para Momento Volcante.....	156
<b>Tabla 72</b>	Análisis Kruskal-Wallis para Desplazamiento Máximo Inelástico.....	157
<b>Tabla 73</b>	Análisis Kruskal-Wallis para Derivas Máximas .....	158
<b>Tabla 74</b>	Análisis t-student del Porcentaje de la Cortante Basal Dinámica .....	159
<b>Tabla 75</b>	Análisis test de Wilcoxon de 1 Muestra de las Derivas Máximas .....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Vista del Módulo 2 de la I.E. N° 10386 de Cuyumalca.....	24
<b>Figura 2</b>	Vista del Fisuras en el Módulo 2 que se Encuentra Deteriorado en la I.E. N° 10386 de Cuyumalca.....	25
<b>Figura 3</b>	Acelerograma del Terremoto de Lima 1974.....	43
<b>Figura 4</b>	Proceso para Generar Espectros de Respuesta Específicos del Sitio.....	44
<b>Figura 5</b>	Tipos de Análisis Sísmico .....	45
<b>Figura 6</b>	Elementos de un Sismo.....	49
<b>Figura 7</b>	Espectro de Respuesta .....	51
<b>Figura 8</b>	Zonas Sísmicas .....	52
<b>Figura 9</b>	Análisis Modal Espectral .....	58
<b>Figura 10</b>	Modos de Vibración .....	59
<b>Figura 11</b>	Análisis Tiempo-Historia.....	61
<b>Figura 12</b>	Esquema del Diseño de Investigación .....	70
<b>Figura 13</b>	Esquema Metodológico .....	71
<b>Figura 14</b>	Ubicación y Accesos a la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	72
<b>Figura 15</b>	Vista Satelital de la I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	73
<b>Figura 16</b>	Vista en Planta del Pabellón 2 .....	74
<b>Figura 17</b>	Vista en Elevación del Pabellón 2 .....	75
<b>Figura 18</b>	Revisión de Detalles de las Vigas de la I.E. N° 10386.....	78
<b>Figura 19</b>	Revisión de Detalles de las Columnas de la I.E. N° 10386.....	79
<b>Figura 20</b>	Revisión de Detalle de las Vigas de Concreto VP-201 de la I.E. N° 10386.....	79
<b>Figura 21</b>	Vista de la Institución Educativa I.E. N° 10386 Cuyumalca.....	81
<b>Figura 22</b>	Piezas del Esclerómetro.....	82
<b>Figura 23</b>	Realización del Ensayo de Esclerometría en los Módulos de la I.E. 10386.....	84
<b>Figura 24</b>	Perfil Estratigráfico del Suelo.....	86
<b>Figura 25</b>	Excavación de Calicatas para la Toma de Muestras de Suelo .....	87
<b>Figura 26</b>	Envoltorio de Mohr del Suelo de Cimentación del Pabellón 2 de la I.E. 10386 Cuyumalca, Chota.....	91
<b>Figura 27</b>	Modelo N° 1 del Pabellón 2 de la I.E. N° 10386.....	94
<b>Figura 28</b>	Modelo N° 2 del Pabellón 2 de la I.E. N° 10386.....	95
<b>Figura 29</b>	Espectro de Respuesta .....	99
<b>Figura 30</b>	Espectro del Sismo de Loreto .....	101
<b>Figura 31</b>	Espectro del Sismo de Cajamarca.....	101
<b>Figura 32</b>	Espectro del Sismo de Amazonas.....	101

<b>Figura 33</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 4.5 cm, Módulo N° 1.....	104
<b>Figura 34</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 4.75 cm, Módulo N° 1.....	105
<b>Figura 35</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección X, Módulo N° 1.....	106
<b>Figura 36</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1 .....	106
<b>Figura 37</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 6.37 cm, Módulo N° 2.....	108
<b>Figura 38</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 10.13 cm, Módulo N° 2.....	109
<b>Figura 39</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección X , Módulo N° 2.....	110
<b>Figura 40</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección Y, Módulo N° 2.....	110
<b>Figura 41</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 8.12 cm, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este.....	115
<b>Figura 42</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 8.28 cm, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur .....	115
<b>Figura 43</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 1, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este.....	117
<b>Figura 44</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur .....	117
<b>Figura 45</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 6.46 cm, Módulo N° 1, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este .....	119
<b>Figura 46</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 9.00 cm, Módulo N° 1, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur.....	119
<b>Figura 47</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 1, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este.....	121
<b>Figura 48</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur.....	121
<b>Figura 49</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 4.99 cm, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	123
<b>Figura 50</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 4.84 cm, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur .....	123
<b>Figura 51</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	125
<b>Figura 52</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur.....	125

<b>Figura 53</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 8.10 cm, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este .....	127
<b>Figura 54</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 10.97 cm, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur .....	127
<b>Figura 55</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 2, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este.....	129
<b>Figura 56</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur .....	129
<b>Figura 57</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 7.20 cm, Módulo N° 2, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este .....	131
<b>Figura 58</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 28.35 cm, Módulo N° 2, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur.....	131
<b>Figura 59</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 2, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este.....	133
<b>Figura 60</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur.....	133
<b>Figura 61</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 9.12 cm, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	135
<b>Figura 62</b> Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 13.82 cm, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur .....	135
<b>Figura 63</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X , Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este.....	137
<b>Figura 64</b> Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur.....	137
<b>Figura 65</b> Reforzamiento de los Módulos con Pórticos de Concreto Armado.....	143
<b>Figura 66</b> Prueba de Normalidad de Datos: Cortante Basal.....	150
<b>Figura 67</b> Prueba de Normalidad de Datos: Porcentaje de Cortante Dinámica .....	151
<b>Figura 68</b> Prueba de Normalidad de Datos: Momento Volcante .....	151
<b>Figura 69</b> Prueba de Normalidad de Datos: Derivas .....	152
<b>Figura 70</b> Prueba de Normalidad de Datos: Desplazamientos .....	152

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo comparar el análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel explicativo, con diseño cuasi experimental, analizando los dos módulos del pabellón N° 2 de la institución educativa I.E. N° 10386 Cuyumalca. Para el análisis modal espectral, se utilizó el espectro de diseño basado en la norma E.030, mientras que en el análisis tiempo-historia se procesaron registros de sismos ocurridos en Loreto, Amazonas y Cajamarca. Los resultados indican que, el Módulo 1 no cumple con los criterios de cortante dinámico, alcanzando solo el 51.50% y 70.70% de la cortante estática en X e Y respectivamente, así mismo, tampoco cumple con las derivas normadas, especialmente en la dirección Y, con una deriva máxima 0.99%; mientras que, el Módulo 2, aunque cumple con la cortante dinámica (90.40% y 84.00%), excede las derivas permitidas en ambas direcciones. Por otro lado, el análisis tiempo-historia reveló deformaciones más significativas, con derivas superiores al 0.7% para ambos módulos, alcanzando hasta un 4.30% en el Módulo 2 durante el sismo de Loreto. Este método también mostró mayores valores de momentos volcantes y desplazamientos, lo que sugiere que captura de manera más precisa los efectos no lineales y acumulación de daños. Por tanto, se concluye que el análisis tiempo-historia es más conservador y proporciona una evaluación más detallada de la demanda sísmica.

**Palabras clave:** espectro sísmico, derivas máximas, desplazamientos inelásticos, cortante basal.

## ABSTRACT

The purpose of the research was to compare the dynamic modal seismic spectral and time-history analysis for maximum and frequent earthquakes in the country, case: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota. A quantitative approach was used, of applied type and explanatory level, with quasi-experimental design, analyzing the two modules of pavilion N° 2 of the educational institution I.E. N° 10386 Cuyumalca. For the spectral modal analysis, the design spectrum based on the E.030 standard was used, while for the time-history analysis, records of earthquakes that occurred in Loreto, Amazonas and Cajamarca were processed. The results indicate that Module 1 does not meet the dynamic shear criteria, reaching only 51.50% and 70.70% of the static shear in X and Y respectively; likewise, it does not meet the standard drifts, especially in the Y direction, with a maximum drift of 0.99%; while Module 2, although it meets the dynamic shear (90.40% and 84.00%), exceeds the allowed drifts in both directions. On the other hand, the time-history analysis revealed more significant deformations, with drifts exceeding 0.7% for both modules, reaching up to 4.30% in Module 2 during the Loreto earthquake. This method also showed higher values of overturning moments and displacements, suggesting that it captures more accurately the nonlinear effects and damage accumulation. Therefore, it is concluded that the time-history analysis is more conservative and provides a more detailed assessment of seismic demand.

**Key words:** seismic spectrum, maximum drifts, inelastic displacements, basal shear.

## **CAPÍTULO III.**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **3.1. Planteamiento del problema**

Los terremotos son uno de los peligros naturales más desafiantes para las estructuras, la sociedad y economía de un país (AbdelMalek et al., 2022). Dado que, los niños y adolescentes forman parte de las poblaciones más vulnerables ante desastres naturales, las consecuencias de estos ventos extremos en escuelas y centros educativos resultan especialmente devastadores (Hassan et al., 2020). Los edificios escolares no son solo espacios destinados a la educación de las generaciones más jóvenes, sino que también desempeñan un papel fundamental en actividades sociales y en la recuperación tras desastres naturales; por ello, se espera que ofrezcan seguridad tanto a los estudiantes como a las comunidades en general (Brunelli et al., 2021). Sin embargo, recientes eventos sísmicos en diversas partes del mundo han evidenciado que estos edificios a menudo sufren daños significativos y que en muchos países aún no se cuenta con escuelas resistentes a terremotos (Di Ludovico et al., 2023).

Perú se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, influenciada por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, lo que genera un elevado riesgo de terremotos (Pal et al., 2023). De acuerdo a Cardenas et al. (2020) más de 500 eventos sísmicos con una magnitud superior a 3.0 ocurrieron en 2019, y más de 3,694 aulas sufrieron daños estructurales en el último terremoto de alta intensidad en Perú en el año 2019. Este es un problema importante, ya que la infraestructura educativa es considerada como esencial por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2018) en la norma E.030 de “Diseño Sísmico” del Perú. Estas edificaciones están destinadas a servir como

puntos de refugio para los ciudadanos afectados tras un sismo; por ello, es fundamental realizar análisis sísmicos más precisos y adaptados a los eventos sísmicos reales que ocurren en el país (Ruhl et al., 2019).

El análisis sísmico se puede clasificar en análisis estático – dinámico lineal y análisis estático – dinámico no lineal (Magisano et al., 2023). El análisis de espectro de respuesta modal es un análisis lineal que tiene en cuenta el comportamiento dinámico. Consta de un análisis modal para determinar las formas de modo natural y un espectro de respuesta para representar la acción sísmica de diseño. El objetivo es la evaluación de la respuesta pico de la estructura mediante la combinación de las respuestas asociadas a los modos más relevantes, seleccionados según el porcentaje de la masa total del edificio implicado por cada uno de ellos. Esta combinación se realiza considerando la posible asincronía en la ocurrencia de la respuesta máxima para cada uno de los modos involucrados (Spinelli et al., 2023).

Pero, el método más completo de acuerdo a Magisano et al. (2022) es el análisis dinámico no lineal, también denominado como análisis de historia del tiempo (tiempo – historia). Consiste en la solución directa de las ecuaciones diferenciales semidiscretas de movimiento para todo el sistema sujeto a historias de tiempo de aceleración representativas del sismo esperado en el sitio. Según Souroushian & Wriggers (2023) el análisis se construye realizando un conjunto de análisis de historial de tiempo utilizando un movimiento del suelo de referencia, que se escala de forma monótona en intensidad hasta que la estructura se derrumba o los métodos de resolución se encuentran con la pérdida de convergencia.

Sin embargo, Gálvez & Ortiz (2022) consideran que, al usar un análisis de tiempo historia los resultados serían sobredimensionados y pocos realistas, aunque, Quispe (2021) resalta que, las edificaciones pueden resistir el espectro de diseño dado en la normatividad, pero no el espectro formado con los sismos frecuentes y máximos que, se dan en el país. Esta discrepancia lleva a que, sea necesario realizar una comparación analítica del método espectral y el método tiempo historia para su aplicación en la evaluación sísmica en Cajamarca.

Cajamarca se clasifica dentro de la zona sísmica tipo 2, lo que implica un riesgo sísmico moderado (MVCS, 2018). A pesar de ello, su proximidad a regiones como Amazonas, donde se han registrado sismos devastadores en los últimos años (El Comercio, 2021), pone de manifiesto la necesidad de realizar estudios más detallados que tomen en cuenta tanto sismos frecuentes como máximos que podrían afectar la región. Hasta el momento, en Cajamarca los estudios estructurales se han basado principalmente en el método modal espectral, sin una evaluación profunda del método tiempo-historia, lo que limita la comprensión del verdadero riesgo sísmico al que están expuestas las edificaciones de la región (Llamo, 2024), especialmente en áreas educativas vulnerables como la I.E. N° 10386 Cuyumalca.

La I.E. N° 10386 del centro poblado Cuyumalca – Chota, en el año 2023 albergaba a 128 alumnos de primaria en sus nueve secciones que, eran dirigidas por 11 docentes (Escale, 20224), su infraestructura educativa está conformada por dos pabellones de dos módulos cada uno. El pabellón 2 evidencia grietas, fisuras y deterioro en sus elementos estructurales, por lo que, es pertinente realizar su análisis sísmico, pero además, considerando que, la estructura fue diseñada en el año 2000, es necesario verificar su cumplimiento con la norma E.030 (MVCS,

2018), debido a que, la norma ha sufrido múltiples modificaciones desde la norma E.030:97; siendo así, a 23 años de diseñada la estructura no solo se debe realizar el análisis espectral modal que, sugiere la normatividad, sino que, se debe realizar el análisis tiempo – historia para verificar su pertinencia al adecuarla a sismos máximos suscitados en el país, y sismos frecuentes dados en la región de Cajamarca, por ello, la investigación no solo permitirá verificar su comportamiento sísmico, sino también contrastar los métodos de análisis sísmico – estructural dados en la normatividad nacional.

### **Figura 1**

*Vista del Módulo 2 de la I.E. N° 10386 de Cuyumalca*



**Figura 2**

*Vista del Fisuras en el Módulo 2 que se Encuentra Deteriorado en la I.E. N° 10386 de Cuyumalca*



### **3.2. Formulación del problema**

¿Cómo varían los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota?

### **3.3. Justificación**

El aporte teórico que se logró fue conocer el comportamiento sísmico de la I.E. N° 10386 Cuyumalca. Además, se determinaron las ventajas, desventajas, semejanzas y diferencias en el proceso de aplicación y en los resultados obtenidos al aplicar dos métodos de análisis sísmico: (1) el método modal espectral, usualmente empleado en el diseño sísmico utilizando un espectro de diseño basado en las características locales, y (2) el método tiempo-historia, que se basa en la identificación de eventos sísmicos máximos o frecuentes ocurridos en la zona de estudio o sus alrededores, con el fin de verificar si la estructura resiste sismos similares a los ya ocurridos en áreas cercanas a la región en estudio dentro del país. Esto permitió establecer si el análisis tiempo-historia proporciona un estudio más exacto o si el análisis convencional es suficiente para conocer el estado sísmico de la estructura.

El vacío de conocimiento que se pretendió llenar fue la verificación de dos métodos de análisis sísmico, adecuándolos a sismos máximos y frecuentes ocurridos en las cercanías del distrito de Chota y la región de Cajamarca, logrando así una comparación más precisa y una mayor complejidad en los datos obtenidos. Así mismo, la investigación se basó en la teoría tectónica de las placas, que explica la ocurrencia de eventos sísmicos y su posible recurrencia.

Los resultados se aplicaron exclusivamente a la institución educativa estudiada, aunque la metodología empleada puede replicarse en toda la región de

Cajamarca. A partir de los datos proporcionados en el estudio tiempo-historia, se podrían utilizar eventos sísmicos corregidos y adaptados a las condiciones regionales, lo que permitiría incrementar el conocimiento científico en una zona donde los estudios sobre el análisis tiempo-historia son limitados y no suelen compararse con otros métodos de estimación, como el análisis modal espectral, a pesar de la relevancia de un estudio comparativo entre los métodos dinámicos establecidos en la norma E.030 a nivel nacional.

Los motivos para efectuar la investigación fueron la falta de estudios sísmicos que enfatizaran el contexto específico de cada región. Los eventos sísmicos no se manifiestan con la misma intensidad en todas las zonas, y trabajar con un espectro de diseño sísmico basado en cuatro zonas sísmicas puede no reflejar adecuadamente la variabilidad sísmica del país. Por ello, resultó pertinente verificar la capacidad estructural a través de un análisis tiempo-historia, que permitiera definir los sismos frecuentes y máximos percibidos en la región. A la vez, se consideró necesario comparar este análisis con el método modal espectral para identificar similitudes, diferencias, ventajas y desventajas, y así determinar cuál de los dos métodos era más adecuado para el análisis sísmico en el distrito de Chota y en la región de Cajamarca.

Este estudio es original y trascendental, ya que no solo aborda la falta de conocimiento científico sobre el análisis tiempo-historia, sino que también permitió, desde un punto de vista técnico, evaluar la capacidad sísmica de la I.E. N° 10386 Cuyumalca. Los principales beneficiarios fueron los alumnos y docentes de la institución, quienes pueden conocer la resistencia sísmica de sus estructuras. Además, los entes gubernamentales que podrían, a partir de los resultados, considerar la necesidad de un reforzamiento estructural.

### **3.4. Delimitación de la investigación**

El estudio se llevó a cabo en la Institución Educativa N° 10386 Cuyumalca, ubicada en el distrito de Chota, provincia de Chota, departamento de Cajamarca, Perú. La estructura seleccionada corresponde a los módulos 1 y 2 del pabellón N° 2, los cuales fueron analizados para evaluar su comportamiento sísmico bajo diferentes condiciones telúricas propias del país y la región.

El período de la investigación abarca el año 2023-2024, durante el cual se recolectaron y procesaron los datos sísmicos y estructurales necesarios para los análisis modales y tiempo-historia. Los registros sísmicos utilizados corresponden a eventos significativos recientes: el sismo de Loreto (2019), Amazonas (2021) y Cajamarca (2020).

La investigación se enfoca en la comparación de dos métodos de análisis sísmico: dinámico modal espectral y tiempo-historia. El estudio se limita a estos dos métodos y no incluye otras técnicas de análisis estructural o la implementación de medidas de reforzamiento estructural. La evaluación se realiza bajo el marco normativo de la Norma E.030 y el estándar internacional HAZUS.

### **3.5. Objetivos**

#### **3.5.1. Objetivo general**

Comparar el análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota.

#### **3.5.2. Objetivos específicos**

- Definir los espectros sísmicos para el análisis modal espectral y el análisis tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país.
- Determinar las derivas, desplazamientos y cortante basal de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico dinámico modal espectral.
- Determinar las derivas, desplazamientos y cortante basal de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico tiempo – historia.
- Analizar la variación las derivas, desplazamientos y cortante basal la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico dinámico modal espectral y el análisis tiempo – historia.

## CAPÍTULO IV.

### MARCO TEÓRICO

#### 4.1. Antecedentes

##### 4.1.1. *Antecedentes internacionales*

Shi et al. (2024) en su investigación “Análisis no lineal del historial temporal para las diferentes orientaciones de columnas bajo el enfoque sintético de ondas sísmicas” tuvieron como objetivo analizar el módulo de la Universidad Nacional de Kyungpook, diseñada con fines educativos, como caso representativo. Utilizando SAP 2000, la investigación realiza un análisis de historial temporal no lineal para evaluar el rendimiento estructural en condiciones sísmicas. Emplearon dos ondas sísmicas distintas de Abeno (ABN) y Takatori (TKT) para el análisis, comparando el rendimiento estructural en diferentes condiciones sísmicas. Determinaron que, en el caso 1 del sismo ABN el desplazamiento era 153.81 y 165.76 mm en X e Y, y en el caso 2 era 143.80 y 168.72 mm en X e Y; mientras que, para el sismo TKT en el caso 1 los desplazamientos eran 110.57 y 107.60 mm en X e Y, y en el caso 2 eran 109.92 y 108.39 mm en X e Y, respectivamente. Concluyeron que, este método revela de manera efectiva el comportamiento dinámico de las estructuras bajo eventos sísmicos, proporcionando información sobre su desempeño y resiliencia.

Altioek et al. (2024) en su estudio “Comportamiento sísmico de los edificios escolares de hormigón armado rehabilitados y no rehabilitados después de los terremotos del 6 de febrero de 2023 en Kahramanmaraş” analizaron el desempeño sísmico de edificios modernizados y no modernizados de un total de 7 bloques, que constan de 4 escuelas diferentes ubicadas en Kahramanmaraş. Los modelos numéricos se sometieron a análisis históricos no lineales utilizando el

programa ETABS. Las aceleraciones del terreno utilizadas en los análisis se obtuvieron de la estación más cercana a los edificios escolares, para sismos de magnitud 7.7 de Onikişubat, Dulkadiroğlu y Pazarcık, con aceleraciones máximas respectivas de 0.364, 0.475 y 2.220 g. Los análisis arrojaron varios resultados, incluidos los períodos naturales, los desplazamientos de los pisos, las derivas entre pisos y las entradas de energía sísmica de las estructuras. Determinaron que, las derivas de los edificios no rehabilitados 1A, 1B, 2A, 2C, 3A, 3C y 4Ti en X fueron 0.093, 0.059, 0.028, 0.031, 0.018, 0.021 y 0.23, en Y fueron 0.089, 0.079, 0.016, 0.018, 0.01, 0.01 y 0.009, respectivamente; por lo que en todos los casos superaban la deriva máxima de 0.008; mientras que, los edificios rehabilitados 1A, 1B, 2A, 2C, 3A, 3C y 4Ti obtuvieron derivas en X de 0.007, 0.0106, 0.0058, 0.0097, 0.0019, 0.0077 y 0.0144, y en Y de 0.0053, 0.00106, 0.0038, 0.0058, 0.0038, 0.0038, 0.0064, respectivamente, siendo las únicas tres edificaciones rehabilitadas que no cumplen el código TSC-2007 el 1B, 2C y 4Ti. Concluyeron que, con la aplicación de la modernización, los desplazamientos de los pisos, las derivas entre pisos y la entrada de energía sísmica han disminuido.

Taberero et al. (2024) en su investigación “Rehabilitación de edificios escolares existentes mediante evaluación de vulnerabilidad sísmica” tuvieron como objetivo evaluar cuatro alternativas de reacondicionamiento sísmico siguiendo dos enfoques de diseño principales, rigidización y flexibilización. Desarrollaron un modelo 3D y análisis de falla utilizando un conjunto de 10 registros sísmicos escalados a valores crecientes de aceleración máxima del suelo (PGA), análisis tiempo historia. Determinando que, los valores de riesgo sísmico obtenidos para cada modelo definidos por las derivas son: 0.1458 (O), 0.0949 (S), 0.0643 (SD), 0.0389 (F) y 0.0231 (FD), por tanto, hay una reducción significativa

del riesgo sísmico en todas las alternativas de rehabilitación sísmica consideradas. Concluyeron que, una alternativa muy sencilla y de bajo coste, como la flexibilización mediante el desacoplamiento de las fachadas de las plantas inferiores, produjo excelentes resultados.

Khawwaja et al. (2023) en su investigación “Análisis modales dinámicos de estructuras de edificios empleando espectros de respuesta específicos del emplazamiento frente a modelos de espectros de respuesta codificados” tuvieron como objetivo realizar el análisis modal de edificios que, emplean espectros de respuesta específicos del sitio (análisis tiempo-historia) frente a modelos de espectro de respuesta de código. Determinaron que, la cantidad estimada de cortante base en el edificio, determinada a partir de análisis dinámicos elásticos lineales que emplean los espectros de respuesta de diseño específicos del sitio, es aproximadamente un 30% menor que la derivada del espectro de diseño de código. También se predice un 37% menos de desplazamiento del techo al adoptar los espectros de respuesta de diseño específicos del sitio.

En Ecuador, Villavicencio & Luzuriada (2022) tuvieron como objetivo analizar y comparar una edificación de concreto armado de 12 pisos (A) y con disipadores de energía (B) usando el método tiempo historia. Determinaron que, para la estructura sin disipadores se presentan los desplazamientos inelásticos promedio en el último piso de 9.32 cm, mientras que para la estructura con disipadores obtuvo 8.15 cm, siendo 27.98% menor. Respecto a los desplazamientos elásticos, para la estructura sin disipadores se presenta en promedio 33.63 cm, mientras que para el edificio con disipadores se obtiene 20.01 cm, 25.23% menor; así mismo, obtuvieron las derivas promedio para el edificio sin disipadores de 1.2%, mientras que, en el edificio con disipadores era 0.7%, lo

que indica que, los disipadores disminuyen considerablemente las derivas aumentando la rigidez de la edificación, evitando que la edificación presente torsión.

En Ecuador, Cevallos (2022) desarrolló una tesis de maestría centrada en el diseño de una edificación de nueve pisos usando elementos estructurales metálicos. El objetivo del estudio fue comparar la eficacia de dos métodos de análisis sísmico: el método modal espectral y el método de tiempo-historia, con base en la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. La metodología empleada incluyó la aplicación de ambos métodos utilizando tanto acelerogramas sintéticos como reales, además de la norma ecuatoriana de construcción 2015. Los resultados mostraron que el análisis de tiempo-historia proporciona una evaluación más detallada y precisa del comportamiento de la estructura a lo largo del tiempo, permitiendo observar el desarrollo dinámico de la respuesta estructural. En contraste, el método modal espectral, aunque eficaz para obtener derivas máximas, no captura información dinámica clave para garantizar la seguridad estructural. En conclusión, el análisis de tiempo-historia es más completo para evaluar el desempeño sísmico.

En Egipto, AbdelMalek et al. (2022) en su artículo científico “Evaluación mediante análisis no lineal de la historia temporal del diseño optimizado de edificios de mediana y gran altura utilizando el diseño basado en el rendimiento” tuvieron como objetivo evaluar el análisis tiempo historia no lineal de diseño optimizado para edificios de altura media a alta utilizando diseño basado en el rendimiento de la edificación de 40 pisos de acuerdo con el ECP-20. Los modelos optimizados se evaluaron utilizando dos niveles de amenaza sísmica; sismo basado en diseño (DBE) y sismo máximo considerable (MCE), que demostraron

el cumplimiento de los límites ASCE 41-13. Los resultados muestran que los modelos optimizados cumplen y superan al ECP-201 en términos de aumento de la ductilidad que van del 110 % al 150 %. Concluyeron que, se debe implementar este tipo de análisis para edificaciones de altura media a alta en el código de práctica egipcio.

En Bogotá, Sabogal & Barboza (2021) analizaron la respuesta sísmica para estructuras de vivienda de dos pisos con aislación en base de tipo HDR, por medio del análisis tiempo-historia; escalaron 26 registros sísmicos de la ciudad de Bogotá y modelaron la estructura en OpenSees, con lo que, determinaron que, para la frecuencia de 0.2 Hz que es la mayor de las frecuencias para este tipo de falla, se obtienen mayores aceleraciones y mayores desplazamientos; así mismo, la mayor disminución se dio en el registro sísmico de Superstition Hills con un porcentaje de reducción de aceleraciones de 69.56%.

Huaripata et al. (2020) en su estudio “Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio esencial y uno común mediante espectros de emplazamiento y análisis modal dinámico espectral según normas sudamericanas” tuvieron como objetivo evaluar la respuesta sísmica de dos edificaciones, una esencial y otra común, por medio del análisis modal espectral dinámico y tiempo-historia teniendo en cuenta los estándares sudamericanos (norma E.030 y norma NCH433). Encontraron que la respuesta sísmica obtenida mediante el análisis con espectros de sitio (ES) supera la respuesta calculada con el análisis modal espectral dinámico, especialmente cuando se consideran sismos de mayor magnitud y diferentes tipos de suelo.

#### **4.1.2. Antecedentes nacionales**

Gastulo & Puyen (2024) tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento sísmico de la IE N° 10022 Miguel Muro Zapata mediante un análisis de tiempo-historia. La investigación, de enfoque cuantitativo, se centró en los pabellones 01 y 03 de dicha institución, los cuales fueron modelados en el software ETABS. Usaron registros del sismo de Loreto de 2019 (IQU001), Loreto de 2021 (DHNPE) y Pisco (CAL001). En el pabellón 1, las derivaciones máximas observadas para el sismo IQU001 fueron de 0.0043 en X y 0.0036 en Y; para el sismo DHNPE fueron de 0.0039 en X y 0.0022 en Y; y para el sismo CAL001, 0.008 en X y 0.0025 en Y. En cuanto al pabellón 3, las derivaciones máximas para el sismo IQU001 fueron de 0.004 en ambas direcciones, para el sismo DHNPE de 0.004 en X y 0.003 en Y, y para el sismo CAL001, de 0.004 en X y 0.003 en Y. Concluyeron que, al aplicar las aceleraciones de los registros sísmicos IQU001, DHNPE y CAL001, ninguno de los pabellones mostró daños estructurales significativos; por lo tanto, determinaron que la edificación es capaz de resistir un sismo de gran magnitud sin sufrir daños graves, lo que la haría adecuada para ser utilizada como refugio.

Yaipen (2024) en su tesis de maestría evaluaron el desempeño sísmico de la IE Miguel Muro Zapata en Lambayeque mediante un análisis dinámico no lineal. El estudio incluyó el modelado estructural utilizando el software ETABS y un análisis de tiempo-historia no lineal para los sismos 7035-7036, 7038-7039 y 7050-7051, todos con una aceleración de 0.45g. Los resultados del análisis indicaron derivaciones de 0.001 en X y 0.0015 en Y. Yaipén concluyó que la edificación cumple con los requisitos de desempeño establecidos por la norma ATC 40, destacando la capacidad sobresaliente de la estructura para resistir cargas

sísmicas, evidenciada por la deriva máxima, que se mantiene por debajo de 0.005 para un sismo de servicio en X.

Gálvez & Ortiz (2022) tuvieron como objetivo analizar la variación estructural tiempo – historia del edificio aislado según mecanismos de falla en suelo rocoso, con siete registros sísmicos clave (Lima 6.3, 6.5, 6.9, 7.2, 7.8, e Ica 6.9). Comprobaron que el límite de derivaciones entre pisos de 0.0035 se cumplió en todos los casos. Además, encontraron que los aisladores sísmicos disminuyen considerablemente los esfuerzos internos en los elementos estructurales, pero aumentan los desplazamientos horizontales en 73.12% (Transformante) y 12.95% (Reversa) en comparación con la falla normal. Concluyeron que, aunque el diseño es adecuado y mejora la resistencia, es costoso económicamente.

Bermudo & De la Cruz (2022) investigaron el desempeño sísmico de edificios escalonados a través del análisis modal espectral y el análisis de tiempo-historia lineal. En el primer modelo escalonado (pórticos), con la aplicación de bidireccionalidad sísmica, las mayores variaciones porcentuales en las derivas máximas se dieron en el sismo de 1974, con un 13.28% en el eje X, y en el sismo de 1970, con un 30.66% en el eje Y. En el segundo modelo escalonado (dual), las variaciones máximas fueron del 26.78% en el eje X para el sismo de 1970 y del 36.62% en el eje Y para el sismo de 1966. En el tercer modelo escalonado de geometría piramidal (dual), las mayores variaciones ocurrieron con un 31.48% en el eje X para el sismo de 1966 y un 28.37% en el eje Y para el sismo. Por lo que, concluyeron que, los sismos tiempo-historia afectan notablemente la capacidad sísmica del edificio.

Bautista & Pauca (2021) evaluaron la I.E. 9 de diciembre de Ayacucho con el método de análisis dinámico modal espectral y tiempo historia. Para el

estudio, emplearon datos de sismos registrados en la estación Ayacucho en las fechas 27/02/2019 (1), 30/01/2020 (2) y 13/08/2017 (3), los cuales fueron corregidos y escalados utilizando los programas SeismoSignal y SeismoMatch. Los resultados mostraron que los registros 2 y 3 generaron las mayores fuerzas en la estructura, aunque menores en comparación con el análisis modal. Concluyeron que no hay una diferencia significativa entre ambos métodos.

Quispe (2021) realizó el análisis por tiempo – historia y el espectro de demanda de la edificación de 14 pisos, usando el análisis espectral, y los sismos Lima 74, Lima 66, y Lima 70, en dos caso E-O y N-S, con los que, determinó las fuerzas cortantes 299 (XX), 317 (YY), 761 (XX), 801 (YY), 1128 (XX), 731 (YY), 679 (XX), 965 (YY) Tn, con desplazamientos máximos de 23.3 (XX), 22 (YY), 10.0 (XX), 9.7 (YY), 14.15 (XX), 9.39 (YY), 8.35 (XX), 12.97 (YY) cm, y derivas máximas 0.007 (XX), 0.0067 (YY), 0.0087 (XX), 0.01 (YY), 0.0047 (XX), 0.0039 (YY), 0.0073 (XX), 0.0106 (YY) m/m, respectivamente. Concluyó que la demanda estructural de un sismo frecuente es 2.41 veces mayor que la demanda de diseño del análisis espectral, siendo esta última inferior a la del análisis de tiempo-historia; además, si se considera una sobre resistencia de la estructura equivalente a dos veces la demanda de diseño, el edificio presenta incursiones inelásticas significativas ante sismos frecuentes.

Del Carpio & Vásquez (2020) evaluaron las respuestas sísmicas de ambos métodos aplicados a la edificación de albañilería confinada en Parcona, Ica. Encontraron que las derivas máximas obtenidas con el método modal espectral son ligeramente superiores a las del método de tiempo-historia, con variación del 26.29%. Además, el cortante basal en el primer piso es mayor según el análisis modal espectral, mostrando variación del 17.72% en X. Concluyeron que las

derivadas máximas de ambos métodos cumplen con la normativa, manteniéndose por debajo de 0.005, mientras que las fuerzas cortantes en la base del análisis modal espectral superan las del análisis de tiempo-historia, con variaciones del 17.72% en X y del 14.57% en Y.

Ricalde (2019) tuvo como objetivo analizar dinámicamente una estructura de Villa el Salvador por el modelo modal espectral y el tiempo historia, para ello utilizó los programas Seismosignal 2020, Seismomatch 2020 y Etabs 2016, con los que, determinó que, las fuerzas cortantes en X por el método modal espectral eran 952.80 Tn y para tiempo historia con el sismo de 1966, 1970 y 1974 caso 2 era 382.44, 349.57 y 319.27 Tn; en Y por el método modal espectral eran 952.75 Tn y para tiempo historia con el sismo de 1966, 1970 y 1974 caso 2 era 536.28, 440.21, y 637.44 Tn, así mismo, las derivadas en X e Y en todos los casos eran menores a 0.005. Concluyó que el estudio de tiempo-historia fue más favorable que el estudio dinámico convencional de la norma E.030.

Gallegos (2018) tuvo como objetivo comparar el análisis sísmico tiempo historia lineal elástico y el análisis modal espectral en una edificación de 9 pisos ubicada en la Urbanización La Pradera en Cerro Colorado, Arequipa, donde aplicó los sismos de Lima 1974, Moquegua 2001 y Pisco 2007, determinando que, los desplazamientos en el último nivel en X eran 8.22, 6.91 y 7.24 cm, en Y eran 6.53, 4.91, y 5.62 cm, la cortante basal en X era 1132.42, 978.07, y 1068.86 Tn, en Y era 1294.59, 918.34 y 1164.30 Tn, respectivamente, en cambio con el espectro de la norma E.030 los desplazamientos en X e Y eran 2.59 y 2.12 cm, la cortante basal en X e Y era 320.23 y 352.55 Tn. Concluyó que una edificación diseñada según la norma E.030 podría necesitar revisión si se le aplican las fuerzas del análisis Tiempo Historia, ya que estas son más altas.

#### **4.1.3. Antecedentes regionales**

En Cajamarca, Llamo (2024) evaluó la vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la IE Emblemática Santa Teresita utilizando la metodología HAZUS y un análisis dinámico no lineal de tiempo-historia. Determinó el daño por módulo, calculando el desplazamiento espectral y las derivaciones máximas entre pisos. Encontró que las derivas máximas en X para el módulo 1 eran 0.00165, 0.00198 y 0.00181 para el nivel 1, 2 y 3; y en Y eran 0.00161, 0.00202 y 0.00204 para el nivel 1, 2 y 3, respectivamente; mientras que, para el módulo 2 las derivas máximas en X eran 0.00424, 0.00405 y 0.00210 en el nivel 1, 2 y 3, y en Y eran 0.00250, 0.00530 y 0.00570 en el nivel 1, 2 y 3, respectivamente, cumpliendo con la norma E.030; en cambio en el módulo 3 las derivas en X eran 0.0054, 0.0068 y 0.0075 para el nivel 1, 2 y 3, y en Y eran 0.0041, 0.0071 y 0.0069 para el nivel 1, 2 y 3, respectivamente, por lo que, no cumple con la norma E.030. Concluyó que el pabellón J presentaba un nivel de vulnerabilidad sísmica leve, siendo el módulo 3 el más afectado, con derivaciones que superan el límite permitido.

Cabrera (2022) determinó el estado sísmico del edificio de enfermería UNACH, sin y con disipadores de energía. En su investigación realizó el análisis estático, dinámico, no lineal pushover, y dinámico tiempo-historia, determinó que, el análisis estático y dinámico en el módulo 1 y 2 presentan derivas menores a 0.007, pero no cumplen con los modos de vibración, y para el análisis tiempo – historia trabajó con los sismos de Ica 2007, Lima 1974 y Lima 1966, en 2 casos 1 (Este-Oeste X y Norte-Sur en Y) y caso 2 (Norte-Sur en X y Este-Oeste en Y), el caso que más se aproxima al espectro objetivo es el caso 2 del sismo de Lima 1974 en X, y el sismo de Ica 2007, para el eje Y. Concluyó que, las derivas del módulo 1 y 2 superan a 0.0056, incumpliendo el HAZUS.

## **4.2. Bases teórico – científicas**

### **4.2.1. Peligro sísmico**

Probabilidad de que un área geográfica específica experimente un evento sísmico en un periodo determinado. La valoración del peligro sísmico implica el análisis de diversos factores, incluyendo la actividad tectónica, la historia sísmica de la región y las características geológicas locales (McGuire & Arabasz, 1990).

#### **4.2.1.1. Factores que influyen en el peligro sísmico**

Uno de los principales factores que contribuyen al peligro sísmico es la tectónica de placas. Las placas tectónicas son grandes secciones de la corteza terrestre que se mueven e interactúan entre sí. Las zonas de subducción, donde una placa se desliza por debajo de otra, son particularmente propensas a generar terremotos de gran magnitud (Mahto & Gupta, 2023). Por ejemplo, el Cinturón de Fuego del Pacífico es conocido por su alta actividad sísmica debido a la convergencia de varias placas tectónicas.

Además, la historia sísmica de una región proporciona información valiosa sobre el peligro sísmico. El análisis de registros históricos y estudios paleosísmicos permite a los investigadores identificar patrones en la actividad sísmica y estimar la frecuencia y magnitud de futuros eventos (Wiemer & Wyss, 2000). Esto es importante para elaborar mapas de peligro sísmico, que son herramientas esenciales para la planificación urbana y la construcción.

#### **4.2.1.2. Métodos de evaluación del peligro sísmico**

Existen varios métodos para evaluar el peligro sísmico. Uno de los más utilizados es el método probabilístico, que considera tanto la incertidumbre en la ocurrencia de terremotos como las variaciones en la intensidad del movimiento

del suelo. Este enfoque permite calcular las probabilidades de diferentes niveles de intensidad sísmica en un periodo específico (McGuire & Arabasz, 1990).

Otro método es el análisis determinista, que se basa en escenarios específicos de terremotos, considerando eventos históricos o potenciales. Este enfoque es útil para evaluar el impacto potencial en estructuras específicas y para diseñar medidas de mitigación adecuadas (Rugarli et al., 2018).

#### **4.2.1.3.Leyes de atenuación**

Para evaluar los efectos de un sismo en términos de aceleración, es importante utilizar una ley de atenuación sísmica, que relaciona la magnitud del sismo, la distancia y la aceleración. Las Funciones de Transferencia permiten medir la amplificación de las ondas sísmicas en diferentes contextos geológicos, lo que ayuda a identificar riesgos (Gálvez & Ortiz, 2022).

Además, la estimación de aceleraciones máximas, especialmente en fallas transcurativas, se basa en un enfoque de Youngs, Chiou, Silva y Humphrey (1997).

$$a = 224 \times e^{0.823Ms} \times (R + C)^{-1.56} \quad (1)$$

Donde: Ms: Magnitud de ondas superficiales R: Distancia hipocentral en Km.

$$C = 0.864 \times e^{0.46Ms} \quad (2)$$

Para sismos continentales producidos por la rotura se puede utilizar la expresión de Siemmos (1982).

$$Ms = 0.809 + 1.341 \text{ Log}(L) \quad (3)$$

Donde: Ms: Magnitud de ondas superficiales L: Longitud de rotura (m).

#### **4.2.1.4.Análisis estadístico de recurrencia**

Para evaluar la variación en el tamaño de los eventos sísmicos de cada fuente, es fundamental conocer la frecuencia de ocurrencia de estos eventos. La Recurrencia Sísmica se refiere al número de sismos de una magnitud determinada

en cada fuente y se describe mediante la pendiente de la relación de recurrencia de Gutenberg y Richter (b), la tasa media anual de actividad sísmica (a), y las magnitudes mínima y máxima. La cuantificación de esta relación se basa en la expresión propuesta inicialmente por Ishimoto-Ida (1939) y posteriormente ajustada por Richter (1958) (Gálvez & Ortiz, 2022).

$$\log N = a - b \times Mp \quad (4)$$

Donde “N” número de sismos con magnitud igual o mayor a M, “a” viene a ser el logaritmo del número de sismos de magnitud mayor a cero y “b” la proporción de sismos de una cierta magnitud.

#### 4.2.1.5. Análisis de Fourier

La Transformada de Fourier, herramienta matemática que reorganiza datos por frecuencia, permite representar cualquier función periódica continua como una serie trigonométrica única. Descompone una señal en senoides de distintas frecuencias, facilitando la relación entre el tiempo y frecuencia. Al aplicar la transformada rápida de Fourier, se obtiene un espectro que muestra la amplitud de la señal en el dominio de frecuencias: (Gálvez & Ortiz, 2022)

$$|F(W)| = [R(W)^2 + jX(w)^2]^{1/2} \quad (5)$$

$$R(w) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \cos(wt) dt \quad (6)$$

$$X(w) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \text{sen}(wt) dt \quad (7)$$

$$F(w) = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (8)$$

$$j^2 = -1 \quad (9)$$

$$W = \frac{2\pi}{T} \quad (10)$$

Donde, F(w) señal transformada de la frecuencia (w), R(w) parte real, X(w) parte imaginaria, f(t) señal dominio del tiempo, w frecuencia en Hz, t periodo en s.

#### 4.2.2. Registros sísmicos

El análisis de los registros sísmicos permite valorar las consecuencias del movimiento sísmico en las estructuras. De acuerdo a la norma E.030, se requieren al menos tres acelerogramas para un análisis dinámico adecuado, y estos deben provenir de sismos con características consistentes con el evento máximo considerado (Bermudo & De la Cruz, 2022).

##### 4.2.2.1. Acelerógrafos

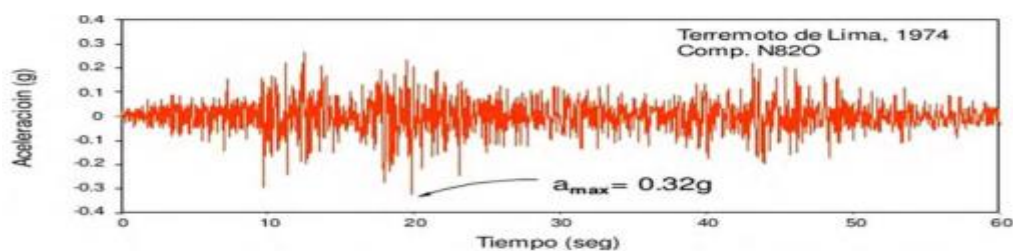
Convierte las ondas mecánicas en señales eléctricas y las registra en un acelerograma. Este dispositivo incluye transductores para registrar movimientos verticales y horizontales (Bermudo & De la Cruz, 2022).

##### 4.2.2.2. Acelerogramas

Representa la aceleración del suelo en un punto durante un terremoto. Se caracteriza por ser irregular y oscilatorio, con una aceleración máxima que no siempre refleja la respuesta real de una estructura ante diferentes acelerogramas (Nuñez, 2017).

#### Figura 3

*Acelerograma del Terremoto de Lima 1974*



Nota: (Quispe, 2021).

##### 4.2.2.3. Tratamiento de los registros sísmicos

Se realiza para mejorar la precisión de los datos obtenidos. Los registros de acelerógrafos se convierten de su formato original a formato ASCII para facilitar su análisis (Bermudo & De la Cruz, 2022).

#### 4.2.2.4. Corrección por filtrado de señales

Los acelerógrafos también captan ruido, lo que puede distorsionar la señal sísmica. La aceleración sin corregir se expresa como la suma de la señal sísmica y el ruido, y se debe filtrar para enfocarse en la banda de frecuencia de interés, entre 0.1 Hz y 25 Hz (Bermudo & De la Cruz, 2022)

$$a(t) = s(t) + r(t) \quad (13)$$

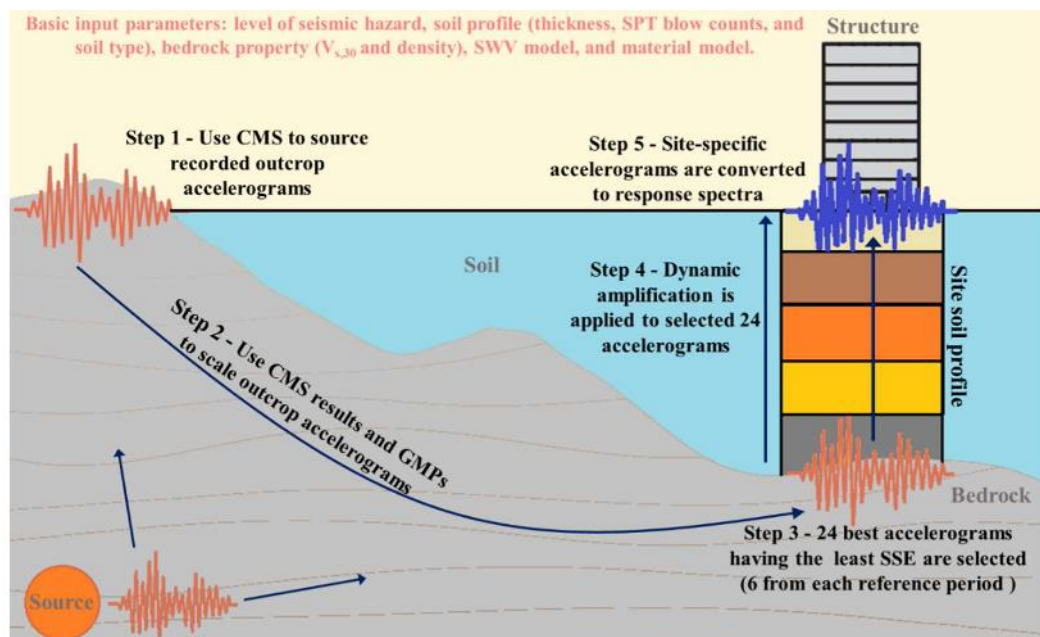
Donde  $a(t)$  acelerograma sin corregir,  $s(t)$  señal sísmica y  $r(t)$  frecuencia de ruido.

#### 4.2.2.5. Escalamiento de registros sísmicos

El escalamiento de registros sísmicos ajusta la intensidad sísmica a un nivel deseado. Esto implica aplicar factores de escala para alinear el espectro de aceleraciones de los registros al espectro de diseño, cumpliendo con la NTP E.030 (Osorio, 2012). La norma especifica un método para construir espectro pseudo aceleración para cada componente horizontal del acelerograma.

### Figura 4

#### *Proceso para Generar Espectros de Respuesta Específicos del Sitio*



Nota: El color naranja y azul representa acelerogramas en el lecho rocoso. El perfil de la columna de suelo obtenido del pozo está representado por capas de colores (Khatiwada et al., 2023)

### 4.2.3. Métodos de análisis sísmico

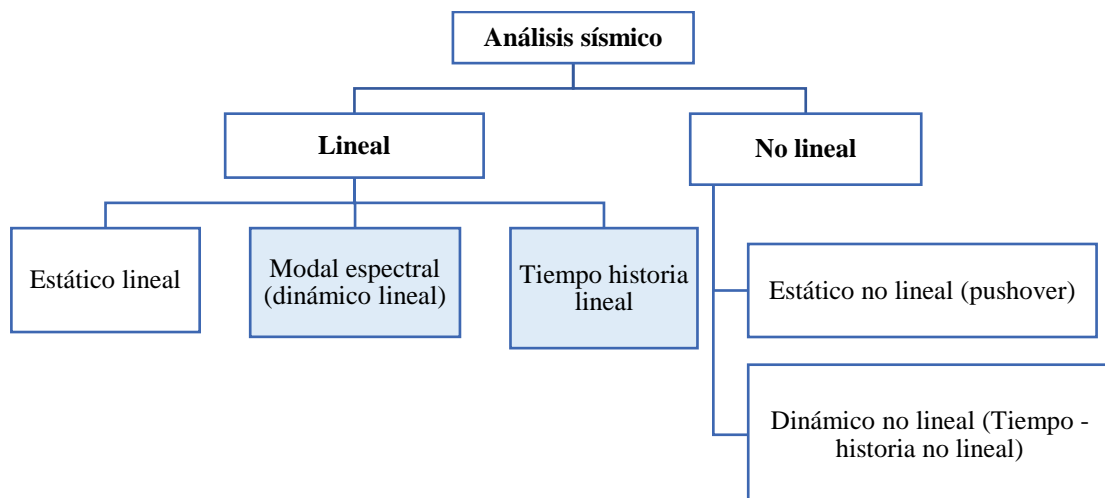
La filosofía sismorresistente establece que las edificaciones deben ser diseñadas para resistir solicitaciones sísmicas, evaluando el comportamiento elástico, lineal y no lineal de sus elementos, reconociendo aquellos que disipan y transmiten energía sísmica (Magisano et al., 2023).

El análisis sísmico permite evaluar la respuesta de estructuras y sistemas ante eventos sísmicos. Existen diversos métodos para llevar a cabo este análisis, cada uno con sus propias características, ventajas y desventajas. Los métodos más comunes incluyen el análisis estático, el análisis dinámico lineal y el análisis dinámico no lineal. La elección del método depende de varios factores, como la complejidad de la estructura, las condiciones del sitio y los requisitos normativos (Magisano et al., 2023).

Aunque hay diferencias entre los métodos lineales y no lineales, ambos buscan la respuesta sísmica final de la estructura y tienden a proporcionar resultados equivalentes (Cevallos, 2022).

**Figura 5**

*Tipos de Análisis Sísmico*



Nota: adaptado de (Magisano et al., 2022).

### **a) Análisis estático lineal**

El análisis estático lineal se basa en la evaluación del comportamiento del edificio bajo acciones estáticas representativas de las fuerzas de inercia debidas a una aceleración del suelo. Considera las fuerzas sísmicas como una parte del peso de la edificación. Su distribución es representativa de la forma del primer modo y esta es la razón por la cual este método es preciso solo para estructuras regulares donde el primer modo es predominante y es posible una buena estimación a priori del factor de comportamiento para tener en cuenta la no linealidad del material (Spinelli et al., 2023).

### **b) Análisis dinámico lineal de espectro de respuesta modal**

El análisis de espectro de respuesta modal es un análisis lineal que tiene en cuenta el comportamiento dinámico. Utiliza espectros de respuesta para determinar la respuesta de la estructura a diferentes períodos de vibración. Consta de: un análisis modal para determinar las formas de modo natural de la estructura y un espectro de respuesta para representar la acción sísmica de diseño. El objetivo es la evaluación de la respuesta pico mediante la combinación de las respuestas asociadas a los modos más relevantes, seleccionados según el porcentaje de la masa total del edificio implicado por cada uno de ellos. Esta combinación se realiza considerando la posible asincronía en la ocurrencia de la respuesta máxima para cada uno de los modos involucrados (Magisano et al., 2022).

### **c) Análisis estático no lineal**

La no linealidad del material se considera directamente en el cálculo. Una carga estática lateral, representativa de las acciones dinámicas, se aplica a la estructura y se incrementa monótonamente, mientras que la forma del perfil se mantiene sin cambios, hasta que un nodo de control (generalmente colocado en la

parte superior del edificio) alcanza un desplazamiento objetivo o la estructura se derrumba. El resultado del análisis es la llamada curva de capacidad, que se usa para valorar la capacidad sísmica de la estructura, pero, este tipo de análisis ofrece resultados realistas solo cuando el comportamiento estructural se rige por un solo modo que, además, permanece sin cambios durante la simulación (Magisano et al., 2023).

#### **d) Análisis dinámico no lineal: tiempo – historia**

Simula la respuesta de la edificación a un registro sísmico específico, utilizando modelos de comportamiento no lineales (Magisano et al., 2023).

El método más completo para evaluar el comportamiento estructural sísmico es el estudio dinámico no lineal, también llamado historia del tiempo. Consiste en la solución directa de las ecuaciones diferenciales semi discretas de movimiento para todo el sistema de múltiples grados de libertad sujeto a historias de tiempo de aceleración representativas del sismo esperado en el sitio. La respuesta del material no lineal se incluye directamente en el análisis sin necesidad del factor de comportamiento (Magisano et al., 2022).

Un paso más en el análisis de la historia del tiempo está representado por el análisis dinámico incremental, que consiste en someter la estructura a múltiples movimientos del suelo escalados a diferentes niveles de intensidad para obtener una curva que relacione la medida de intensidad con una medida de daño convenientemente elegida; en otras palabras, el análisis se construye realizando un conjunto de análisis de historial de tiempo utilizando un movimiento del suelo de referencia, que se escala de forma monótona en intensidad hasta que la estructura se derrumba o los métodos de resolución se encuentran con la pérdida de convergencia (Souroushian & Wriggers, 2023).

### **4.3. Marco conceptual**

#### **4.3.1. Evento sísmico**

Fenómeno que comienza con la producción y exención de energía, que luego se propaga en modo de ondas por el suelo hasta que es percibido por los habitantes y las edificaciones (Quispe, 2021).

Un sismo se caracteriza por producir un movimiento repentino e irregular de la tierra, donde las vibraciones no siguen un trayecto definido y pueden ocurrir en cualquier orientación (Ortega, 2011).

##### **4.3.1.1.Silencio sísmico**

Períodos prolongados durante los cuales no se registran terremotos significativos en una región específica. Estos intervalos pueden variar desde algunos años hasta varias décadas, y aunque pueden dar la impresión de estabilidad, a menudo son seguidos por un aumento en la actividad sísmica, incluyendo terremotos de mayor magnitud (Tavera, 2018).

El silencio sísmico es un fenómeno complejo que tiene importantes implicaciones para la ingeniería sísmica y la gestión del riesgo. La comprensión adecuada de este fenómeno es esencial para garantizar que las infraestructuras sean resilientes ante futuros terremotos, especialmente en regiones donde ha habido una larga pausa en la actividad sísmica (Tavera, 2018).

##### **4.3.1.2.Elementos de un sismo**

**Foco (Hipocentro).** Punto interno de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla y se libera energía en forma de ondas sísmicas. Se localiza mediante coordenadas de latitud, longitud y profundidad, y la distancia hipocentral se mide desde el hipocentro hasta un punto en la superficie (Bermudo & De la Cruz, 2022).

**Epicentro.** Proyección del hipocentro en la superficie de la tierra, definido únicamente por coordenadas de latitud y longitud (Bermudo & De la Cruz, 2022).

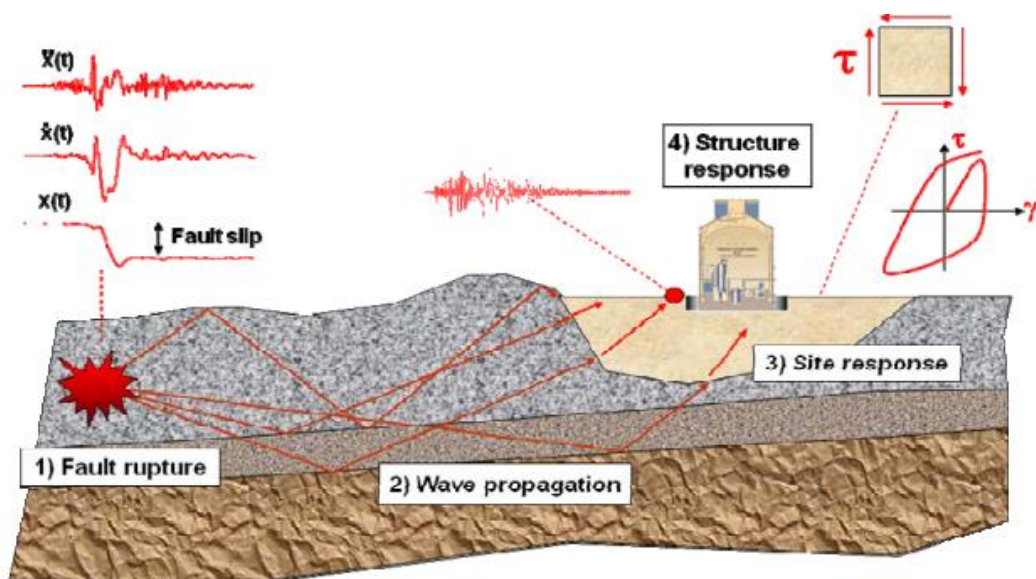
**Ondas sísmicas.** Se generan a partir de la liberación de energía en el foco y se propagan a través de la Tierra. Se clasifican en ondas internas (P y S) que se propagan hacia la superficie y ondas superficiales (Rayleigh y Love) que se desplazan sobre la superficie de la Tierra (Zafra, 2017).

**Magnitud.** Medida instrumental del tamaño de un terremoto, basada en la amplitud de las ondas sísmicas registradas por un sismógrafo. Se mide en una escala logarítmica, donde cada unidad representa aproximadamente 32 veces más energía liberada (Bermudo & De la Cruz, 2022).

**Intensidad sísmica.** Mide la sacudida del terreno basada en los efectos observados y no en medidas instrumentales. Se clasifica según lo que siente la gente, la respuesta de las estructuras y el daño causado. Siendo la escala más común Mercalli Modificada (MM) (Bermudo & De la Cruz, 2022).

### Figura 6

#### *Elementos de un Sismo*



Nota: (McCallen & Larsen, 2009).

### **4.3.2. Sismos máximos y sismos frecuentes**

#### **4.3.2.1.Sismos máximos**

Los sismos máximos se refieren a aquellos eventos sísmicos de gran magnitud que son capaces de causar daños significativos en estructuras y en la infraestructura de un país. Estos terremotos suelen ocurrir en zonas de alta actividad tectónica, donde las placas tectónicas interactúan (Quispe, 2021).

En el contexto de Perú, un país ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, los sismos máximos son particularmente relevantes debido a la frecuencia de movimientos telúricos. Estos sismos son considerados para el diseño de infraestructuras, ya que se anticipa que pueden superar ciertos umbrales de aceleración y provocar un impacto severo (Quispe, 2021).

Los sismos máximos son aquellos eventos telúricos de gran intensidad sísmica que se han suscitado en el país y han traído consigo severas consecuencias para los lugares donde han ocurrido, tales como, el temblor ocurrido en la selva peruana en mayo de 2019 de 8 grados de magnitud, o el sismo de 2007 ocurrido en la ciudad de Pisco, Ica (La República, 2020).

#### **4.3.2.2.Sismos frecuentes**

Los sismos frecuentes son aquellos que, aunque pueden tener magnitudes menores, ocurren con regularidad en un área determinada. En Perú, se experimentan numerosos terremotos de baja a moderada magnitud que no causan daños significativos, pero que son importantes para el monitoreo sísmico y la preparación de la población. Estos eventos ayudan a comprender el comportamiento sísmico de la región y a ajustar las normativas de diseño sísmico (Quispe, 2021). Siendo así, se consideran los eventos sísmicos frecuentes ocurridos en Cajamarca.

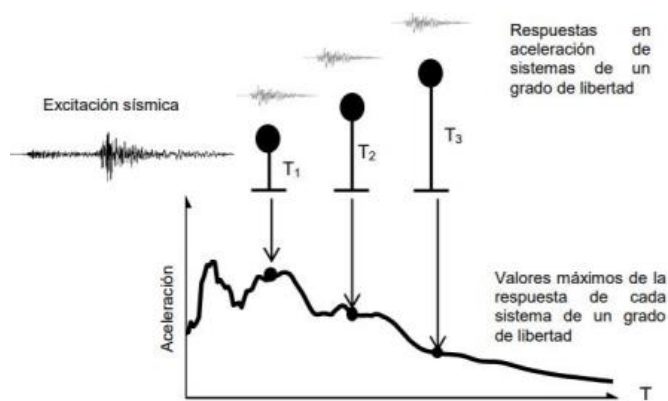
### 4.3.3. Representación de los movimientos sísmicos

Para representar los movimientos sísmicos de diseño se utiliza para el método espectral, el espectro de diseño de la norma E.030, y para el método tiempo-historia, los datos de tres a diez acelerogramas (Lizcano & Tobo, 2019).

#### 4.3.3.1. Espectro de respuesta

Muestra la máxima respuesta de sistemas con un grado de libertad a una excitación específica, con la frecuencia natural en el eje horizontal y la respuesta máxima en el vertical (Chopra, 2012).

**Figura 7** Espectro de Respuesta



Nota: (Chopra, 2012).

#### 4.3.3.2. Espectro para análisis tiempo – historia

Se basa principalmente en los parámetros de aceleración ( $A_a$ ) y velocidad ( $A_v$ ) pico efectiva establecidos para cada región en Perú. Estos espectros se representan en función de aceleración, velocidad y desplazamiento, calculada para un coeficiente de 5% de amortiguamiento crítico (Lizcano & Tobo, 2019).

#### 4.3.3.3. Movimiento sísmico de diseño para análisis modal espectral

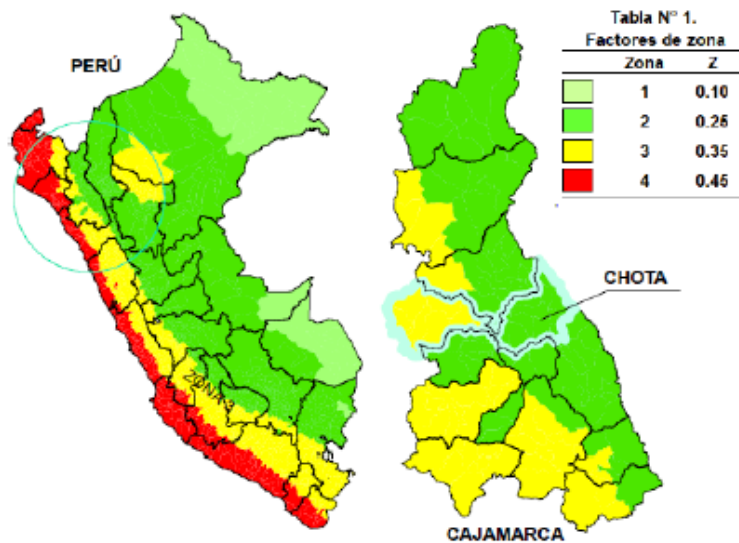
La norma E.030 (MVCS, 2018) simplifica los efectos sísmicos de acuerdo a zonas sísmicas y perfiles de tipo de suelo. El espectro de diseño se centra en la aceleración máxima, correspondiente a un periodo de 475 años, lo que implica un 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (Gálvez & Ortiz, 2022).

#### 4.3.4. Parámetros sísmicos de la norma E.030

**Zonificación.** El peligro sísmico se define en función del factor Z de zonificación, que representa la aceleración máxima horizontal del suelo con una probabilidad del 10% de que se supere en un período de 50 años (Gallegos, 2018).

**Figura 8**

*Zonas Sísmicas*



Nota: El territorio nacional tiene cuatro zonas (MVCS, 2018). Adaptado por Cabrera (2022).

**Perfil de suelo.** De acuerdo con la norma E.030 (MVCS, 2018), los perfiles de suelo se clasifican según la velocidad promedio de propagación de ondas de corte ( $V_s$ ), el promedio ponderado de  $N_{60}$  o el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada ( $S_u$ ).

**Tabla 1**

*Resumen de Perfiles de Suelo*

Perfil	$V_s$ (m/s)	$N_{60}$	$S_u$ (kPa)
$S_0$	> 1500	-	-
$S_1$	500 a 1500	> 50	> 100
$S_2$	180 a 500	15 a 50	50 a 100
$S_3$	< 180	< 15	25 a 50
$S_4$	Clasificación basada en el EMS		

Nota:  $S_0$  Roca dura,  $S_1$  Roca o suelos muy rígidos,  $S_2$ : Suelos Intermedios,  $S_3$ : Suelos Blandos,

$S_4$ : Suelos excepcionalmente flexibles.

**Parámetros de sitio (S, TP, TL).** Son términos que se definen a partir de la ubicación geográfica del lugar donde se realiza el análisis sísmico, caracterizados a partir de la zona sísmica y el perfil del suelo de acuerdo a la norma E.030 (MVCS, 2018).

**Tabla 2**

*Factor de Suelo S*

Perfil	S0	S1	S2	S3
Z1	0.8	1	1.6	2
Z2	0.8	1	1.2	1.4
Z3	0.8	1	1.15	1.2
Z4	0.8	1	1.05	1.1

Nota: Norma E.030 (MVCS, 2018).

**Tabla 3**

*Períodos  $T_P$  y  $T_L$*

	S0	S1	S2	S3
TL(S)	3.00	2.50	2.00	1.60
TP(S)	0.30	0.40	0.60	1.00

Nota: Norma E.030 (MVCS, 2018).

**Categoría y factor de uso (U) del edificio.** Se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 4**

*Categoría y Factor "U" del Edificio*

Categoría	Descripción	U
A	A1: Se consideran los establecimientos de salud, que corresponden al 2do y 3er nivel según las regulaciones del Ministerio de Salud.	
Edificaciones Esenciales	A2: Incluye edificios fundamentales para la gestión de emergencias, la administración gubernamental y aquellos que pueden servir como refugios tras un desastre. Esto abarca instituciones educativas.	1.5
B Edificaciones Importantes	Lugares de gran afluencia de personas, como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de autobuses, y museos.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes como viviendas, oficinas, hoteles y restaurantes.	1.0
D Temporales	Construcciones temporales como depósitos y casetas.	

Nota: (MVCS, 2018).

**Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas ( $R_0$ ).** De acuerdo a los materiales y sistema de cada dirección. Cuando en la dirección X o Y se tiene más de un sistema estructural, se toma el menor  $R_0$  (MVCS, 2018).

**Tabla 5**

*Sistemas Estructurales*

Sistema estructural	Coeficiente Básico de Reducción $R_0$
Concreto armado:	
Muros de ductilidad limitada	4
De muros estructurales	6
Dual	7
Pórticos	8
Albañilería Armada o Confinada	3

Nota: (MVCS, 2018).

**Factores de irregularidad.** Se detalla en la Tabla 4.

**Tabla 6**

*Irregularidades Estructurales en Altura*

Irregularidades	Factor de Irregularidad	
	Ia	Ip
Irregularidad de Rigidez – Piso Blando	0.75	
Irregularidades de Resistencia – Piso Débil		
Irregularidad Extrema de Rigidez	0.5	
Irregularidad Extrema de Resistencia		
Irregularidad de Masa o Peso	0.90	
Irregularidad Geométrica Vertical	0.90	
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes	0.80	
Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes	0.60	
Irregularidad Torsional		0.75
Irregularidad Torsional Extrema		0.60
Esquinas Entrantes		0.90
Discontinuidad del Diafragma		0.85
Sistemas no Paralelos		0.90

Nota: (MVCS, 2018).

#### 4.3.5. Análisis de cargas

Según la norma E.020 (MVCS, 2006), los edificios deben tener la capacidad para soportar las cargas que se le solicite como parte de su usanza dada, estas cargas funcionarán en combinaciones, y se complementan con la norma E.030 (MVCS, 2018) para el diseño estructural.

**Carga muerta.** Es el peso de paredes y otros materiales que resiste la construcción, circunscribiendo su propio peso, que sean indelebles o con un cambio mínimo en el tiempo en su magnitud (MVCS, 2006).

**Carga viva.** Peso de los habitantes y otros componentes móviles (MVCS, 2006).

- Carga viva mínima repartida
- Carga viva del techo
- Carga viva concentrada, pisos y techos, y demás mayores a 500 kgf,
- Tabiquería móvil, uniformemente repartida, con valor entre 50 kgf/m<sup>2</sup> (mínimo, divisiones livianas) y 100 kgf/m<sup>2</sup> (segmentaciones de elevación).
- Carga viva, para aceras y pistas, 500 kgf/m<sup>2</sup>
- Barandas y parapetos, fuerza horizontal y vertical no menores a 100 kgf.

#### Tabla 7

*Cargas Mínimas Repartidas Vivas*

Ocupación / uso	Cargas (kg/m <sup>2</sup> )
Almacenes	500.00
Baños	300.00
Biblioteca	Ambientes para leer (300), Fijos (750)
Pasadizos, escaleras	400.00
Ambientes para enseñanza	Salones (250). Talleres (350)
Gimnasios, auditorios, entre otros	Según zonas de asamblea
Laboratorios	300.00
Pasadizos, escaleras	400.00
Zonas de reunión, con asientos	Fijos (300) Móviles (400)

Nota: norma E.020 (MVCS, 2006).

## Tabla 8

### *Carga Viva del Techo*

Techos	Carga (kgf/m <sup>2</sup> )
Con inclinación de 3°	100
Techos, inclinación > 3°	100 - 5 kgf/m <sup>2</sup> /cada grado empinado mayor a 3°. Mín. 50 kgf/m <sup>2</sup> .
Curvos	50
Con cubiertas leves, cualquier pendiente	30

Nota: norma E.020 (MVCS, 2006).

**Requisitos de resistencia.** La norma E.060 (MVCS, 2009) establece la resistencia de una edificación a partir de la combinación de la carga muerta (CM), viva (CV), viva de techo (CVT), viento (CVi) y sismo (CSx y/o CSy).

$$U = 1.4CM + 1.7(CV + CVT) \quad (11)$$

Donde, la resistencia solicitada será la sumatoria de (CM) con (CV) y la carga viva de techo (CVT) por sus respectivos factores.

$$U = 1.25(CM + CV + CVT + CVi) \pm CSx \quad (12)$$

Donde, la resistencia solicitada será la suma de (CM), (CV) e incluye la carga de techo y carga de viento (CVi, esta puede despreciarse según el caso) por 1.25, con la suma o resta del sismo en x (CSx).

$$U = 1.25(CM + CV + CVT + CVi) \pm CSy \quad (13)$$

Donde, la resistencia solicitada será la suma de (CM), (CV) e incluye la carga de techo y carga de viento (CVi, esta puede despreciarse según el caso) por 1.25, con la suma o resta del sismo en y (CSy).

$$U = 0.90CM \pm CSx \quad (14)$$

Donde, el diseño se plantea con la sumatoria del 0.90 de la carga muerta más o menos el sismo x (CSx).

$$U = 0.90CM \pm CSy \quad (15)$$

Donde, 0.90 de la carga muerta más o menos el sismo y (CSy).

#### 4.3.6. Análisis estático lineal con la norma E.030

En la norma E.030 (MVCS, 2018) se dan los pasos para realizar el análisis estático de una estructura a fin de verificar que, cumpla con las derivas y desplazamientos especificados según sistema estructural.

**Fuerza cortante en la base.** Es la suma de todas las fuerzas horizontales que actúan sobre la base debido a un sismo. Representa la cantidad total de fuerza sísmica que la edificación debe soportar en su punto de contacto con el terreno (MVCS, 2018).

$$v = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot P \quad (16)$$

$$\frac{C}{R} \geq 0,11 \quad (17)$$

**Distribución de la fuerza sísmica en altura.** Describe cómo las fuerzas sísmicas que actúan sobre una estructura se reparten a lo largo de la altura de la misma. Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel  $i$ , correspondientes a la dirección considerada, se calculan:

$$F_i = \alpha_i \cdot V \quad (18)$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k} \quad (19)$$

Donde:  $n$  “número de pisos de la edificación”,  $k$  “exponente del período fundamental de vibración de la estructura ( $T$ )”, siendo, a) Para  $T \leq 0.5$  s:  $k = 1$ , b) Para  $T > 0.5$  s:  $k = (0.75 + 0.5 T) \leq 2.0$ .

**Periodo de vibración.** Tiempo que le toma a la edificación completar la oscilación cuando vibra de manera libre Para cada dirección se estima con:

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (20)$$

Donde:  $C_T = 35$  para edificaciones de concreto armado sin muros de corte,  $C_T = 45$  para edificios con pórticos de concreto,  $C_T = 60$  albañilería.

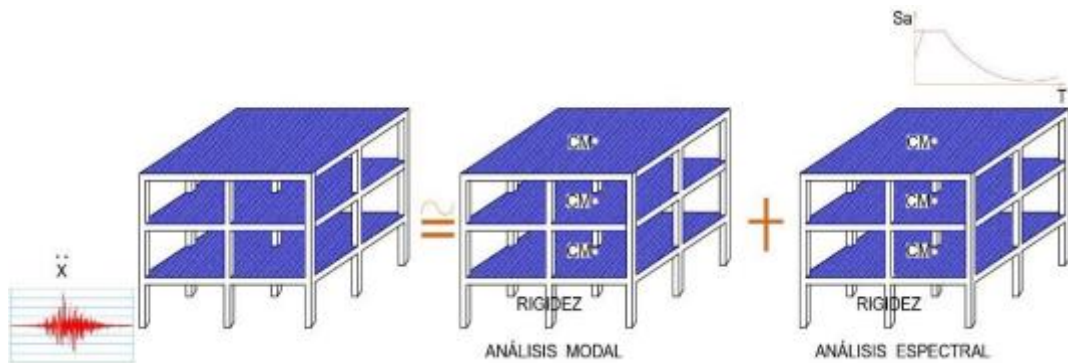
#### 4.3.7. *Análisis dinámico lineal: modal espectral*

El método de la respuesta espectral determina desplazamientos y fuerzas de una edificación, utilizando el “espectro de diseño” determinado a partir de los parámetros sísmicos de la norma E.030:2018, o por el “método de combinación cuadrática completa” CQC (Bermudo & De la Cruz, 2022).

El análisis modal examina la vibración libre de una estructura, donde la masa de cada piso interactúa con la rigidez del sistema estructural diseñado para soportar dicha vibración. En este análisis, se supone que la masa está concentrada en el centro de gravedad de cada piso y que tiene tres grados de libertad: desplazamiento en el eje NS (eje X), desplazamiento en el eje EO (eje Y), y rotación alrededor del eje vertical (eje Z). De esta manera, se consideran las masas traslacionales  $M_x$  y  $M_y$ , así como la masa rotacional  $M_r$  (Cevallos, 2022).

**Figura 9**

*Análisis Modal Espectral*



Nota: (Cevallos, 2022).

##### **a. Idealización estructural (modelo matemático)**

La edificación se idealiza como un cuerpo rígido con tres grados de libertad, dos horizontales y un torsional (Bermudo & De la Cruz, 2022).

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{f(t)\} \quad (21)$$

Donde,  $M$  matriz de masa de la edificación,  $\ddot{u}$  vector aceleración,  $K$  matriz de rigidez,  $u$  vector de desplazamiento,  $f(t)$  vector fuerza. Se desprecia el amortiguamiento ya que se considera en el espectro de diseño.

### b. Formas modales

Vibración libre que ocurre cuando el sistema es sometido a fuerzas externas, representado por: (Bermudo & De la Cruz, 2022)

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = 0 \quad (22)$$

$$f(t) = 0 \quad (23)$$

$$u(0) = u_o \text{ y } \dot{u}(0) = \dot{u}_o \quad (24)$$

$$u = x \text{sen}(wt + \emptyset) \quad (25)$$

$$\ddot{u} = -xw^2 \text{sen}(wt + \emptyset) \quad (26)$$

Donde,  $\emptyset$  ángulo de fase,  $x$  vector de máximo desplazamiento relativo.

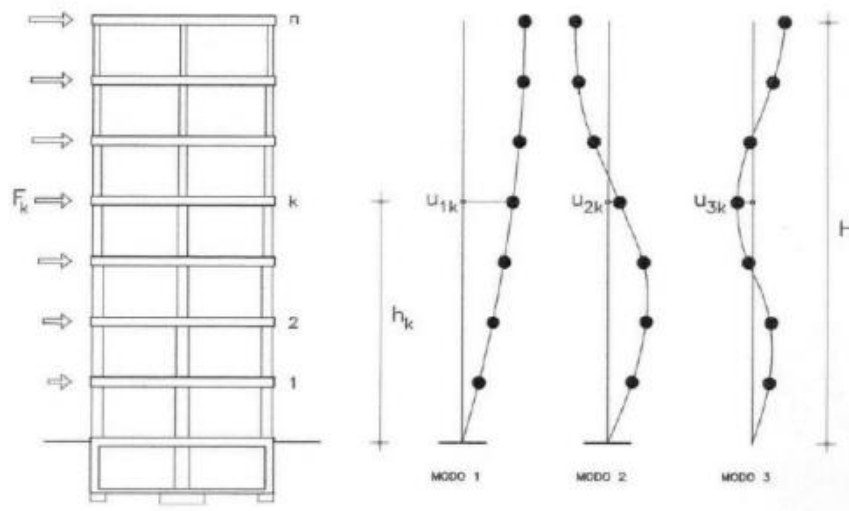
$$([K] - w^2[M])\{x\} = 0 \quad (27)$$

$$|[K] - w^2[M]| = 0 \quad (28)$$

Donde  $K$  matriz de rigidez,  $w^2$  valor característico.

### Figura 10

#### Modos de Vibración



Nota: (Chopra, 2012).

### c. Modos de vibración

Se incluyen los modos cuya suma de masas efectivas alcance al menos el 90%, considerando generalmente los tres primeros modos (MVCS, 2018).

### d. Espectro de respuesta pseudo-aceleración

Se encarga de determinar el comportamiento del edificio ante vibraciones sísmicas (Bermudo & De la Cruz, 2022).

En la norma E 030 (MVCS, 2018) el espectro inelástico está determinado por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g \quad (29)$$

Para vertical se usa 2/3 del espectro horizontal, con los valores típicos de C, a excepción de ( $T < 0.2 T_p$ ) donde se estima C como  $1+7.5 (T/T_p)$ .

### e. Respuesta modal

Respuesta máxima de la edificación ante sismos: (Bermudo & De la Cruz, 2022)

$$Y_j = S_{di} X_i r_i \quad (30)$$

Donde Y respuesta máxima,  $S_{di}$  valor derivado del espectro de respuesta,  $r_i$  factor de participación,  $X_i$  modo usado.

### f. Reglas de combinación modal

La norma E.030 señala la formas de combinación modal para obtener la respuesta máxima elástica esperada (r).

$$r = \sqrt{\sum \sum r_i p_i r_j} \quad (31)$$

$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i} \quad (32)$$

$$r = 0.25 \sum_{i=1}^n r_i + \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i^2} \quad (33)$$

### g. Fuerza cortante mínima

Para edificaciones regulares la cortante en la base dinámica debe ser superior al 80% de la cortante estática, pero para edificaciones irregulares este porcentaje debe ser del 90% (MVCS, 2018).

#### 4.3.8. Análisis tiempo – historia

Método para evaluar las fuerzas sísmica de una estructura, denominado respuesta paso a paso en la tiempo. Se realiza utilizando registros de acelerogramas de terremotos ocurridos con anterioridad en una zona (Taipe & Yanez , 2017). Reside en deducir la respuesta dinámica de una edificación usando registros de acelerogramas reales o sintéticos (Núñez, 2017).

Se usa para comprobar la respuesta sísmica de una edificación bajo carga dinámica de un evento sísmico particular (Wilkinson & Hiley, 2006). Basada en la simulación de registros sísmicos representativos de la ciudad, con el propósito de analizar el desempeño de la estructura ante sismos reales (Gálvez & Ortiz, 2022).

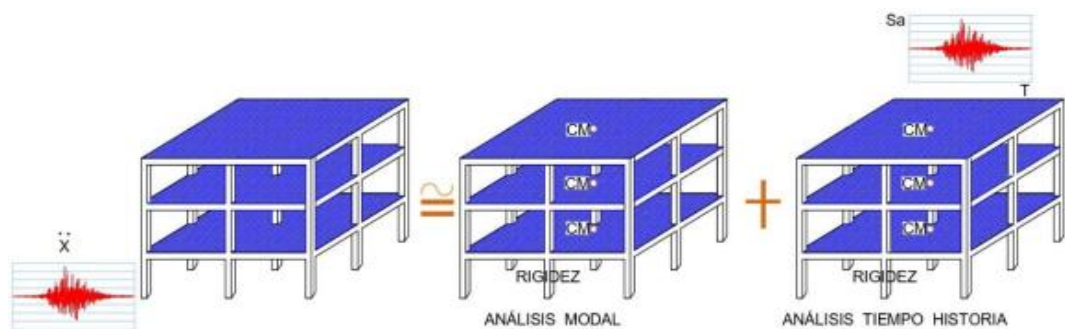
Sigue la fórmula de equilibrio dinámico: (Bermudo & De la Cruz, 2022)

$$[M] \times \ddot{u} + [C] \times \dot{u} + [K] \times u = F(t) \quad (34)$$

Donde: M matriz masa, C matriz de amortiguamiento, K matriz de rigidez, U desplazamiento, F(t) fuerza externa o sísmica.

#### Figura 11

##### Análisis Tiempo-Historia



Nota: (Cevallos, 2022).

#### a) Selección de los acelerogramas

Se eligen acelerogramas de sismos ocurridos previamente en la zona donde se emplazará la edificación. Estos eventos deben reflejar el sismo máximo

esperado. Si no hay registros representativos en el área, se pueden usar acelerogramas sintéticos o de otros lugares, siempre y cuando cumplan con las características del sismo de diseño, o bien pueden escalarse (Hervas, 2020).

#### **b) Fuentes de información**

Cada país cuenta con plataformas de información sísmica local, aunque no siempre están disponibles los acelerogramas para su descarga. En estos casos se pueden usar registros sintéticos o acceder a las dos principales fuentes de información sísmica mundial, tales como: (Villavicencio & Luzuriaga, 2022)

- Base de datos europea de movimientos fuertes (ESM)
- Investigación en ingeniería sísmica del Pacífico (PEER)

#### **c) Acelerogramas**

Un acelerograma es la representación temporal de la aceleración del suelo en un punto específico, obtenido a partir de acelerógrafos que capturan las vibraciones del suelo. Estos registros miden la aceleración horizontal y vertical en intervalos de 0 a 1 segundo de tiempo (Aragadovay, 2016)

#### **d) Correcciones sobre los errores de los acelerogramas**

Ajuste necesario para corregir los desplazamientos del acelerograma por debajo de la línea cero. Se realiza porque, aunque el error pueda parecer insignificante al integrarse con la velocidad y desplazamiento, puede producir valores incorrectos o nulos (Aragadovay, 2016).

#### **e) Intensidad de áreas o intensidad sísmica**

Parámetro que estima el riesgo sísmico, evaluando la duración del movimiento de un acelerograma entre el 5% y 95% de la aceleración de masa máxima (PGA), correspondiendo a la fase de máxima energía, además que sirve para conocer la severidad sísmica (Carreño et al., 1999).

#### **f) Espectro de respuesta**

Compuesto por curvas que muestran la aceleración máxima para distintos periodos de un oscilador de un grado de libertad. Este espectro refleja los desplazamientos máximos, velocidades y aceleraciones para diferentes periodos de oscilación y amortiguamiento del suelo (Villavicencio & Luzuriaga, 2022).

#### **g) Compatibilidad de un espectro de aceleración aun espectro objetivo**

Con este procedimiento se busca reducir las diferencias entre el espectro de aceleración de un sismo y el espectro de respuesta objetivo del sitio. La idea del estudio es que, el registro sísmico se ajuste lo más posible al espectro objetivo dentro de un rango de periodos, reflejando la probabilidad de que ocurra un eventos sísmico similar en el área de estudio (Villalba, 2015).

Los métodos de escalada de sismos comunes son: (Taipe & Yanez , 2017)

**Eurocode 8**, el promedio de los registros de aceleración debe ser 90% del espectro objetivo en periodos entre  $0.2T$  y  $2.0T$ , con un mínimo de 3 registros. Si se utilizan más de 7 registros, deben tomarse las respuestas máximas para el diseño.

**SNZ (Nueva Zelanda, 2004)**, exige el uso de 3 registros, escalados con dos factores de escala,  $k_1$  (ajusta el espectro a los periodos de  $0.4T$  a  $1.3T$ ) y  $k_2$  (mantiene la energía de al menos uno de los espectros acelerados).

**Escalado basado en Modal-Pushover (Asia)**, considera la coincidencia entre los movimientos del terreno y la deformación inelástica del primer modo de vibración, enfocado en estructuras con modos de vibración elevados.

**ASCE (Estados Unidos)**, en emplea dos factores,  $SF_1$  para reducir la diferencia entre los espectros de respuesta y el objetivo, y  $SF_2$  para asegurar que las aceleraciones sean mayores al espectro objetivo en el rango de  $0.20T$  a  $1.5T$ .

#### 4.3.9. Requisitos de rigidez y ductilidad normados

**Determinación de desplazamientos.** “Para estructuras regulares , los desplazamientos laterales se calculan multiplicando los resultados del análisis elástico lineal por 0.75R , utilizando las fuerzas sísmicas reducidas. En el caso de estructuras irregulares, se multiplica por 0.85R” (MVCS, 2018)

**Desplazamientos laterales relativos admisibles.** Según Cabrera (2022) los límites de respuesta de una edificación son derivas laterales o límites de aceptabilidad de componentes que deben analizarse para determinar si están dentro de los límites aceptables.

**Tabla 9**

*Límites para la Distorsión del Entrepiso de Acuerdo a la Norma E.030*

Material Predominante	$(\Delta_i/h_{ei})$
Concreto Armado	0.007
Albañilería	0.005
Con muros de ductilidad limitada	0.005

Nota: norma E.030 (MVCS, 2018).

**Tabla 10**

*Límites de Deriva según HAZUS*

Edificación	Tipo	Elevación (m)	Distorsión límite			
			Leve	Moderado	Extenso	Completo
Pórticos de Concreto Armado	Bajo	6	0.004	0.0084	0.0232	0.06
	Medio	15	0.0027	0.0056	0.0154	0.04
	Alto	36	0.002	0.0042	0.0116	0.03

Nota: (SEAOC, 1995).

**Rotula plástica.** Durante un sismo, la edificación responde de forma inelástica, generándose zonas de alta demanda dinámica llamadas rótulas plásticas, que en las vigas se localizan o se consideran adyacentes a los nudos (Cevallos, 2022).

#### 4.4. Hipótesis

Los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan diferencias significativas ( $u_1 \neq u_2$ ).

#### 4.5. Operacionalización de variables

##### 4.5.1. *Variable independiente: Sismos máximos y frecuentes del país*

Proceso que comienza con la creación y exención de energía, la cual se propaga en modo de ondas por el suelo hasta ser percibida por la población y las estructuras (Quispe, 2021).

En la norma E.030 (MVCS, 2018) para representar eventos sísmicos se tienen dos métodos de análisis: el método espectral donde se usa el espectro de diseño y el método tiempo-historia donde se usan sismos escalados a partir de al menos tres acelerogramas (Lizcano & Tobo, 2019).

**Espectro modal espectral.** En la norma E.030 (MVCS, 2018) se indica que, la respuesta sísmica se caracteriza a partir de los parámetros sísmicos dados en la respectiva norma, y definidos por zonas sísmicas y para cada tipo de perfil de suelo.

**Espectro de diseño para análisis tiempo-historia.** Depende principalmente de los parámetros de aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y de velocidad pico efectiva ( $A_v$ ), que se especifican para cada municipio en Perú. Los espectros están representados en términos de aceleración, velocidad y desplazamiento, y se grafican en un plano donde el eje horizontal representa el período de vibración de la estructura y el eje vertical la crítico del 5% (Lizcano & Tobo, 2019).

#### ***4.5.2. Variable dependiente: Análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia***

Método avanzado para valorar la respuesta de la edificación ante fuerzas sísmicas, considerando los efectos de la inercia y la interacción entre las características dinámicas del edificio y las características del terremoto. A diferencia del análisis estático, el análisis dinámico toma en cuenta el comportamiento de la estructura bajo aceleraciones y vibraciones variables en el tiempo, permitiendo una representación más precisa de la interacción entre la estructura y el movimiento sísmico. En el análisis dinámico son dos los procedimientos usualmente utilizados: el análisis dinámico modal espectral y el análisis tiempo – historia (Komodromos et al., 1998).

**Análisis sísmico dinámico modal espectral.** Este método consiste en calcular los valores máximos de aceleración y desplazamiento para cada modo de vibración utilizando un espectro de respuesta (Yang et al., 2017).

**Análisis tiempo historia.** Este procedimiento evalúa las fuerzas sísmicas que actúan sobre una edificación, también conocido como análisis paso a paso en el tiempo. Se realiza a partir de registros de acelerogramas, considerando los sismos esperados en la zona (Taipe & Yanez , 2017).

**Tabla 11**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

<b>Variab</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítem</b>
VD Análisis sísmico dinámico modal espectral	Consiste en calcular los valores máximos de aceleración y desplazamiento para cada modo de vibración utilizando un espectro de respuesta (Yang et al., 2017).	Desplazamientos laterales	Respuesta lateral a la aplicación de cargas en una estructura en cm	Modos de vibración	N°
				Rigidez	Ton
		Derivas	Máximo movimiento que, puede tener una estructura en m/m	Peso	Kg
				Periodos modales	seg
VD Análisis sísmico dinámico tiempo – historia	Evalúa las fuerzas sísmicas que actúan sobre una edificación, también conocido como análisis paso a paso en el tiempo. Se realiza a partir de registros de acelerogramas, considerando los sismos esperados en la zona (Taipe & Yanez , 2017).	Desplazamientos laterales	Respuesta lateral a la aplicación de cargas en una estructura en cm	Altura de entrepiso	m
				Desplazamiento relativo de entrepiso	cm
		Fuerza	Carga que, actúa en la base de la edificación	Fuerza cortante en la base	Ton
				Modos de vibración	N°
VI Sismos máximos y frecuentes	Proceso que comienza con la creación y exención de energía, la cual se propaga en modo de ondas por el suelo hasta ser percibida por la población y las estructuras (Quispe, 2021).	Parámetros del lugar	Definen los parámetros geotécnicos del lugar, las características de la edificación.	Condición	Kg/cm2
				Categoría del edificio	
		Metrado de cargas	Define el peso de la estructura	Carga viva	Kg
				Carga muerta	Kg
VI Sismos máximos y frecuentes	Proceso que comienza con la creación y exención de energía, la cual se propaga en modo de ondas por el suelo hasta ser percibida por la población y las estructuras (Quispe, 2021).	Registros sísmicos	Son aquellos datos que, se pueden obtener desde el IGP para definir los sismos frecuentes y máximos	Aceleraciones del sismo	Seg
				Intensidad	
		Espectro sísmico para análisis modal	Es aquel espectro de diseño que, se elabora a partir del ZUCS	Zona sísmica	
				Perfil del suelo	
VI Sismos máximos y frecuentes	Proceso que comienza con la creación y exención de energía, la cual se propaga en modo de ondas por el suelo hasta ser percibida por la población y las estructuras (Quispe, 2021).	Espectro sísmico para análisis tiempo-historia	Es aquel espectro de diseño que, se forma de los datos sísmicos obtenidos de los registros sísmicos del país	Datos de acelerógrafos	
				Corrección de datos sísmicos	
				Escalamiento de registros sísmico	

## CAPÍTULO V.

### MARCO METODOLÓGICO

#### 5.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque fue cuantitativo; se basó en la recolección de datos para demostrar la hipótesis mediante mediciones numéricas y el uso de herramientas estadísticas, con el objetivo de identificar patrones de comportamiento (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En el caso del estudio se determinaron datos cuantificables como los desplazamientos, derivas y cortante basal a través del análisis dinámico de la edificación.

La investigación es de tipo aplicada, dado que partió de una problemática previamente establecida, lo que llevó al investigador a buscar modificaciones y proporcionar respuestas al problema (Rojas, 2015). En el caso se buscó conocer el comportamiento sísmico de la edificación en análisis por medio del método de análisis sísmico modal espectral y tiempo historia, para poder contrastar la aplicación de ambos métodos en el análisis sísmico estructural.

La investigación es de nivel explicativa; ya que “buscó resolver la realidad problemática a través de leyes y teorías, con el fin de determinar las causas de los fenómenos estudiados mediante relaciones de causa-efecto” (Cauas, 2015). Se ha seguido una relación de causa – efecto, donde la causa es la aplicación del espectro sísmico dado en la norma E.030 y el espectro sísmico definido a partir de los registros sísmicos nacionales, lo que, genera una variación en el comportamiento sísmico de la institución educativa, siendo este el efecto generado. Así mismo, se han comparado los resultados de ambos métodos, permitiendo establecer diferencias y similitudes entre los métodos de análisis dinámico, interpretando las posibles causas de las variaciones.

**Tabla 12***Tipo de Investigación por los Criterios Más Relevantes*

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de investigación</b>
Contexto en el que ocurre	Biblioteca, campo, laboratorio
Finalidad	Aplicada
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Objetivos	Explicativa
Control de diseño de la prueba	Cuasi experimental
Fuente de datos	Mixta
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa

Nota: (Grajales, 2000).

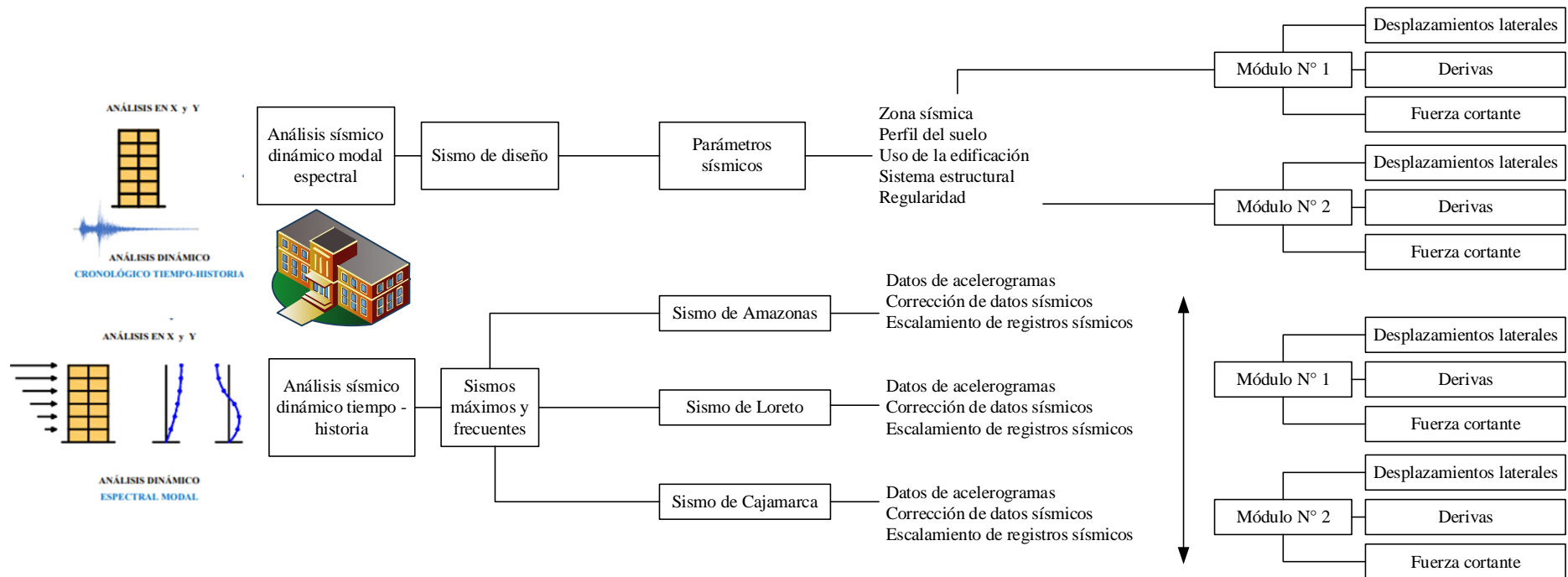
**5.2. Diseño de investigación**

Es cuasiexperimental, porque, la muestra se ha definido con anterioridad por conveniencia, pero la incorporación de la “Variable independiente” generará un efecto en la “Variable dependiente” (Ramos-Galarza, 2021). En este caso, se utilizaron dos tipos de espectros sísmicos (VI): el uso del espectro de diseño de la norma E.030, y los espectros formados de eventos sísmicos máximos y frecuentes en el país, lo que, ha generado un efecto en el comportamiento sísmico de la estructura (VD.) determinado por medio del análisis modal espectral y tiempo historia.

$$\begin{array}{lcl}
 \textit{Grupo experimental} & \xrightarrow{\textit{intervención}} & \textit{GE} \\
 \textit{Grupo control} & \xrightarrow{\textit{sin intervención}} & \textit{GC} \\
 \textit{Pre test} & (\textit{Variable independiente}) & \textit{Post test}
 \end{array} \quad (35)$$

**Figura 12**

*Esquema del Diseño de Investigación*

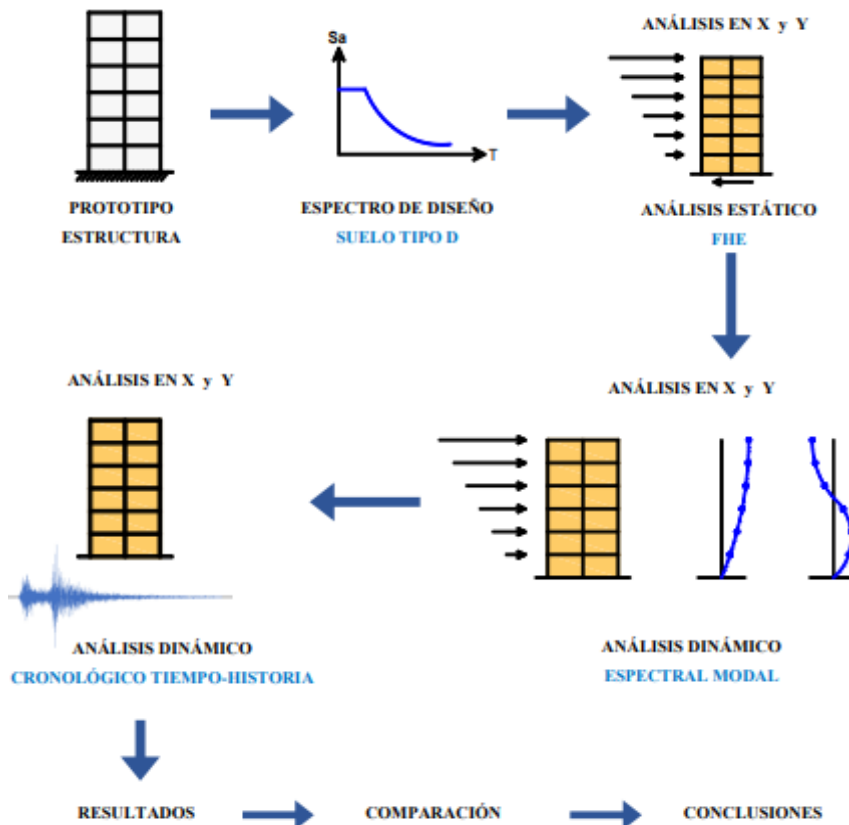


### 5.3. Métodos de investigación

Se empleó el método sintético-analítico, el cual abarca dos procesos intelectuales opuestos pero complementarios: el análisis y la síntesis. El análisis permitió descomponer mentalmente un todo en sus partes, facilitando el estudio detallado de cada uno de estos elementos. En contraste, la síntesis, como proceso inverso, permitió combinar las partes previamente analizadas, descubriendo relaciones y características generales entre los elementos (Rodríguez & Pérez, 2017). En el estudio se descompone al colegio en módulos y componentes estructurales para realizar el modelamiento sísmico por el método modal espectral y tiempo historia, para luego unir los resultados por medio de la síntesis para definir su comportamiento sísmico.

**Figura 13**

*Esquema Metodológico*



Nota: (Lizcano & Tobo, 2019).

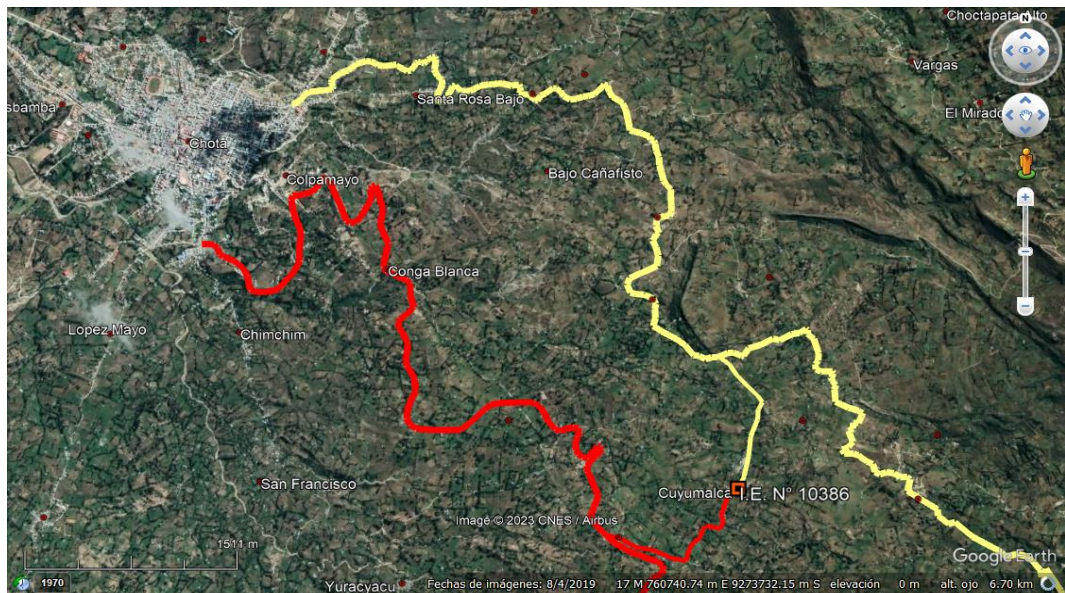
## 5.4. Población, muestra y muestreo

### 5.4.1. Población

La I.E. N° 10386 ubicada en el centro poblado Cuyumalca, del distrito de Chota, en las coordenadas UTM WGS84 17S 763869.00 m E, 9271408.00 m S. En el año 2023 albergaba a 128 alumnos de primaria en sus nueve secciones que, eran dirigidas por 11 docentes (Escale, 20224), su infraestructura educativa está conformada por dos pabellones de dos módulos cada uno.

### Figura 14

*Ubicación y Accesos a la I.E. N° 10386 Cuyumalca*



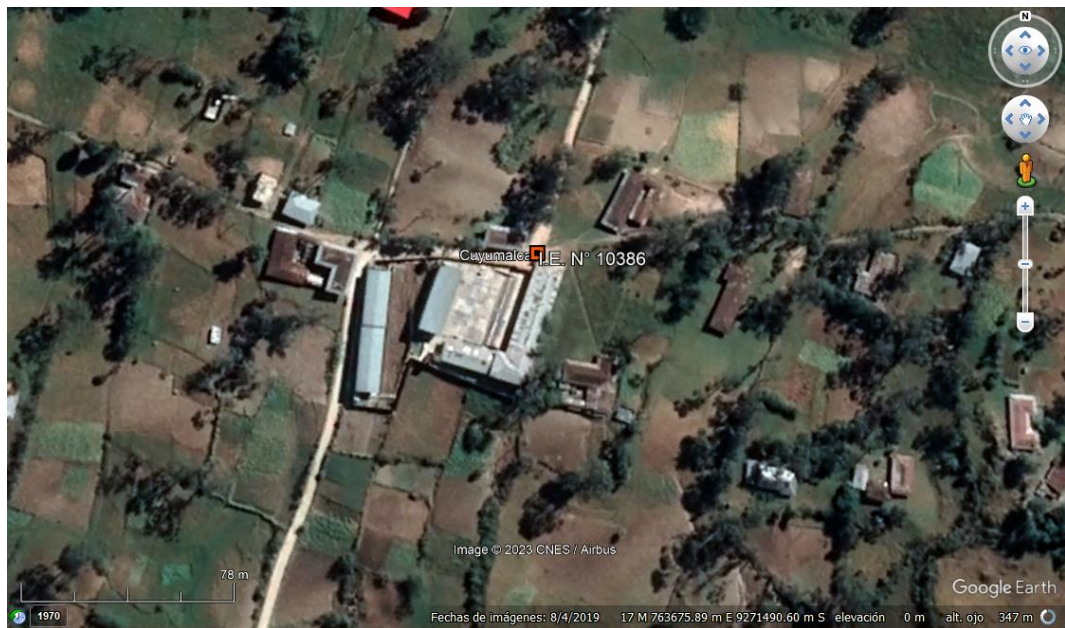
Nota: (Google earth, 2024).

### 5.4.2. Muestreo

No probabilístico intencional por conveniencia. “Se usa cuando el mismo investigador elige a los elementos apropiados para el estudio” (Lopez, 2004). En este caso, se ha definido al pabellón 2 (Figura 16 y Figura 17) como muestra de estudio, debido a que, presenta fisuras y agrietamiento en toda su extensión como se muestra en la Figura 1 y 2.

## Figura 15

### *Vista Satelital de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*



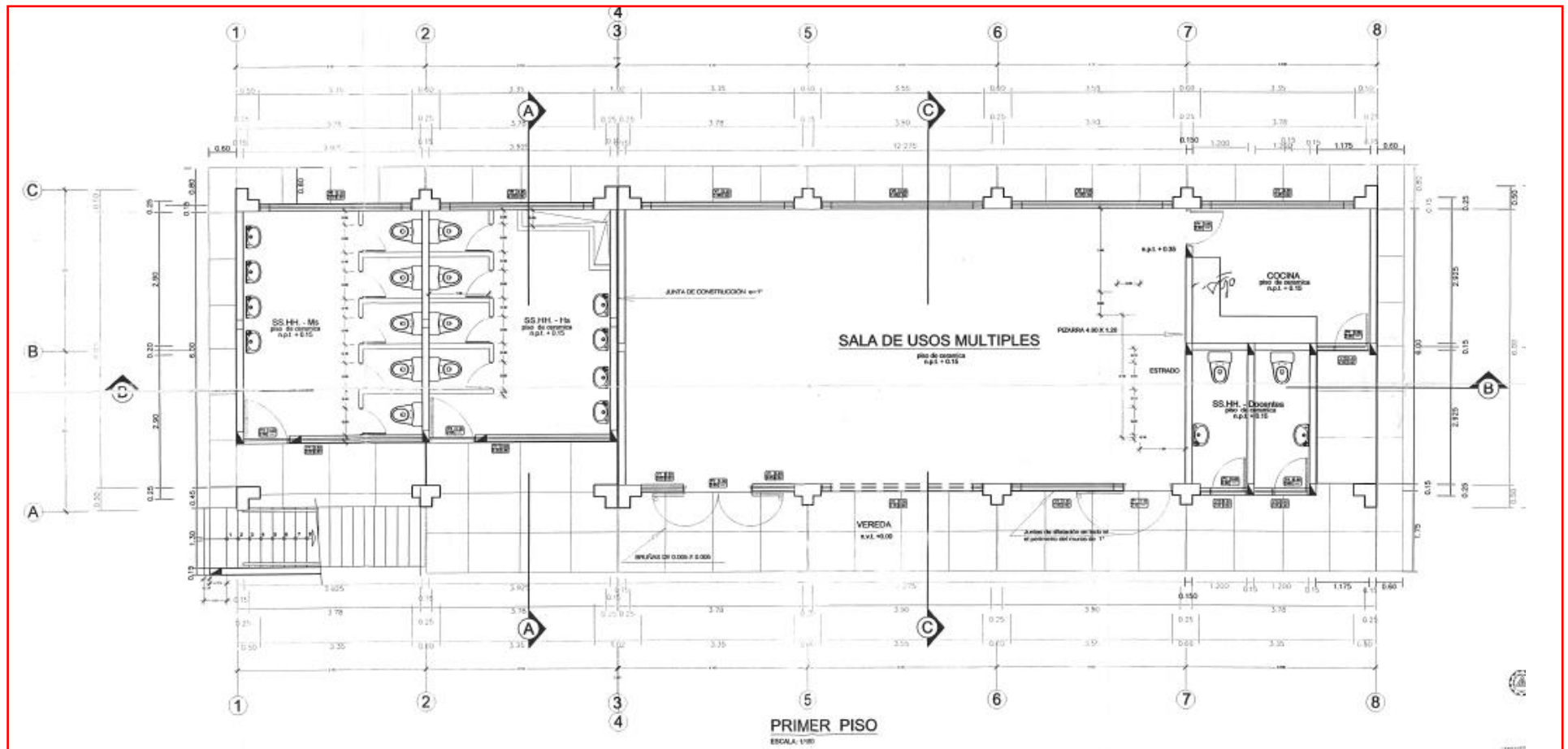
Nota: (Google earth, 2024).

### **5.4.3. Muestra**

El pabellón 2 de la I.E. N° 10386 ubicada en el centro poblado Cuyumalca, conformado por dos módulos que fue seleccionada como caso representativo para aplicar y comparar los métodos de análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo-historia en condiciones de sismos máximos y frecuentes.

Figura 16

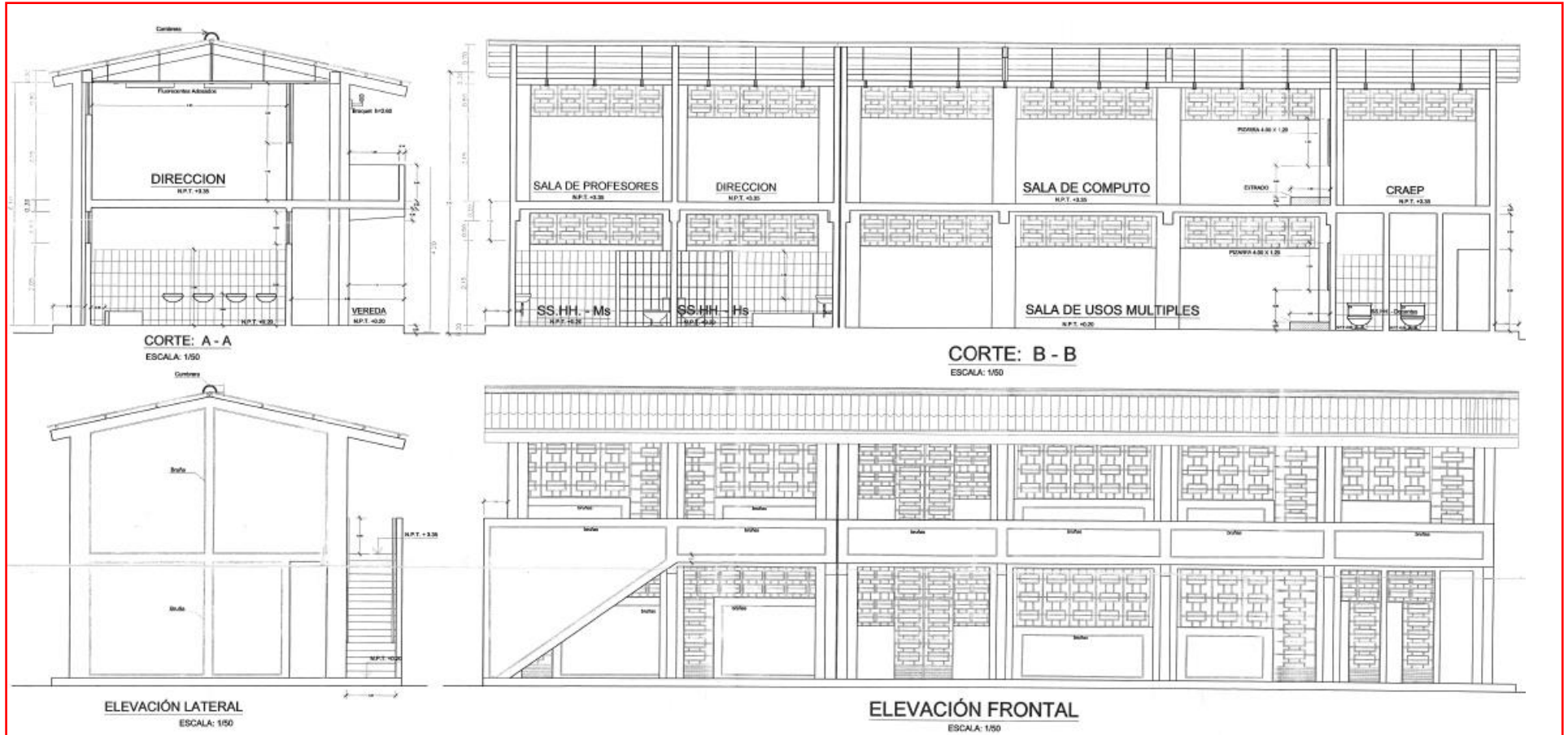
Vista en Planta del Pabellón 2



Nota: Expediente técnico (MPCH, 2000).

**Figura 17**

*Vista en Elevación del Pabellón 2*



Nota: Expediente técnico (MPCH, 2000).

## 5.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 5.5.1. Técnicas

**Revisión bibliográfica:** Se utilizó para analizar los planos arquitectónicos y estructurales del edificio a fin de utilizar esta información en el modelamiento de la estructura, pero, además, permitió recopilar la información necesaria para la formulación de los espectros de demanda utilizados en el análisis tiempo – historia, a través de la revisión de los registros sísmicos de acelerogramas nacionales y regionales, para determinar los movimientos sísmicos frecuentes y máximos representativos.

**Observación:** Se empleó como medio de recopilación de datos de todos los procesos observados, pero principalmente durante los estudios básicos al suelo de cimentación y esclerometría a los componentes de concreto armado, con el fin de obtener información acerca de las propiedades geotécnicas del suelo para calificarlo en un perfil de suelo, además de observar y determinar la resistencia del concreto armado de los módulos de estudio, para su uso de estos datos en el modelamiento de la edificación.

**Análisis de contenido:** Esta técnica se aplicó para realizar el modelamiento de la edificación por el método modal espectral y por el método de tiempo – historia, para determinar la capacidad estructural de la institución educativa. A través de esta técnica, se procesó y analizó la información derivada de los planos, los estudios básicos y acelerogramas, integrándola en el modelamiento estructural. Este análisis permitió definir las condiciones de carga y los parámetros de diseño necesarios para la simulación sísmica, facilitando la comparación entre los dos métodos de análisis aplicados en el estudio.

### 5.5.2. Instrumentos

**Fichas bibliográficas:** Instrumento de recopilación y registro de la información recopilada bibliográficamente para formar los espectros de diseño, tanto para el análisis dinámico modal espectral y el análisis tiempo – historia.

**Formatos de ensayos:** Estos formatos estructuraron la información obtenida a través de ensayos de campo y laboratorio del suelo, permitiendo evaluar la capacidad portante sobre el cual se asienta la edificación. De igual manera, se utilizó un formato específico para registrar los resultados del ensayo de esclerometría, con el cual se midió la dureza del concreto de los elementos.

**Formato de análisis:** Se utiliza para guiar el proceso de modelamiento por los métodos de análisis sísmico. Instrumento en él se registró la información obtenida del modelamiento de la edificación por el método modal espectral y por el método de tiempo – historia, tal como: derivas, desplazamientos, cortante basal, entre otros.

**Tabla 13**

*Técnicas e Instrumentos para Recolectar Datos*

Variables	Fuente	Técnica	Instrumento	Acción	Instrumento de medición
VI: Sismos máximos y frecuentes	Primaria	Observación	Formatos de ensayos de laboratorio	Estudio de mecánica de suelos	Tamices Copa casa grande Corte directo
				Esclerometría	Esclerómetro Concrete Test Hammer
	Secundaria	Revisión bibliográfica	Fichas bibliográficas	Recopilación de registros sísmicos	Programa SeismoSignal Seismo match
VD: Análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia	Primaria	Análisis de contenido	Formato de análisis de contenido	Modelamiento por módulos	ETABS

## 5.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

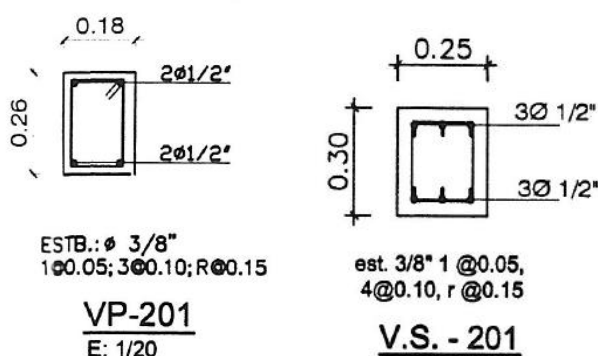
### 5.6.1. Proceso de recolección, procesamiento y análisis de datos

#### 5.6.1.1. Revisión de planos

Se recopilieron los planos del Pabellón 2 de la IE N° 10386 Cuyumalca, tanto en formato digital como físico, los cuales contienen detalles sobre la distribución de espacios, los elementos estructurales y las dimensiones generales de la edificación. Luego, se analizaron los planos digitales en AutoCAD, verificando las dimensiones y escalas indicadas para asegurarse de que los planos reflejan correctamente la configuración real de la estructura. Durante la revisión, se identificaron y destacaron áreas clave, como la ubicación de nudos estructurales, puntos de carga y zonas de interés para el análisis sísmico, además, se hicieron anotaciones en un cuaderno de notas, registrando observaciones sobre las características de la estructura, la relación entre los elementos arquitectónicos y estructurales, así como cualquier discrepancia o ajuste necesario.

#### Figura 18

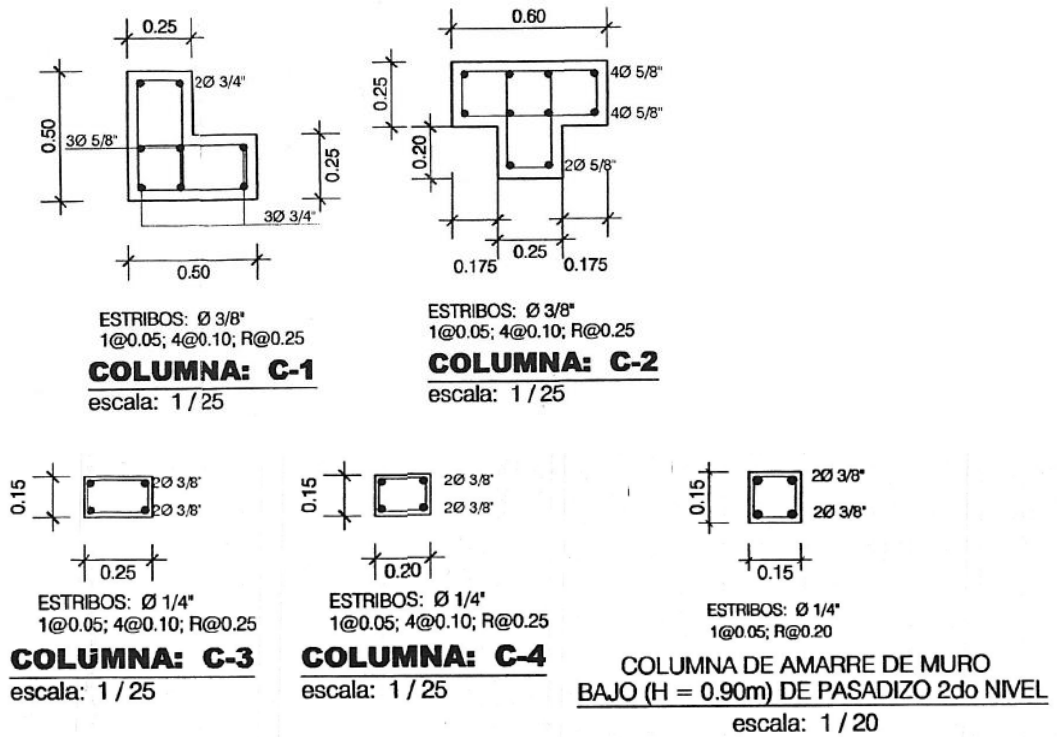
*Revisión de Detalles de las Vigas de la I.E. N° 10386*



Nota: Expediente técnico (MPCH, 2000).

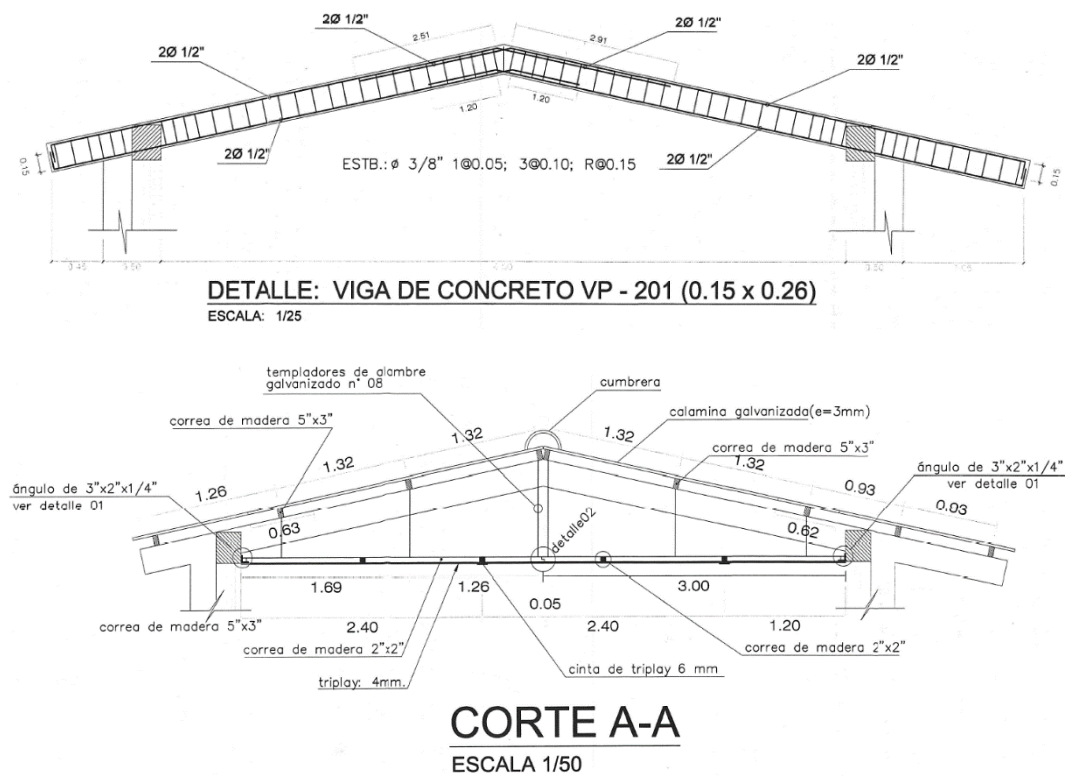
**Figura 19**

*Revisión de Detalles de las Columnas de la I.E. N° 10386*



**Figura 20**

*Revisión de Detalle de las Vigas de Concreto VP-201 de la I.E. N° 10386*



### **5.6.1.2. Visita de campo a la institución educativa**

Se visitó la edificación y se realizaron mediciones para verificar que, cumpla con las dimensiones, geometría y demás datos especificados en los planos.

#### **a) Equipos, materiales e instrumentos utilizados:**

- Cinta métrica.
- Plomada y nivel.
- Cámara fotográfica o teléfono móvil.
- Planos arquitectónicos y estructurales impresos del Módulo 2.
- Lápiz y marcadores para hacer anotaciones sobre los planos.
- Cuaderno de campo.
- Calculadora.
- EPP (Equipo de Protección Personal).

#### **b) Procedimiento:**

- Se planteó una visita de campo a la IE N° 10386 Cuyumalca con el objetivo de verificar las dimensiones del Pabellón 2. Al llegar al sitio, se desplegaron los planos arquitectónicos y estructurales impresos , que servirían como referencia. para comparar las dimensiones existentes con las indicadas en los documentos.
- Se comenzó a utilizar una cinta métrica para medir de manera precisa las longitudes de vigas, columnas y muros, anotando cada medición en los planos y en el cuaderno de campo . Estas medidas se verificaron contra las dimensiones especificadas en los planos, para asegurar que no existan discrepancias significativas.
- Para comprobar la verticalidad y el alineamiento de las columnas y otros elementos verticales, se emplearon una plomada y un nivel , lo que permitió

confirmar que la estructura mantenía la correcta alineación y que no presentaba desviaciones importantes respecto a lo proyectado en los planos.

- Durante la visita, se tomaron fotografías de los elementos estructurales medidos para tener un registro visual que complemente las anotaciones realizadas en el cuaderno de campo.
- Finalmente, después de completar la revisión de todas las dimensiones, se hizo una comparación detallada entre las mediciones de campo y las especificadas en los planos arquitectónicos y estructurales. Al verificar que las dimensiones coincidían adecuadamente, se concluyó que era posible proceder al modelamiento de la estructura para su posterior análisis sísmico.

### **Figura 21**

*Vista de la Institución Educativa I.E. N° 10386 Cuyumalca*



### 5.6.1.3.NTP 339.181 Ensayo de esclerometría (INACAL, 2020)

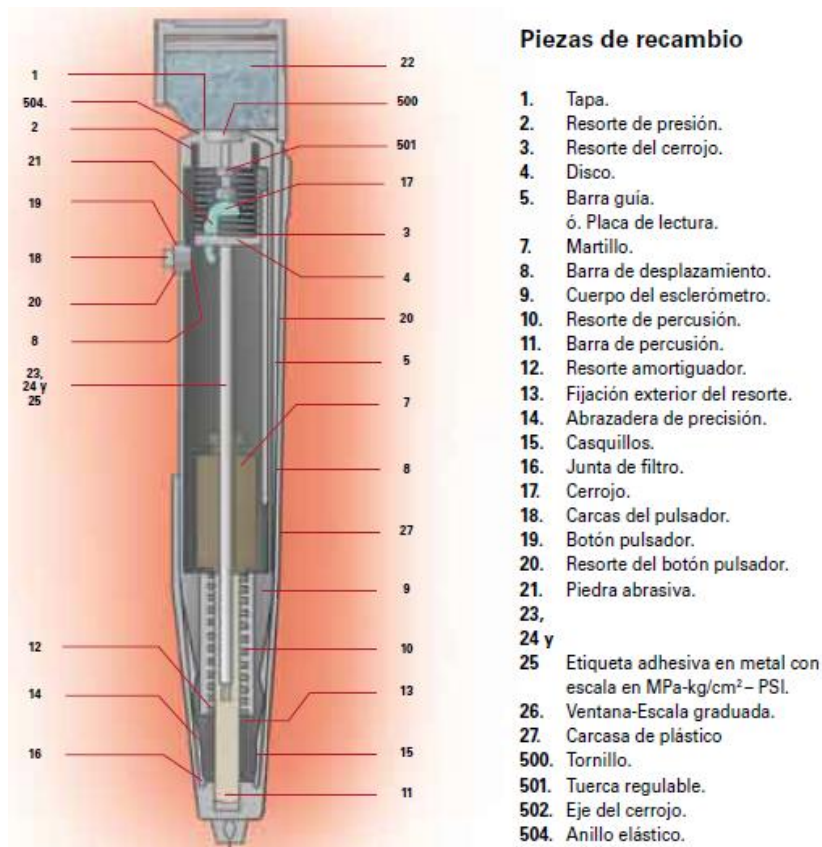
Se realizó el ensayo de esclerometría de acuerdo a la NTP 339.181 (INACAL, 2020) en tres puntos por cada tipo de elemento estructural (columnas, vigas y losa) de los módulos del pabellón 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, utilizando el esclerómetro marca Forney, Modelo LA-0352, serie 124, facilitado por el laboratorio CIEXLIAN S.R.L.

#### a) Equipos y materiales

- Esclerómetro Forney, modelo LA-0352, serie 124.

#### Figura 22

##### *Piezas del Esclerómetro*



Nota: (Imcyc, 2009).

#### b) Puntos de muestreo

Se realizaron tres puntos de muestreo en cada tipo de elemento estructural (columnas, vigas y losa) por cada módulo del pabellón 2, dando un total de seis

puntos de muestreo por cada elemento estructural y tres puntos de muestreo en la escalera compartida de ambos módulos. Así mismo, en cada punto de muestreo se realizaron 10 mediciones de los números de rebote, de los cuales se descartaron aquellos valores demasiado bajos o altos para obtener el promedio de las 6 mediciones más uniformes. Siendo así, se tuvieron 21 puntos de muestreo, y 210 mediciones en total, durante el desarrollo del ensayo no destructivo.

**Tabla 14**

*Número de Puntos de Muestreo para Ensayo de Esclerometría*

Código	Módulo	Elemento	Número de mediciones	Número de rebotes promedio
E-1	1	C-1	10	34.10
E-2	1	V-1	10	34.80
E-3	1	C-2	10	34.90
E-4	1	V-3	10	34.70
E-5	1	V-2	10	34.50
E-6	1	V-4	10	35.00
E-7	1	Losa-01	10	34.90
E-8	1	Losa-02	10	34.60
E-9	1	Losa-03	10	34.90
E-1	2	C-5	10	34.50
E-2	2	V-3	10	34.40
E-3	2	C-6	10	34.00
E-4	2	C-7	10	34.20
E-5	2	V-4	10	34.50
E-6	2	C-8	10	34.50
E-7	2	Losa-04	10	34.00
E-8	2	Losa-05	10	34.30
E-9	2	Losa-06	10	34.10
E-1		Escalera	10	34.10
E-2		Escalera	10	34.20
E-3		Escalera	10	33.10

**c) Procedimiento**

- Se quitó el tarrajeo de los elementos estructurales a evaluar para disminuir el error conforme a la norma NTP 339.181 (INACAL, 2020).

- Se colocó el esclerómetro Forney, Modelo LA-0352, serie 124 perpendicularmente sobre el elemento de concreto.
- Se ejerció presión sobre el martillo, para impactar la superficie de concreto.
- Después del impacto se oprimió el botón pulsador y se tomó la lectura en la ventana de la escala graduada, registrando el índice de rebote medio de 10 a 100, con dos cifras significativas.
- Luego de las 10 mediciones registradas, se descartaron aquellos valores demasiado bajos o altos para obtener el promedio de las 6 mediciones más uniformes.
- Finalmente, se estimó a partir del número de golpes la resistencia a compresión del concreto, restando la desviación estándar.

**Figura 23**

*Realización del Ensayo de Esclerometría en los Módulos de la I.E. 10386*



#### d) Resultados del ensayo de esclerometría

En el pabellón 2, se ha definido la resistencia a compresión en columnas (C), vigas (V), losa y escalera, determinando que, tanto para el módulo N° 1 y módulo N° 2 los valores obtenidos del ensayo de esclerometría son superiores al  $f_c$  de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>, por tanto, mantiene su capacidad mecánica. Siendo así, para el modelamiento de la edificación se ha tomado en cuenta la resistencia de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 15**

*Resultados de Resistencia a Compresión en los Puntos de Muestreo para Esclerometría*

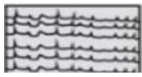

Código	Módulo	Elemento	Número de rebotes promedio	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
E-1	1	C-1	34.10	268
E-2	1	V-1	34.80	278
E-3	1	C-2	34.90	278
E-4	1	V-3	34.70	274
E-5	1	V-2	34.50	240
E-6	1	V-4	35.00	280
E-7	1	Losa-01	34.90	278
E-8	1	Losa-02	34.60	272
E-9	1	Losa-03	34.90	278
E-1	2	C-5	34.50	270
E-2	2	V-3	34.40	268
E-3	2	C-6	34.00	260
E-4	2	C-7	34.20	264
E-5	2	V-4	34.50	270
E-6	2	C-8	34.50	270
E-7	2	Losa-04	34.00	260
E-8	2	Losa-05	34.30	266
E-9	2	Losa-06	34.10	262
E-1		Escalera	34.10	262
E-2		Escalera	34.20	264
E-3		Escalera	33.10	262

### 5.6.1.4. Excavación de calicata para extracción de muestras de suelo

Cerca del área de cimentación del pabellón 2 de la institución educativa en estudio, se excavó con herramientas manuales una calicata de 1.50x1.50x1.50 m, conformada por dos estratos, el estrato superior de 0.40 m correspondiente a material orgánico y el segundo estrato del cual se extrajo la muestra de suelo inalterado para la prueba corte directo por medio de un muestreador rectangular de 10 cm de lado y 4 cm de altura, mientras que para los ensayos de clasificación se recolectó muestra alterada en bolsas impermeables.

**Figura 24**

*Perfil Estratigráfico del Suelo*

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L. (%)	L.P. (%)
0.40	S/M	Material orgánico de color marón, con bajo contenido de humedad y bajo grado de compactación.					
0.50	C-1	Estracto clasificado en el sistema "SUCS"	CL		17.57%	38.57	21.00
0.60		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.					
0.70							
0.80							
0.90							
1.00		AASTHO A-6 (10)					
1.10							
1.20							
1.30							
1.40							
1.50						IP	17.57

Nota: EMS.

#### a) Equipos y materiales

- Palas
- Picos
- Bolsas impermeables
- Sacos impermeables
- Tarjetas rotuladas
- Escalera
- EPP (equipo de protección personal)

## b) Procedimiento

- Utilizando herramientas manuales se cavó una calicata de 1.5 m de profundidad al lado de la cimentación del pabellón 2.
- Se extrajo muestras inalteradas del fondo de la calicata para los ensayos mecánicos, y muestra de la parte lateral de la calicata para los ensayos de clasificación.
- Las muestras fueron etiquetadas y colocadas en bolsas y sacos impermeables para conservar su humedad natural, sobre todo de las muestras inalteradas, mientras que, de las muestras alteradas se utilizó bolsas comunes para el traslado del suelo.
- Las muestras fueron llevadas al laboratorio CIEXLIAN S.R.L. donde se efectuaron los ensayos al suelo de cimentación.

### Figura 25

*Excavación de Calicatas para la Toma de Muestras de Suelo*



### **5.6.1.5. Ensayos de mecánica de suelos**

Las muestras de suelo se ensayaron a NTP 339.127 humedad (INACAL, 2019), NTP 339.128 gradación (INACAL, 2019), NTP 339.128 plasticidad (INACAL, 2019) y NTP 339.171 corte directo (INACAL, 2017) en el laboratorio CIEXLIAN S.R.L.

#### **a) NTP 339.127 Humedad (INACAL, 2019)**

Equipos y materiales

- Estufa
- Balanza
- Taras

Procedimiento

- Pesar las muestras en su estado natural
- Hornear durante 1 día
- Pesar la muestra de suelo

#### **b) NTP 339.128 Ensayo granulométrico (INACAL, 2019)**

Equipos y materiales

- Estufa
- Balanza
- Taras
- Tamices

Procedimiento

- La muestra se divide en cuatro partes, y se realiza el cuarteo.
- Se pasa el suelo por una serie de tamices, de grande a pequeño.
- Se mide el porcentaje de cada tamiz.

**c) NTP 339.129 Ensayo de límite líquido (INACAL, 2019)**

Equipos y materiales

- Horno
- Balanza
- Pipeta gradada
- Tara N° 40
- Copa Casagrande

Procedimiento

- Se utiliza una muestra de tierra que haya pasado por el tamiz número 40.
- Se forma una mezcla pastosa de tierra y agua y déjela durante un día.
- Se coloca la mezcla en la copa Casagrande.
- Se divide la mezcla con un ranurador.
- Se baja y sube la manivela dando golpes hasta que se junten las dos mitades.
- Se calcula el número de golpes para unir el suelo.
- Se toma una muestra de suelo que, se ha unido, se pesa, se coloca en el horno y se vuelve a pesar.
- Se repite esta prueba tres veces.

**d) NTP 339.129 Ensayo de plasticidad límite (INACAL, 2019)**

Equipos y materiales

- Horno
- Balanza
- Placas
- Taras
- Muestra del LL

#### Procedimiento

- Se utiliza la muestra de suelo tomada en la prueba de límite líquido.
- Se forma un rollo de 3 mm de grosor hasta que se rompa.
- Se pesa antes y después de meterlo en el horno.
- Esta prueba se repite dos veces.

#### e) **NTP 339.171 Corte directo** (INACAL, 2017)

#### Equipos y materiales

- Balanza
- Equipo de corte directo
- Taras

#### Procedimiento

- Se moldea tres muestras de suelo natural
- Se coloca en la caja de corte metálica
- Se somete a esfuerzo cortante, para estimar la cohesión y ángulo de fricción interna.

#### f) **Resultados de los ensayos de mecánica de suelos**

El suelo de cimentación del pabellón 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca se clasifica como arcilla de baja plasticidad, con límite líquido de 38.57% e índice de plasticidad de 17.57%, por lo que es un suelo con baja a mediana plasticidad, que de acuerdo a sus propiedades mecánicas presenta cohesión de 0.34 kg/cm<sup>2</sup> y ángulo de fricción de 18.73°, alcanzando capacidad portante de 0.97 kg/cm<sup>2</sup>, lo que ha determinado que, de acuerdo a la norma E.030 se califique como un tipo de suelo S2 (suelo intermedio), considerando este como parte de los parámetros de la edificación por el método modal espectral.

**Tabla 16**

*Estudio de Suelos*

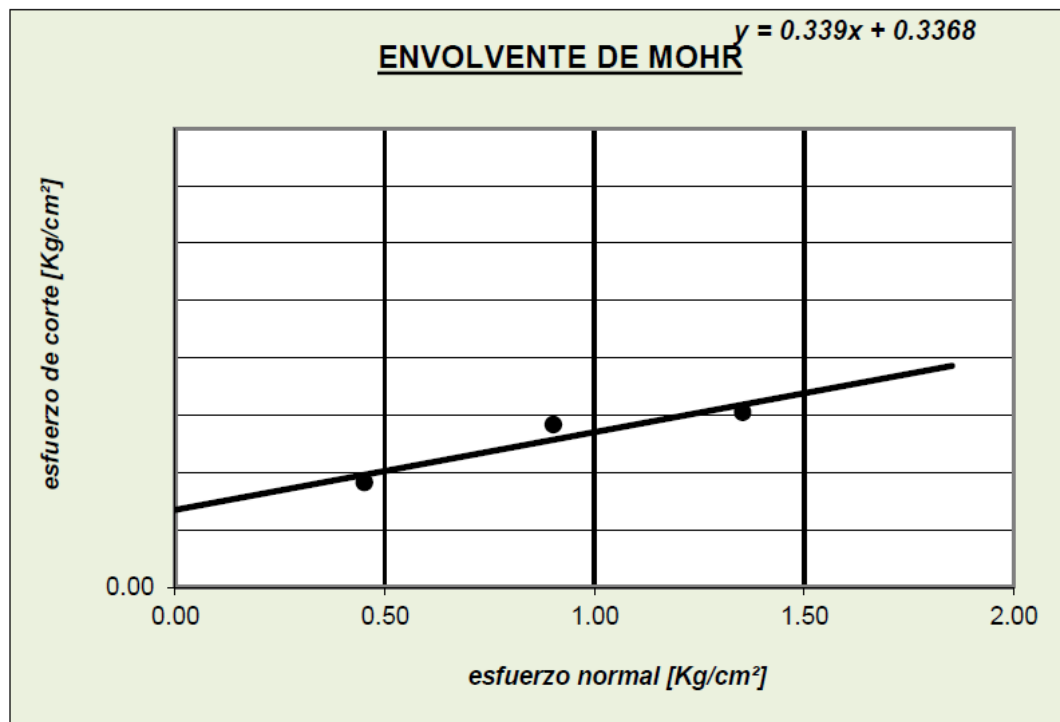
Calicata	Propiedades del suelo
Humedad (%)	17.57
LL (%)	38.57
LP (%)	21.00
IP (%)	17.57
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(10)
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.34
Ángulo de fricción interna (°)	18.73
Densidad natural (g/cm <sup>3</sup> )	2.011
Capacidad de carga admisible (kg/cm <sup>2</sup> )	0.97

Nota: EMS.

**Figura 26**

*Envolvente de Mohr del Suelo de Cimentación del Pabellón 2 de la I.E. 10386*

*Cuyumalca, Chota*



Nota: EMS.

### **5.6.1.6. Modelamiento y análisis sísmico de la edificación**

Para el modelamiento y análisis sísmico del edificio, se comenzó ingresando la información estructural recopilada, como las dimensiones de columnas, vigas y los materiales utilizados, en software ETABS versión 20.1.0. A continuación, se asignaron las cargas correspondientes, incluyendo el peso propio de la estructura y las fuerzas sísmicas según las normativas locales. Se emplearon dos métodos de análisis: el modal espectral y el tiempo-historia, los cuales permitieron simular la respuesta del edificio ante sismos máximos y frecuentes. Tras realizar las simulaciones, se analizaron los desplazamientos, derivas y cortante basal, comparando los resultados entre ambos métodos para evaluar el comportamiento estructural.

#### **a) Inicio y configuración del modelo**

- Se configuran las unidades del modelo en el programa ETABS versión 20.1.0, para cargar la grilla de trabajo.

#### **b) Definición de materiales**

- Se definió la resistencia del concreto cuyo valor usado es de 210 kg/cm<sup>2</sup> puesto que se verificó en los ensayos de esclerometría valores mayores por lo tanto se optó usar la resistencia de diseño dado que el ensayo es únicamente de verificación
- Se uso el acero de refuerzo  $f_y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>

#### **c) Definición de secciones**

- Se definió las secciones de columnas como elementos “frame” mediante “section designer” con sus propias características de acero refuerzo.
- Se definió las secciones de vigas como elementos “frame” con sus propias características de acero refuerzo.

- Se definió las losas de entrepiso mediante elementos “Shell”
- Se considero la rigidez efectiva en cada uno de los elementos modificando la rigidez a flexión y cortante según aci 318-19

**d) Medrado de cargas**

- Se realizó el medrado de cargas muertas y vivas según los lineamientos de la norma E.020 (MVCS, 2006), para definir las cargas que, debe resistir la edificación en condiciones estáticas.

**e) Creación de patrones de carga**

- Se crearon los patrones de carga para carga muerta propia e impuesta y carga viva.

**f) Definición de la función Time History**

- Se seleccionó y descargó los acelerogramas reales de los registros de mayor intensidad de las estaciones más cercanas
- Se trataron los datos mediante el software “viewwave” en el cual se construyó el Espectro de respuesta con un amortiguamiento del 5% del amortiguamiento crítico
- Se construyo el espectro de respuesta de diseño con los parámetros propios al lugar
- Se escalaron los espectros de respuesta de los acelerogramas reales para obtener un efecto similar al espectro de respuesta de diseño esperado en la zona, usando la norma E030 con el cual se obtuvieron los factores de escalamiento.
- No se realizó la corrección por línea base puesto que los datos descargados vienes ya corregidos

- Se escalaron los datos de los acelerogramas reales con los factores de escalamiento obtenidos.

- Se crea la función Time History.

**g) Definición de la función del Espectro de respuesta de diseño**

- Se creo el espectro con los parámetros respectivos de zona, suelo y uso.

**h) Definición de casos de carga**

- Se crearon los casos de carga para los patrones de carga, espectro de respuesta y Time History

- Se creo el caso de carga Modal utilizando vectores Eigen

**i) Modelamiento propio de la estructura**

- Se dibuja la estructura tanto en planta como en elevación verificando que se cumpla con el modelo dado en los planos.

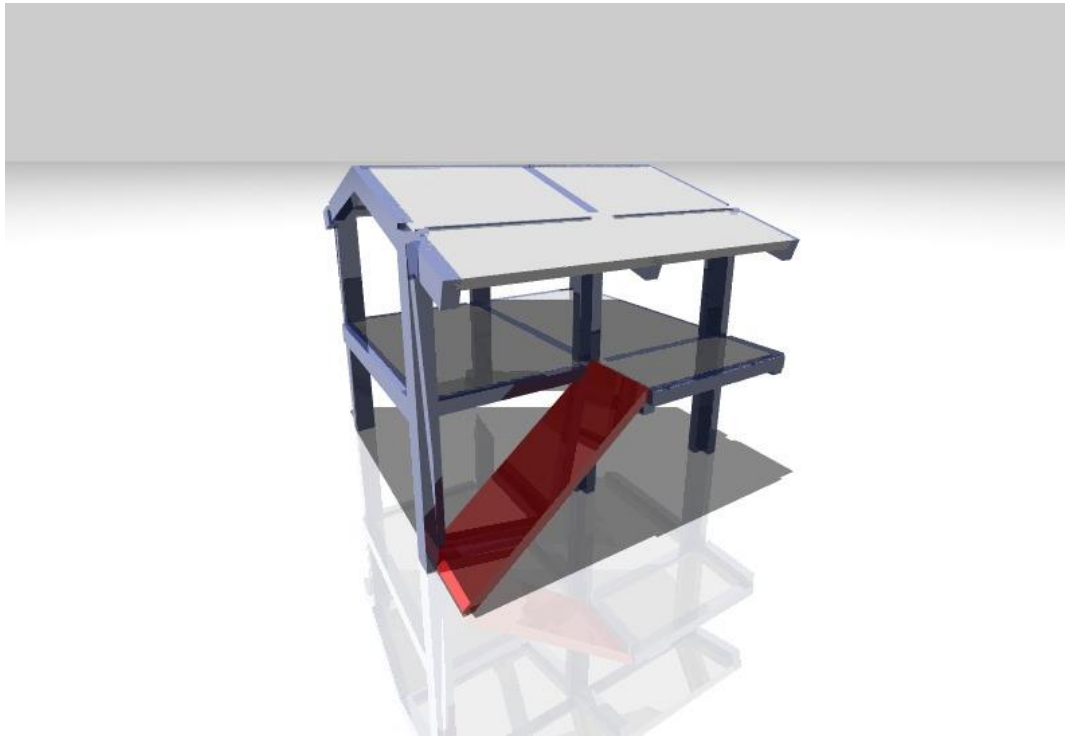
**Figura 27**

*Modelo N° 1 del Pabellón 2 de la I.E. N° 10386*



## **Figura 28**

*Modelo N° 2 del Pabellón 2 de la I.E. N° 10386*



### **j) Asignación de cargas actuantes**

- Se asignaron las cargas actuantes en la estructura, las cuales corresponden a los patrones de carga muerta impuesta y carga viva en los lugares que corresponden.

### **k) Análisis dinámico modal espectral**

- Se verificó el periodo fundamental
- Con el espectro de respuesta se obtuvieron las distorsiones de entrepiso y se comparó con la norma E030

### **l) Análisis dinámico tiempo historia**

- Con las funciones Time history se obtuvieron las distorsiones de entrepiso y se comparó con la norma E030

### **5.6.2. *Procesamiento de datos***

Se realizó en varias etapas usando programas computacionales. En primer lugar, se empleó el programa ViewWave versión 2.2.6 (<http://smo.kenken.go.jp/~kashima/viewwave/>) para el tratamiento de los espectros libres. Este software permitió procesar los acelerogramas y generar los espectros que luego fueron utilizados como entrada en el análisis tiempo-historia.

A continuación, los datos obtenidos de los espectros fueron ingresados en el software de modelamiento estructural ETABS versión 20.1.0, donde se modeló la estructura. En este programa se llevaron a cabo los análisis sísmicos utilizando los métodos “modal espectral” y “tiempo-historia”, y se obtuvieron resultados como las derivas y, desplazamientos bajo las diferentes condiciones sísmicas.

Una vez obtenidos los resultados, los datos fueron procesados utilizando técnicas de agrupamiento, asociación y resumen en Microsoft Excel 2022. Esta herramienta se empleó para organizar y sistematizar los valores, permitiendo una mejor comparación entre los resultados de los dos métodos de análisis sísmico.

### **5.6.3. *Análisis de datos***

Los datos finales fueron analizados y resumidos para facilitar su interpretación y comparación, lo que permitió extraer conclusiones precisas sobre el comportamiento de la edificación ante sismos máximos y frecuentes.

Así mismo, una vez procesados los datos obtenidos de los análisis sísmicos realizados en ETABS, como las derivas, desplazamientos y el cortante basal, estos fueron ingresados en Minitab 2022 para su análisis estadístico. En Minitab se emplearon pruebas de hipótesis y comparación de medias, con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los métodos de análisis modal espectral y tiempo-historia.

A través de este análisis, se evaluó la variabilidad de los datos y su relación con los parámetros de investigación (dirección, módulo, entre otros), lo que permitió verificar si los resultados respaldaban o contradecían la hipótesis.

### **5.7. Aspectos éticos**

Se han aplicado los criterios éticos y de rigor científico de González (2002) que, establece que, la ciencia no solamente busca descubrir conocimientos científicos sino dar solución a problemas sociales por lo que, la información debe ser verás y confiable, siendo así, surgen los siguientes aspectos éticos:

- **Uso adecuado de la información:** Los planos fueron utilizados de manera responsable, respetando la propiedad intelectual y los derechos de quienes los generaron. Toda la información técnica fue empleada con fines investigativos y no se utilizó para ningún otro propósito no autorizado.
- **Transparencia y rigor científico:** Se garantizó que los métodos, procedimientos y resultados fueran expuestos de manera clara y verificable, siguiendo un enfoque riguroso y evitando cualquier manipulación de los datos. El modelado estructural y los análisis sísmicos se realizaron respetando los principios de exactitud técnica y coherencia científica.
- **Respeto por las normativas locales:** En todo momento, el estudio se llevó a cabo según las normas sísmicas vigentes en el país (como la Norma E.030), respetando los lineamientos éticos y legales relacionados con el análisis estructural en el contexto de edificaciones educativas.

## CAPÍTULO VI.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 6.1. Descripción de resultados

##### 6.1.1. *Espectros sísmicos para análisis modal espectral y tiempo – historia*

###### 6.1.1.1. Formación del espectro de respuesta

Se forma a partir de la recolección de datos básicos de la estructura según la norma E.030 (MVCS, 2018), de tal forma, que se utilizan los datos del ZUCS para formar el espectro de diseño.

**Peligro sísmico.** Se determinó la zona en la que se encuentra la ciudad de Chota (Z1, Z2, Z3, Z4), según la norma E.030, siendo la zona 2.

**Perfil del suelo.** En base a la capacidad portante del suelo, se eligió el tipo de perfil del suelo, para poder elegir los parámetros de sitio S, TP y TL, siendo el tipo de perfil S2 suelos intermedios.

**Factor de uso (U).** Al ser una edificación destinada al rubro de educación, tiene la categoría “A”, edificaciones esenciales, por tanto, el factor U es 1.50.

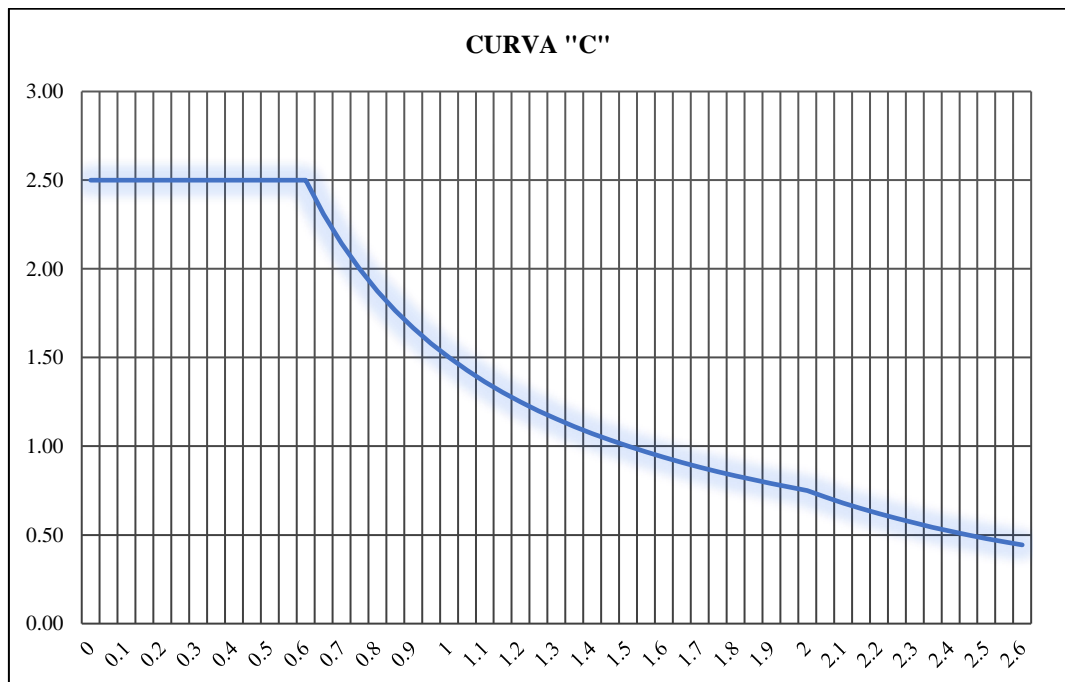
**Coefficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (Ro).** Depende del sistema estructural, pórticos, dual o albañilería armada. En este caso se trata de un sistema aporticado de concreto armado por lo que, se consideró el factor 8.

**Regularidad estructural.** Visualmente se definió que la edificación no presenta irregularidades en planta o altura, por lo que, de acuerdo a la norma E.030 (MVCS, 2018) la edificación se consideró como regular y se tomó el valor de 1.00.

Con todos estos datos de los parámetros sísmicos y de la edificación definidos acorde a la norma E.030 (MVCS, 2018) se formuló el espectro de diseño el cual se utilizó para el análisis sísmico modal espectral de la estructura.

**Tabla 17***Parámetros para la Formación del Espectro de Diseño*

Descripción	Símbolo	Valor		Unid.	Observación
		X	Y		
Factor de zona	Z	0.25	0.25		Chota, Z2
Factor de uso e importancia.	U	1.5	1.5		Cat. "A2"-Edificaciones Esenciales
Factor de suelo.	S	1.2	1.2		Suelos Intermedios $q_a=1$ , S2
Coefficiente de reducción de solicitaciones sísmicas inicial.	R0	8	8		Sistema de Pórticos De Concreto Armado en dirección X y en dirección Y
Factor de Irregularidad en Altura	Ia	1	1		No presenta irregularidad
Factor de Irregularidad en Planta	Ip	1	1		No presenta irregularidad
Coefficiente de reducción de solicitaciones sísmicas final.	R	8	8		$R=R_0 * I_a * I_p$
Gravedad	g	9.81	9.81	m/seg <sup>2</sup>	
Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento constante	TL	2	2	seg	
Periodo que define la plataforma del espectro.	TP	0.6	0.6	seg	

**Figura 29***Espectro de Respuesta*

### 6.1.1.2. Análisis de sismos máximos y frecuentes para el análisis tiempo – historia

Se obtuvieron los registros sísmicos de los movimientos telúricos más recurrentes y de los eventos telúricos máximos suscitados en el país y en Cajamarca, luego fueron procesados en el programa ViewWave versión 2.2.6 donde se ha realizado el filtrado de ruido de los tres pares de sismos, para luego importar estos sismos corregidos al software ETABS, donde se realizó el escalamiento de los sismos en función del espectro de diseño.

Se han analizado los sismos de Loreto (26 de junio de 2019), Amazonas (28 de noviembre, 2021) y Cajamarca (03 de agosto de 2020).

**Tabla 18**

*Descripción de los Eventos Sísmicos Máximos y Frecuentes*

Sismo	Loreto	Cajamarca	Amazonas
Fecha	26 de junio de 2019	03 de agosto de 2020	28 de noviembre, 2021
Provincia	Loreto	San Marcos	Marañón (Loreto)
Magnitud	8.0	4.5	7.5
Epicentro	75 km sureste de Lagunas, Loreto	21 km de la ciudad de San Marcos	98 km de Santa María de Nieva

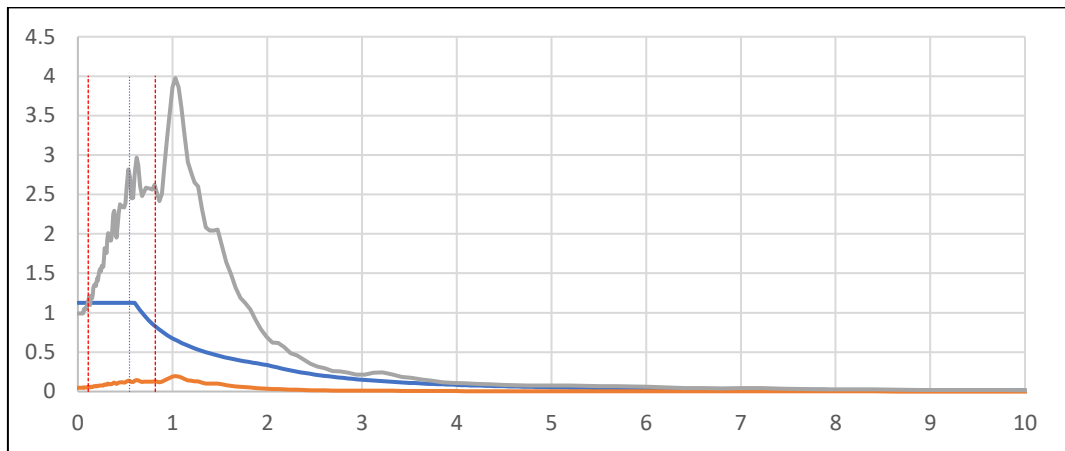
**Tabla 19**

*Casos de Carga Sísmica*

Sismos	Casos	X	Y	Nº de puntos	Intervalo de tiempo	Factor escalamiento (FE)
Loreto (26 de junio de 2019)	1	EO	NS	25583	0.02	20.35
	2	NS	EO	25583	0.02	20.35
Cajamarca (03 de agosto de 2020)	Caso 1	EO	NS	12001	0.02	3554.07
	Caso 2	NS	EO	12001	0.02	3554.07
Amazonas (28 de noviembre, 2021)	Caso 1	EO	NS	25001	0.01	45.41
	Caso 2	NS	EO	25001	0.01	45.41

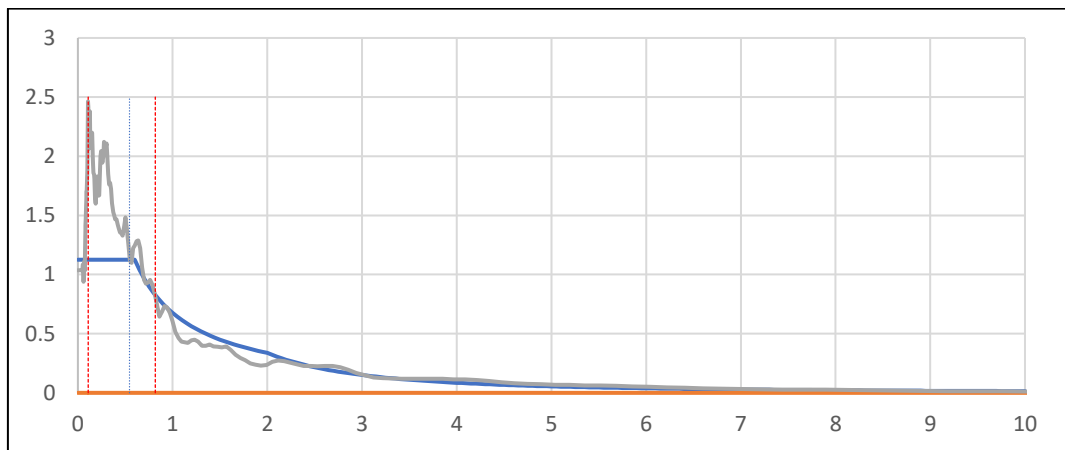
**Figura 30**

*Espectro del Sismo de Loreto*



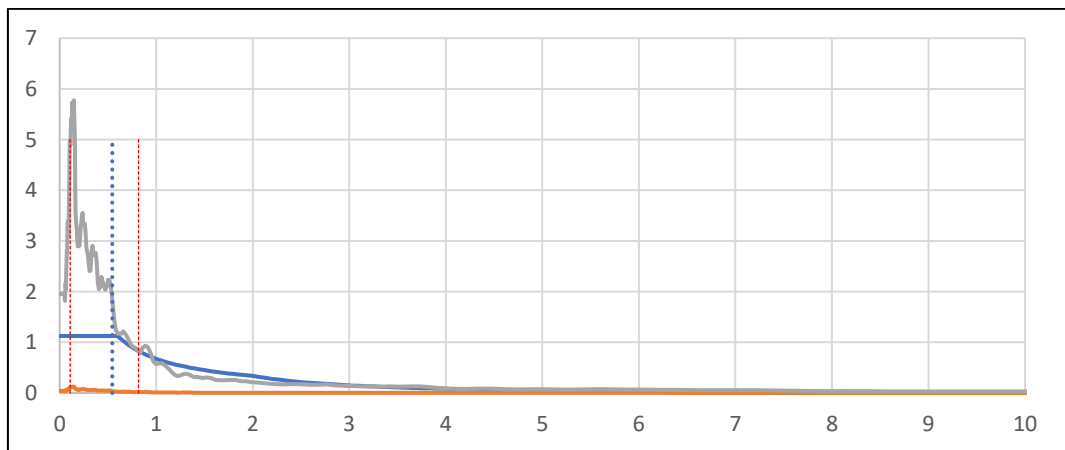
**Figura 31**

*Espectro del Sismo de Cajamarca*



**Figura 32**

*Espectro del Sismo de Amazonas*



### 6.1.2. *Análisis sísmico dinámico modal espectral*

El Módulo 1 no cumple con los criterios de la norma E.030, ya que el porcentaje de la cortante dinámica es inferior al 80% y la deriva en la dirección Y es superior al 0.7%. Mientras que, el Módulo 2 cumple con el criterio de la norma E.030 para el porcentaje de la cortante dinámica, pero no cumple con el criterio de las derivas máximas, ya que ambas derivas son superiores al 0.7%. Siendo así, el Módulo 1 falla tanto en el criterio de la cortante dinámica como en el de deriva en la dirección Y, lo que lo hace más vulnerable a fallas estructurales durante un sismo. Por otro lado, el Módulo 2, aunque cumple con el criterio de cortante dinámica, excede los límites de deriva en ambas direcciones, lo que puede generar problemas de seguridad relacionados con la deformación excesiva de la estructura. Ambos módulos requieren ajustes para cumplir plenamente con los criterios de la norma E.030 y asegurar un comportamiento sísmico adecuado.

**Tabla 20**

*Análisis Modal Espectral para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Edificio de la I.E. N° 10386	Análisis modal espectral			
	Módulo N° 1		Módulo N° 2	
Dirección	X	Y	X	Y
Cortante en la base (ton) Estática	18.35	18.35	33.46	33.46
Cortante en la base (ton) Dinámica	9.46	12.98	30.25	28.10
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	51.5%	70.7%	90.4%	84.0%
Factor de escala	1.55	1.13	1.00	1.00
Momento volcante (ton-m)	51.489	70.532	181.52	168.61
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	4.50	4.75	6.37	10.13
Deriva máxima (%)	0.65%	0.99%	0.99%	1.64%

### 6.1.2.1.Módulo 1

El módulo 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca presenta cortante estática en la base igual a 18.35 ton en la dirección X e Y, por tanto, es igual en ambas direcciones, pero la cortante dinámica equivale a 9.46 ton y 12.98 ton, en X e Y respectivamente. Siendo, el porcentaje de la cortante dinámica del 51.5% en la dirección X y del 70.7% en la dirección Y; por lo que, estos valores no cumplen con el criterio de la norma E.030 (MVCS, 2018), ya que deberían ser superiores al 80%. Dado ello, en ambas direcciones se aplicaron coeficientes de amplificación sísmica de 1.05 en X y 1.15 en Y, ajustando así el análisis a las exigencias normativas.

**Tabla 21**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Módulo N° 1	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante		
Estática	18.35	18.35
Dinámica	9.46	12.98
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	51.5%	70.7%
Factor de escala	1.55	1.13

El momento volcante del módulo 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca asciende a 51.49 ton-m y 70.53 ton-m en la dirección X e Y, respectivamente, este representa el efecto resultante de las fuerzas laterales sísmicas que actúan sobre la estructura, generando la tendencia a inclinar la estructura, siendo esa la máxima capacidad de la edificación. Así mismo, las diferencias en los valores entre las direcciones X e Y reflejan cómo la estructura responde de manera diferente a las fuerzas sísmicas dependiendo de la dirección.

**Tabla 22**

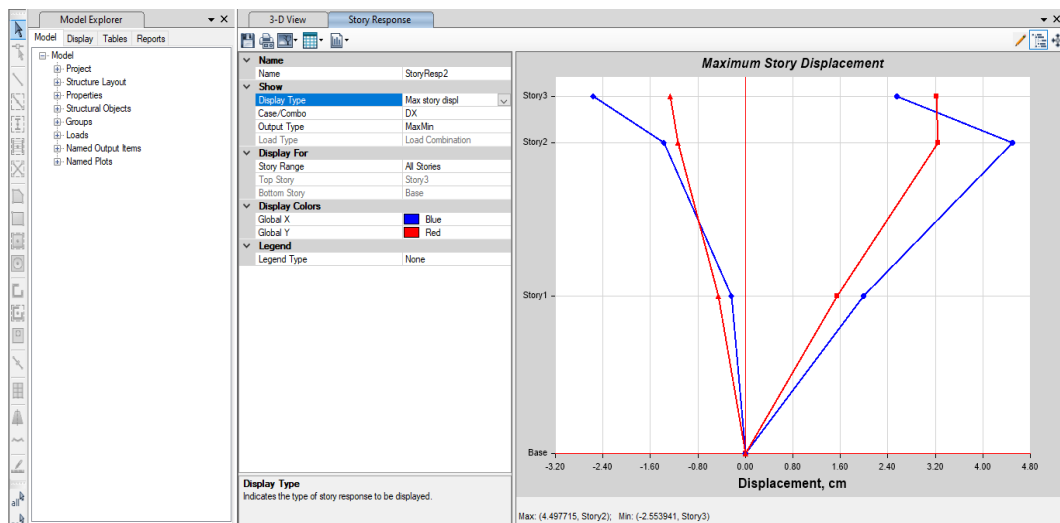
*Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Módulo N° 1	Dirección	
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	9.456	12.982
Momento volcante (ton-m)	51.489	70.532
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	4.50	4.75
Deriva máxima (%)	0.65%	0.99%

El desplazamiento máximo inelástico del módulo 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca es 4.5 cm en X y de 4.75 cm en Y, este es la máxima deformación permanente que sufre la estructura al ver excedida su capacidad elástica. Estas diferencias entre las dos direcciones (X e Y) sugieren una ligera mayor vulnerabilidad en la dirección Y, lo cual puede deberse a la configuración estructural o a cómo las fuerzas sísmicas impactan en la estructura en esa orientación.

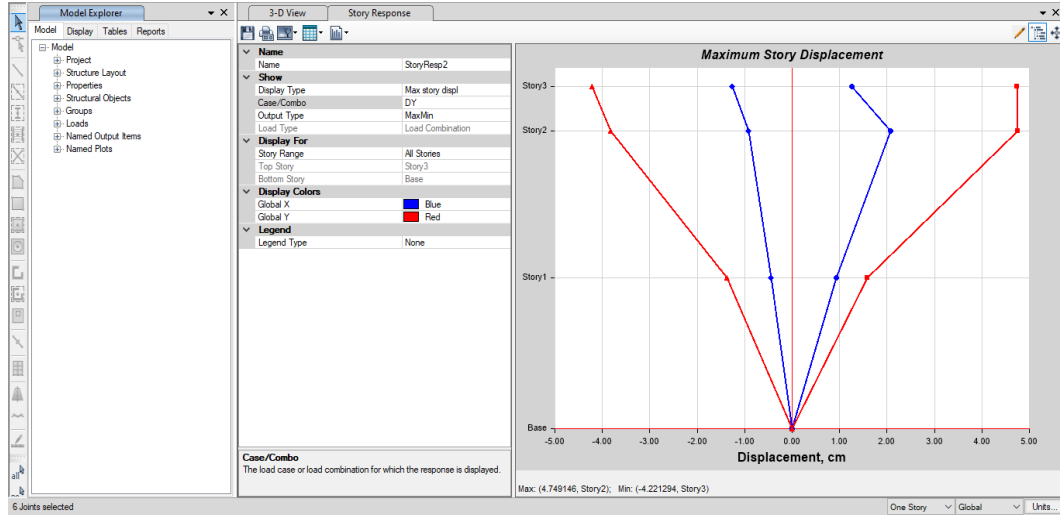
**Figura 33**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 4.5 cm, Módulo N° 1*



**Figura 34**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 4.75 cm, Módulo N° 1*



Así mismo, la deriva máxima en X es del 0.65% y en Y es del 0.99%, por lo que, la deriva en la dirección Y no cumple con el criterio de la norma E.030 (MVCS, 2018), ya que debe ser menor a 0.7%, esto significa que la estructura frente a eventos sísmicos de diseño experimentará deformaciones excesivas, lo que puede sobrecargar elementos como vigas, columnas y conexiones, aumentando el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente en caso de eventos sísmicos, e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

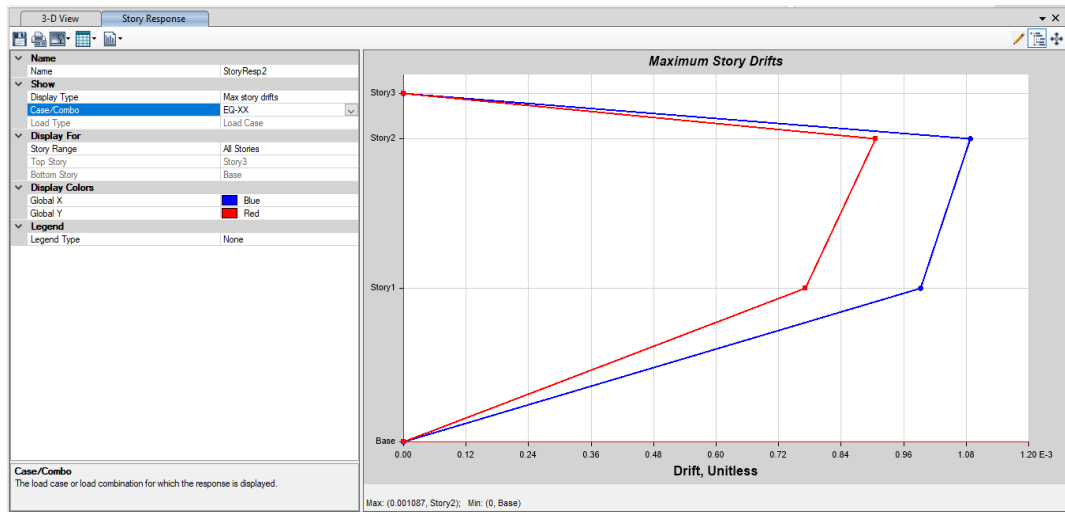
**Tabla 23**

*Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Rx= 8	
				Deriva	*0.75*R < 0.007
3	EQ-XX	X	0.000000	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	0.001087	0.65%	<b>Si</b>
1	EQ-XX	X	0.000992	0.60%	<b>Si</b>

**Figura 35**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección X, Módulo N° 1*



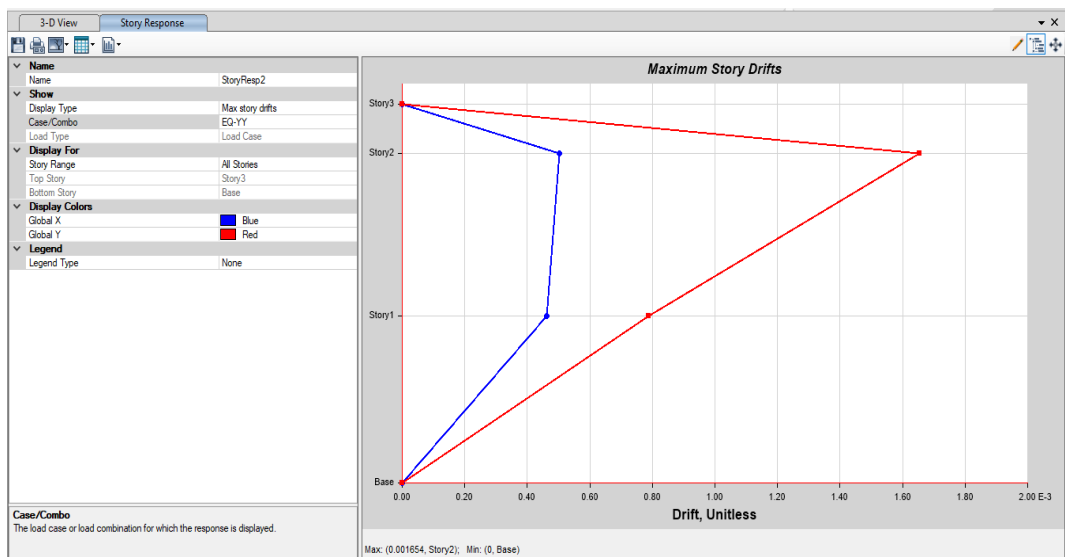
**Tabla 24**

*Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Ry= 8	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
3	EQ-YY	Y	0.000000	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	0.001654	0.99%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	0.000787	0.47%	<b>Si</b>

**Figura 36**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1*



### 6.1.2.2.Módulo 2

El módulo N° 2 .E. N° 10386 presenta cortante estática en la base en la dirección X e Y de 33.46 ton en ambas direcciones, mientras que, su cortante dinámica varía de acuerdo a la dirección, siendo 30.25 ton en X y 28.10 ton en Y. Esto representa porcentaje de la cortante dinámica del 90.4% en la dirección X y del 84.0% en la dirección Y, valores que cumplen con el criterio de la norma E.030, ya que son superiores al 80%, por tanto, no se requieren de factores de escala para asegurar el cumplimiento de las fuerzas cortantes.

**Tabla 25**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Módulo N° 2	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	X	Y
Cortante		
Estática	33.46	33.46
Dinámica	30.25	28.10
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	90.4%	84.0%
Factor de escala	1.00	1.00

El momento volcante del módulo 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca asciende a 181.52 ton-m y 168.61 ton-m en la dirección X e Y, respectivamente, este representa el efecto resultante de las fuerzas laterales sísmicas que actúan sobre la estructura, generando la tendencia a inclinar la estructura, siendo esa la máxima capacidad de la edificación. Así mismo, las diferencias en los valores entre las direcciones X e Y reflejan cómo la estructura responde de manera diferente a las fuerzas sísmicas dependiendo de la dirección.

**Tabla 26**

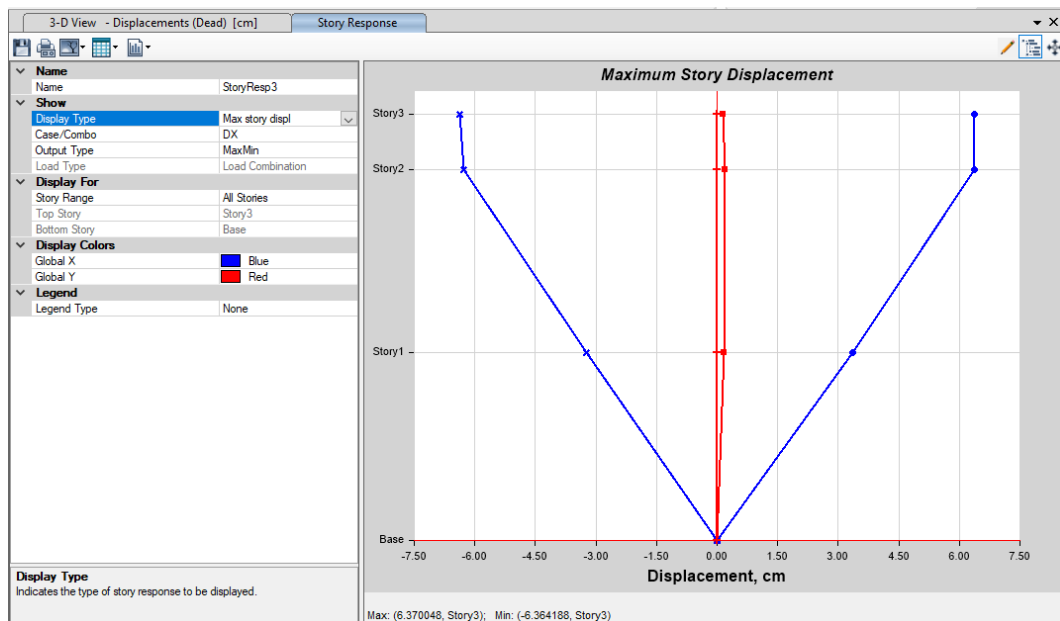
*Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Módulo N° 2	Dirección	
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	30.25	28.10
Momento volcante (ton-m)	181.52	168.61
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	6.37	10.13
Deriva máxima (%)	0.99%	1.64%

El desplazamiento máximo inelástico es de 6.37 cm en X y de 10.13 cm en Y. Esto significa que, en Y presenta un mayor límite de deformación, sin embargo, este límite representa la máxima deformación permanente que sufre la estructura al ver excedida su capacidad elástica, es decir no recuperará su posición, sino que a partir de ese desplazamiento la estructura se encontrará en riesgo de falla.

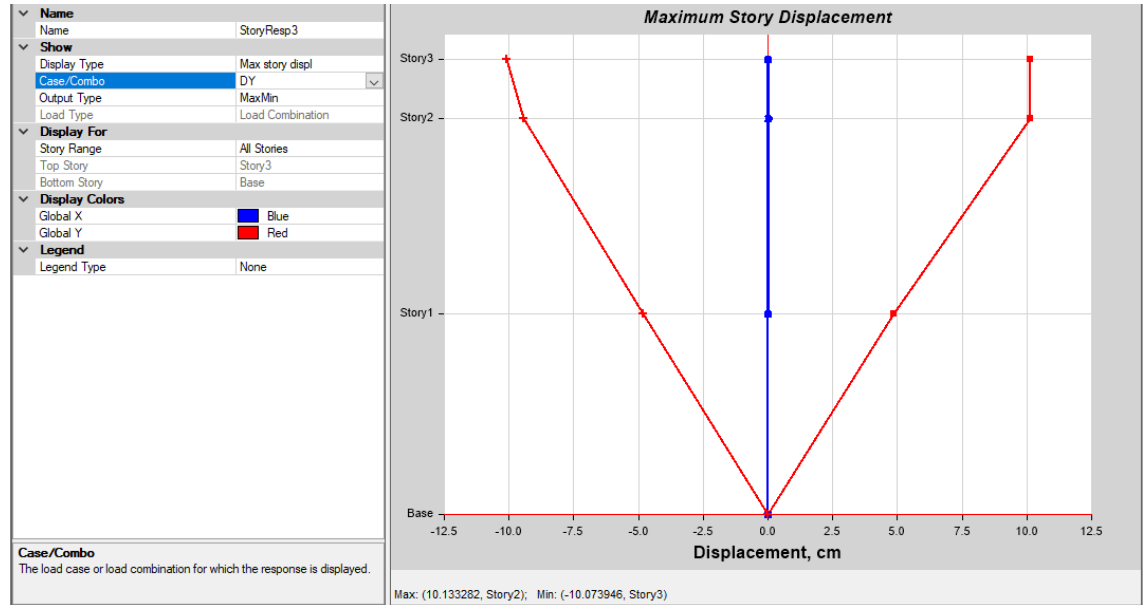
**Figura 37**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 6.37 cm, Módulo N° 2*



**Figura 38**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 10.13 cm, Módulo N° 2*



La deriva máxima en X es del 0.99% y en Y es del 1.64%. Ambas derivas no cumplen con el criterio de la norma E.030, ya que deben ser menores a 0.7%. Esto significa que, la estructura frente a eventos sísmicos de diseño experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente en caso de eventos sísmicos, e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

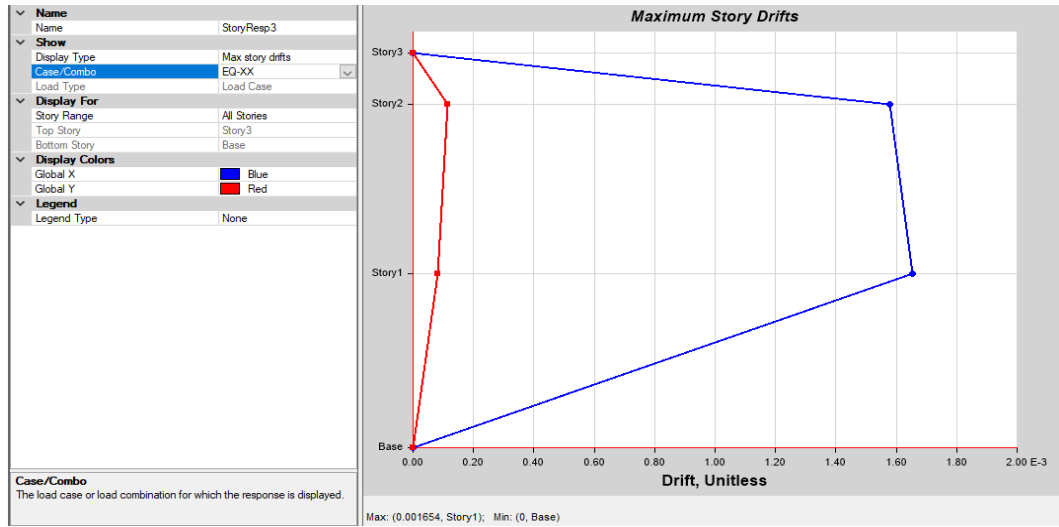
**Tabla 27**

*Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Rx= 8	
				Deriva	*0.75*R < 0.007
3	EQ-XX	X	0.000000	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	0.001580	0.95%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	0.001654	0.99%	<b>No</b>

**Figura 39**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección X , Módulo N° 2*



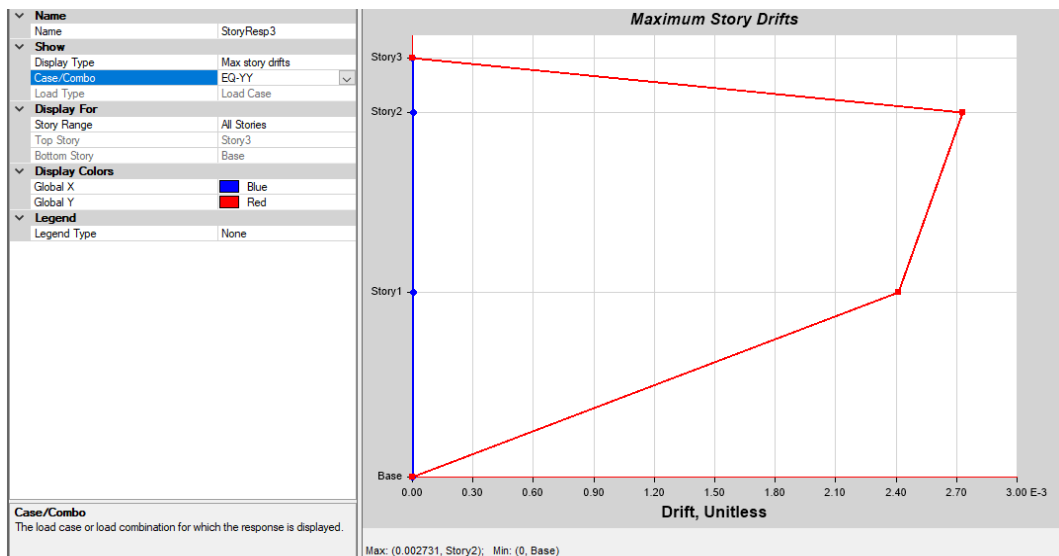
**Tabla 28**

*Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Deriva	Ry= 8	
				Deriva *0.75*R	< 0.007
3	EQ-YY	Y	0.000000	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	0.002731	1.64%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	0.002414	1.45%	<b>No</b>

**Figura 40**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Dirección Y, Módulo N° 2*



### 6.1.3. *Análisis sísmico dinámico tiempo – historia*

En general, el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca presenta porcentajes de cortante dinámica que cumplen con los requisitos de la norma E.030 para todos los sismos y módulos analizados. Mientras que, las derivas máximas exceden el límite establecido de 0.7% en la mayoría de los casos, especialmente en el sentido Y, lo que, indica que la estructura del Pabellón N° 2 tendría un comportamiento inadecuado ante eventos sísmicos en este sentido, especialmente aquellos de mayor intensidad como: sismo de Amazonas y Loreto.

#### **Tabla 29**

*Detalles del Análisis Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Módulos	N° 1 y N° 2
Sismos	Amazonas, Loreto, Cajamarca
Sentidos	Oeste – Este y Norte – Sur
Dirección	X e Y

Para un evento telúrico como el sismo de Amazonas, en el módulo N° 1 el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (719%) como en el sentido Y (1012%); sin embargo, la deriva máxima excede el límite establecido de 0.7% en el sentido X (1.45%) y en el sentido Y (0.99%). Así mismo, en el módulo N° 2 el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (663%) como en el sentido Y (543%), sin embargo, la deriva máxima excede el límite establecido de 0.7% en ambos sentidos: X (1.30%) e Y (2.00%).

Para un evento telúrico como el sismo de Loreto, en el módulo N° 1 el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (510%) como en el sentido Y (944%). La deriva máxima

excede el límite establecido de 0.7% en el sentido Y (1.75%), y en el sentido X (0.95%). Así mismo, en el módulo N° 2, el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (639%) como en el sentido Y (1438%), pero la deriva máxima excede el límite establecido de 0.7% en ambos sentidos: X (1.1%) e Y (4.3%).

Para un evento telúrico como el sismo de Cajamarca, en el módulo N° 1 el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (450%) como en el sentido Y (482%), así mismo, algunas de las deriva máxima se encuentran dentro del límite establecido de 0.7% en ambos sentidos, aunque en el piso N° 2 no cumplen debido a que, alcanzan respectivamente en: X (0.72%) e Y (0.99%). Pero, en el módulo N° 2 si bien el porcentaje de la cortante dinámica cumple con los requisitos de la norma E.030 tanto en el sentido X (767%) como en el sentido Y (681%); la deriva máxima excede el límite establecido de 0.7% en ambos sentidos: X (1.4%) e Y (2.2%).

### **Tabla 30**

*Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E.*

*N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Amazonas*

Edificio de la I.E. N° 10386	Análisis sísmico dinámico modal espectral			
	Módulo N° 1		Módulo N° 2	
	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y	X	Y
Dirección	X	Y	X	Y
Cortante en la base (ton) Estática	18.352	18.352	33.459	33.459
Cortante en la base (ton) Dinámica	131.981	185.70	221.955	181.846
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	719%	1012%	663%	543%
Factor de escala	1	1	1	1
Momento volcante (ton-m)	829.46	770.58	1270.957	936.863
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	8.12	8.28	8.10	10.97
Deriva máxima (%)	1.45%	0.99%	1.30%	2.00%

**Tabla 31***Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E.**N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Loreto*

Edificio de la I.E. N° 10386	Análisis sísmico dinámico modal espectral			
	Módulo N° 1		Módulo N° 2	
	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur
Módulo	X	Y	X	Y
Cortante en la base (ton) Estática	18.352	18.352	33.459	33.459
Cortante en la base (ton) Dinámica	93.65	173.20	213.734	481.152
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	510%	944%	639%	1438%
Factor de escala	1	1	1	1
Momento volcante (ton-m)	517.10	914.25	1087.564	2545.834
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	6.46	9.00	7.20	28.35
Deriva máxima (%)	0.95%	1.75%	1.1%	4.3%

**Tabla 32***Análisis Sísmico Dinámico Tiempo – Historia para el Pabellón N° 2 de la I.E.**N° 10386 Cuyumalca, Sismo de Cajamarca*

Edificio de la I.E. N° 10386	Análisis sísmico dinámico modal espectral			
	Módulo N° 1		Módulo N° 2	
	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur
Módulo	X	Y	X	Y
Cortante en la base (ton) Estática	18.352	18.352	33.459	33.459
Cortante en la base (ton) Dinámica	82.50	88.47	256.495	227.739
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	450%	482%	767%	681%
Factor de escala	1	1	1	1
Momento volcante (ton-m)	496.72	452.93	1383.537	1229.424
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	4.99	4.84	9.12	13.82
Deriva máxima (%)	0.72%	0.99%	1.4%	2.2%

### 6.1.3.1. Módulo N° 1

El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Amazonas alcanza la cortante dinámica de 131.98 ton en X sentido oeste – Este y 185.70 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 719% y 1012%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 33**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas*

Módulo N° 1	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y
Cortante		
Estática	18.352	18.352
Dinámica	131.981	185.70
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	719%	1012%
Factor de escala	1	1

El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Amazonas alcanza desplazamiento inelástico máximo de 8.12 y 8.28 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

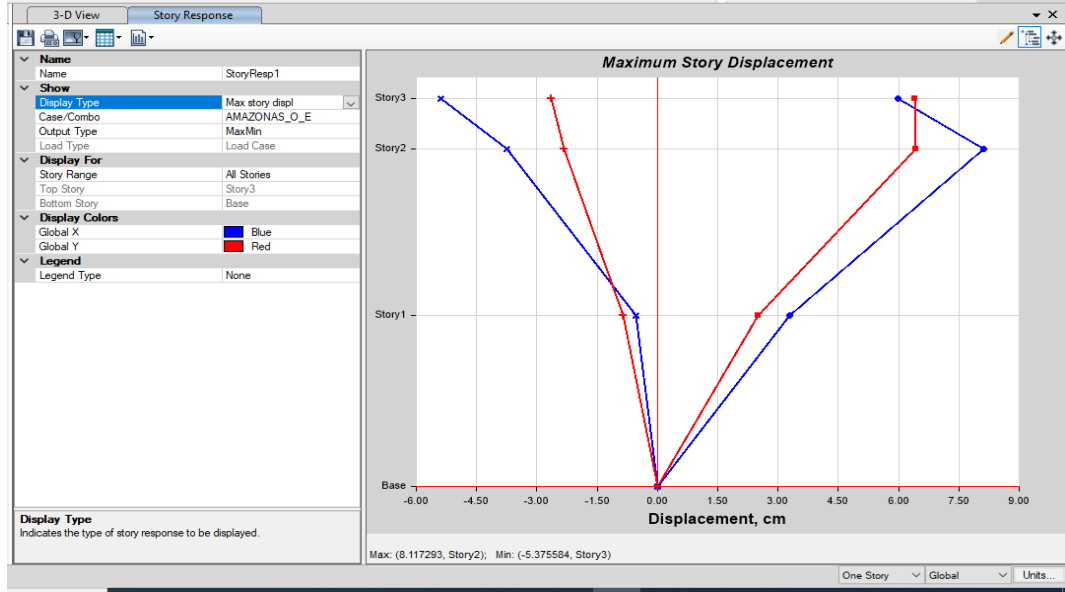
**Tabla 34**

*Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas*

Módulo N° 1	Dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	131.981	185.70
Momento volcante (ton-m)	829.46	770.58
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	8.12	8.28
Deriva máxima (%)	1.45%	0.99%

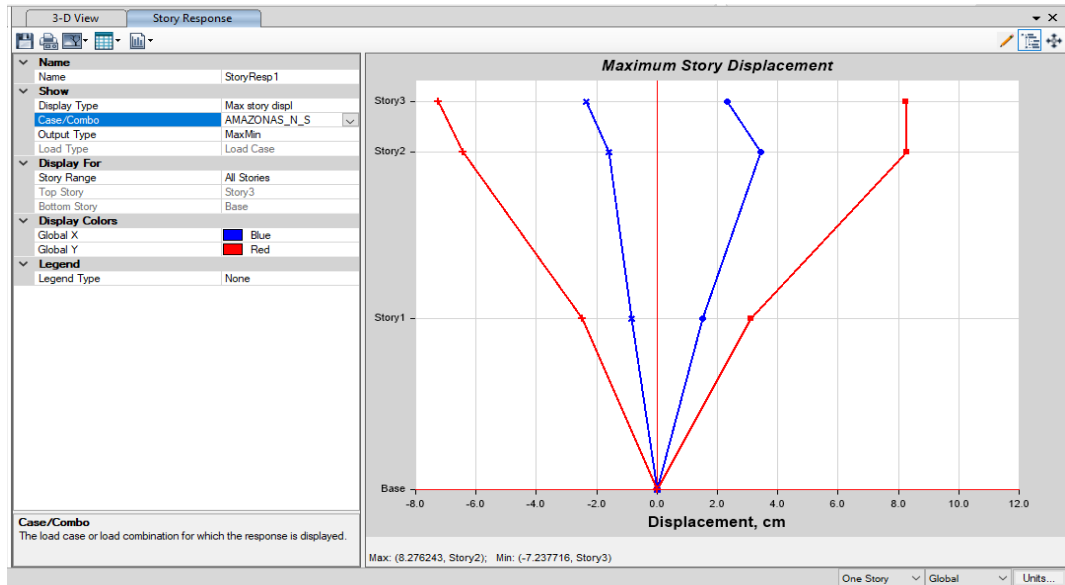
**Figura 41**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 8.12 cm, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este*



**Figura 42**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 8.28 cm, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Amazonas alcanza derivas máximas en el sentido X de 1.45%, y en el sentido Y de 1.82%, superando el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, pero además de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) para un análisis tiempo – historia las derivas no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas incumplirían este parámetro, superando este límite. Esto indica que, la estructura frente un sismo como el de Amazonas experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

**Tabla 35**

*Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas*

*Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	1.45%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	0.98%	<b>No</b>

**Tabla 36**

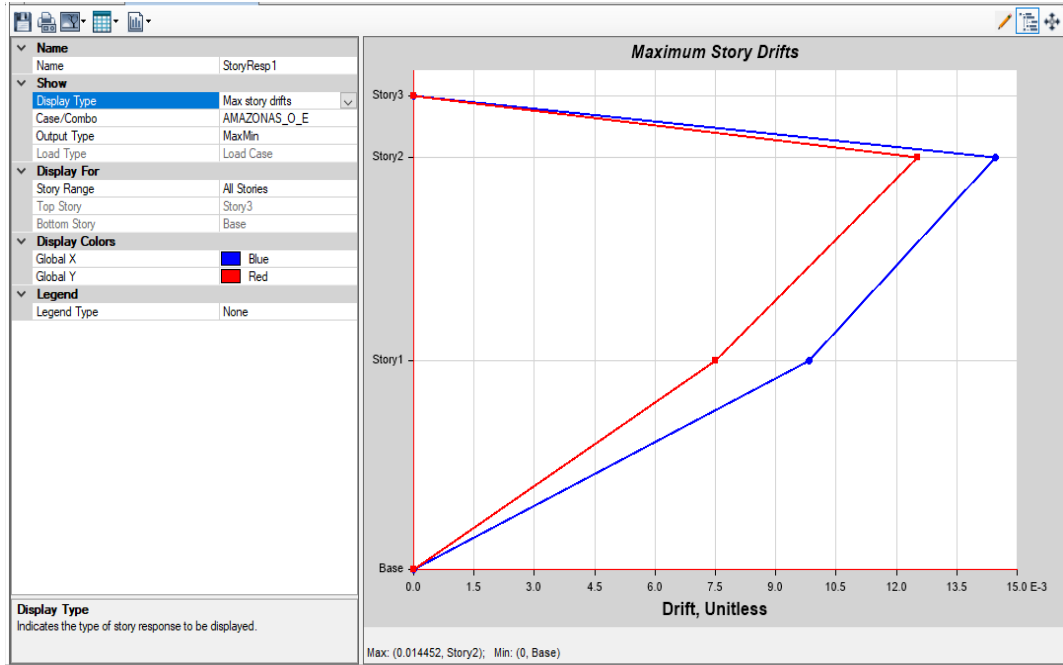
*Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas,*

*Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	1.82%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	0.93%	<b>No</b>

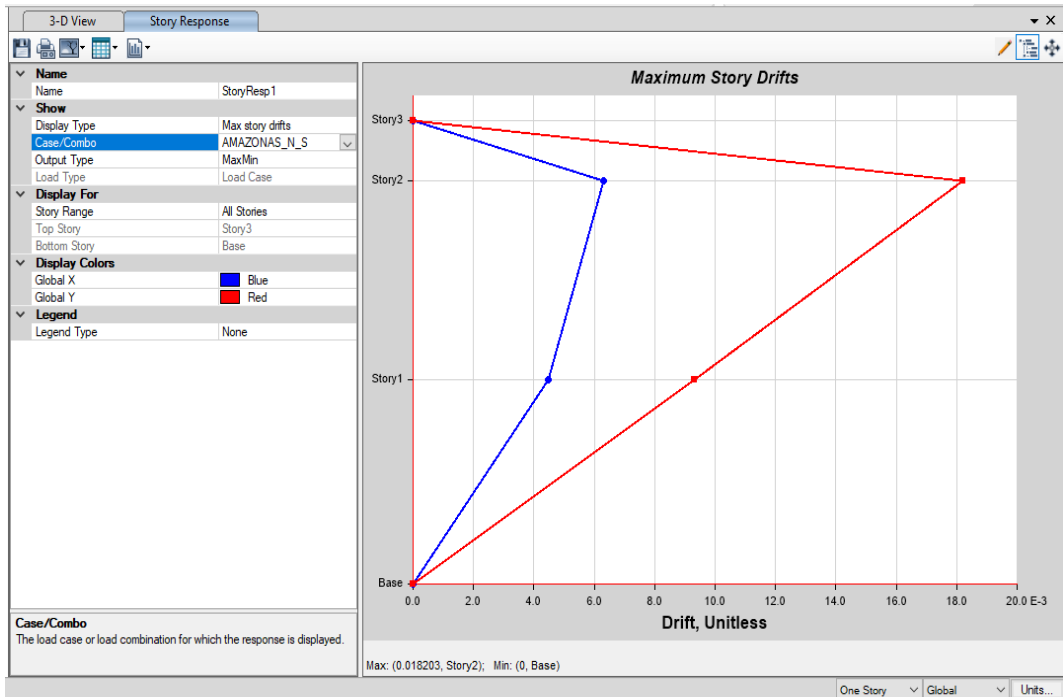
**Figura 43**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este*



**Figura 44**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Loreto alcanza la cortante dinámica de 93.65 ton en X sentido oeste – Este y 173.20 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 510% y 944%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 37**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto*

Sentido Cortante	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este X	Norte – Sur Y
Estática	18.352	18.352
Dinámica	93.65	173.20
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	510%	944%
Factor de escala	1	1

El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Loreto alcanza desplazamiento inelástico máximo de 8.12 y 8.28 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

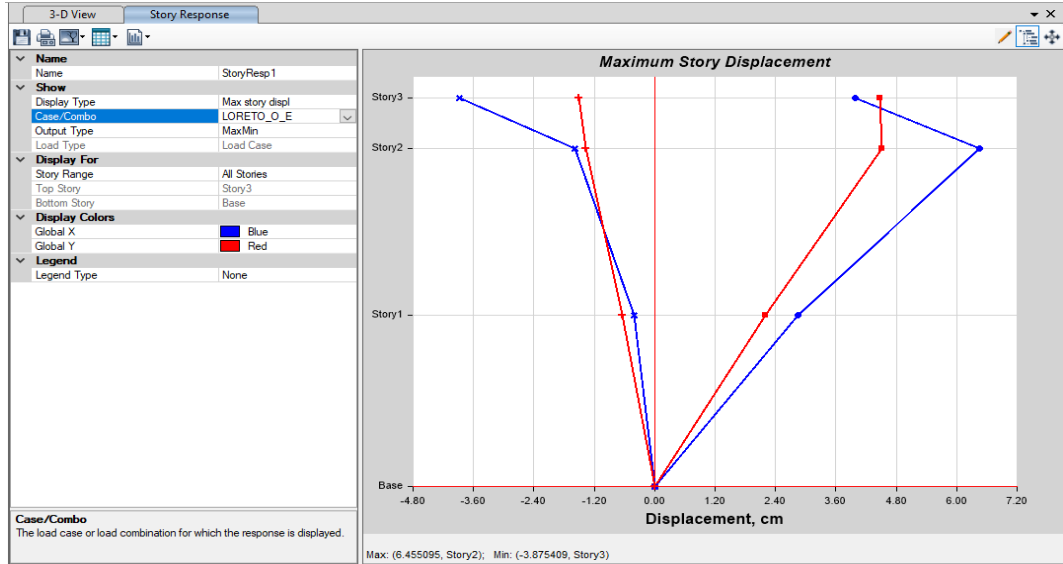
**Tabla 38**

*Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto*

Módulo N° 1	Dirección	
	Oeste – Este XX	Norte – Sur YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	93.65	173.20
Momento volcante (ton-m)	517.10	914.25
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	6.46	9.00
Deriva máxima (%)	0.95%	1.75%

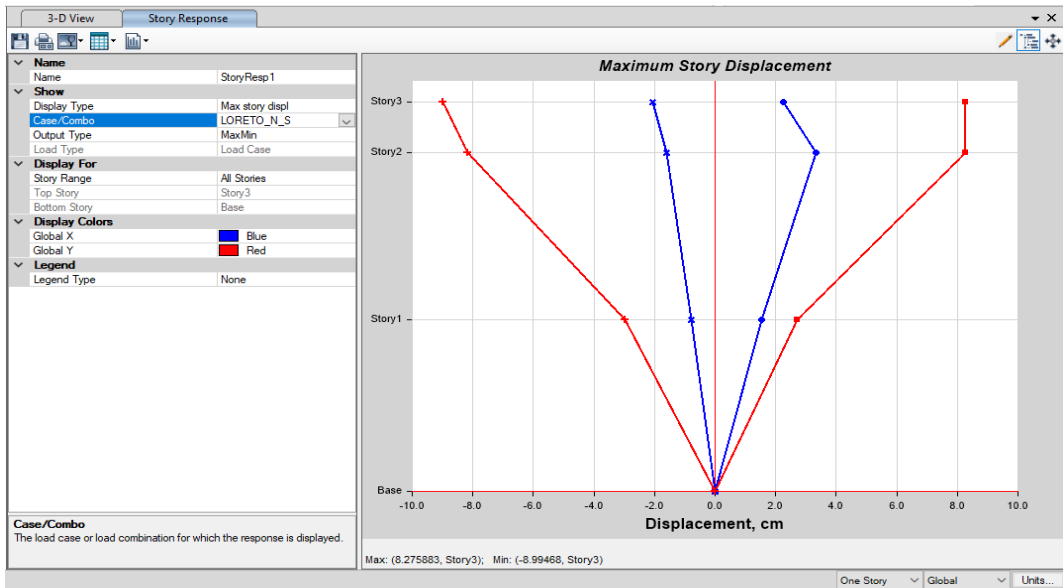
**Figura 45**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en  $X = 6.46$  cm, Módulo N° 1, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*



**Figura 46**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en  $Y = 9.00$  cm, Módulo N° 1, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Loreto alcanza derivas máximas en el sentido X de 0.95%, y en el sentido Y de 1.75%, superando el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, pero además de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) para un análisis tiempo – historia las derivas no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas incumplirían este parámetro, superando este límite. Esto indica que, la estructura frente un sismo como el de Loreto experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

**Tabla 39**

*Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	0.95%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	0.85%	<b>No</b>

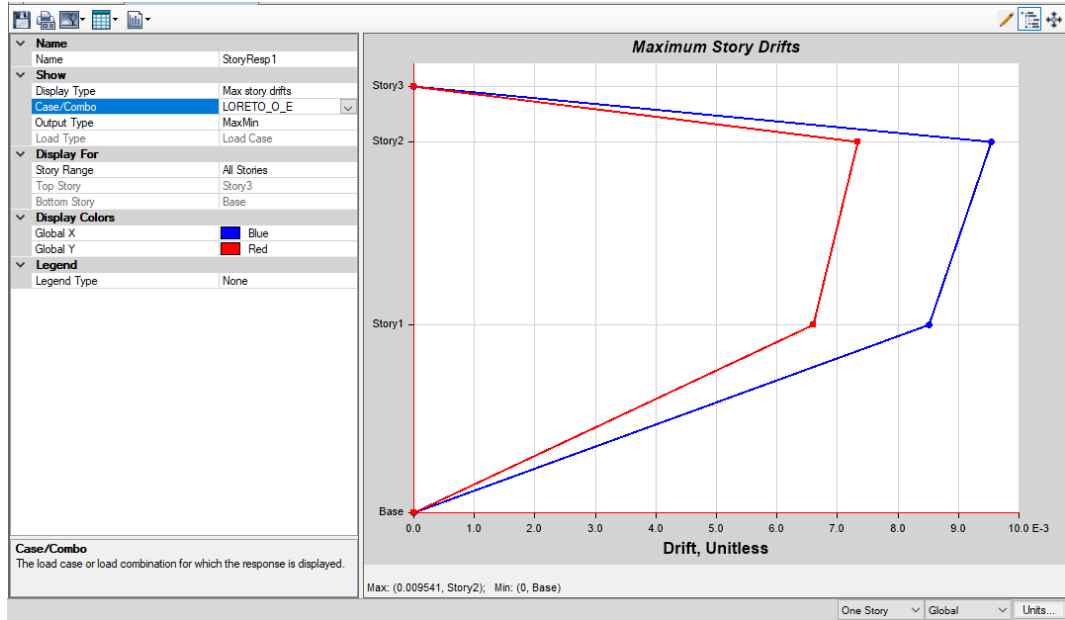
**Tabla 40**

*Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	1.75%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	0.81%	<b>No</b>

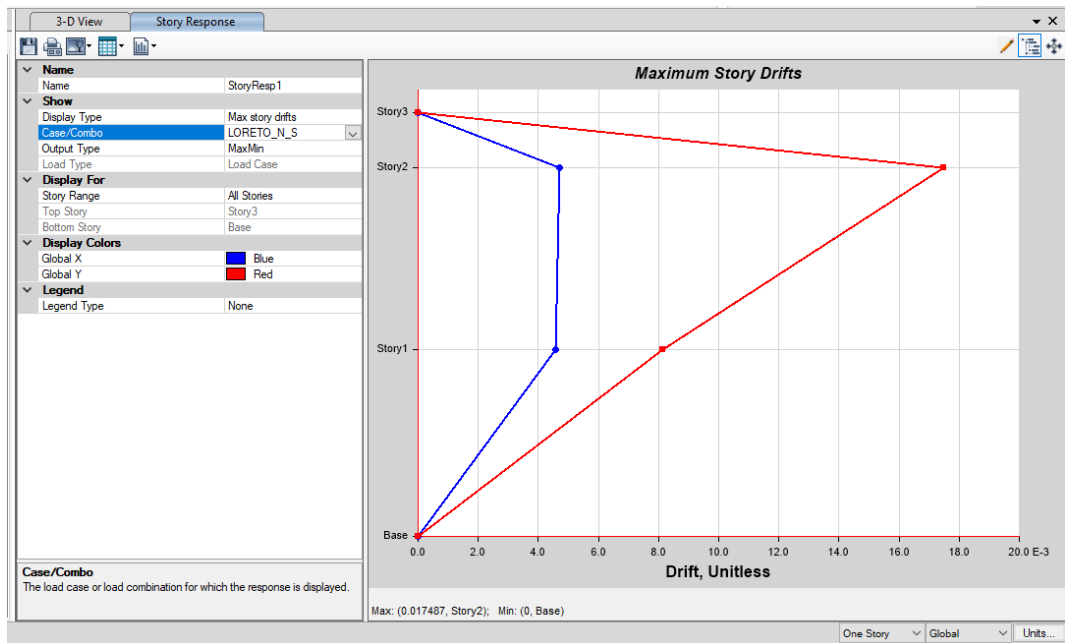
**Figura 47**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 1, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*



**Figura 48**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Cajamarca alcanza la cortante dinámica de 82.50 ton en X sentido oeste – Este y 88.47 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 450% y 482%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 41**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca*

Módulo N° 1	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y
Cortante		
Estática	18.352	18.352
Dinámica	82.50	88.47
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	450%	482%
Factor de escala	1	1

El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Cajamarca alcanza desplazamiento inelástico máximo de 4.99 y 4.84 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

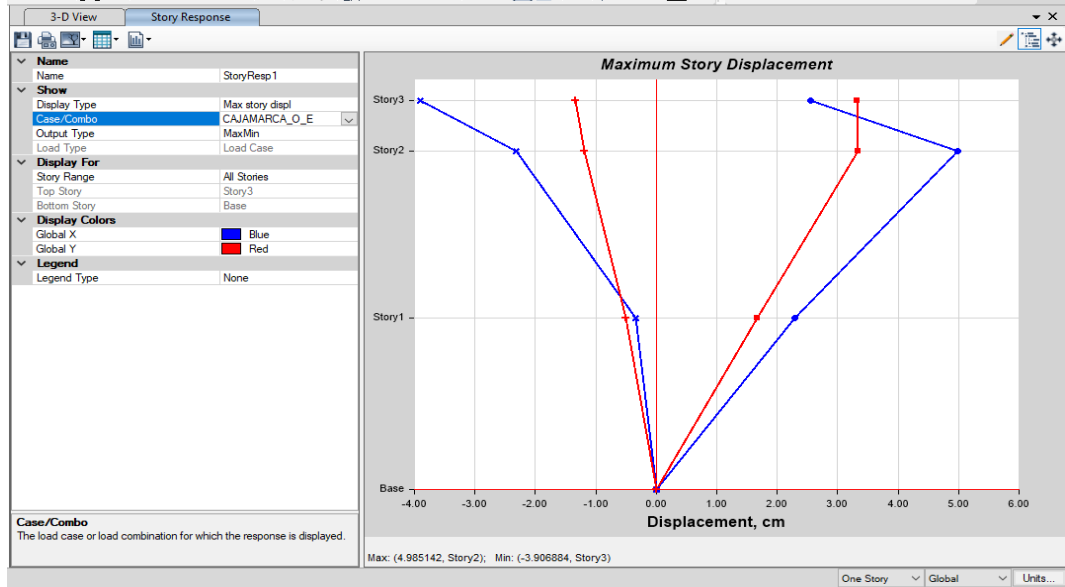
**Tabla 42**

*Desplazamientos para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca*

Módulo N° 1	Dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	82.50	88.47
Momento volcante (ton-m)	496.72	452.93
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	4.99	4.84
Deriva máxima (%)	0.72%	0.99%

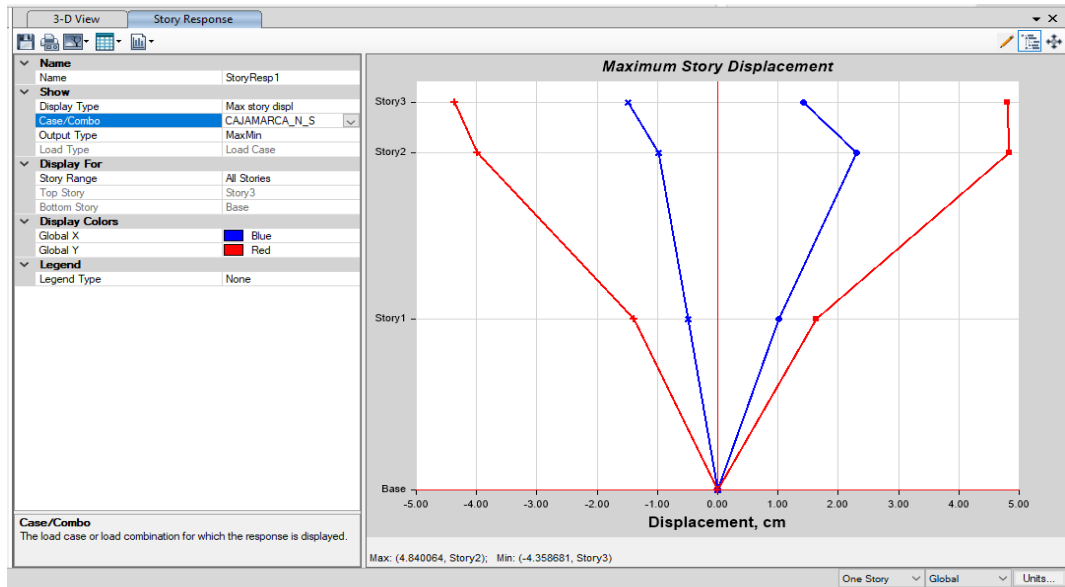
**Figura 49**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 4.99 cm, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este*



**Figura 50**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 4.84 cm, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 1 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Cajamarca alcanza derivas máximas en el sentido X de 0.68%, y en el sentido Y de 0.49%, cumpliendo con el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, a excepción del piso 2 donde las derivas son relativamente más elevadas, pero de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) que es un estándar internacional más estricto no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas en X, incumplirían este parámetro, mientras que, en Y solamente la deriva en el segundo nivel estaría fuera del rango normativo. Esto indica que, la estructura frente un sismo máximo como el de Cajamarca experimentará deformaciones, pero estas no comprometen la estabilidad global de la edificación, sino que se deben reforzar los elementos estructurales del segundo nivel.

**Tabla 43**

*Deriva en X para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca*

*Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	0.72%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	0.68%	<b>Si</b>

**Tabla 44**

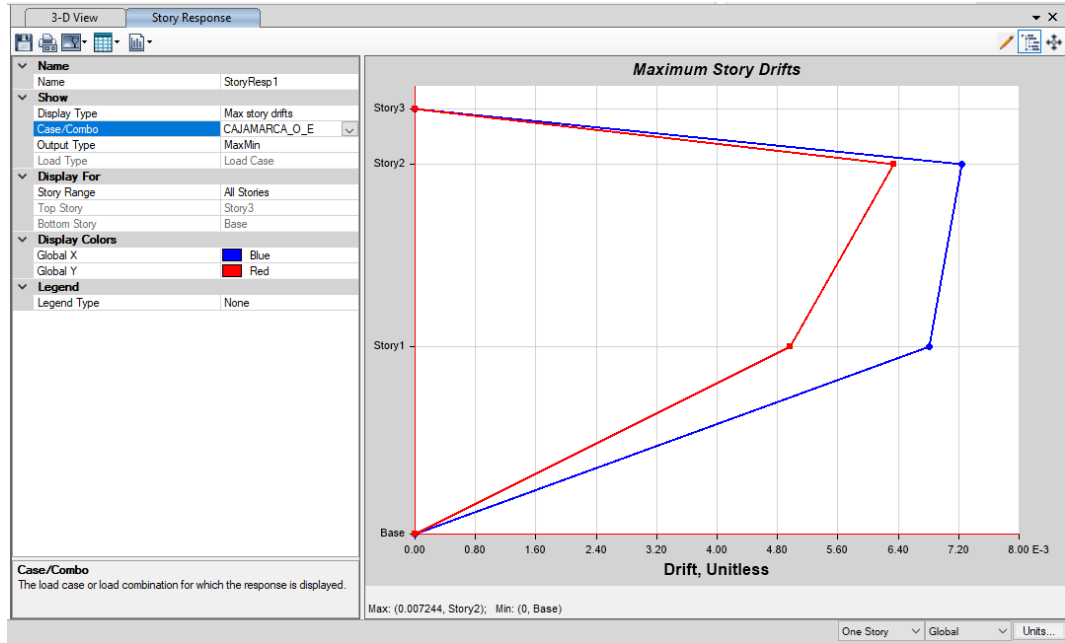
*Deriva en Y para el Módulo N° 1 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca,*

*Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	0.98%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	0.49%	<b>Si</b>

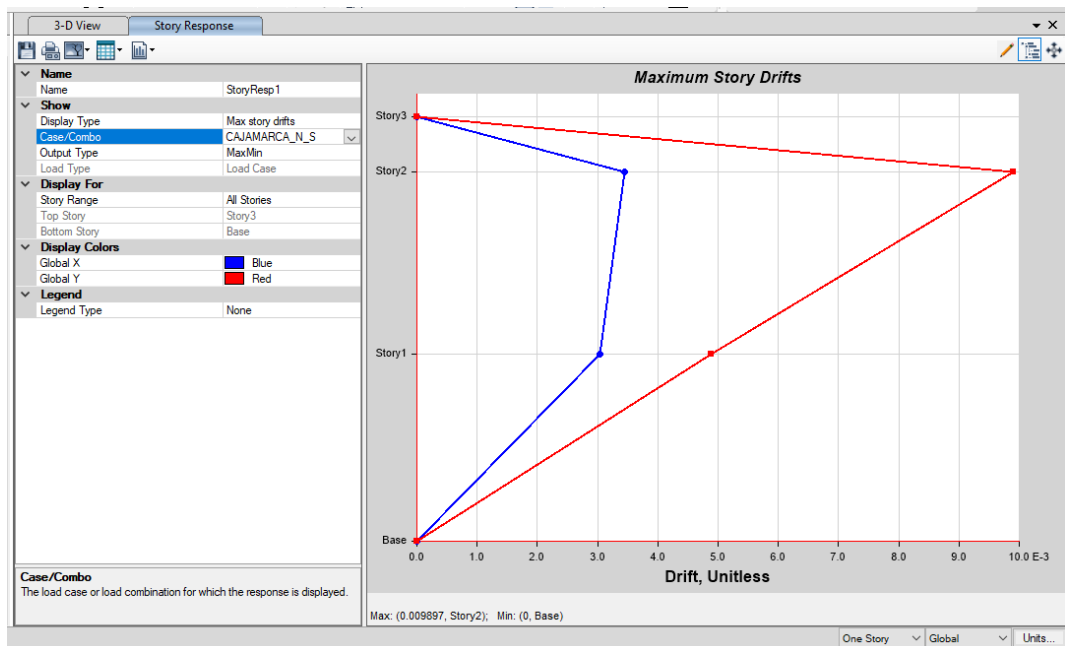
**Figura 51**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este*



**Figura 52**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 1, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur*



### 6.1.3.2. Módulo N° 2

El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Amazonas alcanza la cortante dinámica de 221.96 ton en X sentido oeste – Este y 181.95 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 663% y 543%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 45**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas*

Módulo N° 2	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y
Cortante		
Estática	33.459	33.459
Dinámica	221.955	181.846
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	663%	543%
Factor de escala	1	1

El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Amazonas alcanza desplazamiento inelástico máximo de 8.10 y 10.97 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

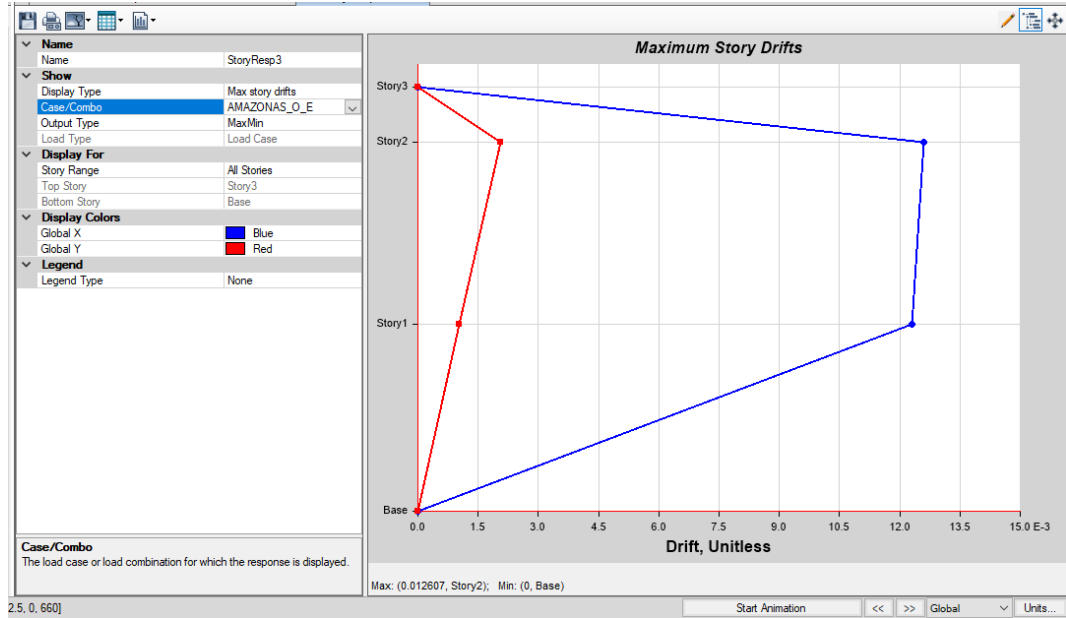
**Tabla 46**

*Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Amazonas*

Módulo N° 2	Dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	221.955	181.846
Momento volcante (ton-m)	1270.957	936.863
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	8.10	10.97
Deriva máxima (%)	1.30%	2.00%

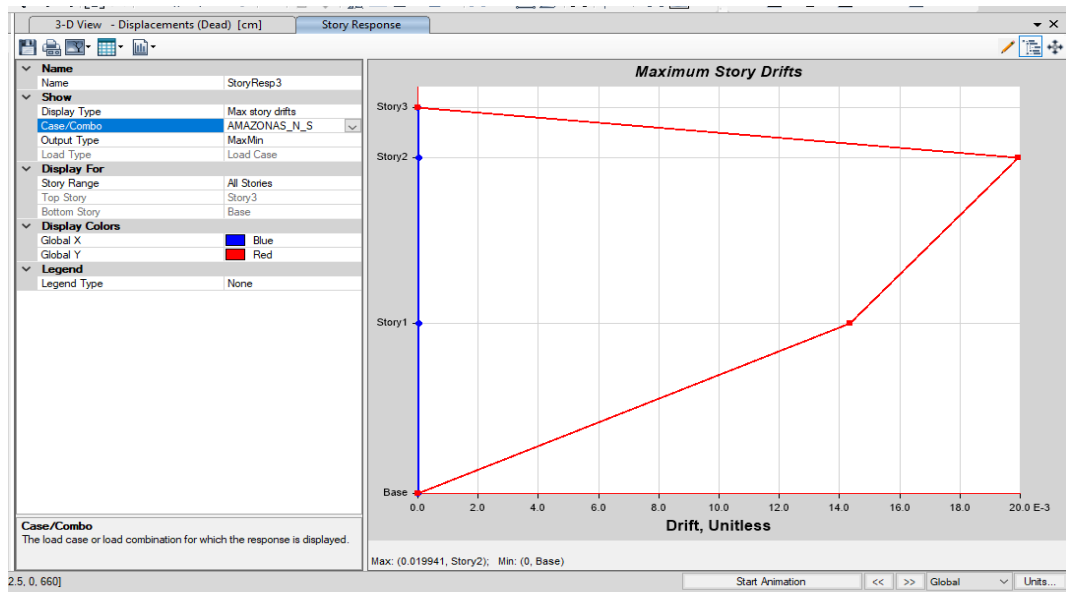
**Figura 53**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 8.10 cm, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este*



**Figura 54**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 10.97 cm, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Amazonas alcanza derivas máximas en el sentido X de 1.26%, y en el sentido Y de 1.99%, superando el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, pero además de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) para un análisis tiempo – historia las derivas no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas incumplirían este parámetro, superando este límite. Esto indica que, la estructura frente un sismo como el de Amazonas experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

**Tabla 47**

*Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas*

*Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	1.26%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	1.23%	<b>No</b>

**Tabla 48**

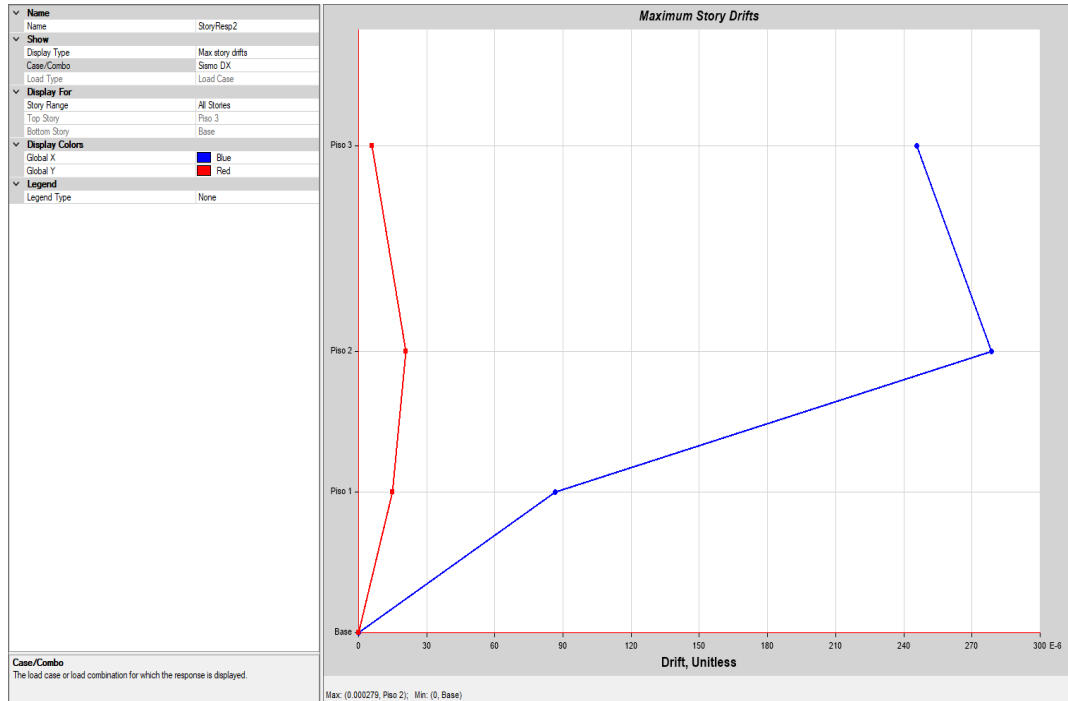
*Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas,*

*Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	1.99%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	1.44%	<b>No</b>

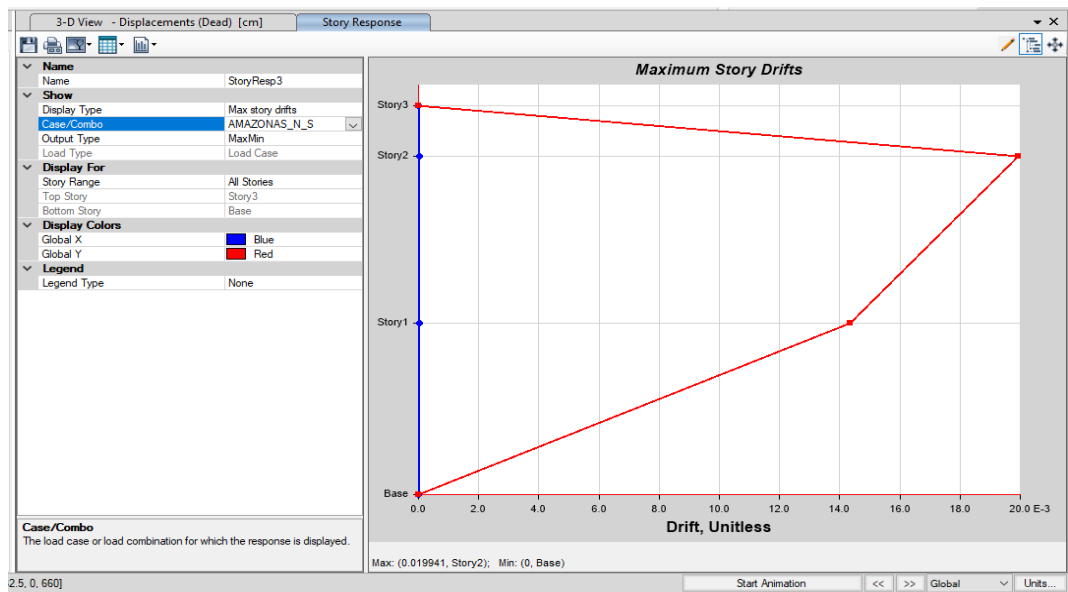
**Figura 55**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas Sentido Oeste – Este*



**Figura 56**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Amazonas, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Loreto alcanza la cortante dinámica de 213.73 ton en X sentido oeste – Este y 481.15 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 639% y 1438%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 49**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto*

Módulo N° 2	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y
Cortante		
Estática	33.459	33.459
Dinámica	213.734	481.152
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	639%	1438%
Factor de escala	1	1

El módulo N°2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Loreto alcanza desplazamiento inelástico máximo de 8.12 y 8.28 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

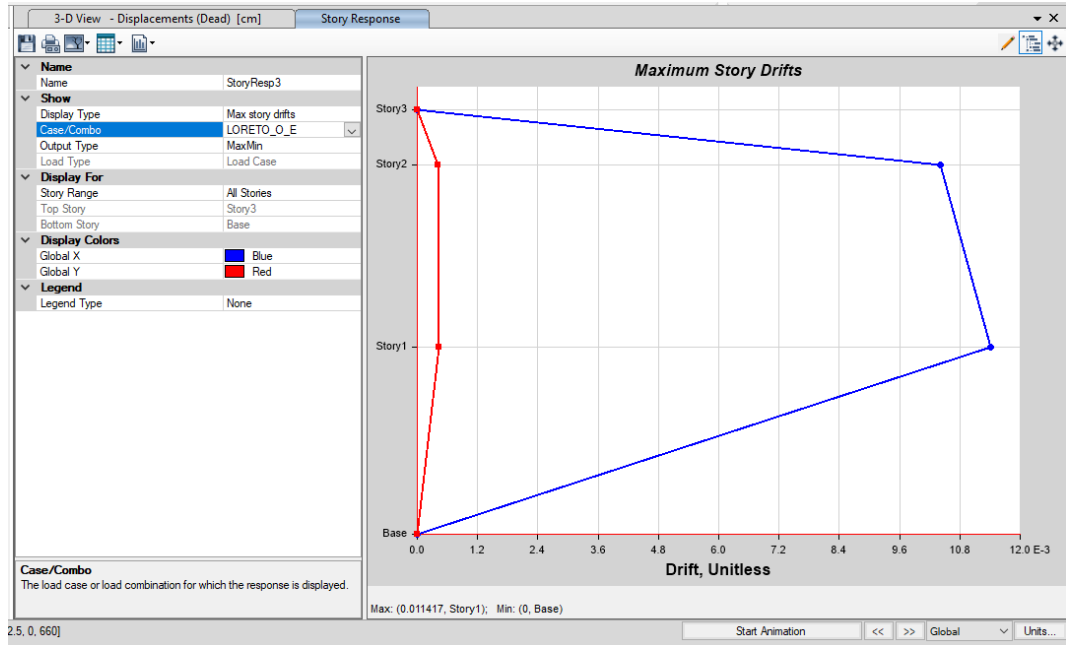
**Tabla 50**

*Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Loreto*

Módulo N° 2	Dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	213.734	481.152
Momento volcante (ton-m)	1087.564	2545.834
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	7.20	28.35
Deriva máxima (%)	1.1%	4.3%

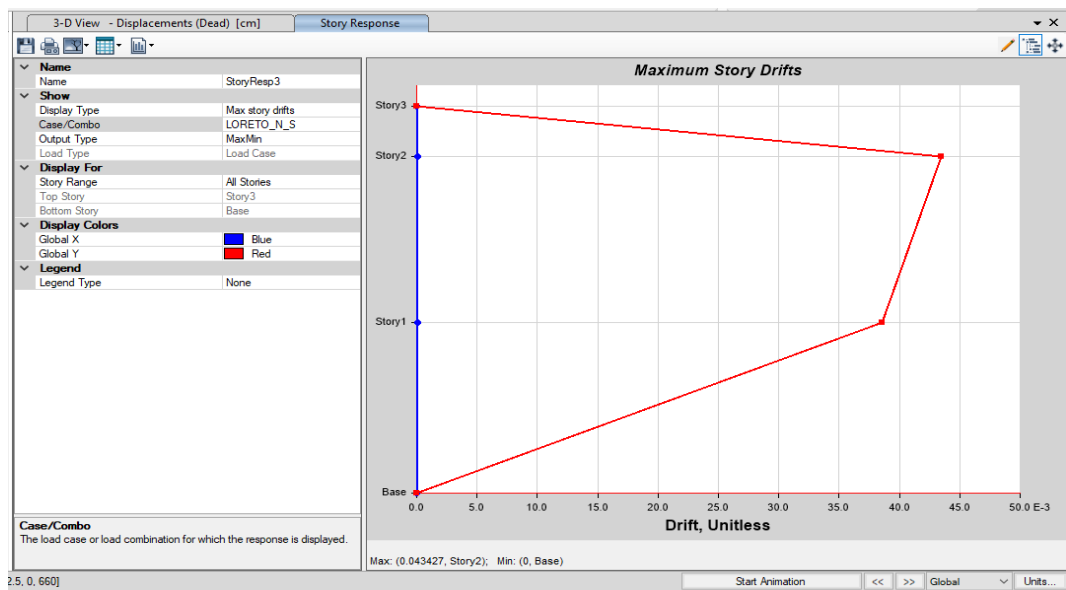
**Figura 57**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 7.20 cm, Módulo N° 2, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*



**Figura 58**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 28.35 cm, Módulo N° 2, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Loreto alcanza derivas máximas en el sentido X de 1.14%, y en el sentido Y de 4.30%, superando el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, pero además de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) para un análisis tiempo – historia las derivas no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas incumplirían este parámetro, superando este límite. Esto indica que, la estructura frente un sismo como el de Loreto experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

### Tabla 51

*Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	1.04%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	1.14%	<b>No</b>

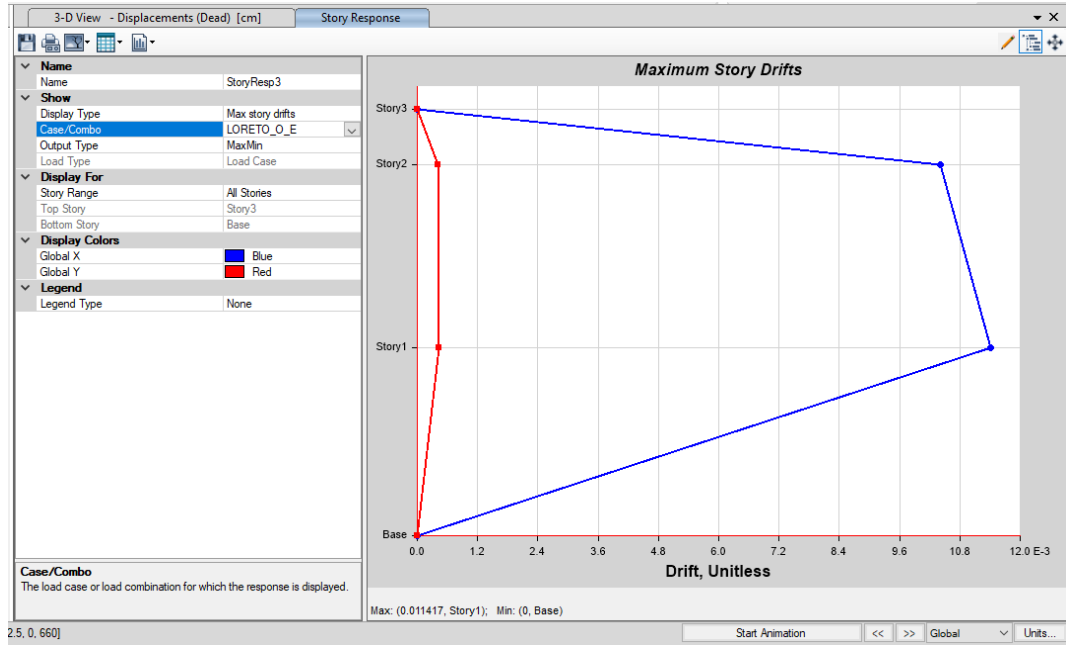
### Tabla 52

*Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	4.34%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	3.85%	<b>No</b>

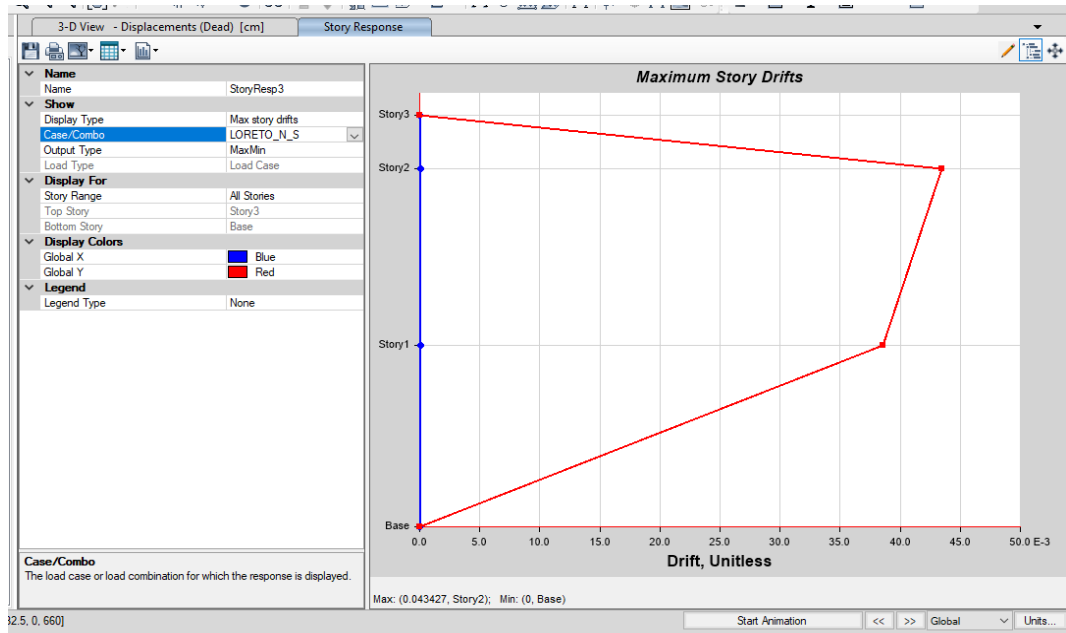
**Figura 59**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 2, Sismo de Loreto Sentido Oeste – Este*



**Figura 60**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Loreto, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Cajamarca alcanza la cortante dinámica de 256.49 ton en X sentido oeste – Este y 227.74 ton en Y sentido norte – sur, lo que representa el 767% y 681%, respectivamente de la cortante estática, cumpliendo con la norma E.030, ya que son superiores al 80%.

**Tabla 53**

*Cortante en la Base para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca*

Módulo N° 2	Cortante en la base (ton) en la dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
Sentido	X	Y
Cortante		
Estática	33.459	33.459
Dinámica	256.495	227.739
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	767%	681%
Factor de escala	1	1

El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido al sismo de Cajamarca alcanza desplazamiento inelástico máximo de 4.99 y 4.84 cm en la dirección X sentido oeste – Este y en la dirección Y sentido norte – sur, respectivamente.

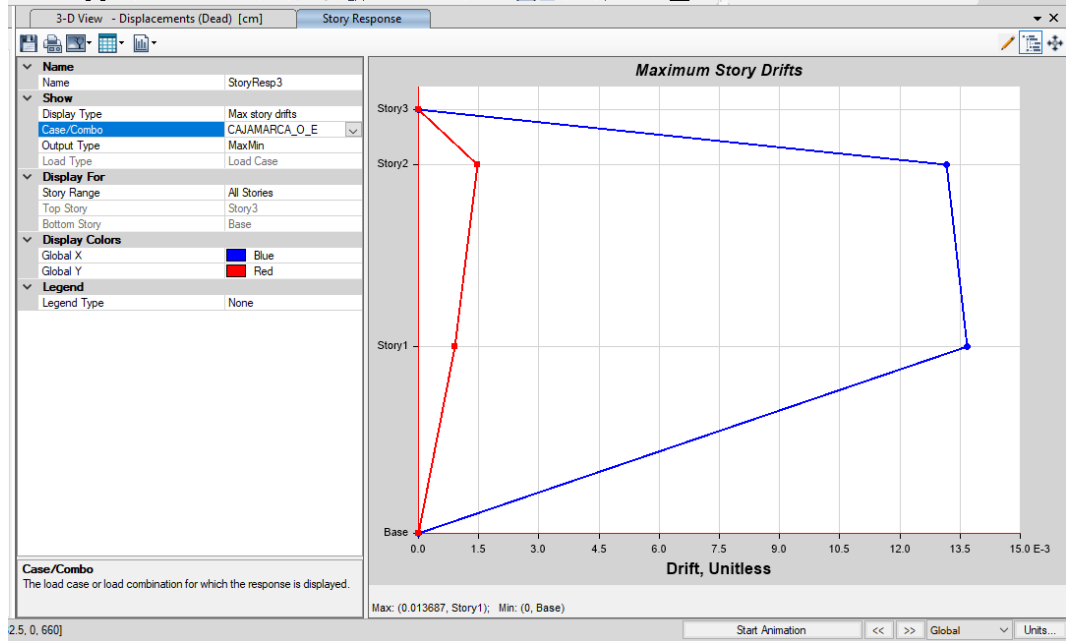
**Tabla 54**

*Desplazamientos para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, para el Sismo de Cajamarca*

Módulo N° 2	Dirección	
	Oeste – Este	Norte – Sur
	XX	YY
Fuerza cortante dinámica basal (ton)	256.495	227.739
Momento volcante (ton-m)	1383.537	1229.424
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	9.12	13.82
Deriva máxima (%)	1.4%	2.2%

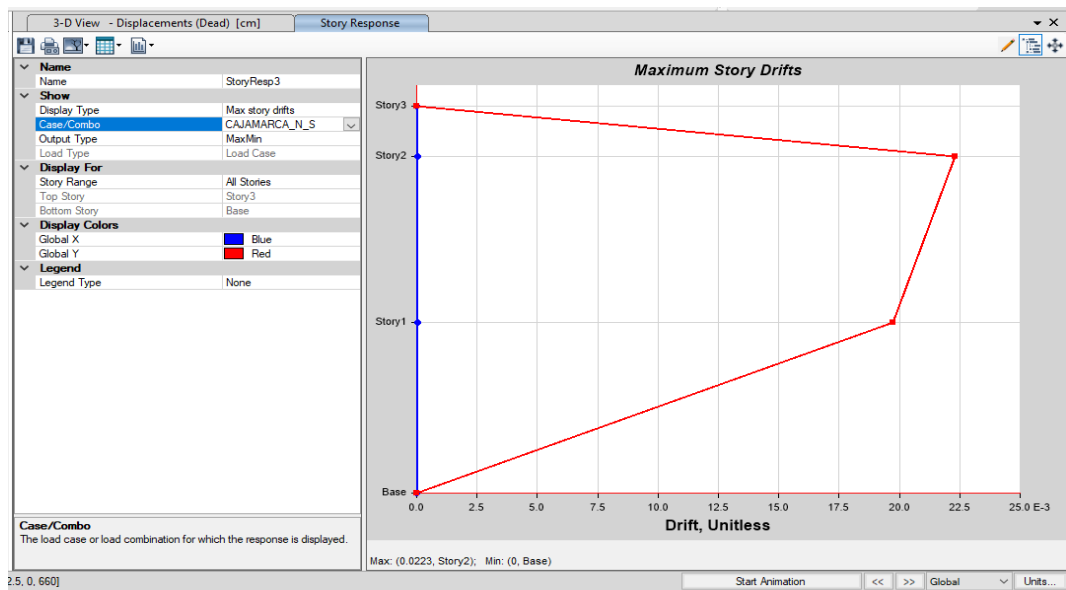
**Figura 61**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X = 9.12 cm, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este*



**Figura 62**

*Desplazamiento Absoluto por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y = 13.82 cm, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur*



El módulo N° 2 de la I.E. N° 10386 al ser sometido a las fuerzas sísmicas del evento telúrico de Cajamarca alcanza derivas máximas en el sentido X de 1.37%, y en el sentido Y de 2.23%, por lo que, no cumple con el límite dado por la norma E.030, de 0.7%, así mismo, de acuerdo al HAZUS (SEAOC, 1995) que es un estándar internacional más estricto no deberían superar el 0.56%, siendo así, en este caso todas las derivas en X e Y, incumplirían este parámetro. Esto indica que, la estructura frente un sismo máximo de Cajamarca experimentará deformaciones excesivas, lo que aumenta el riesgo de que, elementos estructurales se deformen permanentemente e incluso puede llevar a que fallen por completo comprometiendo la estabilidad de la edificación.

### Tabla 55

*Deriva en X para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca*

*Sentido Oeste – Este*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Rx= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-XX	X	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-XX	X	1.32%	<b>No</b>
1	EQ-XX	X	1.37%	<b>No</b>

### Tabla 56

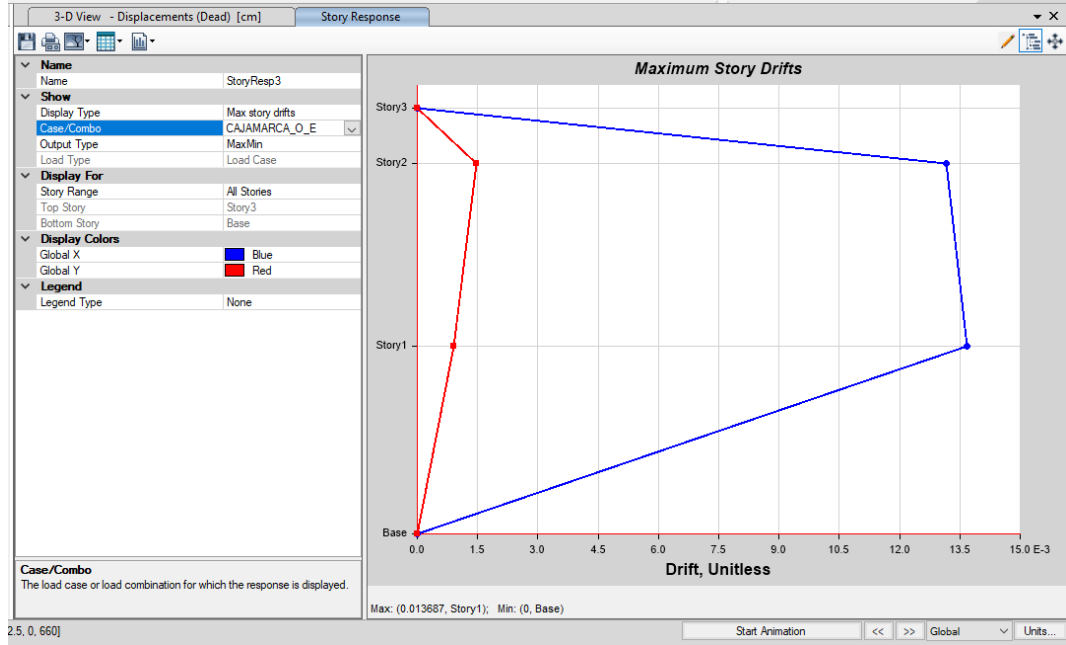
*Deriva en Y para el Módulo N° 2 de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca,*

*Sentido Norte – Sur*

Pisos	Caso de carga	Dirección	Ry= 8	
			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	EQ-YY	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	EQ-YY	Y	2.23%	<b>No</b>
1	EQ-YY	Y	1.97%	<b>No</b>

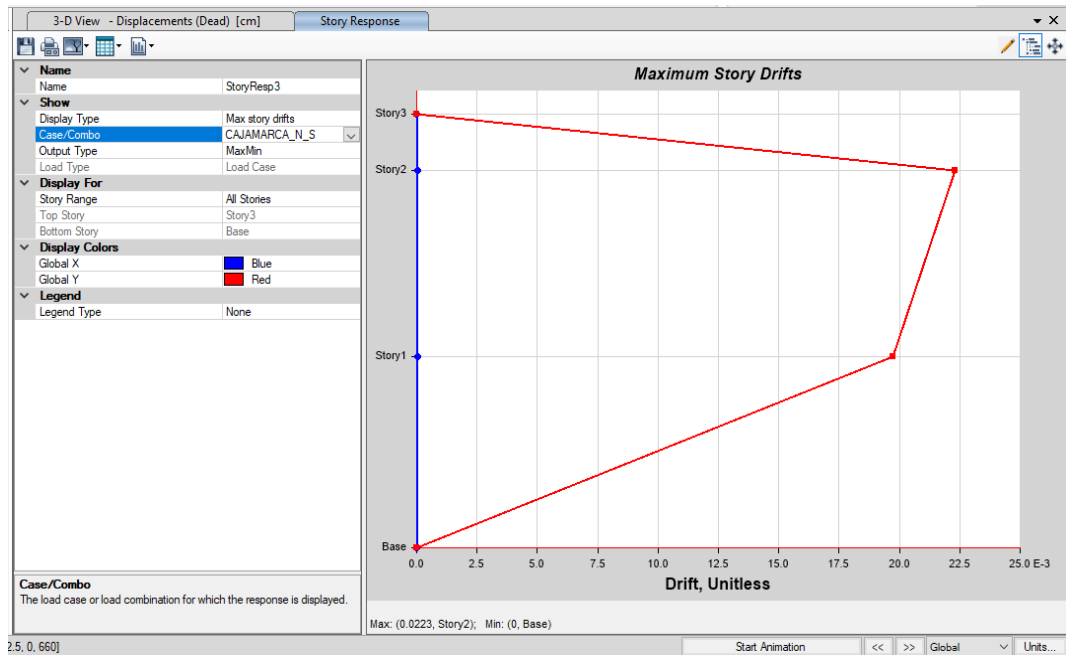
**Figura 63**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en X, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca Sentido Oeste – Este*



**Figura 64**

*Deriva por carga Sísmica Dinámica Inelástica en Y, Módulo N° 2, Sismo de Cajamarca, Sentido Norte – Sur*



#### **6.1.4. Comparación del análisis dinámico**

Al comparar los resultados de ambos métodos para los sismos de Amazonas, Loreto y Cajamarca, se observan diferencias significativas en términos de momentos volcantes, desplazamientos y derivas. Los resultados del análisis tiempo-historia para los sismos de Amazonas, Loreto y Cajamarca muestran valores significativamente mayores para la cortante dinámica, momentos volcantes, desplazamientos y derivas en comparación con el análisis modal espectral. Esto se debe a que el análisis tiempo-historia considera la historia temporal del sismo, lo que permite capturar efectos no lineales y acumulación de daños que no se consideran en el análisis modal espectral.

En general, los momentos volcantes obtenidos del análisis tiempo-historia tienden a ser mayores que los del análisis modal espectral. Por ejemplo, para el sismo de Loreto en el Módulo 1, el momento volcante en el análisis tiempo-historia es de 914.25 ton-m en Y, mientras que en el análisis modal espectral es de 70.53 ton-m. Por lo que, el momento volcante del análisis tiempo historia representa 1296.22% veces el momento volcante del análisis modal espectral. Esto implica que el análisis tiempo-historia refleja un mayor esfuerzo de torsión en la estructura, lo que puede sugerir una mayor demanda sísmica en comparación con el análisis modal espectral.

Los desplazamientos inelásticos también muestran diferencias entre ambos métodos. En general, el análisis tiempo-historia produce mayores desplazamientos que el modal espectral. Por ejemplo, en el sismo de Loreto en el Módulo 2, el desplazamiento máximo inelástico en la dirección Y es de 28.35 cm en el análisis tiempo-historia, mucho mayor que el desplazamiento de 10.13 cm derivado en el análisis modal espectral. Por tanto, el desplazamiento inelástico por

el método tiempo – historia representa 279.86% veces el desplazamiento obtenido con el análisis modal espectral. Estas diferencias indican que el análisis tiempo-historia tiende a predecir una mayor deformación, lo que implica que la estructura puede estar más expuesta a daños bajo sismos con características similares a los registrados.

Para el módulo N° 1 en el sentido X (Oeste-Este) las derivas alcanzan un máximo de 1.45% para el sismo de Amazonas, mientras que en el sentido Y (Norte-Sur) la deriva máxima es de 1.75% para el sismo de Loreto; mientras que, para el módulo N° 2 en el sentido X (Oeste-Este) las derivas alcanzan un máximo de 1.40% para el sismo de Cajamarca, mientras que en el sentido Y (Norte-Sur) la deriva máxima es de 4.30% para el sismo de Loreto. Estos valores superan el límite del 0.7% establecido para estructuras regulares, por tanto, no cumplen con la norma E.030, y presentan deformaciones excesivas frente a diferentes escenarios sísmicos.

Siendo así, las derivas máximas también son significativamente mayores en el análisis tiempo-historia. Por ejemplo, en el sismo de Loreto, la deriva máxima en el Módulo 2 en la dirección Y alcanza el 4.30% en el análisis tiempo-historia, mientras que en el análisis modal espectral es de 1.64%. Por tanto, las derivas máximas determinadas por el método tiempo – historia representan el 262.20% veces la deriva determinada por el método modal espectral. Este gran incremento en las derivas sugiere que el análisis tiempo-historia detecta deformaciones laterales más pronunciadas que el análisis modal espectral, lo que podría poner en riesgo tanto los elementos estructurales como los no estructurales.

Las diferencias entre el análisis modal espectral y el análisis tiempo-historia son importantes para la evaluación de la edificación. El hecho de que el

análisis tiempo-historia prediga mayores momentos volcantes, desplazamientos y derivas implica que este método ofrece una visión más conservadora y posiblemente más precisa de la respuesta estructural ante sismos severos. Esto sugiere que el uso del análisis tiempo-historia es indispensable para identificar puntos críticos en la estructura que podrían pasar desapercibidos en un análisis modal espectral más simplificado.

Así mismo, cabe mencionar que a partir de ambos análisis dinámicos se ha determinado que, el Módulo 1 presenta problemas importantes en cuanto a la cortante dinámica y las derivas, mientras que el Módulo 2, aunque cumple con la cortante dinámica, tiene derivas excesivas en varios escenarios sísmicos.

**Tabla 57**

*Comparación de los Resultados del Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral y el Análisis Tiempo – Historia de la I.E. N° 10386*

Edificio de la I.E. N° 10386		Análisis sísmico dinámico tiempo – historia						
Sismo	Análisis sísmico dinámico modal espectral		Sismo de Amazonas		Sismo de Loreto		Sismo de Cajamarca	
	Dirección		Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Módulo	Módulo N° 1		Módulo N° 1		Módulo N° 1		Módulo N° 1	
Cortante en la base (ton) Estática	18.35	18.35	18.352	18.352	18.352	18.352	18.352	18.352
Cortante en la base (ton) Dinámica	9.46	12.98	131.981	185.7	93.65	173.2	82.5	88.47
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	51.50%	70.70%	719%	1012%	510%	944%	450%	482%
Factor de escala	1.55	1.13	1	1	1	1	1	1
Momento volcante (ton-m)	51.489	70.532	829.46	770.58	517.1	914.25	496.72	452.93
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	4.5	4.75	8.12	8.28	6.46	9	4.99	4.84
Deriva máxima (%)	0.65%	0.99%	1.45%	0.99%	0.95%	1.75%	0.72%	0.99%
Módulo	Módulo N° 2		Módulo N° 2		Módulo N° 2		Módulo N° 2	
Cortante en la base (ton) Estática	33.46	33.46	33.459	33.459	33.459	33.459	33.459	33.459
Cortante en la base (ton) Dinámica	30.25	28.1	221.955	181.846	213.734	481.152	256.495	227.739
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	90.40%	84.00%	663%	543%	639%	1438%	767%	681%
Factor de escala	1	1	1	1	1	1	1	1
Momento volcante (ton-m)	181.52	168.61	1270.957	936.863	1087.564	2545.834	1383.537	1229.424
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	6.37	10.13	8.1	10.97	7.2	28.35	9.12	13.82
Deriva máxima (%)	0.99%	1.64%	1.30%	2.00%	1.10%	4.30%	1.40%	2.20%

**Tabla 58**

*Variaciones (%) en los Resultados del Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral y el Análisis Tiempo – Historia de la I.E. N° 10386*

Edificio de la I.E. N° 10386	Variaciones entre los resultados (%) del análisis sísmico dinámico tiempo - historia y el análisis modal espectral					
	Amazonas		Loreto		Cajamarca	
	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur	Oeste – Este	Norte – Sur
	X	Y	X	Y	X	Y
Módulo	Módulo N° 1		Módulo N° 1		Módulo N° 1	
Cortante en la base (ton) Estática	100.01%	100.01%	100.01%	100.01%	100.01%	100.01%
Cortante en la base (ton) Dinámica	1395.15%	1430.66%	989.96%	1334.36%	872.09%	681.59%
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	1396.12%	1431.40%	990.29%	1335.22%	873.79%	681.75%
Factor de escala	64.52%	88.50%	64.52%	88.50%	64.52%	88.50%
Momento volcante (ton-m)	1610.95%	1092.53%	1004.29%	1296.22%	964.71%	642.16%
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	180.44%	174.32%	143.56%	189.47%	110.89%	101.89%
Deriva máxima (%)	223.08%	100.00%	146.15%	176.77%	110.77%	100.00%
Módulo	Módulo N° 2		Módulo N° 2		Módulo N° 2	
Cortante en la base (ton) Estática	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Cortante en la base (ton) Dinámica	733.74%	647.14%	706.56%	1712.28%	847.92%	810.46%
Porcentaje de la cortante dinámica (%)	733.41%	646.43%	706.86%	1711.90%	848.45%	810.71%
Factor de escala	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
Momento volcante (ton-m)	700.17%	555.64%	599.14%	1509.90%	762.20%	729.15%
Desplazamiento máximo inelástico (cm)	127.16%	108.29%	113.03%	279.86%	143.17%	136.43%
Deriva máxima (%)	131.31%	121.95%	111.11%	262.20%	141.41%	134.15%

### 6.1.5. *Lineamientos de reforzamiento*

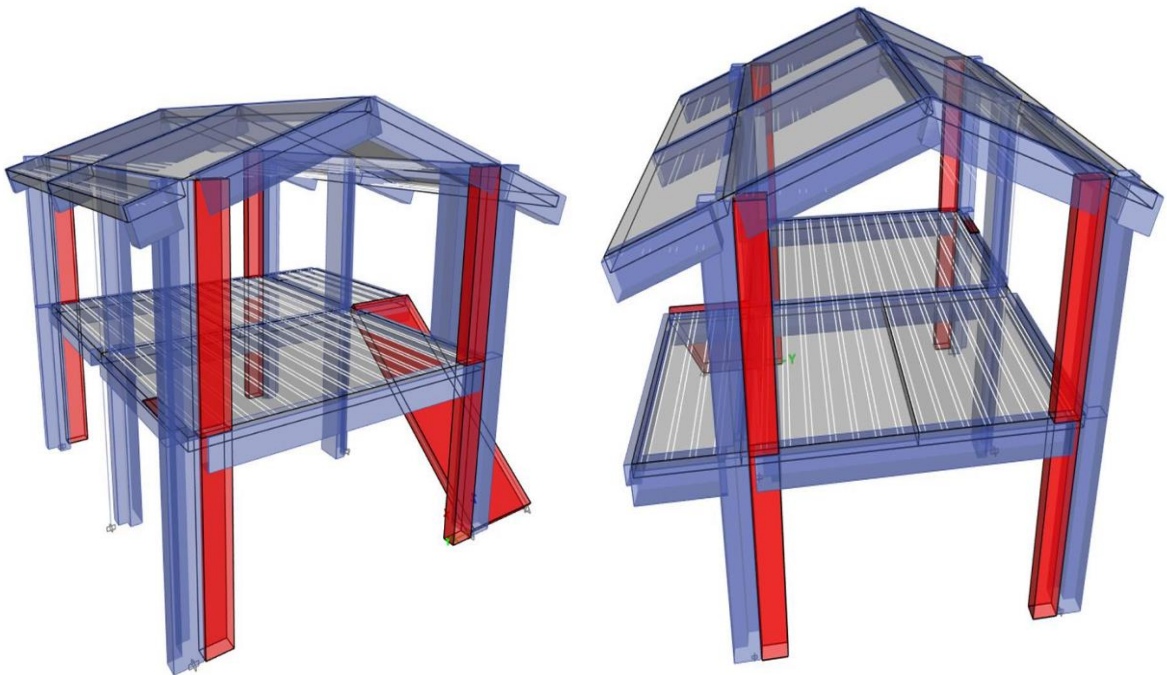
Se presentan las propuestas enfocadas en describir lineamientos de reforzamiento estructural necesarios para el pabellón 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, con base en los resultados obtenidos en el análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo-historia.

#### a) **Detalle del reforzamiento de elementos de carga vertical y lateral en el módulo 1 y 2 con pórticos de concreto armado**

El análisis indicó que el pabellón no cumple con la norma E.030 en términos de cortante dinámica ni derivas, especialmente en la dirección Y, lo que sugiere la necesidad de mejorar la capacidad de estos elementos para resistir cargas sísmicas por lo que se ha planteado el uso de sistemas de reforzamiento conformados por pórticos de concreto de 25x50 cm.

**Figura 65**

*Reforzamiento de los Módulos con Pórticos de Concreto Armado*



**b) Derivas de los módulo 1 y 2 con pórticos de concreto armado por el análisis modal espectral**

Los resultados obtenidos de los análisis realizados para los módulos 1 y 2 reforzados con pórticos de concreto armado de la I.E. N° 10386 Cuyumalca demuestran que ambas estructuras cumplen con los criterios establecidos por la Norma E.030 (MVCS, 2018) en cuanto a control de derivas laterales. Según lo especificado en dicha norma, las derivas máximas no deben superar el 0.7% para garantizar un comportamiento estructural adecuado frente a eventos sísmicos.

En el análisis modal espectral, tanto el módulo 1 como el módulo 2 presentaron derivas por debajo del límite normativo en todas las direcciones y niveles. La máxima deriva registrada fue del 0.59% en la dirección X del primer nivel del módulo 2, lo que confirma que la estructura reforzada mantiene un adecuado desempeño bajo esta metodología de análisis.

**Tabla 59**

*Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.33%	<b>Si</b>	Y	0.49%	<b>Si</b>
1	X	0.25%	<b>Si</b>	Y	0.43%	<b>Si</b>

**Tabla 60**

*Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado de la I.E. N° 10386 Cuyumalca*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.57%	<b>Si</b>	Y	0.44%	<b>Si</b>
1	X	0.59%	<b>Si</b>	Y	0.42%	<b>Si</b>

**c) Derivas de los módulo 1 y 2 con pórticos de concreto armado por el análisis tiempo – historia**

Por otro lado, en los análisis tiempo-historia realizados considerando distintos escenarios sísmicos (Amazonas, Loreto y Cajamarca), los resultados reflejan un comportamiento igualmente satisfactorio. En el módulo 1, las mayores derivas registradas fueron del 0.68% en la dirección X durante el sismo de Amazonas y del 0.62% en la dirección Y durante el sismo de Loreto, ambos valores dentro del rango permitido. De manera similar, en el módulo 2, la máxima deriva fue del 0.69% en la dirección X durante el sismo de Cajamarca, manteniéndose también por debajo del límite del 0.7%.

Por tanto, los resultados indican que, tras el refuerzo con pórticos de concreto armado, ambos módulos cumplen con los estándares de la Norma E.030, evidenciando un comportamiento estructural satisfactorio frente a diferentes escenarios sísmicos. Esto asegura que la edificación reforzada experimentará deformaciones controladas, minimizando el riesgo de daño excesivo o colapso estructural, lo que contribuye a la seguridad y estabilidad de la edificación frente a eventos sísmicos.

**Tabla 61**

*Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto*

*Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.68%	<b>Si</b>	Y	0.61%	<b>Si</b>
1	X	0.39%	<b>Si</b>	Y	0.50%	<b>Si</b>

**Tabla 62***Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto**Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.48%	<b>Si</b>	Y	0.58%	<b>Si</b>
1	X	0.47%	<b>Si</b>	Y	0.62%	<b>Si</b>

**Tabla 63***Deriva en X e Y para el Módulo N° 1 Reforzado con Pórticos de Concreto**Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.35%	<b>Si</b>	Y	0.45%	<b>Si</b>
1	X	0.54%	<b>Si</b>	Y	0.53%	<b>Si</b>

**Tabla 64***Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado con Pórticos de Concreto**Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Amazonas*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva	*0.75*R < 0.007		Deriva	*0.75*R < 0.007
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.59%	<b>Si</b>	Y	0.57%	<b>Si</b>
1	X	0.59%	<b>Si</b>	Y	0.52%	<b>Si</b>

**Tabla 65***Deriva en X e Y para el Módulo N°2 Reforzado con Pórticos de Concreto**Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Loreto*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva *0.75*R < 0.007			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.55%	<b>Si</b>	Y	0.52%	<b>Si</b>
1	X	0.58%	<b>Si</b>	Y	0.65%	<b>Si</b>

**Tabla 66***Deriva en X e Y para el Módulo N° 2 Reforzado con Pórticos de Concreto**Armado de la I.E. N° 10386, Sismo de Cajamarca*

Pisos	Dirección	Rx= 8		Dirección	Ry= 8	
		Deriva *0.75*R < 0.007			Deriva *0.75*R < 0.007	
3	X	0.00%	<b>Si</b>	Y	0.00%	<b>Si</b>
2	X	0.69%	<b>Si</b>	Y	0.57%	<b>Si</b>
1	X	0.55%	<b>Si</b>	Y	0.59%	<b>Si</b>

**6.2. Contrastación de hipótesis****a) Criterio de evaluación para la verificación de la hipótesis**

El criterio de evaluación fue que si el valor p (valor de probabilidad) para un nivel de confianza del 95%, excede el nivel de significancia de 0.05, se acepta la hipótesis nula (Ho), en cambio si el valor p es menor a 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (H1).

**b) Hipótesis generales planteadas**

Las hipótesis generales de la investigación son:

Ho: Los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan similitudes significativas ( $u_1=u_2$ ).

H1: Los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan diferencias significativas ( $u_1 \neq u_2$ ).

**c) Datos que se han utilizado para el análisis estadístico**

De acuerdo a la hipótesis se argumenta que se deben utilizar los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota, por tanto, estos datos corresponden a los presentados en la Tabla 67:

- Cortante en la base (ton)
- Momento volcante (ton-m)
- Desplazamiento máximo inelástico (cm)
- Deriva máxima (%)

**Tabla 67***Datos Ordenados para el Análisis Estadístico*

Tipo de Análisis	Sismo	Dirección	Módulo	Cortante en la base (ton) Dinámica	Porcentaje de la cortante dinámica (%)	Momento volcante (ton-m)	Desplazamiento máximo inelástico (cm)	Deriva máxima (%)
Modal espectral	De diseño	X	1	9.46	51.50%	51.489	4.5	0.65%
Modal espectral	De diseño	X	2	30.25	90.40%	181.52	6.37	0.99%
Modal espectral	De diseño	Y	1	12.98	70.70%	70.532	4.75	0.99%
Modal espectral	De diseño	Y	2	28.1	84.00%	168.61	10.13	1.64%
Tiempo historia	Amazonas	X	1	131.981	719%	829.46	8.12	1.45%
Tiempo historia	Amazonas	X	2	221.955	663%	1270.957	8.1	1.30%
Tiempo historia	Amazonas	Y	1	185.7	1012%	770.58	8.28	0.99%
Tiempo historia	Amazonas	Y	2	181.846	543%	936.863	10.97	2.00%
Tiempo historia	Loreto	X	1	93.65	510%	517.1	6.46	0.95%
Tiempo historia	Loreto	X	2	213.734	639%	1087.564	7.2	1.10%
Tiempo historia	Loreto	Y	1	173.2	944%	914.25	9	1.75%
Tiempo historia	Loreto	Y	2	481.152	1438%	2545.834	28.35	4.30%
Tiempo historia	Cajamarca	X	1	82.5	450%	496.72	4.99	0.72%
Tiempo historia	Cajamarca	X	2	256.495	767%	1383.537	9.12	1.40%
Tiempo historia	Cajamarca	Y	1	88.47	482%	452.93	4.84	0.99%
Tiempo historia	Cajamarca	Y	2	227.739	681%	1229.424	13.82	2.20%

#### d) Prueba de normalidad

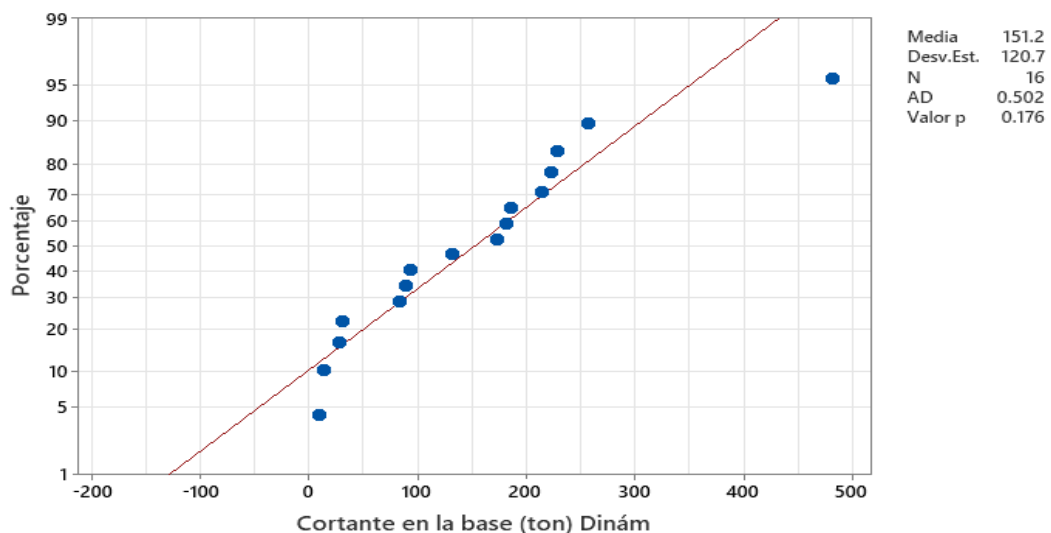
En el programa Minitab 22, usando los datos de la Tabla 67 se verificó la tendencia normal de la información sísmica (derivadas, desplazamientos, cortante basal), para luego aplicar pruebas paramétricas como la diferencia de medias ANOVA, para comprobar si se acepta o rechaza la hipótesis de estudio.

- Ho: Los valores tienen distribución normal.
- H1: Los valores no tienen distribución normal.

Se ha determinado por la prueba de Anderson Darling que, la cortante basal, porcentaje de cortante dinámica y momento volcante obtienen valores p superiores a 0.05, por lo que se acepta Ho, y se argumenta que, siguen una tendencia normal, siendo así, se aplicaron pruebas paramétricas como el análisis ANOVA (diferencia de medias), mientras que, el resto de parámetros (derivadas y desplazamientos) obtuvieron valores p menores a 0.05, por lo que, se acepta H1, y se infiere que, no siguen una tendencia normal, siendo así, en esos casos se aplicó su equivalente no paramétrico el test de Kruskal-Wallis.

#### Figura 66

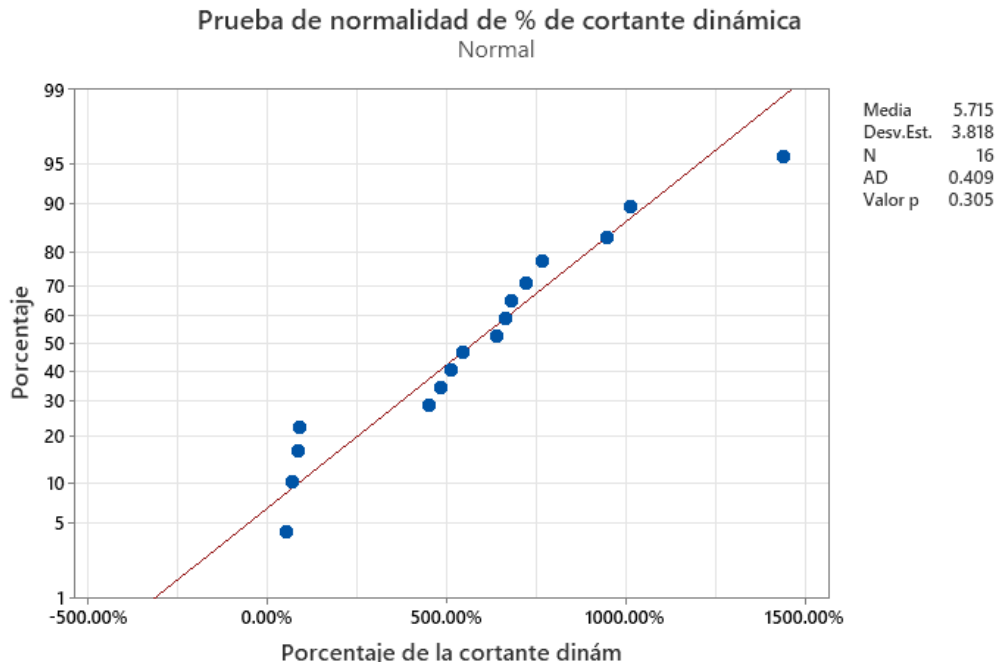
##### *Prueba de Normalidad de Datos: Cortante Basal*



Nota: Si el valor p es mayor a 0.05, los datos siguen tendencia normal.

**Figura 67**

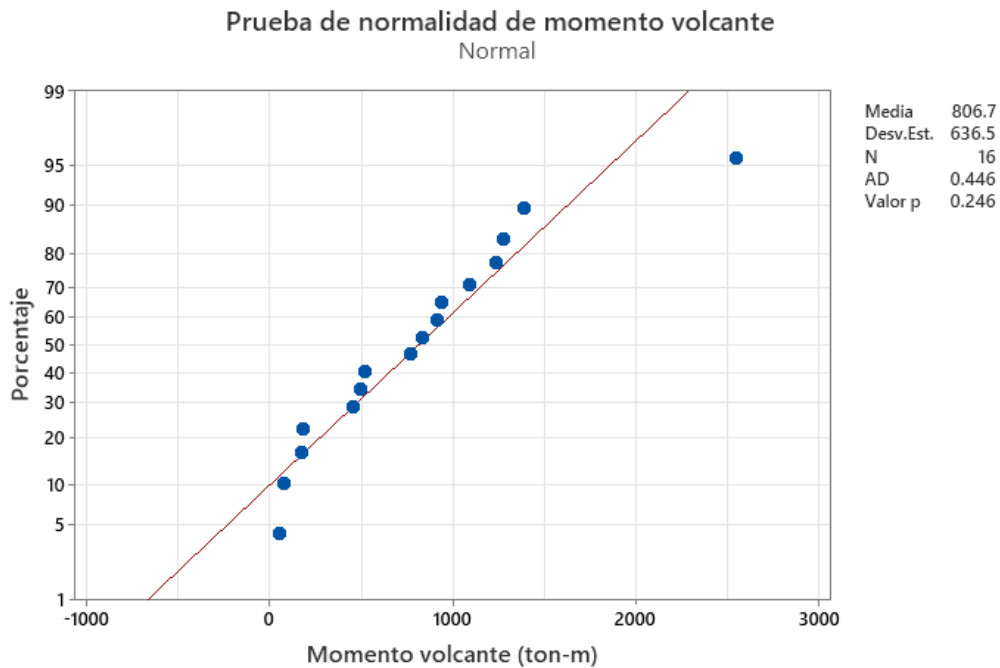
*Prueba de Normalidad de Datos: Porcentaje de Cortante Dinámica*



Nota: Si el valor p es mayor a 0.05, los datos siguen tendencia normal.

**Figura 68**

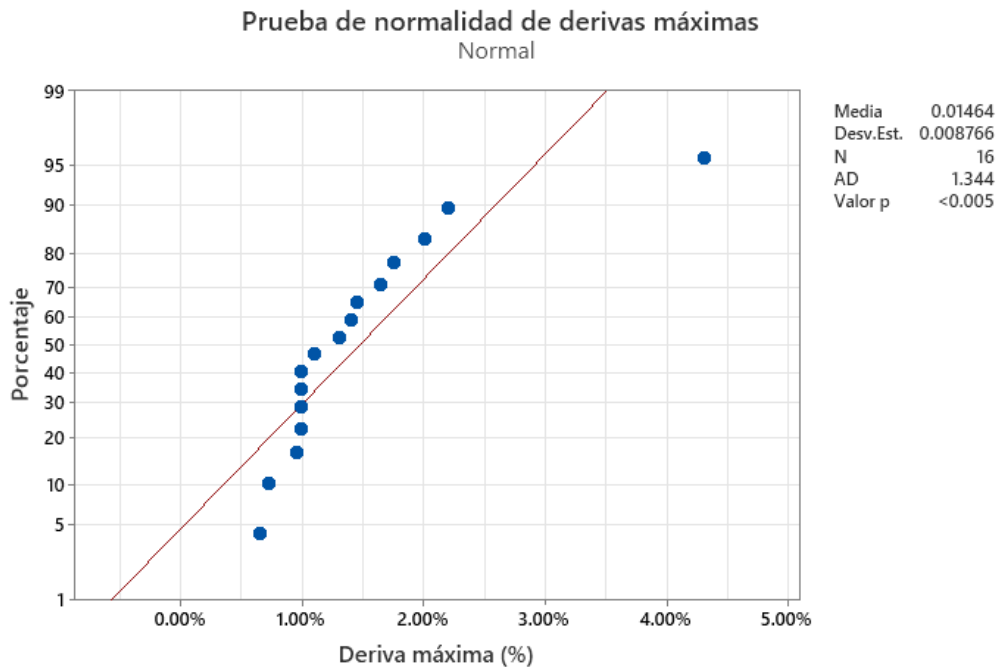
*Prueba de Normalidad de Datos: Momento Volcante*



Nota: Si el valor p es mayor a 0.05, los datos siguen tendencia normal.

**Figura 69**

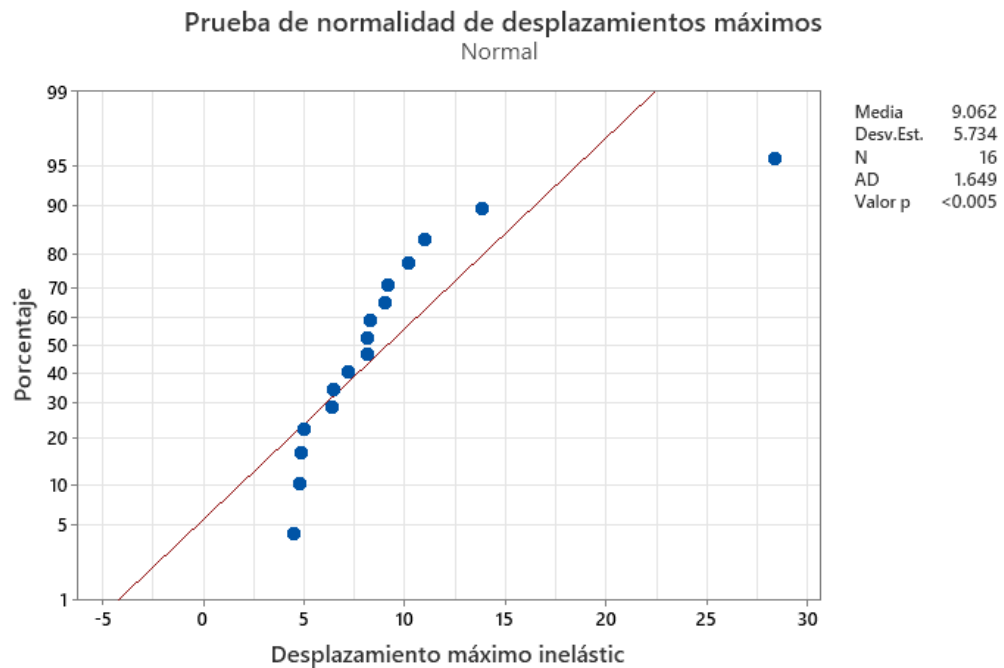
*Prueba de Normalidad de Datos: Derivas*



Nota: Si el valor p es mayor a 0.05, los datos siguen tendencia normal.

**Figura 70**

*Prueba de Normalidad de Datos: Desplazamientos*



Nota: Si el valor p es mayor a 0.05, los datos siguen tendencia normal.

### e) Análisis de la hipótesis general

#### – Variables y dimensiones de estudio

La hipótesis general relaciona la variable SISMO, con dimensiones: sismo de Amazonas, Cajamarca, de diseño y de Loreto, la variable DIRECCIÓN, con dimensión sentido del análisis: dirección X e dirección Y, la variable MÓDULO, con dimensiones: módulo 1 y módulo 2, y el TIPO DE ANÁLISIS, con dimensiones: (1) análisis sísmico dinámico modal espectral y (2) análisis tiempo historia, con los resultados de este análisis, que son: CORTANTE EN LA BASE, PORCENTAJE DE CORTANTE EN LA BASE, MOMENTO VOLCANTE, DERIVAS Y DESPLAZAMIENTOS.

#### Tabla 68

*Factores de Estudio para el Análisis Estadístico*

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tipo de Análisis	Fijo	2	Modal espectral; Tiempo historia
Sismo	Fijo	4	Amazonas, Cajamarca, De diseño, Loreto
Dirección	Fijo	2	X; Y
Módulo	Fijo	2	1; 2

#### – Resultado general del análisis

En base a ello, de forma general se infiere que, se acepta H1, y se argumenta que, los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan diferencias significativas ( $u_1 \neq u_2$ ).

#### – Análisis por cada parámetro

El valor p para los parámetros tipo de análisis, sismo y módulo son menores a 0.05, por lo que se infiere que hay diferencia significativa en las mediciones de cortante en la base de acuerdo al tipo de análisis (análisis sísmico

modal espectral y análisis sísmico tiempo historia), también hay variaciones significativas de acuerdo al sismo (sismo de Amazonas, Cajamarca, de diseño y de Loreto) y hay variaciones significativas para los dos módulos estudiados. Sin embargo, no existen variaciones significativas en las mediciones de la cortante en la base de acuerdo a la dirección porque el valor p de 0.299 es mayor a 0.05, en este caso se infiere que, la cortante basal obtiene resultados similares en X e Y. No obstante, los dos parámetros de mayor interés en la presente investigación son el tipo de análisis y el sismo, porque a ellos hace mención la hipótesis general, siendo así, se acepta H1 general.

**Tabla 69**

*Análisis ANOVA para Cortante en la Base*

Ho: “No hay diferencia significativa en las mediciones de cortante en la base”.

H1: “Si hay diferencia significativa en las mediciones de cortante en la base”.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tipo de Análisis	1	91530	91530	14.97	0.002
Sismo	3	5624	5624	8.56	0.036
Dirección	1	7189	7189	1.18	0.299
Módulo	1	46584	46584	7.62	0.017
Error	12	73354	6113		
Total	15	218657			

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

El valor p para los parámetros tipo de análisis y sismo son menores a 0.05, por lo que se infiere que hay diferencia significativa en las mediciones del porcentaje de la cortante dinámica de acuerdo al tipo de análisis (análisis sísmico modal espectral y análisis sísmico tiempo historia), y también hay variaciones significativas de acuerdo al sismo (sismo de Amazonas, Cajamarca, de diseño y de Loreto). Sin embargo, no existen variaciones significativas en las mediciones del porcentaje de cortante dinámica de acuerdo a la dirección porque el valor p de

0.190 es mayor a 0.05, en este caso se infiere que, el porcentaje de cortante obtiene resultados similares en X e Y, así como, tampoco hay variaciones significativas del porcentaje de cortante dinámica para los dos módulos estudiados, porque el valor p en ese caso es 0.510. No obstante, los dos parámetros de mayor interés en la presente investigación son el tipo de análisis y el sismo, porque a ellos hace mención la hipótesis general, siendo así, se acepta H1 general.

### **Tabla 70**

#### *Análisis ANOVA para Porcentaje de la Cortante Dinámica*

Ho: “No hay diferencia significativa en las mediciones de porcentaje de la cortante”.

H1: “Si hay diferencia significativa en las mediciones de porcentaje de la cortante”.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tipo de Análisis	1	131.944	131.944	21.91	0.001
Sismo	3	1023	1023	9.29	0.026
Dirección	1	11.642	11.642	1.93	0.190
Módulo	1	2.774	2.774	0.46	0.510
Error	12	72.260	6.022		
Total	15	218.620			

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

El valor p para los parámetros tipo de análisis, sismo y módulo son menores a 0.05, por lo que se infiere que hay diferencia significativa en las mediciones de momento volcante de acuerdo al tipo de análisis (análisis sísmico modal espectral y análisis sísmico tiempo historia), también hay variaciones significativas de acuerdo al sismo (sismo de Amazonas, Cajamarca, de diseño y de Loreto) y hay variaciones significativas para los dos módulos estudiados. Sin embargo, no existen variaciones significativas en las mediciones del momento volcante de acuerdo a la dirección porque el valor p de 0.459 es mayor a 0.05, en este caso se infiere que, el momento volcante obtiene resultados similares en X e Y. No obstante, los dos parámetros de mayor interés en la presente investigación

son el tipo de análisis y el sismo, porque a ellos hace mención la hipótesis general, siendo así, se acepta H1 general.

**Tabla 71**

*Análisis ANOVA para Momento Volcante*

Ho: “No hay diferencia significativa en las mediciones de momento volcante”.

H1: “Si hay diferencia significativa en las mediciones de momento volcante”.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tipo de Análisis	1	2529442	2529442	14.70	0.002
Sismo	3	18654	18654	8.67	0.034
Dirección	1	100914	100914	0.59	0.459
Módulo	1	1381358	1381358	8.03	0.015
Error	12	2064466	172039		
Total	15	6076180			

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

El valor p para los parámetros tipo de análisis, sismo y módulo son menores a 0.05, por lo que se infiere que hay diferencia significativa en las mediciones del desplazamiento máximo inelástico de acuerdo al tipo de análisis (análisis sísmico modal espectral y análisis sísmico tiempo historia), también hay variaciones significativas de acuerdo al sismo (sismo de Amazonas, Cajamarca, de diseño y de Loreto) y hay variaciones significativas para los dos módulos estudiados. Sin embargo, no existen variaciones significativas en las mediciones del desplazamiento máximo inelástico de acuerdo a la dirección porque el valor p de 0.093 es mayor a 0.05, en este caso se infiere que, el desplazamiento inelástico obtiene resultados similares en X e Y. No obstante, los dos parámetros de mayor interés en la presente investigación son el tipo de análisis y el sismo, porque a ellos hace mención la hipótesis general, siendo así, se acepta H1 general.

**Tabla 72***Análisis Kruskal-Wallis para Desplazamiento Máximo Inelástico*

Ho: “No hay diferencia significativa en las mediciones de desplazamientos”.

H1: “Si hay diferencia significativa en las mediciones de desplazamientos”.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Valor H</b>	<b>Valor p</b>
Tipo de Análisis	1	2.49	0.0115
Sismo	3	2.80	0.0423
Dirección	1	2.82	0.093
Módulo	1	5.34	0.021

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

El valor p para los parámetros tipo de análisis y módulo son menores a 0.05, por lo que se infiere que hay diferencia significativa en las mediciones de las derivas máximas de acuerdo al tipo de análisis (análisis sísmico modal espectral y análisis sísmico tiempo historia) y hay variaciones significativas para los dos módulos estudiados. Sin embargo, no existen variaciones significativas en las mediciones de las derivas máximas de acuerdo a la dirección porque el valor p de 0.050 es igual a 0.05, y tampoco en las mediciones de las derivas máximas de acuerdo al sismo, porque el valor p es 0.0596 siendo ligeramente mayor a 0.05, en este caso se infiere que, las derivas máximas, no tienen variación significativa en sus resultados de acuerdo al sismo y dirección, es decir sus valores son similares, pero considerando que los valores de p se encuentran en el límite de 0.05, se desestiman estos resultados. Por tanto, considerando que, los dos parámetros de mayor interés en la presente investigación son el tipo de análisis y el sismo, porque a ellos hace mención la hipótesis general, se acepta H1 general, y se argumenta que, los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan diferencias significativas ( $u_1 \neq u_2$ ).

## Tabla 73

### *Análisis Kruskal-Wallis para Derivas Máximas*

Ho: “No hay diferencia significativa en las mediciones de derivas”.

H1: “Si hay diferencia significativa en las mediciones de derivas”.

Fuente	GL	Valor H	Valor p
Tipo de Análisis	1	1.49	0.0222
Sismo	3	1.89	0.0596
Dirección	1	3.83	0.050
Módulo	1	5.17	0.023

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

#### f) Planteamiento de hipótesis específicas

Comprobada la hipótesis general, se consideró pertinente comprobar también la capacidad estructural de la edificación en estudio la I.E. N° 10386 Cuyumalca, para ello, se tuvo como criterio los requisitos dados en la norma E.030:2018, que especifica que, la cortante dinámica debe superar el 80% de la cortante estática, y que las derivas máximas no deben superar el valor de 0.7% para albañilería confinada, siendo así, se planteó como hipótesis:

##### **Hipótesis 1**

- Ho: El porcentaje de cortante dinámica en la estructura de la .E. N° 10386 Cuyumalca no supera el 80% de la cortante estática (Ho:  $\mu \leq 0.8$ ).
- H1: El porcentaje de cortante dinámica en la estructura de la .E. N° 10386 Cuyumalca supera el 80% de la cortante estática (H1:  $\mu > 0.8$ ).

##### **Hipótesis 2**

- Ho: Las derivas máximas en la estructura de la .E. N° 10386 Cuyumalca no son inferiores al 0.7% (Ho:  $\mu \geq 0.7\%$ ).
- H1: Las derivas máximas en la estructura de la .E. N° 10386 Cuyumalca son inferiores al 0.7% (H1:  $\mu < 0.7\%$ ).

### g) Análisis de la hipótesis específica 1

Así mismo, se ha aplicado la prueba t-student para verificar si los resultados cumplen con los lineamientos de la norma E.030, comprobando de acuerdo al análisis que, efectivamente el porcentaje de la cortante dinámica respecto a la cortante estática supera el 80% especificado en la norma para el pabellón 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, debido a que, el valor p es 0.00, por lo que se acepta H1.

**Tabla 74**

*Análisis t-student del Porcentaje de la Cortante Basal Dinámica*

	Hipótesis nula	Ho: $\mu = 0.8$
	Hipótesis alterna	H1: $\mu > 0.8$
	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
Porcentaje de cortante	5.15	0.000

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

### h) Análisis de la hipótesis específica 2

Así mismo, se ha aplicado la prueba Wilcoxon de 1 muestra para verificar si los resultados cumplen con la norma E.030, comprobando de acuerdo al análisis que, las derivas máximas en promedio superan el límite establecido de 0.7%, debido a que el valor p obtenido es 1.00, siendo así en ese caso se acepta la hipótesis nula y se infiere que el pabellón 2 de I.E. N° 10386 no cumple con la norma E.030:2018, respecto a las derivas máximas.

**Tabla 75**

*Análisis test de Wilcoxon de 1 Muestra de las Derivas Máximas*

	Hipótesis nula	Ho: $\mu = 0.7\%$	
	Hipótesis alterna	H1: $\mu < 0.7\%$	
	<b>Número de prueba</b>	<b>Estadística de Wilcoxon</b>	<b>Valor p</b>
Derivas máximas	16	134.00	1.000

Nota: “si el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, caso contrario se acepta Ho”.

### **6.3. Discusión de resultados**

De acuerdo con los resultados, el espectro de diseño para el análisis modal espectral se formuló siguiendo los parámetros de la norma E.030, lo que incluye la definición del peligro sísmico, el perfil de suelo y los factores de uso de la edificación; mientras que, para el análisis tiempo-historia, se utilizaron registros de movimientos telúricos reales que fueron filtrados y escalados para ajustarse al espectro de diseño previamente establecido. Este enfoque concuerda con Shi et al. (2024) y Khatiwada et al. (2023), quienes también utilizaron espectros de respuesta específicos del sitio para evaluar el comportamiento estructural bajo diferentes condiciones sísmicas; sin embargo, la investigación local se distingue, sin embargo, por haber ajustado los sismos históricos peruanos para cumplir con el espectro de diseño normativo del país, lo que asegura una representación más precisa del entorno sísmico local.

Taberero et al. (2024) utilizaron datos sísmicos de 10 registros sísmicos escalados a valores crecientes de aceleración máxima del suelo (PGA), mientras que, en la investigación solamente se han utilizado tres registros sísmicos (Amazonas, Loreto y Cajamarca), sin embargo, ambos estudios cumplen con los lineamientos metodológicos para un análisis sísmico tiempo – historia, donde se deben utilizar entre tres a diez registros sísmicos, como mínimo y máximo, respectivamente. Sin embargo, Sabogal & Barboza (2021) sobrepasan los lineamientos sugeridos, y utilizaron 26 registros sísmicos de la ciudad de Bogotá, no obstante, cabe recalcar que dichos autores luego de ello, decidieron elegir los sismos más representativos, optando por el evento sísmico de Superstition Hills.

Altiok et al. (2024) también escalan eventos sísmicos para analizar la capacidad estructural de edificios escolares, entre ellos, utilizaron los sismos de

magnitud 7.7 de Onikişubat, Dulkadiroğlu y Pazarcık, con aceleraciones máximas respectivas de 0.364, 0.475 y 2.220 g, mientras que, para la presente investigación se han utilizado tres eventos sísmicos en Loreto, Amazonas y Cajamarca de magnitud 8.0, 7.5 y 4.5, respectivamente; por tanto, los dos primeros eventos sísmicos concuerdan con los planteados en el estudio de Altiok et al. (2024), debido a que se tratan de terremotos, mientras que el evento telúrico en Cajamarca con epicentro a 21 km de la ciudad de San Marcos, si bien tiene una menor magnitud representa mejor las condiciones sísmicas locales, de allí su importancia de que, también se considere como parte de la investigación.

Gastulo & Puyen (2024) tal como, en la presente investigación utilizaron los eventos sísmicos ocurridos en Loreto 2019 y Amazonas 2021, difiriendo solamente en el tercer registro sísmico utilizado, donde los autores optaron por Pisco, mientras que, en este caso se ha usado el evento telúrico ocurrido en Cajamarca – San Marcos, esta diferencia se debe a la ubicación de las instituciones educativas en estudio, siendo la I.E. N° 10022 de Lima para Gastulo & Puyen (2024), mientras que, en la investigación se ha estudiado la I.E. N° 10386 de Chota, Cajamarca. En cambio, Quispe (2021) y Gálvez & Ortiz (2022) utilizaron registros sísmicos de Lima e Ica, difiriendo completamente con los eventos sísmicos electos en la presente investigación, sin embargo, su elección se debe a la ubicación de su unidad de análisis, siendo edificios en Lima. Mientras que, Bautista & Pauca (2021) quienes evaluaron la I.E. 9 de diciembre de Ayacucho, solamente utilizaron registros sísmicos de eventos suscitados en su región de estudio, descartando otros eventos recurrentes dentro del país.

En la investigación, la elección del evento telúrico en Cajamarca con epicentro a 21 km de la ciudad de San Marcos, ha sido fundamental porque

permite conocer los sismos más fuertes suscitados en la región, mientras que, otras investigaciones realizadas en el contexto regional, como el estudio de Llamo (2024) y Cabrera (2022), solamente han considerado eventos sísmicos recurrentes a nivel nacional, como los sismos de Ica 2007, Lima 1974 y Lima 1966. No obstante, en lo que, coinciden estas investigaciones es en el sentido de análisis de los eventos telúricos, siendo estos este-oeste en X y norte-sur en Y.

Por tanto, los resultados del espectro sísmico y los análisis tiempo-historia realizados en esta investigación coinciden con los enfoques y hallazgos de estudios previos. La aplicación de los registros sísmicos locales y el uso de la norma E.030 aseguran que los espectros generados reflejen con precisión las condiciones sísmicas del país.

Del análisis sísmico dinámico modal espectral de la I.E. N° 10386 Cuyumalca se ha determinado que, tanto el Módulo 1 como el Módulo 2 presentan comportamientos que no cumplen completamente con la norma E.030, lo que tiene implicaciones para la seguridad estructural de la edificación frente a eventos sísmicos.

El Módulo 1 no cumplió con los criterios establecidos por la norma E.030 (MVCS, 2018), ya que la cortante dinámica es inferior al 80% tanto en la dirección X (51.5%) como en la dirección Y (70.7%). Estos resultados son preocupantes, ya que indican que la capacidad para resistir las fuerzas laterales durante un sismo no es suficiente, lo que aumenta el riesgo de colapso estructural, concordando con Khatiwada et al. (2023) y Ricalde (2019). Además, la deriva en la dirección Y del Módulo 1 fue del 0.99%, superando el límite permitido del 0.7%, lo que sugiere que la estructura experimentaría deformaciones excesivas que podrían generar daños irreparables. Este comportamiento es similar al edificio de 14 pisos

analizado por Quispe (2021), quien también determinó que las derivas máximas obtenidas en el análisis modal espectral, son superiores a 0.7%, alcanzando valores máximos de 0.87%.

En cuanto a los desplazamientos máximos inelásticos, se observó un valor de 4.75 cm en la dirección Y, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad en esta dirección. Este comportamiento ha sido estudiado también por Shi et al. (2024), quienes determinaron que los desplazamientos en la dirección Y pueden ser mayores en función de la orientación de las fuerzas sísmicas y la disposición estructural. Los resultados confirman que la edificación puede sufrir deformaciones que exceden su capacidad elástica, lo que implica un alto riesgo de fallas estructurales, sin embargo, los desplazamientos inelásticos son menores a los alcanzados por una edificación de 12 pisos de Ecuador (9.32 cm) estudiado por Villavicencio & Luzuriada (2022).

El Módulo 2, por su parte, presentó mejores resultados en cuanto a la cortante dinámica, cumpliendo con el criterio normativo al alcanzar el 90.4% en X y el 84.0% en Y. Sin embargo, las derivas máximas en ambas direcciones superan el 0.7%, con valores de 0.99% en X y 1.64% en Y, lo que implica que, a pesar de que la estructura puede resistir las fuerzas cortantes, las deformaciones laterales serían excesivas durante un evento sísmico. Este comportamiento es coherente con lo señalado por Altiok et al. (2024), quienes también observaron que las derivas entre pisos en edificios escolares no rehabilitados pueden exceder los límites normativos, incluso en estructuras que cumplen con las fuerzas cortantes. Así mismo, al igual que en el estudio de Villavicencio & Luzuriada (2022), el presente trabajo resalta la necesidad de mejorar el comportamiento sísmico para asegurar su capacidad sísmica.

El desplazamiento máximo inelástico del Módulo 2 en la dirección Y fue de 10.13 cm, lo que refleja una mayor deformación permanente en comparación con el Módulo 1. Esto sugiere que la estructura está expuesta a un riesgo considerable de daños irreversibles, lo que coincide con Taberner et al. (2024), quienes concluyeron que las deformaciones permanentes son un indicador crítico de la vulnerabilidad estructural en edificios escolares.

Por tanto, de acuerdo al análisis modal espectral en el caso de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, ambos módulos requieren intervenciones para cumplir plenamente con los criterios de la norma E.030. Los desplazamientos inelásticos y las derivas excesivas observadas ponen en evidencia la necesidad de reforzar la estructura para que, pueda resistir de manera adecuada los efectos de un sismo, reduciendo así el riesgo de fallas estructurales y asegurando la seguridad de los ocupantes.

Del análisis tiempo – historia de la I.E. N° 10386 Cuyumalca se ha determinado que su desempeño estructural en los Módulos 1 y 2 cuando se someten a diferentes eventos sísmicos máximos ocurridos en el país, como sismo de Amazonas, Loreto y Cajamarca, es bajo, comprometiendo la seguridad de la edificación.

Al someter el Módulo 1 a los sismos de Amazonas, Loreto y Cajamarca, se observó que en todos los casos la cortante dinámica superó ampliamente los valores de la cortante estática, lo que indica que la estructura tiene capacidad para resistir las fuerzas laterales impuestas por estos eventos sísmicos, cumpliendo con el criterio de la norma E.030. Sin embargo, se detectaron derivas máximas en las direcciones X e Y que exceden significativamente los límites normativos. Por ejemplo, en el caso del sismo de Amazonas, las derivas alcanzaron el 1.45% en X

y el 1.82% en Y, superando el límite del 0.7% dado por la norma E.030, y también los parámetros más estrictos del HAZUS que limitan las derivas al 0.56%. Estos resultados son consistentes con Shi et al. (2024), quienes también reportaron desplazamientos significativos en estructuras de concreto armado cuando se aplican análisis tiempo-historia con diferentes orientaciones de columnas.

Los desplazamientos inelásticos máximos alcanzaron valores de hasta 8.28 cm en la dirección Y, lo que refleja una deformación considerable que podría comprometer la estabilidad del edificio. Este comportamiento también ha sido observado por Altiok et al. (2024), quienes encontraron que los edificios escolares no rehabilitados presentaron deformaciones permanentes y derivas que superaban los límites normativos tras someterse a análisis históricos no lineales.

El análisis tiempo-historia aplicado al sismo de Cajamarca mostró mejores resultados, con derivas del 0.68% en X y 0.49% en Y, las cuales cumplen con la norma E.030 pero no con los parámetros del HAZUS. Este comportamiento sugiere que, aunque la estructura puede resistir eventos sísmicos menores o moderados, un sismo severo como el de Amazonas generaría deformaciones significativas que podrían llevar a fallas estructurales permanentes. Estos resultados concuerdan con Bautista & Paucca (2021), quienes también observaron que, en ciertos casos, las derivas y desplazamientos superan los límites cuando se aplican sismos históricos a edificaciones educativas. Pero difiere del estudio de Gastulo & Puyen (2024) donde si bien también aplicaron los registros sísmicos de los eventos telúricos de Amazonas y Loreto, las derivas de la I.E. N° 10022 alcanzan a cumplir con la norma E.030, debido a que, ninguno de los pabellones mostró daños estructurales significativos; por lo tanto, determinaron que la edificación sería adecuada para ser utilizada como refugio.

El módulo 2 mostró un comportamiento similar al del Módulo 1, con una cortante dinámica superior a la cortante estática en todos los casos, cumpliendo con la norma E.030. No obstante, las derivas máximas en ambas direcciones superaron los límites normativos en los sismos de Amazonas, Loreto y Cajamarca. En el caso del sismo de Loreto, la deriva en la dirección Y fue de 4.30%, superando ampliamente los límites de la norma E.030 y del HAZUS. Este tipo de deformación excesiva pone en riesgo la estabilidad estructural, tal como lo han señalado Cevallos (2022) y Villavicencio & Luzuriada (2022), quienes encontraron que las derivas superiores al 1% en edificios pueden generar fallas significativas en los elementos estructurales.

El desplazamiento inelástico máximo alcanzado en el Módulo 2 fue de 10.97 cm en la dirección Y durante el sismo de Amazonas, lo que refleja una deformación considerable y permanente. Concordando con Taberero et al. (2024), quienes encontraron que las estructuras sometidas a análisis tiempo-historia presentaron desplazamientos significativos que afectaron su rendimiento estructural.

Al someterse al sismo de Cajamarca, las derivas en el Módulo 2 alcanzaron valores de 1.37% en X y 2.23% en Y, superando tanto los límites de la norma peruana como los parámetros del HAZUS. Este comportamiento sugiere que la estructura, si bien tiene la capacidad de resistir las fuerzas sísmicas en términos de cortante basal, experimentaría deformaciones críticas durante un sismo severo, lo que aumentaría el riesgo de fallas estructurales. Esto concuerda con Cabrera (2022) quien analizó el edificio de enfermería UNACH también en el distrito de Chota verificando que, frente a un análisis tiempo – historia la edificación presentaba mayores derivas que, los parámetros dados en el HAZUS.

Pero, difiere de estructuras que, si alcanzan a cumplir con los lineamientos normativos, tales como la I.E. Miguel Muro Zapata evaluada por Yaipen (2024) cuyas derivas se encontraban dentro de los lineamientos nacionales e internacionales destacando la capacidad sobresaliente para resistir cargas sísmicas.

El análisis tiempo-historia aplicado a los módulos de la I.E. N° 10386 Cuyumalca muestra que, aunque la estructura puede resistir las fuerzas sísmicas en términos de cortante basal, las derivas y desplazamientos inelásticos superan los límites normativos, lo que indica la necesidad de reforzamientos estructurales para mejorar su comportamiento ante eventos sísmicos severos.

Al comparar los resultados del análisis modal espectral y el análisis tiempo – historia de la I.E. N° 10386 se ha determinado que, el análisis tiempo-historia presenta una evaluación más detallada y conservadora de la estructura, revelando mayores valores en momentos volcantes, desplazamientos y derivas en comparación con el análisis modal espectral, tal como, argumentan AbdelMalek et al. (2022) y Cevallos (2022) quienes determinaron que, el análisis de tiempo-historia proporciona una evaluación más detallada y precisa del comportamiento de la estructura a lo largo del tiempo, permitiendo observar el desarrollo dinámico de la respuesta estructural.

El análisis tiempo-historia, que toma en cuenta la evolución temporal de las cargas sísmicas, refleja un mayor esfuerzo sobre la estructura y revela efectos acumulativos que no se captan en el análisis modal espectral, el cual utiliza un enfoque simplificado basado en la respuesta modal de la edificación. Huaripata et al. (2020) también destaca que, la respuesta sísmica obtenida mediante el análisis con espectros de sitio (ES) supera la respuesta calculada con el análisis modal

espectral dinámico, especialmente cuando se consideran sismos de mayor magnitud y diferentes tipos de suelo, siendo lo que, se ha demostrado en la investigación al utilizar los eventos telúricos de Amazonas, Loreto y Cajamarca.

En cuanto a los momentos volcantes, el análisis tiempo-historia mostró valores significativamente mayores. Por ejemplo, en el sismo de Loreto para el Módulo 1, el momento volcante en la dirección Y alcanzó 914.25 ton-m en el “análisis tiempo-historia”, mientras que el “análisis modal espectral” reflejó solo 70.53 ton-m, es decir, el valor del análisis tiempo-historia fue 1296.22% mayor. Esta diferencia se debe a que el análisis tiempo-historia captura los efectos no lineales y la acumulación de daños, lo que incrementa las demandas torsionales en la estructura, tal como lo concluyeron Shi et al. (2024) en su estudio sobre análisis no lineales en estructuras educativas. Así mismo, Bermudo & De la Cruz (2022) también destaca que, el análisis tiempo – historia alcanza resultados más críticos, afectando notablemente la capacidad sísmica del edificio.

Este patrón se repite en los demás eventos sísmicos, donde los momentos volcantes del análisis tiempo-historia son consistentemente más altos que los del modal espectral. Altiok et al. (2024) también observaron que los análisis históricos no lineales detectan mayores demandas sísmicas en edificios escolares, especialmente en aquellos no rehabilitados.

Los desplazamientos inelásticos también son significativamente mayores en el análisis tiempo-historia. En el caso del sismo de Loreto, el Módulo 2 experimentó un desplazamiento máximo de 28.35 cm en Y con el análisis tiempo-historia, frente a 10.13 cm con el “análisis modal espectral”, lo que representa un aumento del 279.86%. Estas diferencias indican que la estructura sufre deformaciones mucho más pronunciadas en los análisis tiempo-historia, lo cual es

consistente con Khatiwada et al. (2023), quienes encontraron que el tiempo-historia predice desplazamientos más altos y exige un mayor nivel de ductilidad en la estructura.

Esta disparidad en los desplazamientos refleja una mayor probabilidad de daños estructurales bajo eventos sísmicos reales, especialmente aquellos de gran magnitud como los sismos de Loreto y Amazonas, lo que subraya la necesidad de utilizar el estudio tiempo-historia para avalar un diseño sísmico adecuado.

En cuanto a las derivas, se observó que las máximas predichas por el “análisis tiempo-historia” son consistentemente superiores a las del “análisis modal espectral”. Por ejemplo, en el sismo de Loreto, la deriva máxima en el Módulo 2 en la dirección Y fue de 4.30% en el análisis tiempo-historia, frente al 1.64% derivado del “análisis modal espectral”, lo que representa un aumento del 262.20%. Este comportamiento es crítico, ya que valores de deriva superiores al 0.7% establecidos por la norma E.030 implican un riesgo elevado de daños, lo cual es particularmente notable en edificios educativos que deben tener un alto nivel de seguridad estructural. Villavicencio & Luzuriada (2022) también encontraron que las derivas en edificaciones sin disipadores eran considerablemente más altas, lo que pone en evidencia la importancia de utilizar métodos avanzados como el tiempo-historia para captar estas deformaciones.

La magnitud de las derivas obtenidas en los análisis tiempo-historia, en particular las que superan el 0.7% permitido, refuerza la necesidad de reforzar la estructura de la I.E. N° 10386 Cuyumalca para mejorar su comportamiento ante eventos sísmicos severos. Quispe (2021) observó resultados similares, donde el análisis tiempo-historia reveló demandas sísmicas significativamente mayores

que el análisis modal, sugiriendo que el primero ofrece una evaluación más realista y completa del desempeño estructural bajo sismos frecuentes.

Por tanto, Shi et al. (2024), Altiok et al. (2024) y Khatiwada et al. (2023) también reportaron que los análisis tiempo-historia revelan desplazamientos y derivas significativamente mayores que los obtenidos por otros métodos de análisis sísmico, lo que subraya la importancia de aplicar este tipo de análisis en proyectos de construcción críticos.

Finalmente, se argumenta que, el segundo método proporciona una visión más precisa y conservadora del comportamiento estructural ante sismos de gran magnitud. Los momentos volcantes, desplazamientos y derivas resultantes del análisis tiempo-historia son considerablemente mayores, lo que indica que este enfoque permite identificar más claramente las debilidades y puntos críticos de la estructura. Al igual que en estudios previos, como el de Gallegos (2018), donde se observó que el tiempo-historia detecta demandas estructurales mayores, esta investigación concluye que el uso exclusivo del análisis modal espectral puede subestimar los efectos reales de un sismo severo. Por tanto, para garantizar la seguridad de la edificación, se debe complementar ambos métodos en la evaluación sísmica y considerar reforzamientos estructurales en los elementos más vulnerables.

## CAPÍTULO VII.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. Conclusiones

Al comparar el análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, en el caso de estudio, la I.E. N° 10386 de Cuyumalca, Chota, se ha llegado a las siguientes conclusiones específicas:

- 1) Para el análisis modal espectral, se estableció el espectro de diseño utilizando parámetros de la norma E.030, como la zona sísmica, el tipo de suelo y el uso de la estructura. En cuanto al análisis tiempo-historia, se utilizaron registros reales de sismos significativos ocurridos en Loreto, Amazonas y Cajamarca, los cuales fueron escalados y procesados para ajustarse al espectro de diseño.
- 2) La I.E. N° 10386 Cuyumalca de acuerdo al análisis sísmico dinámico modal espectral no cumple con la norma E.030. El Módulo 1 no cumple con los criterios de la norma E.030 en términos de cortante dinámica (51.50% y 70.70% de la cortante estática en X e Y) ni derivas, especialmente en la dirección Y (deriva máxima de 0.99%), lo que indica una vulnerabilidad estructural significativa frente a sismos de diseño. El Módulo 2 cumple con los requisitos de cortante dinámica (90.40% y 84.00% de la cortante estática en X e Y), pero excede los límites de derivas en ambas direcciones (0.99% y 1.64% en X e Y), lo que compromete su estabilidad estructural.
- 3) La I.E. N° 10386 Cuyumalca de acuerdo al análisis sísmico tiempo-historia presenta deformaciones significativas y exceden los límites normativos de la norma E.030 y el estándar HAZUS. Tanto el Módulo 1 como el Módulo 2 experimentan derivas máximas superiores al 0.7%, con algunas derivas

alcanzando valores mucho mayores, especialmente en la dirección Y, donde para un sismo de Amazonas, Loreto y Cajamarca alcanza derivas máximas de 0.99%, 1.75% y 0.99% para el módulo 1, y 2.00%, 4.30% y 2.20% para el módulo 2, respectivamente. Por tanto, la edificación estaría expuesta a deformaciones excesivas y riesgos estructurales significativos durante un evento sísmico severo como los eventos telúricos de Amazonas o Loreto.

- 4) El análisis tiempo-historia predice valores significativamente mayores en todos los parámetros, como momentos volcantes, desplazamientos y derivas, en comparación con el análisis modal espectral. Esto indica que el método tiempo-historia captura efectos no lineales y acumulación de daños, ofreciendo una evaluación más conservadora y precisa de la demanda sísmica.

## **7.2. Recomendaciones y/o sugerencias**

Se recomienda que, para futuros estudios e implementaciones prácticas en edificaciones similares, el espectro de diseño sea revisado y ajustado con base en parámetros actualizados y específicos del sitio, considerando los eventos sísmicos máximos ocurridos en el lugar y zonas aledañas. Asimismo, se sugiere realizar una revisión periódica de los parámetros utilizados en el análisis modal espectral, para garantizar que los análisis reflejen las condiciones más actuales y precisas de las estructuras.

Es necesario implementar medidas de refuerzo estructural en el Módulo 1 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, dada su vulnerabilidad en términos de cortante dinámica y derivas, especialmente en la dirección Y. Para el Módulo 2, se recomienda mejorar su capacidad de disipación de energía y su rigidez, debido a que las derivas exceden los límites normativos.

Futuras investigaciones deberían enfocarse en desarrollar estrategias de refuerzo de la I.E. N° 10386 Cuyumalca que no solo aborden las deficiencias en cortante dinámica, sino que también mitiguen la problemática de las derivas excesivas. Esto puede incluir el uso de disipadores de energía o sistemas de aislación sísmica que disminuyan las deformaciones laterales.

Dado que el análisis tiempo-historia captura de manera más precisa los efectos no lineales y la acumulación de daños, se recomienda que este método sea adoptado como herramienta complementaria en el diseño sísmico de estructuras críticas.

## CAPÍTULO VIII.

### REFERENCIAS

- AbdelMalek, H., Hassan, T. K., & Moustafa, A. (2022). Nonlinear time history analysis evaluation of optimized design for medium to high rise buildings using performance-based design. *Ain Shams Engineering Journal*, 130(40), 1-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102081>
- Altıok, T. Y., Şevik, M., & Demir, A. (2024). Seismic performance of retrofitted and non-retrofitted RC school buildings after the February 6th, 2023, Kahramanmaraş earthquakes. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 1, 1-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-024-01941-w>
- Aragadovay, L. (2016). *Análisis comparativo utilizando el método tiempo - historia con el espectrograma del sismo el centro y la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24046>
- Bautista, H., & Pauca, Y. (2021). *Evaluación sísmica con métodos análisis dinámico modal espectral y tiempo historia en institución educativa 9 de diciembre - La Mar - Ayacucho*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58656>
- Bermudo, H. B., & De la Cruz, R. A. (2022). *Efectos de la bidireccionalidad sísmica en la respuesta de edificaciones escalonadas de concreto armado, mediante el Análisis Dinámico Modal Espectral (ADM) y el Análisis Tiempo Historia Lineal (ATHL), en la ciudad de Lima*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/661473>
- Brunelli, A., de Silva, F., Piro, A., Parisi, F., Sica, S., Silvestri, F., & Cattari, S. (2021). Numerical simulation of the seismic response and soil–structure interaction for a monitored masonry school building damaged by the 2016 Central Italy earthquake. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(2), 1181-1211. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-020-00980-3>
- Cabrera, E. T. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural con disipadores de energía de fluido viscoso del edificio de enfermería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota].

- Cardenas, O., Farfan, A., & Huaco, G. (2020). Seismic Risk Assessment of Peruvian Public School Buildings Using FEMA P-154 Rapid Visual Screening. *2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*, 100(1), 1-5. <https://doi.org/doi:10.1109/CONIITI51147.2020.9240369>.
- Carreño, E., Bravo, B., Tordesillas, M., & Suárez, A. (1999). Registro y Tratamiento de acelerogramas. *Instituto Geográfico Nacional de Madrid*, 11(1), 81-111. [https://doi.org/https://doi.org/10.5209/rev\\_FITE.1999.n11.12923](https://doi.org/https://doi.org/10.5209/rev_FITE.1999.n11.12923)
- Cauas, D. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. *[online]*, 1(1), 1-11.
- Cevallos, J. W. (2022). *Diseño por capacidad partiendo de un análisis comparativo entre el método modal espectral y el método tiempo historia con el uso de acelerogramas sintéticos y la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015; de un edificio de 9 pisos en estructura metálica*. [Tesis de maestría en Ingeniería Civil con mención en estructuras metálicas, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36417>
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures*. 4<sup>a</sup> ed. California. Pearson.
- ConstruAprende. (7 de junio de 2012). *Reforzamiento estructural con fibra de carbono*. ConstruAprende: <https://www.construaprende.com/blogs/425-reforzamiento-estructural-con-fibra-de-carbono>
- Del Carpio, M. T., & Vásquez, J. R. (2020). *Análisis comparativo de los métodos dinámicos Modal Espectral y Tiempo Historia para una edificación de albañilería confinada en Parcona, Ica - 2020*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55826>
- Di Ludovico, M., Cattari, S., Verderame, G., Del Vecchio, C., Ottonelli, D., Del Gaudio, C., . . . Lagomarsino, S. (2023). Fragility curves of Italian school buildings: derivation from L'Aquila 2009 earthquake damage via observational and heuristic approaches. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 21(1), 397-432. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10518-022-01535-4>
- El Comercio. (05 de diciembre de 2021). Terremoto en Amazonas: todo lo que se sabe del sismo de 7.5 de magnitud que remeció el Perú. *El Comercio*, págs. 1-2. <https://elcomercio.pe/peru/terremoto-en-amazonas-todo-lo-que-se-sabe-del-sismo-de-75-de-magnitud-que-remecio-el-peru-igp-pedro-castillo-temblor-nndc-noticia/>

- Escale. (20224). Ficha de datos de la I.E. N° 10386. *Estadística de la Calidad Educativa*.  
<https://escale.minedu.gob.pe/padron-de-iiie>
- Gallegos, C. J. (2018). *Comparación de los métodos de análisis sísmico tiempo historia lineal elástico y modal espectral*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7101>
- Gálvez, D. A., & Ortiz, I. S. (2022). *Aplicación del análisis dinámico tiempo historia para evaluar la influencia del refuerzo estructural en los edificios aislados de clase A sometidos a registros sísmicos con diferentes mecanismos de falla en Ica-Perú*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].  
<http://hdl.handle.net/10757/664285>
- Gastulo, W., & Puyen, B. (2024). *Evaluación del desempeño sísmico de la I.E. N° 10022 Miguel Muro Zapata, empleando un análisis no lineal tiempo - historia*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú].  
<https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12867/9462>
- Godínez, E. A. (2014). Influencia de contraventeos concéntricos en cruz o chevrón en el comportamiento no lineal de marcos dúctiles de concreto reforzado. *Ingeniería Sísmica*, 1(91), 1-10.  
[https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2014000200001](https://doi.org/https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2014000200001)
- González, M. (2002). Aspectos éticos de la investigación cualitativa. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1(29), 85-103.
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf
- Hassan, E. M., Mahmoud, H. N., & Ellingwood, B. R. (2020). Resilience of School Systems Following Severe Earthquakes. *Earth's future*, 8(10), 1-10.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2020EF001518>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte I. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrawHill Education.  
<https://doi.org/https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>
- Hervas, D. (2020). Influencia de la respuesta estructural en una edificación de 5 pisos de hormigón reforzado resistente a momentos, mediante la interacción suelo -

- estructura variando el tipo de cimentación, en suelos tipo D. *Sustainability*, 4(1), 1-9.
- Huaripata, F., Torres, J. F., & Orihuela, J. (2020). Comparative analysis of the seismic response of an essential and a common building using site spectra and dynamic modal spectral analysis according to South American standards. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 910(1), 1-9. <https://doi.org/DOI.10.1088/1757-899X/910/1/012008>
- Imcyc. (2009). *El concreto en la obra. Problemas, causas y soluciones, sección coleccionable 19*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto AC.
- INACAL. (26 de diciembre de 2017). NTP 339.171 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas. 1a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (24 de octubre de 2019). NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (24 de octubre de 2019). NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (24 de octubre de 2019). NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (07 de diciembre de 2020). NTP 339.181 CONCRETO. Determinación del número de rebote del concreto endurecido. Método de ensayo. 3a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- Khawwaja, P., Hu, Y., Lumantarna, E., & Menegon, S. J. (2023). Dynamic Modal Analyses of Building Structures Employing Site-Specific Response Spectra Versus Code Response Spectrum Models. *CivilEng*, 4(1), 134-150. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/civileng4010009>
- Komodroms, M. Z., Russell, S. F., & Tang, P. T. (1998). Design of FIR Hilbert Transformers and Differentiators in the Complex Domain. *Transactions Brief*, 45(8), 64-66. [https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/265503612\\_Design\\_of\\_FIR\\_Hilbert\\_transformers\\_and\\_differentiators\\_in\\_the\\_complex\\_domain](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/265503612_Design_of_FIR_Hilbert_transformers_and_differentiators_in_the_complex_domain)

- La República. (15 de enero de 2020). Los terremotos más catastróficos que sucedieron en Perú. *La República*, págs. 1-2. <https://larepublica.pe/sociedad/1476031-terremotos-fuertes-historia-peru-1970-atmp>
- Lizcano, Y. L., & Tobo, L. C. (2019). *Análisis estático de fuerzas horizontales equivalentes comparado con el análisis dinámico modal espectral y cronológico en las edificaciones regulares e irregulares del área metropolitana de Bucaramanga*. [Tesis de grado, Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/c1f95645-931a-48f7-a04d-d6a9fb9e2d66/full>
- Llamo, G. Y. (2024). *Vulnerabilidad sísmica del pabellón J de la Institución Educativa Emblemática Santa Teresita – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.14074/6430>
- Lopez, P. L. (2004). Población muestra y muestreo. *Revista Punto Cero*, 9(8), 69-74. [https://doi.org/http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso](https://doi.org/http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&nrm=iso)
- Magisano, D., Corrado, A., Madeo, A., & Garcea, G. (2022). A reduced order model for nonlinear time history seismic analyzes of elasto-plastic 3D frame structures. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 51(9), 2055-2076. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/eqe.3653>
- Magisano, D., Corrado, A., Madeo, A., & Garcea, G. (2023). Nonlinear time history seismic analysis of inelastic 3D frame buildings in a reduced modal space. *Procedia Structural Integrity*, 44(1), 456-463. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.060>
- Mahto, P., & Gupta, S. C. (2023). Tectonic stress regime and faulting style analysis due to sequence of earthquakes in Western Nepal. *Natural Hazards Research*, 23, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nhres.2023.11.010>
- McCallen, D., & Larsen, S. C. (2009). High performance simulations for transformational earthquake risk assessments. *Journal of Physics: Conference Series*, 180(2009), 1-9. <https://doi.org/doi:10.1088/1742-6596/180/1/012061>
- McGuire, R. K., & Arabasz, W. J. (1990). An introduction to probabilistic seismic hazard analysis. *Geotechnical and environmental geophysics*, 1, 333-353. <https://doi.org/https://doi.org/10.1190/1.9781560802785.ch12>
- Montajes, Ingeniería y Construcción, MIC SAS. (2024). *Diseño, construcción y levantamiento de marcos estructurales para PÓRTICOS*.

estructurasmetalicascolombia:

<https://www.estructurasmetalicascolombia.com/construcciones-metalicas/porticos/construccion-de-porticos>

- MPCH. (2000). *Expediente técnico: Mejoramiento del servicio educativo en la I.E. N° 10386 Cuyumalca Distrito de Chota - Cajamarca*. Municipalidad Provincial de Chota (MPCH).
- MVCS. (2006). Norma E.020. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Megabyte.
- MVCS. (2009). Norma E.060. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Megabyte.
- MVCS. (2018). Norma E.030 Diseño sismorresistente. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (págs. 1-32 pp.). Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). [https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02\\_E/2018\\_E030\\_RM-355-2018-VIVIENDA\\_Peruano.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/2018_E030_RM-355-2018-VIVIENDA_Peruano.pdf)
- Núñez, A. B. (2017). *Diseño por desempeño de una edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo - historia*. [Universidad Técnica de Ambato].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27236/1/Tesis%201219%20-%20N%C3%BA%20C3%B1ez%20Palacios%20Alba%20Beatriz.pdf>
- Núñez, A. B. (2017). *Diseño por desempeño de un edificio de hormigón armado utilizando el método de análisis tiempo-historia*. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato].
- Ortega, J. (2011). *Análisis comparativo entre sismo estático y dinámico, para marcos de concreto reforzado*. [Universidad de San Carlos de Guatemala].  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3334\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_C.pdf)
- Osorio, E. (2012). *Efectos de los esfuerzos cortantes biaxiales en la respuesta sísmica de columnas de hormigón armado*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya].
- Pal, S. C., Saha, A., Chowdhuri, I., Ruidas, D., Chakraborty, R., Roy, P., & Shit, M. (2023). Earthquake hotspot and coldspot: Where, why and how? *Geosystems and Geoenvironment*, 2(2), 1-11.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100130>

- Quispe, P. J. (2021). *Comparación entre análisis dinámico tiempo-historia en sismos frecuentes y análisis espectral para un edificio de vivienda de 14 pisos*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18648>
- Ramos-Galarza, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>
- Ricalde, G. Y. (2019). *Análisis Dinámico comparativo Modal espectral Vs Tiempo historia de una estructura con muros de ductilidad limitada, Villa el Salvador-2019*. [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49656>
- Rodríguez, A., & Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 1(82), 179-200. <https://doi.org/https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *REDVET Revista electrónica de veterinaria*, 16(1), 1-14.
- Rugarli, P., Amadio, C., Peresan, A., Fasan, M., Vaccari, F., Magrin, A., & Panza, G. F. (2018). Neo-deterministic scenario-earthquake accelerograms and spectra: a NDSHA approach to seismic analysis. *Engineering Dynamics and Vibrations*, 1, 187-241. <https://doi.org/https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781315119908-6/neo-deterministic-scenario-earthquake-accelerograms-spectra-ndsha-approach-seismic-analysis-paolo-rugarli-claudio-amadio-antonella-peresan-marco-fasan-franco-vaccari-andrea-magrin-fabio-r>
- Ruhl, C. J., Melgar, D., Chung, A. I., Grapenthin, R., & Allen, R. M. (2019). Quantifying the value of real-time geodetic constraints for earthquake early warning using a global seismic and geodetic data set. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124(4), 3819-3837. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2018JB016935>
- Sabogal, G. A., & Barboza, G. A. (2021). *Comparación de la respuesta dinámica de la estructura de una vivienda de desarrollo progresivo de dos pisos con aislación sísmica en la ciudad de Bogotá*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].

- SEAOC. (1995). *Conceptual framework for performance based seismic engineering of buildings*. Vision 2000 Committee and California Office of Emergency Services, Sacramento, USA.
- Shi, M., Wang, P., Xu, X., & Choi, Y. (2024). Nonlinear Time History Analysis for the Different Column Orientations under Seismic Wave Synthetic Approach. *World Journal of Engineering and Technology*, 12(3), 587-616. <https://doi.org/10.4236/wjet.2024.123038>
- Souroushian, A., & Wriggers, P. (2023). Test of an Idea for Improving the Efficiency of Nonlinear Time History Analyses in Seismic Analysis according to NZS 1170.5: 2004. *Recent Trends in Wave Mechanics and Vibrations. WMVC 2022. Mechanisms and Machine Science*, 125(1), 1-10. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-15758-5\\_10](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-031-15758-5_10)
- Spinelli, P., Salvatori, L., Lancellotta, R., & Betti, M. (2023). Preliminary Assessment Of The Seismic Behaviour Of Giotto's Bell Tower In Florence. *International Journal of Architectural Heritage*, 17(1), 23-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15583058.2022.2145527>
- Taberero, R., Ambrosini, D., & Curadelli, O. (2024). Retrofitting of typical existing school buildings through seismic vulnerability assessment. *Journal of Physics: Conference Series*, 2647(3), 1-11. <https://doi.org/doi:10.1088/1742-6596/2647/3/032005>
- Taípe, D., & Yanez, P. (2017). *Análisis comparativo de la respuesta en el tiempo de estructuras ante un sismo impulsivo y un sismo no impulsivo*. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9603>
- Tavera, H. (2018). *¿Qué es el silencio sísmico?* Instituto Geofísico del Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/783>
- Villalba, P. X. (2015). *Comparación del análisis modal espectral, lineal y no lineal*. Universidad Central del Ecuador.
- Villavicencio, E. G., & Luzuriaga, C. M. (2022). *Análisis comparativo no lineal dinámico tiempo historia de un edificio convencional y un edificio con disipadores de energía tipo viscoelástico*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4281>
- Wiemer, S., & Wyss, M. (2000). Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan. *Bulletin*

- of the Seismological Society of America*, 90(4), 859-869.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1785/0119990114>
- Wilkinson, S. M., & Hiley, R. A. (2006). A non-linear response history model for the seismic analysis of high-rise framed buildings. *Computers & Structures*, 318-329.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2005.09.021>
- Yaipen, A. A. (2024). *Evaluación del desempeño sísmico mediante análisis dinámico no lineal de la Institución Educativa Miguel Muro Zapata, Lambayeque, 2022*. [Tesis de maestría en ingeniería civil con mención en estructuras, Universidad Privada de Tacna]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/20.500.12969/3367>
- Yang, Z.-B., Radzienski, M., Kudela, P., & Ostachowicz, W. (2017). Two-dimensional Chebyshev pseudo spectral modal curvature and its application in damage detection for composite plates. *Composite Structures*, 168(1), 372-383.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.02.066>
- Zafra, D. (2017). *ONDAS SÍSMICAS, su importancia para la geofísica y la humanidad*. Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/DOI:10.13140/RG.2.2.20029.08168>

## CAPÍTULO IX. ANEXOS

### *Anexo A. Matriz de consistencia*

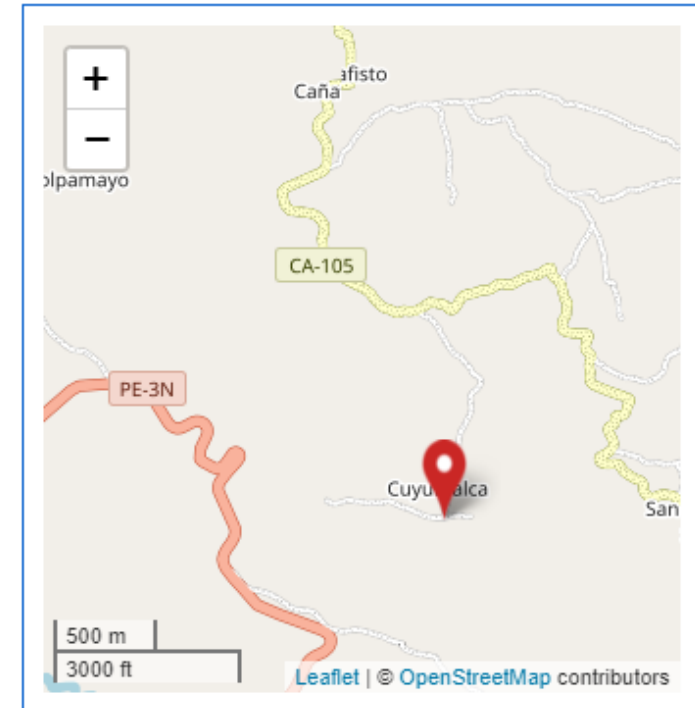
**Tesis:** Comparación del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota.

**Tesista(s):** Luis Alex Cabrera Delgado, Ely Muñoz Marrufo.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cómo varían los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota?	<b>Objetivo general</b> Comparar el análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota.	Los resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral y tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país, caso: I.E. N° 10386 Cuyumalca, Chota presentan diferencias significativas ( $u1 \neq u2$ ).	VD. Análisis sísmico dinámico modal espectral	Desplazamientos laterales	Modos de vibración	<b>Enfoque:</b> cuantitativo  <b>Tipo:</b> aplicado  <b>Nivel:</b> explicativo
	Rigidez					
	Peso					
	Periodos modales					
	Altura de entrepiso					
	Desplazamiento relativo					
	– Definir los espectros sísmicos para el análisis modal espectral y el análisis tiempo – historia para sismos máximos y frecuentes del país. – Determinar las derivas, desplazamientos y cortante basal de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico dinámico modal espectral. – Determinar las derivas, desplazamientos y cortante basal de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico tiempo – historia. – Analizar la variación las derivas, desplazamientos y cortante basal la I.E. N° 10386 Cuyumalca, al aplicar el análisis sísmico dinámico modal espectral y el análisis tiempo – historia.		VI Sismos máximos y frecuentes	Desplazamientos laterales	Modos de vibración	<b>Diseño:</b> casi experimental  <b>Muestra:</b> Los dos módulos del pabellón N° 2 de la I.E. N° 10386 Cuyumalca, del distrito de Chota
					Rigidez	
					Peso	
				Periodos modales		
				Altura de entrepiso		
				Desplazamiento relativo		
Fuerza	Fuerza cortante en la base					
	Parámetros de sitio					
	Condiciones geotécnicas					
Parámetros tectónicos	Categoría de la edificación					
	Sistema estructural					
	Carga viva					
Metrado de cargas	Carga muerta					
	Aceleraciones del sismo					
	Intensidad					
Registros sísmicos	Magnitud sísmica					

*Anexo B. Ficha de datos de la institución educativa*

<b>10386</b>			
<b>Código modular</b>	0447151	<b>Dirección</b>	Calle Cuyumalca S/N
<b>Anexo</b>	0	<b>Localidad</b>	
<b>Código de local</b>	105115	<b>Centro Poblado</b>	CUYUMALCA
<b>Nivel/Modalidad</b>	Primaria	<b>Área geográfica</b>	Rural
<b>Forma</b>	Escolarizado	<b>Distrito</b>	Chota
<b>Género</b>	Mixto	<b>Provincia</b>	Chota
<b>Tipo de Gestión</b>	Pública de gestión directa	<b>Departamento</b>	Cajamarca
<b>Gestión / Dependencia</b>	Sector Educación	<b>Código de DRE o UGEL que supervisa el S. E.</b>	060004
<b>Director(a)</b>	Vasquez Delgado Rosa Albina	<b>Nombre de la DRE o UGEL que supervisa el S.E.</b>	UGEL Chota
<b>Teléfono</b>		<b>Característica (Censo Educativo 2022)</b>	Polidocente completo
<b>Correo electrónico</b>	eridbua@hotmail.com	<b>Latitud</b>	-6.585797
<b>Página web</b>		<b>Longitud</b>	-78.6137
<b>Turno</b>	Continuo sólo en la mañana		
<b>Tipo de programa</b>	No aplica		
<b>Estado</b>	Activo		



**Fuentes de información**  
 Padrón de Instituciones Educativas, Censo Educativo 2022, Carta Educativa del Ministerio de Educación- Unidad de Estadística y cartografía de OpenStreetMap.

Nota: (Escale, 20224).

## ESTADÍSTICA

Las celdas en blanco indican que la institución educativa no reportó datos o no funcionó el año respectivo.

### Matrícula por grado y sexo, 2022

Nivel	Total		1° Grado		2° Grado		3° Grado		4° Grado		5° Grado		6° Grado	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M
Primaria	64	67	9	8	9	8	8	15	18	11	10	10	10	15

### Matrícula por periodo según grado, 2004-2022

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	265	252	245	237	219	203	194	185	175	169	156	146	151	145	145	141	141	142	131
1° Grado	41	35	36	37	35	34	33	32	21	29	29	16	25	25	20	26	24	16	17
2° Grado	46	40	33	37	40	38	33	34	34	19	25	33	19	24	25	20	29	24	17
3° Grado	47	47	45	32	31	32	32	26	32	32	17	26	33	20	24	24	19	30	23
4° Grado	42	48	47	42	34	34	35	29	26	33	31	14	28	33	20	26	24	20	29
5° Grado	43	41	43	44	38	29	32	33	29	26	28	31	15	29	29	17	27	25	20
6° Grado	46	41	41	45	41	36	29	31	33	30	26	26	31	14	27	28	18	27	25

### Docentes, 2004-2022

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Total	13	13	13	13	12	14	13	14	14	12	12	13	13	14	14	12	11	11	11

Nota: (Escale, 20224).

*Anexo C. Panel fotográfico*

Fotografía 1. Vista longitudinal superior del edificio de la I.E. N° 10386



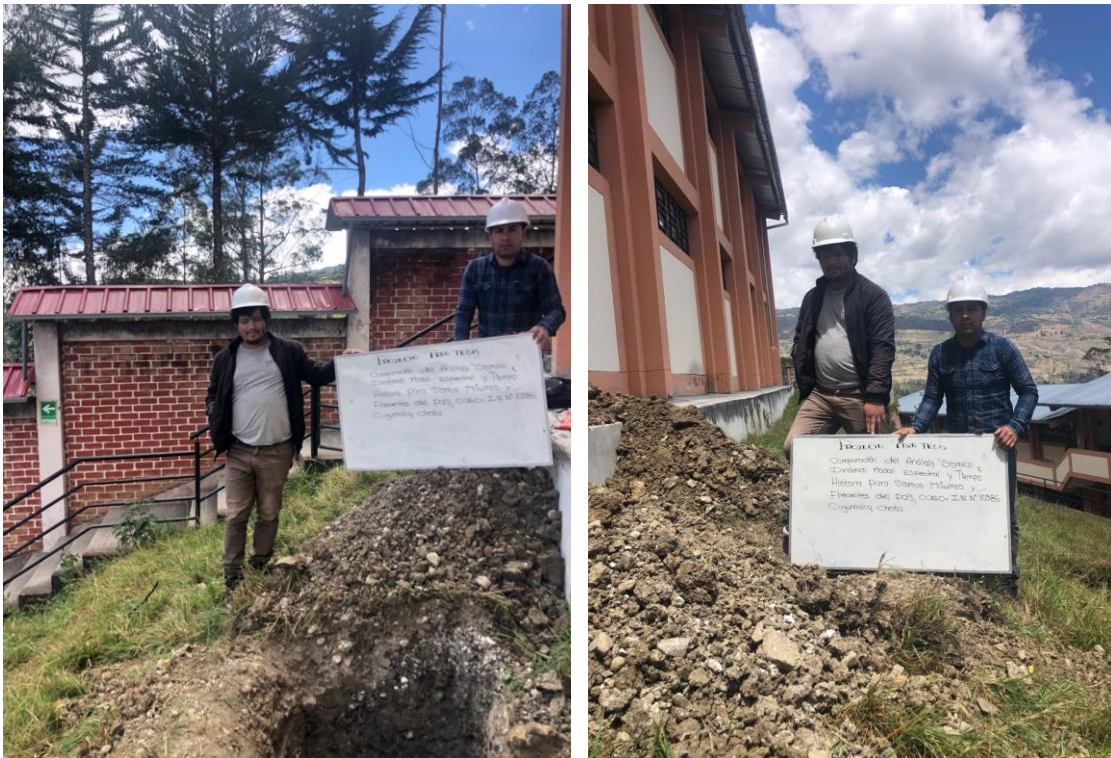
Fotografía 2. Vista transversal del edificio de la I.E. N° 10386



Fotografía 3. Vista longitudinal inferior del edificio de la I.E. N° 10386



Fotografía 4. Excavación de calicatas para la toma de muestras del suelo de cimentación



Fotografía 5. Proceso para quitar el tarrajeo de las columnas para ensayos de esclerometría



Fotografía 6. Proceso de realización del ensayo de esclerometría



Fotografía 7. Técnico junto con los testistas realizando el ensayo de esclerometría



Fotografía 8. Proceso de realización del ensayo de esclerometría y cubierta del tarrajeo que fue retirado



*Anexo D. Resultado de ensayos de mecánica de suelos*

## ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### TESIS

“COMPARACIÓN DEL ANALISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MAXIMOS FRECUENTES DEL PAIS, CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA”



20 de octubre del 2023

CIEXLIAN S.R.L.  
  
Ing. Dante H. Cieza León  
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES  
REG. CIP. 181947



### PERFIL ESTRATIGRÁFICO

CIEXLIAN S.R.L. -  
LABORATORIO  
RUC : 20564291541  
CEL. 960234655

Página: 6 de 1

#### LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N° 10386 CUYUMALCA CHOTA

UBICACIÓN: INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA

FECHA DE INFORME: 20/10/2023

CLIENTE: LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOZ MARUFO

#### DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALCATA N° 1

Fecha de Recepción: 15/10/2023

Prof. (m): 3.00 m

Fecha de Muestreo: 15/10/2023

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia					
			Simbolo	Simbolo gráfico		LL (%)	LP (%)				
0.40	S/M	Material orgánico de color moron, con bajo contenido de humedad y bajo humedad y bajo grado de compactación.									
3.00	C-1	Estrato clasificado en el sistema "SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	CL		17.57%	38.57	21.00				

FOTOS



Técnico de Laboratorio

Hernán Rojas Tapayuti

CIEXLIAN S.R.L. LABORATORIO  
  
**Dante H. Cieza León**  
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES  
 REG. CIP. 181947



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS**  
(A.S.T.M D 2216 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL:960234555

Pag: 8 de 2

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**PROYECTO:** COMPARACION DEL ANALISIS SISMICO DINAMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MAXIMOS FRECUENTES DEL PAIS. CASO: LE N°10386 CUYUMALCA,CHOTA

**UBICACION:** INSTUCION EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

**CLIENTE:** LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOS MARUFO

**FECHA DE INFORME:** 20/10/2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Materia:** CALICATA N° 1

**Muestra/Calicata:** C-1

**Fecha de Muestreo:** 15/10/2023

**Fecha de Recepción:** 15/10/2023

**Prof.(m):** 3.00 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
		N°	T1			
Tara	gr.					
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.		170.00			
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.		150.00			
Peso de Agua (A-B)	gr.		20.00			
Peso de Tara (C)	gr.		36.20			
Peso Neto de Material Seco (B - C)	gr.		113.80			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%		17.57%			17.57%

**OBSERVACIONES :**

Porcentaje de Humedad: 17.57%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +/- 5C°

**Técnico de Laboratorio:** Hermes Rojas Tiravanti

**Firma:**

CIEXLIAN - LABORATORIO  
Ing. Jorge H. Cieza León  
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES  
REG. CIP. 161947



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(A.S.T.M D 422 / A.A.S.H.T.O T 99 / MTC E 107)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO RUC  
: 26604291641 CEL:960234555  
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

Pag: 6 de 3

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA

UBICACIÓN: INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA

CLIENTE: LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOZ MARUFO

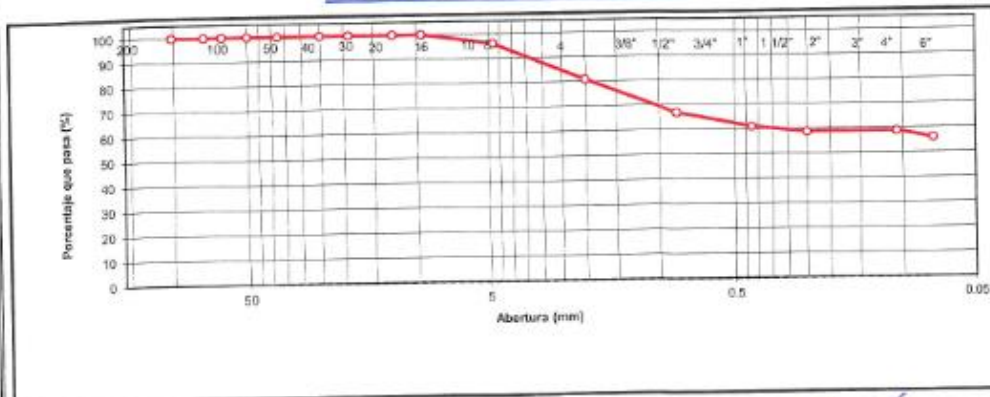
FECHA DE INFORME: 20/10/2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

Muestra/Calicata: C-1  
Fecha de Muestreo: 15/10/2023 Fecha de Recepción: 15/10/2023 Prof.(m): 3.00 m  
Tamaño Máximo: 3/8" Peso Inicial Seco: 500 gr.

TAMIZADO A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION Tol	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>OBSERVACIONES:</b> Bolonería 4" - 3" : 0.00 % Grava 3" - N° 4 : 4.00 % Arenas N° 4 - N° 200 : 40.00 % Finos < N° 200 : 56.00 % A. gruesa N° 4 - N° 10 : 15.00 % A. media N° 10 - N° 40 : 19.80 % A. fina N° 40 - N° 200 : 5.20 %  <b>CARACTERÍSTICAS:</b> LL (ASTM D4318-17): 36.57 % LP (ASTM D4318-17): 21.00 % IP (ASTM D4318-17): 17.57 %  Clasificación (SUCS): CL Descripción (AASHTO): A-6 (10)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
N° 4	4.750	20.00	4.00	4.00	96.00		
N° 6	2.360	40.00	8.00	12.00	88.00		
N° 10	2.000	36.00	7.20	19.20	81.00		
N° 16	1.190	36.00	7.20	26.40	74.00		
N° 20	0.850	36.00	7.20	33.60	67.00		
N° 30	0.600	19.80	3.96	37.56	62.44		
N° 40	0.425	14.00	2.80	38.80	61.20		
N° 60	0.250	12.00	2.40	41.20	58.80		
N° 100	0.150	0.00	0.00	41.20	58.80		
N° 200	0.075	14.00	2.80	44.00	56.00		
< N° 200	FONDO	260.00	52.00	100.00	0.00		

**CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA**



OBSERVACIONES:

Tamaño Máximo de partículas: 3/8"

CIEXLIAN LABORATORIO  
DR. DORIS H. CARRERA LEÓN  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y MATERIALES  
REG. CIP. 19134

Técnico de Laboratorio: Hermes Rojas Tiravanti

Firma:



**LÍMITES DE ATTERBERG**  
(A.S.T.M D 4318) / (A.A.S.H.T.O T 89)

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL: 980234555

Página 6 de 4

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO**

**PROYECTO:** COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS. CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA

**UBICACIÓN:** INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

**CLIENTE:** LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOZ MARLIFO

**FECHA DE INF:** 20/10/2023

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Fecha de Muestreo:** 15/10/2023 **Muestra/Calicata:** C-1  
**Prof.(m):** 3.00 m

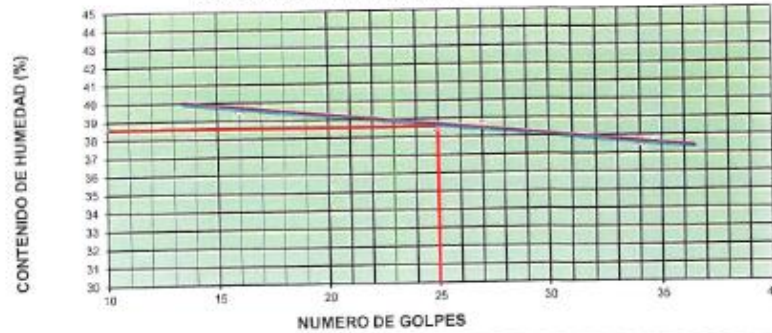
**LÍMITE LÍQUIDO**

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	62.45	47.42	56.32	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	55.99	44.29	51.91	
PESO DE AGUA	(g)	6.46	3.13	4.41	
PESO DEL TARRO	(g)	39.70	36.20	40.20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.29	8.09	11.71	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.67	38.65	37.65	
NÚMERO DE GOLPES		16	27	34	

**LÍMITE PLÁSTICO**

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T4	T5	
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.39	41.42	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	48.90	40.90	
PESO DE AGUA	(g)	0.49	0.52	
PESO DEL TARRO	(g)	40.80	38.40	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.30	2.50	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.34	20.65	

**CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	%	38.67
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.60
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	17.57

**OBSERVACIONES:**

La condición de secado de la muestra fue en horno a 110C° ± 5C°

**Técnico de Laboratorio:** Hermes Rojas Tiravanti

**Firma:**

Ing. Dante H. Cieza León  
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES  
REG. CIP. 181947





**CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO**  
**RUC : 20604291641**  
**(NORMA: A.S.T.M.D-3080)**

**FECHA INFORME**  
20/10/2023

**ENSAYO: CORTE DIRECTO SATURADO**

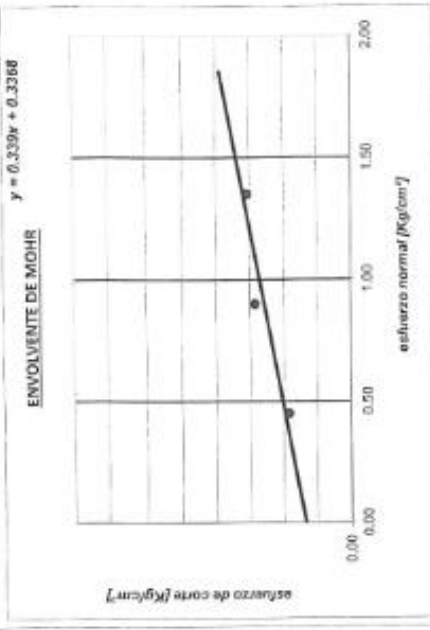
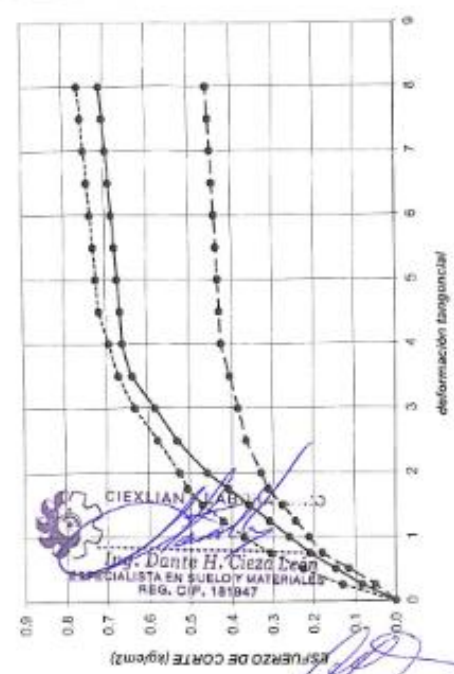
**SOLICITANTE :** LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOZ MARUTO  
**OBRA :** COMPARACIÓN DEL ANALISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: LE N°10386 CUYUMALCACHOTA  
**UBICACIÓN :** INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

**POZO MUESTRA :** C-13(PETAR) Prof. 2,50 m

**Cohesión del suelo :** 0,34 Kg/cm<sup>2</sup>  
**Angulo de fricción interna:** 19,73 °

N° especimen	Peso volum. seco [g/cm <sup>3</sup> ]	Esfuerzo Normal [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Humedad Natural [%]	Esfuerzo de corte [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Proporción esfuerzos vert
1	1,525	0,45	23,69	0,457	0,281
2	1,515	0,9	24,33	0,709	0,439
3	1,514	1,4	24,41	0,702	0,472

**CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN**



**CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO**  
RUC : 20604291641

**TEORIA DE TERZAGUI**

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO  
RUC : 20604291641  
CEL: 960234505

**TEORIA DE TERZAGUI**

**SUBJECTO:** LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MIGNOS MARLUFO  
**OBJETO:** COMPARACION DEL ANALISIS SISMICO DINAMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MAXIMOS FRECUENTES DEL PAIS. CASE LE N° 10386 CUYUIMALCAUCHITA

**LUGAR:** INSTITUCION EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUIMALCA.  
**DIRECCION:** ESTE 103° ESTE ZONA 17 L.

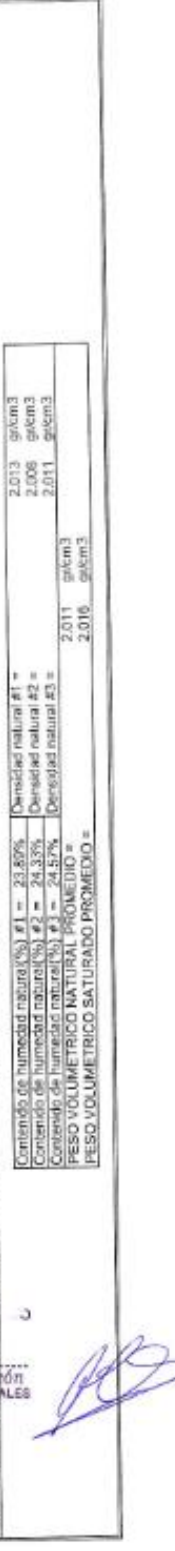
**FECHA DE INFORME:** 20/10/2012

**CAPACIDAD PORTANTE**

CUADRADA, CIRCULAR O CORRIDO  
NATURAL O SATURADA

INGRESAR DATOS

DETERMINACION	UNIDAD	VALOR
Cohecion	kg/cm <sup>2</sup>	0.337
Angulo de friccion interna	grados	30.73°
Densidad seca #1	gr/cm <sup>3</sup>	1.82
Contenido de humedad #1, estado saturado	porcentaje	24.86%
Densidad en el sitio	gr/cm <sup>3</sup>	2.003
Densidad seca #2	gr/cm <sup>3</sup>	1.82
Contenido de humedad #2, estado saturado	porcentaje	24.86%
Densidad en el sitio	gr/cm <sup>3</sup>	2.01
Contenido de humedad #3, estado saturado	porcentaje	1.81
Densidad en el sitio	gr/cm <sup>3</sup>	2.01
Peso volumetrico promedio	gr/cm <sup>3</sup>	2.016
Peso volumetrico saturado y sumergido	gr/cm <sup>3</sup>	1.20
Profundidad del cimbrado (D)	metros	1.20
Ancho de cimbrado (B)	adimensional	10.90
Wc	gr/cm <sup>3</sup>	3.16
Wp	adimensional	0.58
Ny	kg/cm <sup>2</sup>	2205.333
L3*23 C, 1.3*23 C, 2.3	kg/cm <sup>2</sup>	24076.133
L3*23 C, 1.3*23 C, 2.3	kg/cm <sup>2</sup>	4018.111
L3*23 C, 1.3*23 C, 2.3	kg/cm <sup>2</sup>	538.304
0.3 y 1.8 Ny, 0.3 y 1.8 B	kg/cm <sup>2</sup>	29105.848
en (carga limite)	kg/cm <sup>2</sup>	2.81
Factor de seguridad	adimensional	3.00
<b>CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE qadm</b>	kg/cm <sup>2</sup>	<b>0.97</b>



CONDICION	VALOR
Contenido de humedad natural (%) #1	23.80%
Contenido de humedad natural (%) #2	24.33%
Contenido de humedad natural (%) #3	24.57%
<b>PESO VOLUMETRICO NATURAL PROMEDIO</b>	<b>2.011 gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>PESO VOLUMETRICO SATURADO PROMEDIO</b>	<b>2.016 gr/cm<sup>3</sup></b>
Densidad natural #1	2.013 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad natural #2	2.006 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad natural #3	2.011 gr/cm <sup>3</sup>



PERU

Presidencia  
del Consejo de Ministros

INDECOPI



INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL  
CALLE DE LA PROSE 104, SAN BARTOLOMÉ, LIMA 41 - PERÚ  
TEL: 224-7800, WEB: WWW.INDECOPI.GOB.PE

## Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00147604

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 012890-2023/DSD - INDECOPI de fecha 26 de mayo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CIEXLIAN CONSTRUYENDO SUEÑOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud	:	0000770-2023
Titular	:	CIEXLIAN S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	26 de mayo de 2033
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser comprobadas a través de la siguiente dirección web:

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento: qjgww2y00y

Pág. 1 de 1

*Anexo E. Resultado de ensayos de esclerometría*



CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO

**ENSAYO DE ESCLEROMETROMETRIA**  
(N.T.P.133:181 - ASTM C805)

FECHA INFORME 20/10/2023

SOLICITANTE :

LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOS MARUFO

PROYECTO DE TESIS :

COMPARACIÓN DEL ANALISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS :

INSTUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

EQUIPO EMPLEADO :

ESCLERÓMETRO MARCA "FORNEY, MODELO LA-0352, SERIE 124"

PORTICO N° 01

Codigo	Ángulo de Impacto (Horizonte)	Elemento Estructural	RESISTENCIA KG/cm <sup>2</sup>	MUNERO DE REBOTE										PROMEDIO (REBOTE)	Rango de validez según Norma	PROMEDIO (REBOTE) FINAL	DESVIACIO N ESTANDAR	RESISTENCIA Kg/cm <sup>2</sup>
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
E-1	0°	C-1	210 kg/cm <sup>2</sup>	30	34	31	36	36	36	34	36	35	33	34.10	28.10 - 40.10	34.10	2.18	268.00
E-2	0°	V-1	210 kg/cm <sup>2</sup>	30	35	38	35	36	36	33	37	33	35	34.80	28.80 - 40.80	34.80	2.30	278.00
E-3	0°	C-2	210 kg/cm <sup>2</sup>	33	34	36	36	36	34	35	33	37	35	34.90	28.90 - 40.90	34.90	1.37	278.00
E-4	0°	V-3	210 kg/cm <sup>2</sup>	35	34	35	34	35	32	33	36	37	36	34.70	28.70 - 40.70	34.70	1.49	274.00
E-5	0°	V-2	210 kg/cm <sup>2</sup>	30	35	36	34	35	36	33	37	34	35	34.50	28.50 - 40.50	34.50	1.96	270.00
E-6	0°	V-4	210 kg/cm <sup>2</sup>	33	35	34	37	34	35	37	34	36	35	35.00	29.00 - 41.00	35.00	1.33	280.00
E-7	0°	Losa 01	210 kg/cm <sup>2</sup>	36	34	33	34	36	35	34	37	36	34	34.90	28.90 - 40.90	34.90	1.29	278.00
E-8	0°	Losa 02	210 kg/cm <sup>2</sup>	35	37	33	35	34	34	34	33	34	34	34.60	28.60 - 40.60	34.60	1.43	272.00
E-9	0°	Losa 03	210 kg/cm <sup>2</sup>	35	36	34	34	36	34	34	33	34	36	34.90	28.90 - 40.90	34.90	1.29	278.00

CÁLCULO

Descartar las lecturas que difieran del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades y determinar el promedio de las lecturas. Si más de dos lecturas difieren de este promedio por 6 unidades, desear todas las lecturas y determinar los números de rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro del ensayo.



**CIEXLIAN**  
S.R.L.

CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO

**ENSAYO DE ESCLEROMETROMETRIA**  
**(N.T.P.133:181 - ASTM C805)**

FECHA INFORME 20/10/2023

SOLICITANTE : LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOS MARUJO

PROYECTO DE TESIS : COMPARACIÓN DEL ANALISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA

LUBRICACIÓN DE LOS ENSAYOS : INSTUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

EQUIPO EMPLEADO : ESCLERÓMETRO MARCA "FORNEY, MODELO LA-0352, SERIE 124"

PORTICO N° 02

Codigo	Angulo de Impacto (Horisontal)	Elemento Estructural	RESISTENCIA KG/cm2	MUNERO DE REBOTE										PROMEDIO (REBOTE)	Rango de validez segun Norma		PROMEDIO (REBOTE)	DESVIACION ESTANDAR	RESISTENCIA kg/cm2
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Pro-6	Pro +6			
E-1	0	C-5	210 kg/cm2	35	34	32	35	35	34	35	37	33	35	34.50	28.50	40.50	34.50	1.35	270.00
E-2	0	V-3	210 kg/cm2	33	36	32	34	34	36	34	36	35	34	34.40	28.40	40.40	34.40	1.35	268.00
E-3	0	C-6	210 kg/cm2	30	33	33	35	30	38	36	34	35	36	34.00	28.00	40.00	34.00	2.58	260.00
E-4	0	C-7	210 kg/cm2	34	35	31	36	33	37	35	35	32	34	34.20	28.20	40.20	34.20	1.81	264.00
E-5	0	V-4	210 kg/cm2	35	36	33	33	35	34	36	35	34	34	34.50	28.50	40.50	34.50	1.08	270.00
E-6	0	C-8	210 kg/cm2	33	29	34	37	35	33	36	34	35	39	34.50	28.50	40.50	34.50	2.68	270.00
E-7	0	Losa-04	210 kg/cm2	34	36	34	35	37	37	34	28	30	35	34.00	28.00	40.00	34.00	2.91	260.00
E-8	0	Losa-05	210 kg/cm2	33	34	34	35	36	35	34	35	36	31	34.30	28.30	40.30	34.30	1.49	266.00
E-9	0	Losa-06	210 kg/cm2	36	29	36	37	30	34	35	34	36	34	34.10	28.10	40.10	34.10	2.64	262.00

**CÁLCULO**

Descartar las lecturas que difieran del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades y determinar el promedio de las lecturas. Si más de dos lecturas difieren de este promedio por 6 unidades, desearchar todas las lecturas y determinar los números de rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro del ensayo.



CIEXLIAN S.R.L. - LABORATORIO

**ENSAYO DE ESCLEROMETROMETRIA  
(N.T.P.133:181 - ASTM C805)**

FECHA INFORME 20/10/2023

SOLICITANTE : LUIS ALEX CABRERA DELGADO Y ELY MUÑOS MARUFO

PROYECTO DE TESIS : COMPARACIÓN DEL ANALISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO - HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E N°10386 CUYUMALCA, CHOTA

UBICACIÓN DE LOS ENSAYOS : INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIMARIA N° 10386 CUYUMALCA.

EQUIPO EMPLEADO : ESCLERÓMETRO MARCA "FORNEY, MODELO LA-0352, SERIE 124"

ESCALERA

Codigo	Angulo de Impacto (Horizonta)	Elemento Estructural	RESISTENCIA KG/cm2	MUNERO DE REBOTE										PROMEDIO (REBOTE)		Rango de validez según Norma	PROMEDIO (REBOTE)	DESVIACIO N ESTANDAR	RESISTENCIA KE/cm2		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	INICIAL	FINAL						
E-1	0	ESCALERA	210 kg/cm2	32	34	28	33	36	37	34	35	35	37	34,10	34,10	28,1	40,10	34,10	2,69	262,00	
E-2	0	ESCALERA	210 kg/cm2	34	33	35	33	35	37	35	34	33	33	34,20	34,20	28,20	40,20	34,20	1,32	264,00	
E-3	0	ESCALERA	210 kg/cm2	31	34	28	29	34	32	36	34	37	36	33,10	33,10	27,10	39,10	33,10	3,03	262,00	
E-4																					
E-5																					
E-6																					
E-7																					
E-8																					
E-9																					

**CÁLCULO** Descartar las lecturas que difieran del promedio de las 10 lecturas por más de 6 unidades y determinar el promedio de las lecturas. Si más de dos lecturas difieren de este promedio por 6 unidades desechar todas las lecturas y determinar los números de rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro del ensayo.



**LABORATORIO DE FUERZA**  
**LF-358-2024**

Solicitante	: CIEXLIAN S.R.L	Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.  Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.  P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.  Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  El certificado de calibración sin firma Calle 4, Mz F1 Lt 05 Urb. Virgen del Rosario - San Martín de Por y sello carece de validez.
Dirección	: JR. SAN MARTIN NRO. 880 CENTRO CHOTA CAJAMARCA - CHOTA - CHOTA	
Equipo	: CORTE DIRECTO	
Marca	: PYS EQUIPOS	
Modelo	: EDJ-1	
Serie	: 23050610	
Capacidad Máxima	: 120 kgf	
Identificación	: N/I	
Procedencia	: CHINA	
Tipo de Indicación	: ANILLO DE CARGA	
Marca	: PYS EQUIPOS	
Modelo	: N/I	
N° serie	: K6393	
Div. De escala	: 0.01 mm	
Fecha de calibración	: 2024-07-13	
Lugar	: Instalaciones del laboratorio de fuerza de PyS Equipos	
Método utilizado	: La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos en el documento de referencia de la norma UNE - EN ISO 7500-1 "Verificación de máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza - Julio 2006"	



*EPP*

Revisado y firmado digitalmente por:  
Eler Pozo S.  
Dpto. Metrología

*Javier Negron C.*

Calibrado y firmado digitalmente por:  
Javier Negron C.  
Dpto. Metrología





CERTIFICADO DE CALIBRACION  
N° 1800-221-2022

Página 1 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión:	2022/10/15
Solicitante:	Dante Hartman Cueva León
Instrumento de medición:	ESCLERÓMETRO
Identificación:	1400-221-2022
Marca:	ARSA
Modelo:	INDICA
Serie:	3001
Tipo:	H
Fecha:	05/01/2021
Expiración:	05/01/2024

Lugar de calibración: LABORATORIO DE ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración: 2022/10/15

**Método/Procedimiento de calibración:**

La verificación del equipo se determinó realizando la prueba de exactitud, para esto se colocó el esclerómetro funcionando de manera que el cono este perpendicular a la superficie de la muestra (Fuerza), después de impactar se lee el número de unidades en la escala al momento en que comienza a producirse la deformación. Para el caso del equipo se registró un valor de 104 unidades.

El número de prueba obtenido debe ser  $41 \pm 1$  para el tipo H y de  $76 \pm 1$  para el tipo L. La prueba se realizó teniendo en cuenta las Normas ASTM C105 y EN 12515-2.

Este certificado de calibración documenta la exactitud y precisión alcanzadas al calibrarse con arreglo al protocolo de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados reportados en el presente documento se basan en la experiencia y el conocimiento de los operarios de nuestro laboratorio, quienes son instrumentos e instrumentos regulares, los cuales tienen un establecimiento de la base de los calibradores propios de laboratorio, las calibraciones de los instrumentos de mantenimiento y traslado a la comisión de METROLOGÍA en nuestro laboratorio, de acuerdo a las regulaciones vigentes.

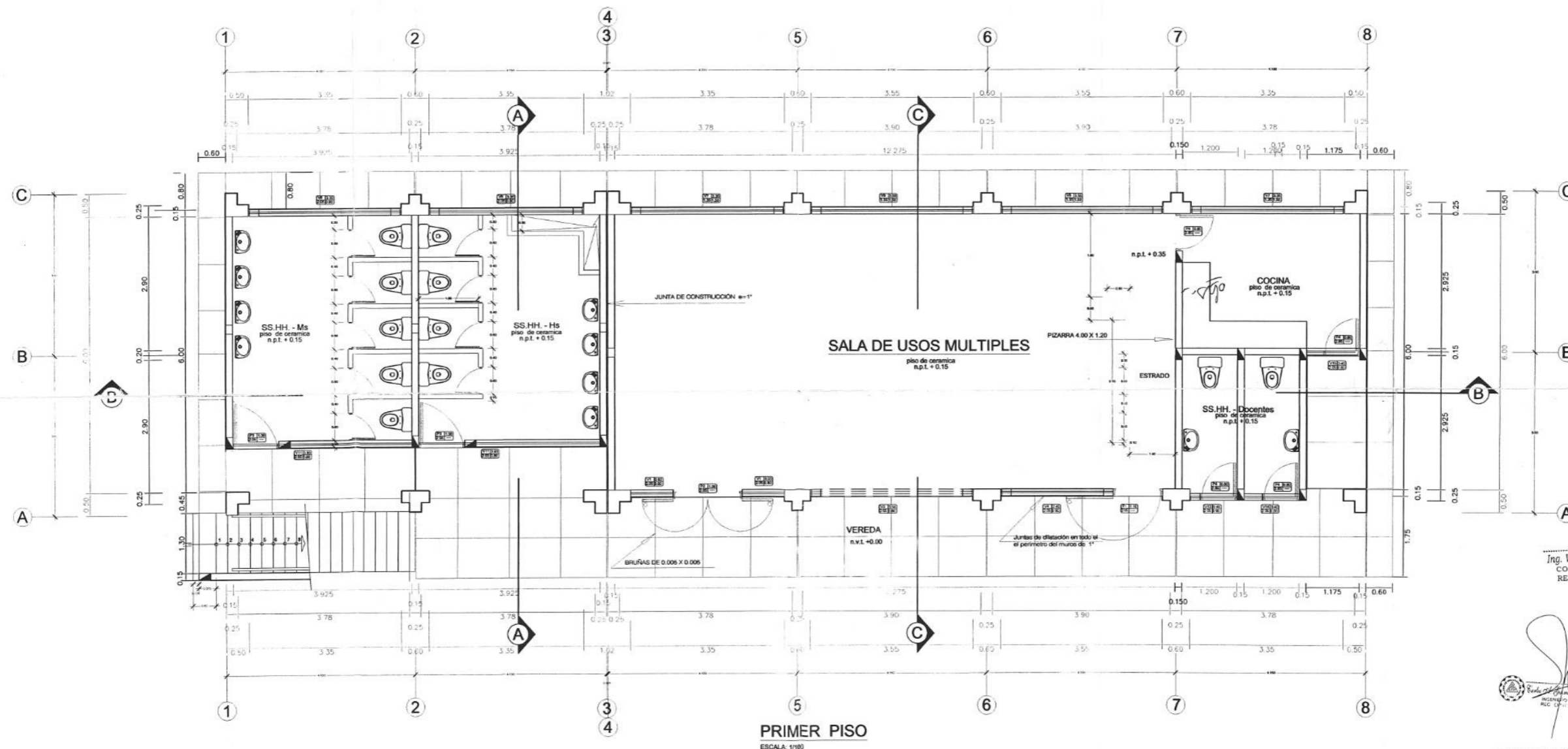
ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los errores que pueda ocasionar un instrumento de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración de acuerdo con este documento.

Este certificado no puede ser reproducido ni distribuido sin el consentimiento expreso del administrador (persona responsable de ARSOU GROUP S.A.C.).



ARSOU GROUP S.A.C.  
Av. Las Flores de San Diego Mz C lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

*Anexo F. Planos*



PRIMER PISO  
ESCALA: 1/100

Ing. W. Javier Suárez Cieza  
CONSULTOR DE OBRAS  
REG. CIP/80639 - C.O.S.10

*[Signature]*  
ING. CIVIL  
R.C.I.F. 160441

CUADRO DE ACABADOS		PISOS	CERAMICA	ZOCALOS	MURO	CERAMICAS	CAPITOTEJA	VEREDAS	PUERTAS	SANITARIOS	CERCAJERAS
1° Nivel	Sala de Usos Múltiples	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Cocina	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Servicios higiénicos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sala de Computo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2° Nivel	CRAEP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dirección	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sala de Profesores	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

PROPIETARIO:  
**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA**  
DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y RURAL

CONSORCIO SAN MARTIN  
AGOSTO DEL 2009

INDICADA  
**A1-01**

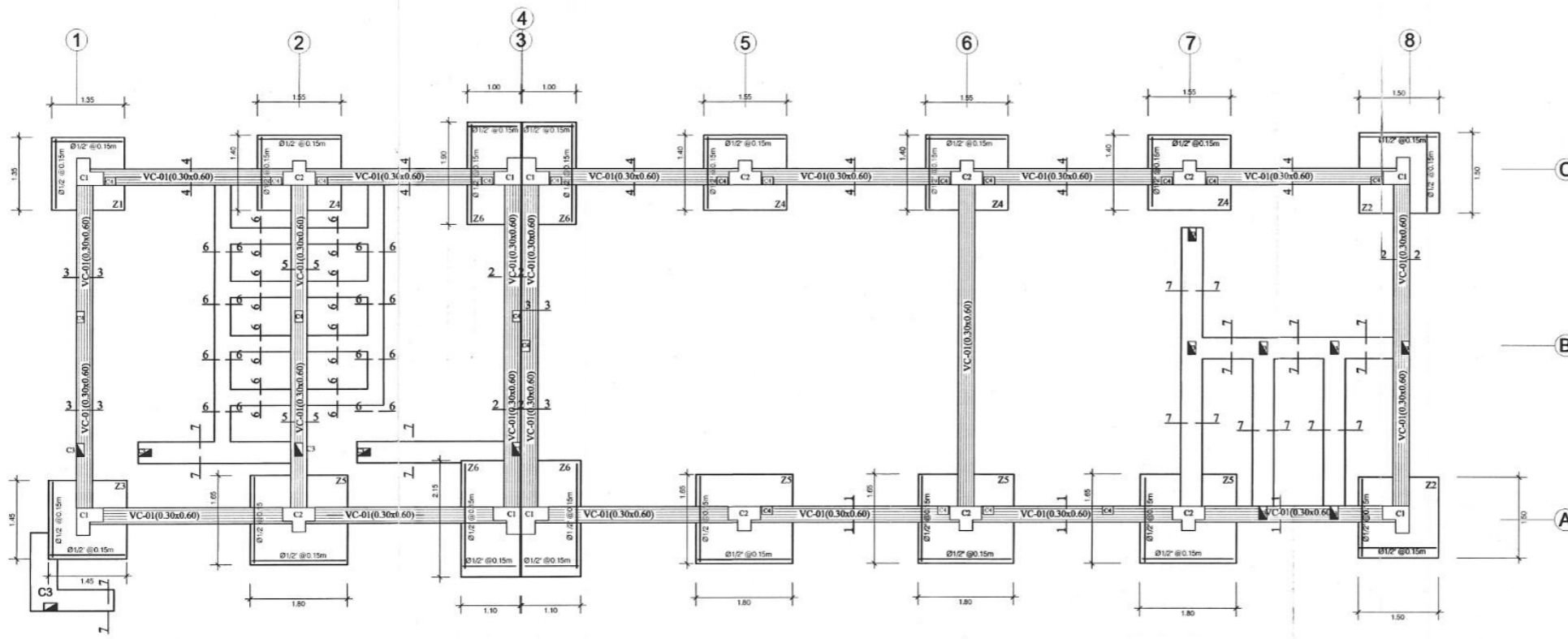
CUYUMALCA  
CHOTA

OPERA:  
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I.E. Nº 10386 CUYUMALCA DISTRITO DE CHOTA - CAJAMARCA"

LAMINA:  
**ARQUITECTURA**

CONSULTORIA Y SUPERVISION





**ESPECIFICACIONES GENERALES**

**EMPALMES EN VIGAS DE CONEXION:**  
 ACERO CORRUGADO 3/8" = 40 cm.  
 ACERO CORRUGADO 1/2" = 50 cm.  
 ACERO CORRUGADO 5/8" = 65 cm.  
 ACERO CORRUGADO 3/4" = 75 cm.  
 ACERO CORRUGADO 1" = 130 cm.

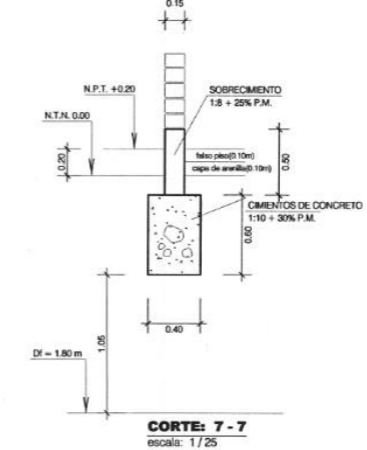
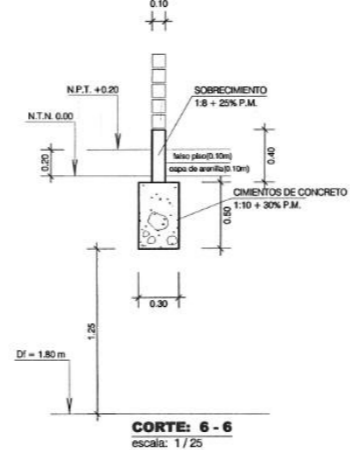
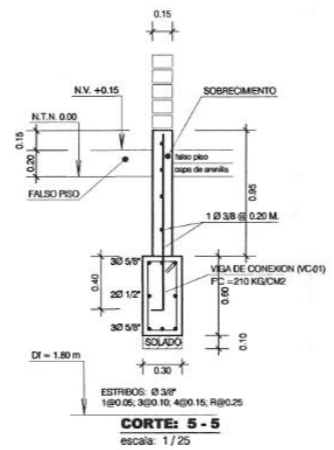
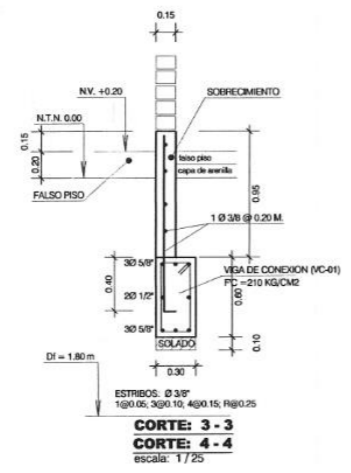
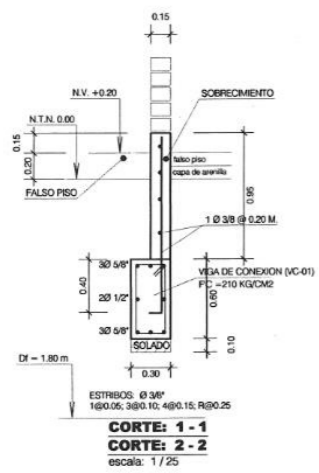
**EMPALMES EN COLUMNAS:**  
 ACERO CORRUGADO 3/8" = 35 cm.  
 ACERO CORRUGADO 1/2" = 45 cm.  
 ACERO CORRUGADO 5/8" = 60 cm.  
 ACERO CORRUGADO 3/4" = 70 cm.  
 ACERO CORRUGADO 1" = 125 cm.

RESISTENCIA TERRENO = 0.85 kg/cm<sup>2</sup>  
 PROFUNDIDAD DE DESPLANTE = 2.20 m

CONCRETO EN COLUMNAS f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 CONCRETO ZAPATAS f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>  
 CONCRETO VIGAS DE CONEXION f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>  
 CIMENTOS CORRIDOS 1:10 + 30% P.G  
 ACERO TODOS LOS ELEMENTOS f'y = 4,200 kg/cm<sup>2</sup>

**RECURRIMIENTO**  
 Sobrecimientos = 3.00 cm  
 Columnas = 4.00 cm  
 Columnetas = 3.00 cm  
 Zapatas = 7.50 cm  
 Vigas de cimentación = 7.50 cm

ZAPATA	LARGO	ANCHO	ALTO	ACERO DE REFUERZO
Z1	1.35	1.35	0.50	Indicada
Z2	1.50	1.50	0.50	Indicada
Z3	1.45	1.45	0.50	Indicada
Z4	1.55	1.40	0.50	Indicada
Z5	1.65	1.80	0.50	Indicada
Z6	2.15	1.10	0.50	Indicada



Ing. W. Suárez Cieza  
 CONSULTOR DE OBRAS  
 REG. CIP. 80639 - C3.16

Scari C. Andrade Sandoval  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. 10441

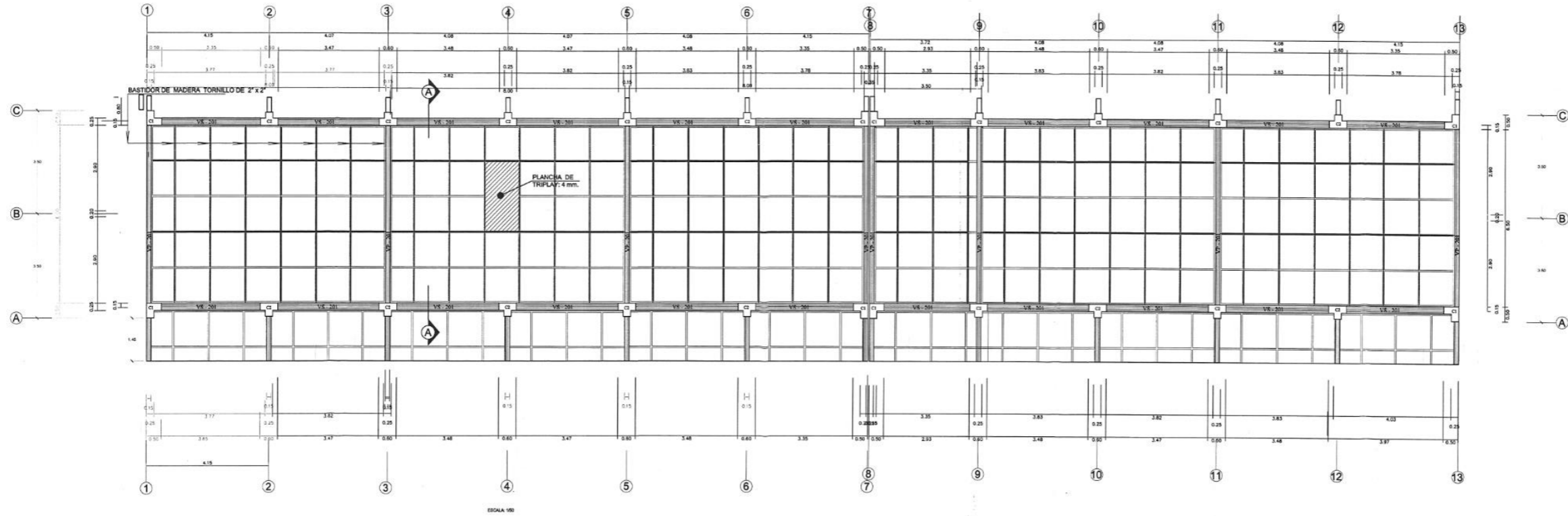
PROPIETARIO:  
**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA**  
 DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y RURAL

CONSORCIO SAN MARTIN  
 ABOGADO DEL 2009  
 INDICADA  
 CUYUMALCA  
 CAJAMARCA

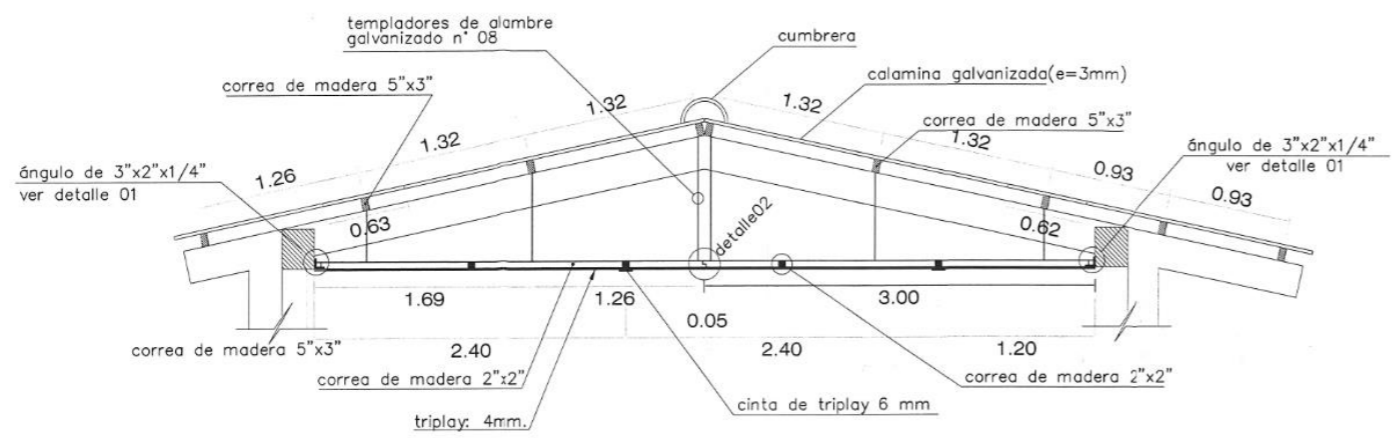
OBRA:  
 "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I.E N° 10386 CUYUMALCA DISTRITO DE CHOTA - CAJAMARCA"  
 LAMINA:  
**CIMENTACIONES**

**E1-01**

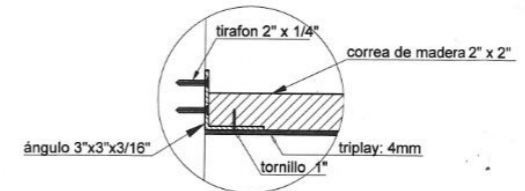
CONSULTORIA Y SUPERVISION



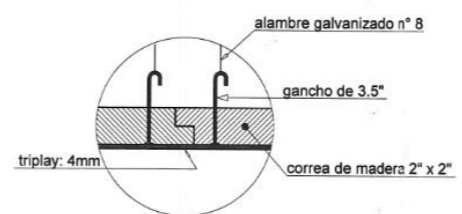
**CIELO RASO**  
ESCALA: 1/75



**CORTE A-A**  
ESCALA 1/50



**DETALLE 01**  
ESCALA: 1/5

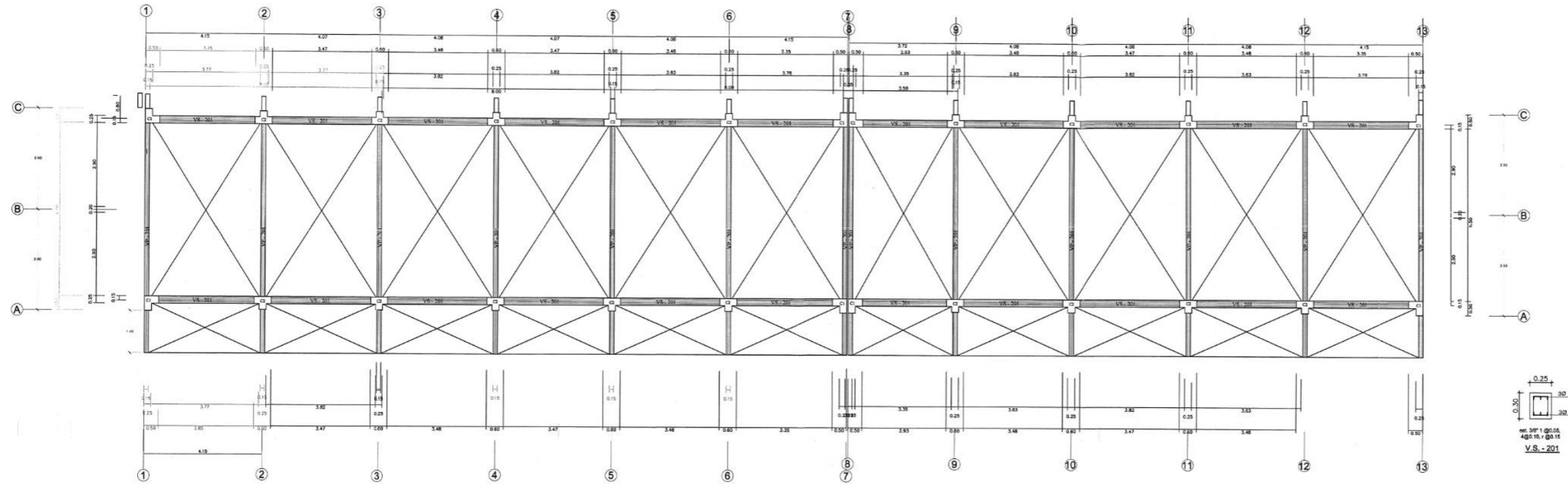


**DETALLE 02**  
ESCALA: 1/5

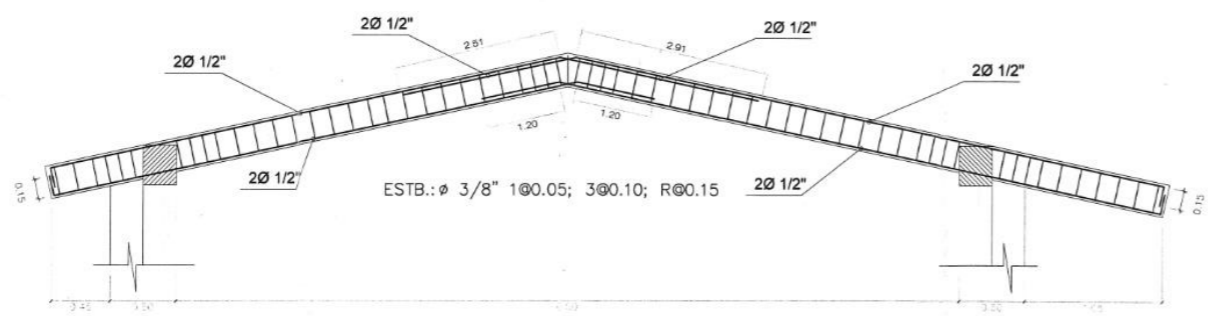
Ing. W. Javier Suárez Cieza  
CONSULTOR DE OBRAS  
REG. CIP. 80639 - C3516

ING. CIVIL  
R.CIP. 105441

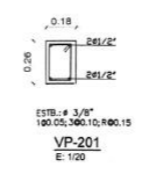
<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA</b> DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y RURAL		CONSULTORIA Y SUPERVISION
GOBIERNO DEL DEPARTAMENTO DEPARTAMENTO DEL CAJAMA OFICINA DE INGENIERIA	<b>A-04</b> MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I.E. Nº 10386 GUAYANILLA DISTRITO DE CHOTA - CAJAMA	
<b>CIELO RASO</b>		



**VIGAS SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA: 1/75



**DETALLE: VIGA DE CONCRETO VP - 201 (0.15 x 0.26)**  
ESCALA: 1/25

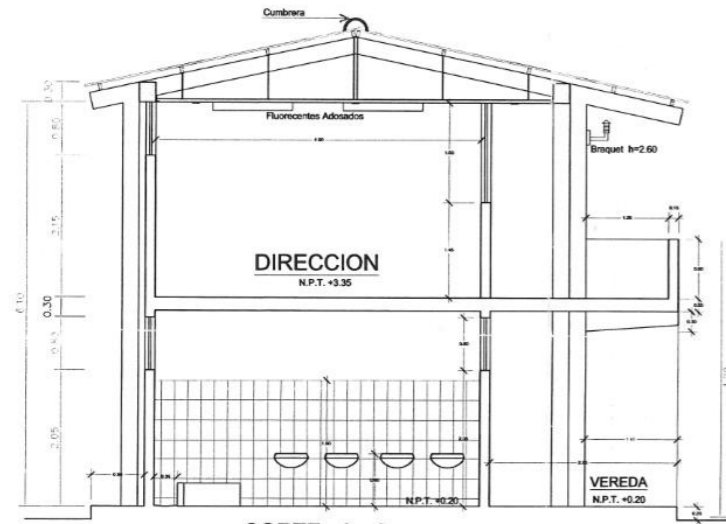


- ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ALIGERADO**
- CONCRETO:**
- COLUMNAS, VIGAS, LOSAS ALIGERADAS =  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- ACERO:**
- $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- RECUBRIMIENTOS:**
- VIGAS PERALTADAS Y COLUMNAS = 4 cm
  - DINTELES, LOSAS ALIGERADA = 3 cm
- S/C:**
- PASILLOS 2DO PISO = 400  $\text{kg/m}^2$
  - AULAS 2DO PISO = 300  $\text{kg/m}^2$
- Norma de Diseño:**
- Normas Peruanas de Estructuras
  - Norma Técnica E-030 Diseño Sismo-Resistente
  - Norma Técnica E-080 Concreto Armado
  - Reglamento Nacional de Construcciones
  - American Society for Testing Materials (ASTM)
  - American Concrete Institute (ACI)

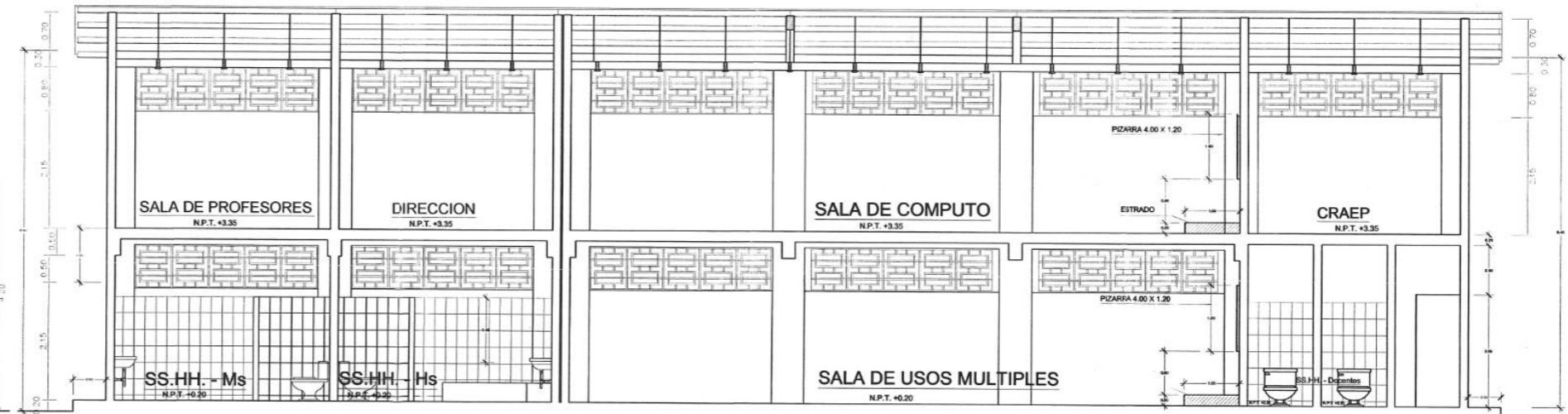
Ing. W. Javier Suárez Cieza  
CONSULTORA DE OBRAS  
REG. CIP. 80639 - C3516

Ing. C. Anacleto Sampedro  
ING. CIVIL

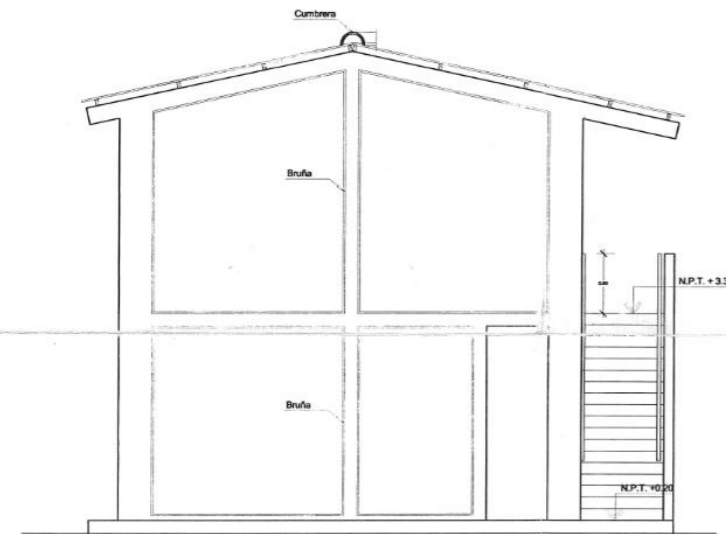
<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA</b> DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y RURAL		CONSULTORIA Y SUPERVISION 
GOBIERNO SAN MARTIN RECTOR DEL DISTRITO: [ ] CONCEJAL: [ ]	<b>E-04</b> MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I.E. N° 10386 CUYUMALCA DISTRITO DE CHOTA - CAJAMARCA	<b>VIGAS SEGUNDO NIVEL</b>



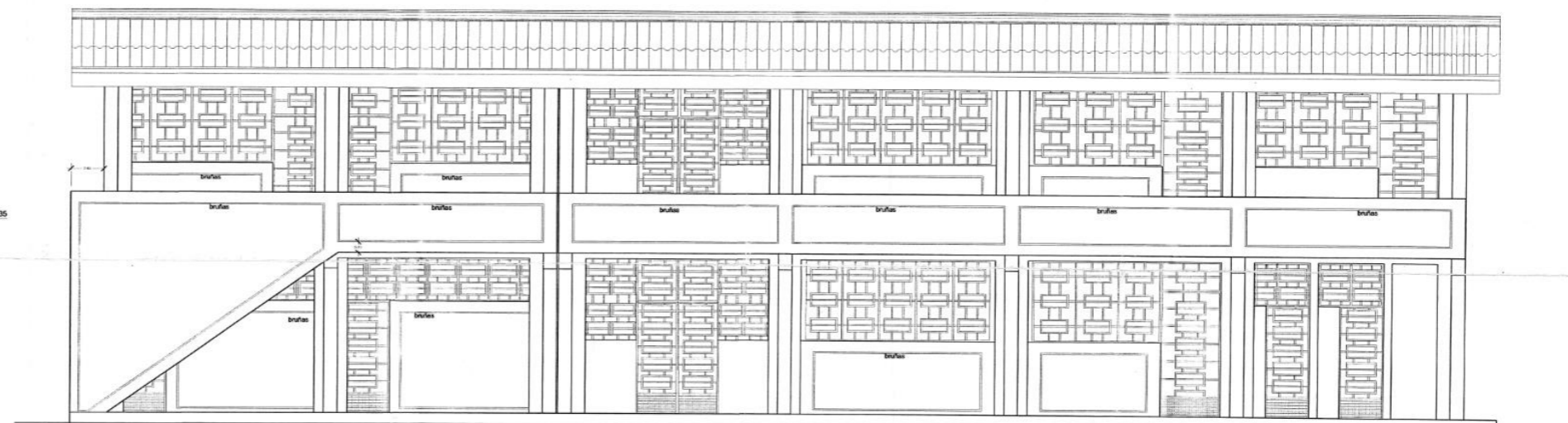
**CORTE: A - A**  
ESCALA: 1/50



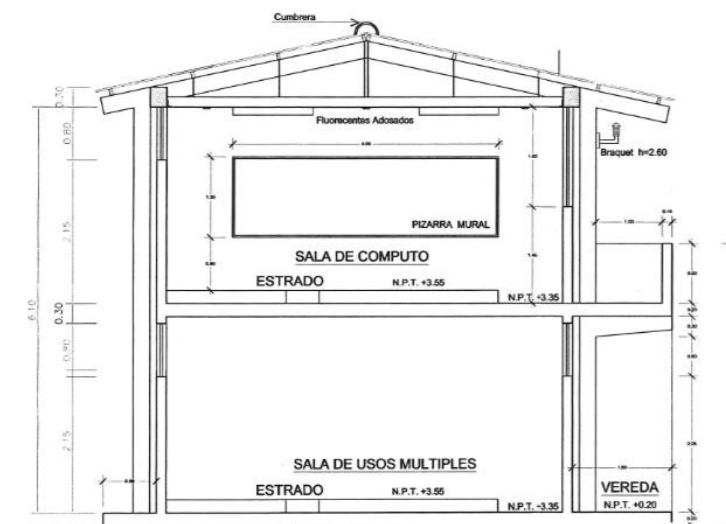
**CORTE: B - B**  
ESCALA: 1/50



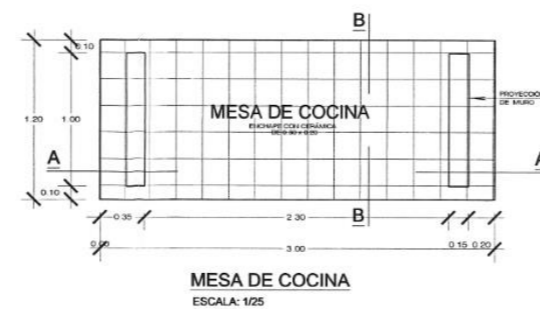
**ELEVACION LATERAL**  
ESCALA: 1/50



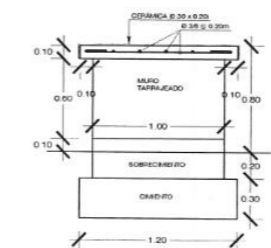
**ELEVACION FRONTAL**  
ESCALA: 1/50



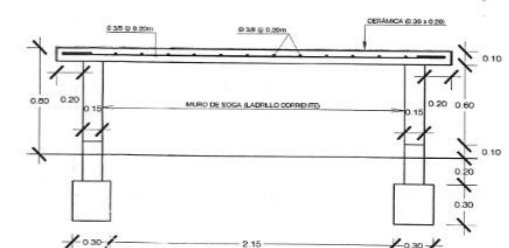
**CORTE: C - C**  
ESCALA: 1/50



**MESA DE COCINA**  
ESCALA: 1/25



**CORTE: B - B**  
ESCALA: 1/25



**CORTE: A - A**  
ESCALA: 1/25

Ing. C. Aranda Sandoval  
ING. CIVIL  
R.D.P. 100441

Ing. W. Javier Suarez Caza  
CONSULTOR DE OBRA  
REG. CIP/80639 - CS51

<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHOTA</b> DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA, DESARROLLO URBANO Y RURAL		CONTROLTORIA Y SUPERVISION
CONVENIO A1-02 1. MEJORAMIENTO DEL SERVICIO EDUCATIVO EN LA I.E. N° 1000 CLAYMALLA DISTRITO DE CHOTA - CAJAMARCA	<b>CORTES - ELEVACIONES</b>	



Colpa Matara, 12 de diciembre del 2024.

C.O. N° 43-2024-UI-EPIC

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO MODAL ESPECTRAL Y TIEMPO – HISTORIA PARA SISMOS MÁXIMOS Y FRECUENTES DEL PAÍS, CASO: I.E. N° 10386 CUYUMALCA, CHOTA”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Luis Alex Cabrera Delgado y Ely Muñoz Marrufo**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 9% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

  
Miguel Angel SILVA TARRILLO  
INGENIERO CIVIL  
Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo  
Jefe de la unidad de investigación  
FCI-UNACH

