



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL
APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON
LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN
EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HENRY PAUL FLORES PERALTA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL
APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON
LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN
EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HENRY PAUL FLORES PERALTA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 0063-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000500 presentado por el (la) Bachiller: **HENRY PAUL FLORES PERALTA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **HENRY PAUL FLORES PERALTA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **HENRY PAUL FLORES PERALTA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 28 de enero del 2026
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026
Intermedio (u)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1573-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-11800 por el señor (a): **HENRY PAUL FLORES PERAL** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), el **PROVEIDO - N° 1105-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 164 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **HENRY PAUL FLORES PERAL**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 164 - 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **HENRY PAUL FLORES PERAL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. OSCAR V. VIANCONTE CALLA
DECANO (e)
C.P. 12770



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Ciencias Puras

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
Internado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1177-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 30 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-8037, presentado por el señor (a) **HENRY PAUL FLORES PERALTA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 852-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 125-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **HENRY PAUL FLORES PERALTA** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 125-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **HENRY PAUL FLORES PERALTA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Prile Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



HENRY PAUL FLORES PERALTA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UN...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:585357386

Fecha de entrega

1 may 2026, 13:38 GMT-5

Fecha de descarga

1 may 2026, 14:54 GMT-5

Nombre del archivo

T036_71215333_T.docx

Tamaño del archivo

10.2 MB

146 páginas

27.624 palabras

160.005 caracteres



TESIS UANCV

16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	HENRY PAUL FLORES PERALTA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71215333
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-2997-0207
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: San Miguel Latitud: S 15° 28' 43" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/sRv2M7R1wK3qJ4nL7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Septiembre 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL "MESTRA CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Prila Wilky Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo HENRY PAUL FLORES PERALTA, identificado con DNI

Nro. 71215333, en mi condición de egresado de:

☒ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO

DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES

Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de marzo del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)





DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la fortaleza, paciencia y sabiduría necesaria en esta etapa tan importante de mi vida.

A mis padres, y a mi esposa por su apoyo incondicional, sacrificio y confianza permanente en cada uno de mis pasos.

A mi familia, por ser el pilar fundamental que me motiva a seguir adelante y a no rendirme ante las adversidades; siendo a la vez ejemplo se las generaciones posteriores.

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que creyeron en mí y que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto profesional.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a mis docentes de la carrera profesional de ingeniería civil sede puno y a mi asesor el Ing. Arnaldo Yana Torres, quienes con su conocimiento, experiencia y orientación hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

A la institución donde realicé mi formación profesional, por brindarme las herramientas académicas y técnicas necesarias para desempeñarme en mi carrera.

A mis compañeros y amigos, por su apoyo, colaboración y motivación constante durante este proceso.

Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la elaboración de este proyecto de tesis, permitiéndome alcanzar este importante logro profesional.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	16
1.2	Planteamiento del problema	18
1.2.1	Problema general.....	18
1.2.2	Problemas específicos	18
1.3	Objetivos de la investigación	18
1.3.1	Objetivo general	18
1.3.2	Objetivos específicos	19
1.4	Justificación de la investigación	19
1.4.1	Justificación técnica	19
1.4.2	Justificación económica	20
1.4.3	Justificación social	20
1.4.4	Justificación ambiental	20
1.5	Variables e indicadores	21
1.5.1	Variable de caracterización	21
1.5.2	Variable de interés	21
1.6	Operacionalización de variables	22



CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1	Antecedentes internacionales	23
2.1.2	Antecedentes nacionales	25
2.1.3	Antecedentes regionales.....	27
2.2	Marco teórico.....	27
2.2.1	Introducción al Comportamiento Sísmico de Estructuras	27
2.2.1.1	Definición de Comportamiento Sísmico.....	28
2.2.1.2	Factores que Afectan el Comportamiento Sísmico de las Estructuras.....	29
2.2.1.3	Importancia de la Resistencia Sísmica en Zonas Vulnerables.....	30
2.2.2	Sistemas Estructurales en la Construcción de Viviendas y Comercios.....	31
2.2.2.1	Definición de Sistema Estructural.....	32
2.2.2.2	Tipos de Sistemas Estructurales Comunes en la Construcción.....	32
2.2.2.3	Ventajas y Desventajas de los Sistemas Estructurales Aporticados.....	33
2.2.3	Sistema Estructural Aporticado con Losas Convencionales y Pretensadas....	34
2.2.3.1	Características del Sistema Aporticado.....	36
2.2.3.2	Losas Convencionales: Materiales y Comportamiento	36
2.2.3.3	Losas Pretensadas: Características y Ventajas	38
2.2.3.4	Comparación entre Losas Convencionales y Pretensadas.....	39
2.2.3.5	Aplicaciones Comunes en Zonas Sísmicas.....	40
2.2.4	Diseño Sísmico de Edificaciones	41
2.2.4.1	Principios del Diseño Sísmico en la Ingeniería Civil	42
2.2.4.2	Normativas Internacionales y Nacionales para el Diseño Sísmico	43
2.2.4.3	Análisis de Comportamiento de Estructuras frente a Sismos: Métodos y Herramientas.....	44
2.2.5	Factores de Riesgo Sísmico en el Distrito de San Miguel	45
2.2.5.1	Características Geológicas y Sismológicas del Distrito de San Miguel....	46
2.2.5.2	Historial de Sismos en la Región.....	47
2.2.5.3	Vulnerabilidad de las Estructuras en Zonas Urbanas de San Miguel.....	48
2.2.6	Normativa Peruana en el Diseño Sismorresistente	49
2.2.6.1	Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)	50



2.2.6.2	Códigos Sismoresistentes y su Aplicación en la Construcción	51
2.2.6.3	Estándares de Resistencia Sísmica según el Código ACI 318-11	52
2.2.7	Evaluación de la Seguridad Estructural en Zonas Sísmicas	53
2.2.7.1	Métodos de Evaluación Sísmica de Estructuras	54
2.2.7.2	Análisis Estático y Dinámico	55
2.2.7.3	Herramientas Computacionales en la Evaluación Sísmica	56
2.2.7.4	Técnicas para Mejorar el Comportamiento Sísmico de las Estructuras ...	57
2.2.8	Innovaciones en la Construcción Sismorresistente	58
2.2.8.1	Nuevas Tecnologías en Materiales y Diseño	59
2.2.8.2	Avances en Sistemas de Refuerzo Sísmico	60
2.2.8.3	Soluciones Constructivas para Viviendas Unifamiliares y Comercios	61
2.3	Marco conceptual	62

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Enfoque de investigación	64
3.2	Tipo de investigación	65
3.3	Nivel de investigación	65
3.4	Diseño de la investigación	66
3.5	Método de la investigación	66
3.6	Población y muestra de la investigación	67
3.6.1	Población	67
3.6.2	Muestra	67
3.7	Técnicas e instrumentos	68
3.7.1	Técnicas	68
3.7.2	Instrumentos	69
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	71
3.8.1	Validación de instrumentos	71
3.8.2	Confiabilidad de instrumentos	72
3.9	Procedimiento de recolección de datos	73
3.10	Procesamiento y análisis de datos	75



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados	77
4.2	Discusión de resultados:.....	119
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES		125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		127
ANEXOS		130



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	22
Tabla 2 Factor de reducción de resistencia	80
Tabla 3 Irregularidad de rigidez – piso blando	89
Tabla 4 Irregularidad de masa o peso	90
Tabla 5 Zonificación sísmica	90
Tabla 6 Condiciones locales	91
Tabla 7 Categoría de edificación	91
Tabla 8 Factor de amplificación sísmica	92
Tabla 9 Sistema Estructural – Dirección X.....	92
Tabla 10 Sistema estructural – dirección Y.....	93
Tabla 11 Espectro pseudo aceleración en la dirección X-Y	94
Tabla 12 Espectro pseudo aceleración en la dirección Z.....	95
Tabla 13 Sistema estructural en la dirección X.....	98
Tabla 14 Sistema estructural en la dirección Y	99
Tabla 15 Desplazamientos laterales en dirección X	101
Tabla 16 Desplazamientos laterales en dirección Y	101
Tabla 17 Irregularidad de rigidez – piso blando	109
Tabla 18 Irregularidad de masa o peso	109
Tabla 19 Zonificación sísmica	110
Tabla 20 Condiciones locales.....	110
Tabla 21 Categoría de edificación	111
Tabla 22 Factor de amplificación sísmica	111
Tabla 23 Sistema estructural – dirección x	111
Tabla 24 Sistema estructural – dirección Y.....	111
Tabla 25 Espectro pseudo aceleración en la dirección x-y	112
Tabla 26 Espectro pseudo aceleración en la dirección Z.....	113



Tabla 27 Sistema estructural en la dirección X.....	116
Tabla 28 Sistema estructural en la dirección Y	117
Tabla 29 Desplazamientos laterales en dirección X	119
Tabla 30 Desplazamientos laterales en dirección Y	119



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localidad del estudio	78
Figura 2 Sistema estructural RNE (E-030)	82
Figura 3 Modelo estructural.....	83
Figura 4 Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para dirección X .84	
Figura 5 Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para la dirección Y	85
Figura 6 Irregularidad por esquinas entrantes	85
Figura 7 Plano en planta	86
Figura 8 Plano en planta	87
Figura 9 Vista en planta de irregularidades de sistema no paralelo.....	88
Figura 10 Cargas aplicadas	97
Figura 11 Cortante dinámico en X e Y	97
Figura 12 Cortante basal por sismo dinámica en dirección X	99
Figura 13 Cortante basal por sismo dinámico en dirección Y	100
Figura 14 Modos de vibración	100
Figura 15 Carga de losa prefabricada	102
Figura 16 Modelo estructural de vivienda unifamiliar y comercio.....	104
Figura 17 Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para dirección x	105
Figura 18 Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para la dirección y	105
Figura 19 Irregularidad por esquinas entrantes	106
Figura 20 Plano en planta	106
Figura 21 Plano en planta	107
Figura 22 Vista en planta de irregularidades de sistema no paralelo.....	108
Figura 23 Cargas aplicadas	115
Figura 24 Cortante dinámico en X e Y	115



Figura 25 Cortante basal por sismo dinámica en dirección X	117
Figura 26 Cortante basal por sismo dinámico en dirección Y	118
Figura 27 Modos de vibración	118



RESUMEN

El estudio titulado "Evaluación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025" tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado con losas convencionales y pretensadas en una construcción destinada a vivienda y comercio. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo, con un diseño no experimental, fundamentada en el método científico. Se realizaron modelaciones estructurales utilizando el software especializado ETABS, siguiendo las normas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Los resultados indicaron que la estructura, tanto con losas convencionales como pretensadas, presentó un comportamiento sísmico satisfactorio, cumpliendo con los parámetros normativos establecidos. Las irregularidades estructurales fueron mínimas y no significativas, mientras que las fuerzas cortantes en la base estuvieron distribuidas homogéneamente en cada nivel. Los desplazamientos laterales registrados fueron inferiores a los límites permisibles, asegurando la estabilidad general de la edificación. Finalmente, se concluye que el sistema estructural estudiado presenta una adecuada resistencia y comportamiento sísmico, recomendándose un monitoreo constante para asegurar su integridad estructural a lo largo del tiempo.

Palabras Clave: Comportamiento sísmico, sistema estructural, losas convencionales, losas pretensadas, fuerzas cortantes, desplazamientos laterales, diseño sísmico.



ABSTRACT

The study entitled "Evaluation of the Seismic Behavior of a Framed Structural System of a Single-Family Residential and Commercial Building with Conventional and Prestressed Slabs in the San Miguel District 2025" had the general objective of evaluating the seismic behavior of a reinforced concrete framed structural system with conventional and prestressed slabs in a building intended for residential and commercial use. The methodology employed was quantitative, applied, and descriptive, with a non-experimental design, based on the scientific method. Structural modeling was performed using the specialized software ETABS, following the standards established by the National Building Regulations (RNE). The results indicated that the structure, with both conventional and prestressed slabs, exhibited satisfactory seismic behavior, complying with the established regulatory parameters. Structural irregularities were minimal and insignificant, while the base shear forces were homogeneously distributed at each level. The recorded lateral displacements were below the permissible limits, ensuring the overall stability of the building. Finally, it is concluded that the structural system studied exhibits adequate seismic resistance and behavior, and constant monitoring is recommended to ensure its structural integrity over time.

Keywords: Seismic behavior, structural system, conventional slabs, prestressed slabs, cutting forces, side displacements, seismic design.



INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por la seguridad estructural en zonas sísmicas ha llevado a un análisis detallado de los sistemas constructivos que se utilizan en la edificación de viviendas y comercios. El comportamiento sísmico de los sistemas estructurales de marco de concreto armado, con losas convencionales y pretensadas, particularmente en regiones como el distrito de San Miguel, es esencial para garantizar la resiliencia y estabilidad de estos edificios frente a eventos sísmicos. El objetivo de este estudio es analizar este comportamiento sísmico para encontrar los parámetros mínimos necesarios para determinar cómo reaccionan las estructuras a los movimientos del suelo y para asegurar que tanto las viviendas unifamiliares como los edificios comerciales tengan estructuras seguras.

El objetivo principal del estudio es evaluar el comportamiento sísmico de un sistema estructural de marco de concreto reforzado con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel, para determinar los parámetros clave que influyen en la seguridad estructural. El objetivo es encontrar cualquier problema estructural que pueda hacer que el sistema sea menos estable mediante el uso de análisis estáticos y dinámicos para observar las fuerzas cortantes y los desplazamientos laterales que están actuando sobre la estructura. Estos análisis ayudarán a evaluar la idoneidad de los materiales y el diseño en posibles eventos sísmicos, creando así una base sólida para futuras modificaciones y mejoras.

Este estudio utilizará una metodología no experimental, ya que no se implementarán intervenciones directas en los sistemas estructurales de los edificios. El enfoque estará en observar, estudiar y juzgar el estado actual de las estructuras en cuestión. Usaremos el método científico, que nos permite recopilar y analizar datos de manera sistemática para que podamos obtener conclusiones válidas y repetibles. Este trabajo se llevará a cabo a un nivel descriptivo, elucidando las características sísmicas y



los comportamientos de las estructuras sin ninguna alteración experimental. Además, la investigación se empleará para ofrecer soluciones prácticas basadas en los hallazgos. El método será cuantitativo, lo que significa que será posible encontrar correlaciones y patrones específicos que respalden la seguridad estructural mediante la medición y el análisis de las variables involucradas.

El primer capítulo del estudio hablará sobre el marco teórico. Hablará sobre los fundamentos de la sismología y las normas para construir en lugares donde es probable que ocurran terremotos. El segundo capítulo hablará sobre las partes técnicas del sistema estructural de marco. Se examinarán los materiales y métodos de construcción utilizados para hacer edificios en San Miguel. El tercer capítulo profundizará más en cómo los terremotos afectan a los edificios. Usando software especial, mostrará cómo actúan los edificios durante los terremotos. El cuarto capítulo hablará sobre los resultados de los análisis realizados, como los problemas estructurales y cómo afectan la seguridad. Por último, el Capítulo Cinco hablará sobre los hallazgos y recomendaciones del estudio, centrándose en cómo hacer la construcción más segura y reducir la posibilidad de que ocurran terremotos nuevamente.

Capítulo I: Este capítulo habla sobre la importancia del análisis sísmico para los edificios de concreto reforzado. Se concentra en el examen de una vivienda unifamiliar y un establecimiento comercial en el distrito de San Miguel. El contexto local y el problema de la vulnerabilidad sísmica se describen brevemente, junto con el objetivo principal del estudio y sus objetivos específicos, que incluyen observar cómo se comportan los edificios durante los terremotos, encontrar parámetros, examinar irregularidades, fuerzas de corte y desplazamientos laterales, y una breve descripción de los métodos utilizados.

Capítulo II: Este capítulo habla sobre las ideas básicas detrás del comportamiento de los edificios de marco de concreto reforzado durante los terremotos. Las palabras "losas convencionales," "losas pretensadas," "fuerzas cortantes," "desplazamientos laterales," "análisis dinámico espectral modal," y "análisis estático" son todas explicadas. El Código



Nacional de Edificación (CNE) y las referencias técnicas sobre análisis estructural sísmico se utilizan para dar a los resultados de la investigación una base teórica sólida que se puede usar para comprender y verificar.

Capítulo III: Este capítulo detalla minuciosamente el método utilizado, incluyendo el enfoque cuantitativo, el tipo de investigación aplicada, el nivel de explicación, el diseño no experimental y el estricto uso del método científico. Hay mucha información sobre cómo usar el software ETABS para el modelado estructural. Esto incluye las variables que se examinaron, los parámetros que se utilizaron en el análisis sísmico y las normas que se emplearon para evaluar la estructura de acuerdo con los Códigos Nacionales de Construcción.

Capítulo IV: Este capítulo aclara lo que encontró la evaluación sísmica, incluyendo los parámetros medidos como desplazamientos laterales, fuerzas de corte, irregularidades estructurales, y cómo se comportó la estructura en general bajo cargas sísmicas. Los resultados se examinan comparando el rendimiento de las losas convencionales y pretensadas, destacando las ventajas o diferencias significativas entre las dos metodologías estructurales. Finalmente, se presentan los principales hallazgos del estudio, con un enfoque en la estabilidad estructural, buena resistencia sísmica e ideas para futuras investigaciones y revisiones periódicas para asegurar que la estructura se mantenga fuerte a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La seguridad estructural contra los terremotos es un problema que afecta a muchas partes del mundo, pero es especialmente grave en lugares donde hay muchos terremotos. Japón, Chile y Turquía están todos en el "Cinturón de Fuego" del Pacífico. Estos países han sufrido terribles terremotos que han matado a miles de personas y causado muchos daños a edificios y otras propiedades. Los códigos de construcción en estos países se han vuelto más estrictos con el tiempo, utilizando tecnologías de vanguardia y métodos de ingeniería para reducir el riesgo de terremotos. Sin embargo, muchos países en desarrollo todavía tienen grandes problemas con su infraestructura porque no tienen suficiente dinero y los códigos sísmicos no se están siguiendo adecuadamente. En este contexto, mejorar el diseño y la construcción de edificios para resistir terremotos es un imperativo global, ya que el cambio climático y las tensiones tectónicas persistentes aumentan la susceptibilidad de las poblaciones a estos eventos naturales. (Salamanca, 2025).

Perú se encuentra en una zona muy activa sísmicamente a nivel nacional, especialmente a lo largo de la costa, donde se ubican ciudades importantes como Lima, Arequipa y Piura. El país ha tenido muchos terremotos importantes a lo largo de su historia que han matado a muchas personas y destruido muchas propiedades. En las últimas décadas, se han implementado códigos de construcción más estrictos y se han utilizado



nuevas tecnologías para hacer que los edificios sean más resistentes a los terremotos. Sin embargo, muchas partes del país todavía tienen problemas para hacer cumplir estos códigos. Debido a un mal diseño y a la falta de supervisión durante la construcción, las casas unifamiliares y los edificios comerciales, especialmente en las ciudades que están creciendo rápidamente, a menudo están en riesgo de terremotos. Todavía hay una gran necesidad de realizar estudios que analicen cómo se comportan los sistemas estructurales durante los terremotos y sugieran formas de mejorarlos. Esto se debe a que los riesgos de futuros terremotos siempre están presentes (Peinado, 2022).

La situación es igual de mala a nivel local, en el distrito de San Miguel de la provincia de San Román, es una zona densamente poblada que ha crecido rápidamente en las últimas décadas. En esta área, hay casas unifamiliares y edificaciones comerciales. Aunque muchos de ellos siguen las reglas básicas para la seguridad sísmica, tienen problemas que podrían hacerlos menos seguros en un terremoto. La gente a menudo utiliza sistemas estructurales de marco de concreto armado con losas tanto regulares como pretensadas. Sin embargo, no se ha realizado suficientes pruebas sobre cómo se comportan estas estructuras durante los terremotos, por lo que no está claro si pueden soportar las fuerzas sísmicas. Las edificaciones en el distrito de San Miguel están sujetas a condiciones específicas, como la zona sísmica y las características particulares del suelo, lo que hace aún más relevante el estudio detallado de sus sistemas estructurales. La actualización de normativas y la capacitación de profesionales de la construcción son esenciales para garantizar la seguridad de los habitantes y comercios de este distrito frente a posibles sismos de gran magnitud (Monja, 2024).

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cómo es el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuáles son los parámetros mínimos para la determinación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel?
- b. ¿Cuáles son las irregularidades estructurales mediante el análisis estático de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel?
- c. ¿Cuáles son las fuerzas cortantes en la base por medio de un análisis dinámico modal espectral de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel?
- d. ¿Cuáles son los desplazamientos laterales de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Identificar los parámetros mínimos para la determinación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel.
- b. Verificar las irregularidades estructurales mediante el análisis estático de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel.
- c. Analizar las fuerzas cortantes en la base por medio de un análisis dinámico modal espectral de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel.
- d. Verificar los desplazamientos laterales de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

Desde una perspectiva técnica, la evaluación del comportamiento sísmico de los sistemas estructurales en viviendas y comercios en zonas sísmicas como San Miguel es crucial para mejorar la seguridad estructural y prevenir fallos catastróficos. Aunque la ingeniería sísmica ha avanzado mucho, muchos edificios siguen estando en riesgo porque no fueron planificados ni construidos lo suficientemente bien, especialmente en lo que respecta al uso de materiales y diseños incorrectos. El estudio propuesto nos dará una mejor comprensión de cómo los sistemas estructurales de marco de concreto reforzado con losas regulares y pretensadas reaccionan ante ciertas fuerzas sísmicas. Los resultados muestran que se puede cambiar el diseño estructural y mejorar los métodos de

construcción para hacer que el edificio sea más resistente a los terremotos y menos propenso a colapsar durante uno.

1.4.2 Justificación económica

Desde el punto de vista económico, las inversiones en mejoras de seguridad estructural de este estudio pueden ahorrar mucho dinero que de otro modo se gastaría en la reconstrucción después de un terremoto. Los terremotos no solo causan muchos daños a los edificios y otras cosas, sino que también perjudican la economía tanto a nivel local como nacional porque detienen el funcionamiento de los negocios y hacen que las personas necesiten atención médica, entre otras cosas. Puede costar dinero por adelantado mejorar las prácticas de construcción y adaptar los edificios, pero los beneficios a largo plazo en términos de ahorro de recursos, prevención de daños y reducción de la necesidad de reconstrucción son enormes. Una mejor seguridad estructural también puede aumentar el valor de las propiedades y atraer inversiones a lugares que en el pasado se consideraban débiles.

1.4.3 Justificación social

Los edificios para hogares y negocios en áreas con alto riesgo de terremotos son muy importantes para la seguridad de las ciudades. Construir hogares más seguros no solo mejora la vida de las personas que viven allí, sino que también hace que la gente confíe más en la infraestructura local. Los sistemas estructurales más duraderos pueden ayudar a reducir el número de muertes y lesiones causadas por desastres naturales. Este estudio es importante porque ayudará a una comunidad que siempre está en riesgo de terremotos al alentar a las personas a ser proactivas y protegerse.

1.4.4 Justificación ambiental

En términos de cómo los edificios afectan el medio ambiente, tener suficiente resistencia sísmica protege tanto a las personas como al mundo natural. Los edificios mal

construidos pueden dañar el paisaje urbano y, en el peor de los casos, contaminar el aire con basura y escombros. Las estructuras mal diseñadas, al colapsar durante un terremoto, generan una mayor cantidad de residuos y dañan ecosistemas urbanos. Este estudio, al promover diseños más resilientes y adaptados a las condiciones sísmicas locales, contribuirá el uso de materiales adecuados y sostenibles favorecerán una menor huella ecológica en el entorno construido.

1.5 Variables e indicadores

1.5.1 *Variable de caracterización*

Losas pretensadas y losas convencionales

Indicadores:

- Armado tradicional de losa convencional
- Pretensados con aceros de losa pretensada

1.5.2 *Variable de interés*

Comportamiento sísmico de sistema estructural aporticado de concreto

Indicadores:

- Parámetros mínimos
- Irregularidades estructurales
- Fuerzas cortantes
- Desplazamientos laterales

1.6 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Inst. medición	Tipo
V. Caracterización: Losa convencional y pretensada	Se refiere a los sistemas estructurales de concreto armado que utilizan losas convencionales (tradicionales) o pretensadas (con cables de tensión).	Losa convencional Losa pretensada	Armado tradicional de losa convencional Pretensados con aceros de losa pretensada	Planos estructurales Especificaciones técnicas	Ordinal
V. Interés: Comportamiento sísmico de sistema estructural aporticado	Describe la capacidad de los sistemas estructurales aporticados para resistir fuerzas sísmicas, evaluando desplazamientos, esfuerzos y deformaciones.	Desempeño estructural	Parámetros mínimos Irregularidades estructurales Fuerzas cortantes Desplazamientos laterales	Simulaciones sísmicas (ETABS) RNE E-030	Ordinal

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Para Barros y Peñafiel (2025) ,en su investigación titulada “Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos”, En el contexto de la construcción en Ecuador, el uso del sistema estructural aporticado es común en edificios de gran altura. Sin embargo, este sistema ha mostrado limitaciones en cuanto a su desempeño sísmico durante eventos extremos en otros países con riesgos sísmicos similares o mayores que los de Ecuador. Esto resalta la necesidad de evaluar alternativas más eficientes en términos de resistencia sísmica, como los sistemas estructurales que combinan aporticado con muros de corte y paredes portantes. El objetivo principal de este estudio es demostrar que estos sistemas alternativos tienen un comportamiento sísmico superior al del sistema tradicional aporticado, lo que permitiría la construcción de edificaciones más seguras y menos vulnerables frente a sismos. Para abordar esta investigación, se define primero la filosofía de diseño sísmico que guiará las propuestas estructurales, tomando como base una misma configuración arquitectónica.

Posteriormente, se lleva a cabo el diseño de las vigas, columnas, losas y muros de corte según las normativas del código ACI 318-11. Los planos estructurales generados, junto con los volúmenes de obra y los costos totales, se calculan mediante un análisis detallado de precios unitarios enfocados en los rubros de obra muerta. Finalmente, se realiza un análisis comparativo entre los tres sistemas propuestos (aporticado convencional, aporticado con muros de corte y paredes portantes), concluyendo que las opciones que integran muros de corte y paredes portantes no solo ofrecen un mejor comportamiento sísmico, sino que también son viables económicamente para su implementación en proyectos de construcción.

Seguidamente Cáceres (2018), en su investigación titulada “Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas”, con el propósito de introducir nuevas alternativas constructivas para viviendas en el mercado ecuatoriano. Aunque esta tecnología no es innovadora a nivel mundial, en Ecuador su implementación ha sido limitada, y, a pesar de ello, en los últimos años ha comenzado a ganar mayor aceptación debido a la creciente demanda de viviendas. Ante esta situación, es esencial explorar soluciones constructivas que sean rápidas, económicas y seguras. El enmarcado de acero es un método que no es muy conocido, por lo que no es muy popular en el país. Sin embargo, este estudio tiene como objetivo demostrar que su rendimiento sísmico puede ser tan bueno o incluso mejor que el del concreto armado, y también es más barato. El primer capítulo habla sobre las partes principales de la investigación, como la introducción al tema, el problema que necesita ser resuelto y los objetivos del estudio. El segundo capítulo trata sobre el marco teórico. Explica el contexto de la investigación y examina los manuales existentes sobre Steel Framing. En los Capítulos Tres y Cuatro, utilizamos tanto sistemas de encofrado de acero como de hormigón armado para realizar un análisis estructural y el diseño de una casa. También verificamos los modelos realizados por software especializado haciendo los cálculos a mano. Un análisis económico comparativo de ambos sistemas se realiza en el

quinto capítulo. Solo se analizan los elementos de trabajo estructural y se utiliza el análisis de precios unitarios para calcular los costos. El Capítulo Seis contiene el análisis comparativo técnico-económico. Su objetivo es determinar cuál de los dos sistemas tiene un mejor rendimiento sísmico, cumple con las normas NEC y también es más económico. Finalmente, en el séptimo capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio. Estas muestran cómo la investigación podría conducir a nuevas opciones de construcción en Ecuador.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Para Pérez (2019), en su estudio titulado "Análisis del comportamiento sísmico de una edificación empleando diferentes sistemas estructurales – Lima 2019", La tesis buscó examinar el rendimiento sísmico de una estructura que emplea diferentes sistemas estructurales, específicamente el sistema de cuadros (vigas y columnas) y el sistema de pared (paredes). Se han establecido todos los datos requeridos para el análisis comparativo de ambos sistemas estructurales. Se aclaró el enfoque utilizado en esta investigación, constituyendo la base de esta tesis de investigación. Utilice una técnica cuantitativa y conceptos científicos para resolver desafíos a través de pruebas, análisis de datos y diseño experimental, ya que las alteraciones de la variable independiente afectan la variable dependiente. La estructura fue examinada para determinar las fuerzas fundamentales, los desplazamientos y las deformaciones. Esta tesis analiza un edificio de cinco niveles, modelado con el programa ETABS, para ilustrar que las operaciones se llevaron a cabo de conformidad con R.N.E. requisitos. Las mediciones del sistema revelaron una fuerza de 113,141 toneladas en la base, con un desplazamiento máximo de 3.81 cm y una distorsión máxima de 0.002148. En contraste, el sistema de pared demostró una fuerza base de 231.005 toneladas, un desplazamiento máximo de 0.19 cm y una distorsión máxima de 0.00049. Por lo tanto, se puede inferir que el sistema de pared supera el sistema contribuyente, que exhibe una fuerza base superior, resistencia notable,

desplazamientos insignificantes en el nivel superior y todas las deformaciones que se ajustan a los umbrales establecidos por los estándares de resistencia sísmica.

Finalmente Mejía (2022) en su estudio titulado "Análisis comparativo de comportamientos sísmicos entre sistemas estructurales aporticados configurados con acartelamientos de secciones cónicas, y los sistemas estructurales aporticados y duales convencionales; caso edificación "Residencial Kala", Cusco 2021", Este estudio se centró en realizar cálculos paramétricos comparativos sobre el comportamiento sísmico, con el fin de evaluar los efectos de integrar cuidadores de la sección cónica en sistemas estructurales tradicionales y duales, según las especificaciones del estándar peruano E.030 (2020). La investigación analizó una estructura de ocho pisos denominada "Kala Residencial", ubicada en la ciudad de Cusco, como caso de estudio. Se registraron noventa escenarios hipotéticos, cada uno variando en función de: 1) los perfiles de curvatura de las vigas, clasificadas en circulares, elípticas o parabólicas; 2) las capacidades de carga de estas vigas; 3) su disposición espacial dentro del sistema estructural; y 4) la presencia o ausencia de paredes estructurales. Para los sistemas convencionales, se utilizaron dos instancias de control de manera similar. Se observó una mejora significativa en la rigidez, con reducciones en los desplazamientos pseudoplásticos máximos de hasta un 59.8% y 70.6%, respectivamente. Sin embargo, se registraron anomalías estructurales derivadas de esta integración, que provocaron aumentos en las tasas de irregularidad torsional de hasta un 22.2% al comparar sistemas duales, y hasta un 8.1% al comparar sistemas contribuidos. En cuanto a los períodos de vibración, se observó que los sistemas contribuyentes tenían un 62.0% de diferencia, mientras que los sistemas duales mostraban un 52.3%. Finalmente, se concluyó que los pesos estructurales variaron, con una disminución del 2.4% en los sistemas duales y un aumento del 16.8% en los sistemas contribuyentes.

2.1.3 Antecedentes regionales

Primero Tipula (2024) en su estudio titulado "Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación multifamiliar con reforzamiento sísmico mediante tres tipos de aisladores, Juliaca-2023", Esta tesis tiene como objetivo proporcionar un análisis comparativo de cuatro escenarios de comportamiento sísmico para un edificio de seis pisos: uno que emplea un diseño convencional basado en el estándar E030 y tres que utilizan aislantes LRB, PFD y PFT. La estructura que se está analizando se encuentra en Juliaca, dentro de la zona sísmica 3. Se ejecutaron los pasos posteriores: inicialmente se realizó un examen estructural típico del edificio. El diseño y el modelado del aislante LRB se realizaron posteriormente. El diseño y el modelado del aislante PFD se finalizaron en la tercera fase. El cuarto paso abarcó el diseño y el modelado del aislante PFT.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Introducción al Comportamiento Sísmico de Estructuras

Si estas fuerzas no se tienen en cuenta adecuadamente, pueden mover, cambiar de forma o incluso hacer que los elementos estructurales se desmoronen. La forma en que una estructura reacciona a un terremoto depende de varios factores, incluyendo cómo fue construida, qué materiales se utilizaron, el tipo de terreno en el que se encuentra y la magnitud del terremoto (Inocente y Velásquez, 2024).

El análisis del comportamiento sísmico tiene como objetivo predecir el rendimiento de una estructura durante un terremoto y señalar posibles vulnerabilidades de diseño. A través de una investigación exhaustiva, es posible predecir cómo las fuerzas sísmicas afectarán a las vigas, columnas, losas y muros. Esto permite a los diseñadores realizar cambios para mejorar su rendimiento. Además, se examina la rigidez del edificio, la disposición de sus elementos estructurales y cómo interactúan con el suelo para ver cómo afectan el comportamiento sísmico general del edificio. Las estructuras que están mal

diseñadas o construidas pueden sufrir daños graves, incluso en lugares donde los terremotos no ocurren con frecuencia (Rodríguez, 2024).

Se deben utilizar principios de diseño sísmico para asegurarse de que los edificios puedan resistir los terremotos. Estos principios incluyen la forma correcta de distribuir las cargas sísmicas, el uso de materiales que sean fuertes y flexibles, y la adición de sistemas que permitan la liberación de energía. No solo se debe verificar el rendimiento sísmico del diseño inicial de un edificio, sino también cualquier cambio que deba hacerse durante la vida útil del edificio. El objetivo es reducir las posibilidades de daños a los edificios y la pérdida de vidas durante un terremoto mediante la protección de la infraestructura (Rodríguez, 2024).

2.2.1.1 Definición de Comportamiento Sísmico

Cuando ocurre un terremoto, el comportamiento sísmico de una estructura es qué tan bien puede manejar y adaptarse a las fuerzas que crea. Debería responder de manera controlada a las vibraciones y movimientos del suelo. Las ondas sísmicas afectan a los edificios de diferentes maneras durante un terremoto. Esto se debe a cómo están contruidos, de qué materiales están hechos, cómo están dispuestos los elementos estructurales y el tipo de suelo en el que se encuentran. La forma en que una estructura reacciona a los terremotos está estrechamente relacionada con su capacidad para cambiar de forma sin sufrir daños permanentes. Esto le permite recuperarse después de un terremoto y evita que colapse total o parcialmente (Inocente y Velásquez, 2024).

Este comportamiento es muy importante para determinar cuán seguro es un edificio en lugares donde ocurren muchos terremotos. Las fuerzas sísmicas no deben hacer que las estructuras sean menos estables. Para lograr esto, las partes estructurales como columnas, vigas, losas y muros deben construirse de manera que puedan soportar las cargas dinámicas que provienen del movimiento sísmico. Además, deben tenerse en cuenta las propiedades del suelo y cómo la estructura interactúa con el terreno, ya que

estos factores pueden tener un gran efecto en el tamaño de los desplazamientos y deformaciones (Rodríguez, 2024).

2.2.1.2 Factores que Afectan el Comportamiento Sísmico de las Estructuras

Hay muchas cosas que afectan cómo se comportan las estructuras durante un terremoto, pero una de las más importantes es cómo están construidas. Cómo se disponen y dimensionan las partes de un edificio, como columnas, vigas, losas y paredes, es muy importante para su capacidad de resistir las fuerzas de un terremoto. Un buen diseño permite que el edificio se doble de manera controlada y absorba la energía sísmica sin volverse menos estable. La rigidez y la distribución de la masa de la estructura también tienen un impacto directo en cómo se mueven las fuerzas sísmicas a través del edificio (Inocente y Velásquez, 2024).

El tipo de material utilizado para construir también es importante. Diferentes materiales, como el hormigón armado, el acero y la madera, tienen diferentes propiedades mecánicas que afectan cómo reaccionan a las cargas sísmicas. Por ejemplo, el concreto es muy fuerte cuando está comprimido, pero puede ser menos fuerte cuando está estirado si no tiene suficiente refuerzo. El acero, por otro lado, es más flexible y puede manejar mejor la torsión, lo que lo hace más capaz de soportar los movimientos sísmicos. La combinación adecuada de materiales y la forma correcta de utilizarlos en el diseño son importantes para obtener el mejor rendimiento sísmico (Rodríguez, 2024).

Por último, el suelo sobre el que se construye el edificio también es muy importante para su capacidad de soportar terremotos. El tipo, la densidad y la capacidad del suelo para absorber las ondas sísmicas son todas propiedades geotécnicas que afectan cómo las fuerzas sísmicas impactan la estructura. Los desplazamientos pueden ser más notorios en suelos blandos o inestables, lo que hace más probable que la estructura se dañe. Para entender cómo interactúa el suelo con la estructura durante un terremoto, se deben realizar

estudios geotécnicos detallados. Esto permitirá el uso de técnicas de refuerzo o aislamiento para disminuir los efectos negativos del terreno (Inocente Y Velásquez, 2024).

2.2.1.3 Importancia de la Resistencia Sísmica en Zonas Vulnerables

La resistencia sísmica en áreas vulnerables es muy importante porque estas áreas están en alto riesgo de terremotos, que pueden tener efectos terribles si no se toman las medidas adecuadas. Los terremotos que causan mucho movimiento del suelo son más probables en áreas vulnerables, que generalmente se encuentran en zonas geológicamente activas. En estas áreas, la infraestructura que no está construida para resistir terremotos puede sufrir daños graves o incluso colapsar, poniendo en riesgo la vida de las personas dentro y causando enormes pérdidas materiales. En este caso, la resistencia sísmica no solo está destinada a proteger los edificios, sino también a mantener a las personas a salvo cuando ocurren terremotos (Rodríguez, 2024).

Para reducir los riesgos y asegurarse de que los edificios puedan sobrevivir a un terremoto, estas áreas deben ser diseñadas con un diseño sísmico adecuado. Esto significa utilizar sistemas estructurales fuertes y flexibles, distribuir las cargas sísmicas de manera uniforme y usar materiales que puedan absorber fácilmente las fuerzas sísmicas. La importancia de la construcción resiliente es que ayuda a que los edificios se mantengan en pie durante un terremoto, lo que reduce los costos de los daños y salva vidas. Además, estas áreas tienen códigos de construcción resistentes a terremotos que aseguran que los edificios nuevos sean seguros y que los antiguos puedan ser reacondicionados para que sean más capaces de soportar terremotos (Inocente y Velásquez, 2024).

Protegerse contra los terremotos en áreas de riesgo también ayuda a la economía y a la salud de las comunidades. Menos daños estructurales significan menores costos de reparación y reconstrucción, lo que acelera la recuperación después de un terremoto. Además, tener edificios seguros hace que las personas sean más propensas a invertir en la zona y les da confianza. La resistencia sísmica no solo evita que ocurran desastres, sino

que también ayuda a las ciudades y comunidades a mantenerse fuertes, asegurando que puedan seguir funcionando bien incluso después de un desastre natural (Palomino, 2025).

2.2.2 Sistemas Estructurales en la Construcción de Viviendas y Comercios

Para hogares y negocios, los sistemas estructurales son muy importantes para asegurar que los edificios sean seguros, estables y duraderos. Un sistema estructural está compuesto por las partes que sostienen y distribuyen las cargas de un edificio. Esto permite que el edificio soporte fuerzas externas como su propio peso, cargas vivas (personas, muebles, equipos) y cargas dinámicas, como las causadas por un terremoto. Existen muchos tipos diferentes de sistemas estructurales que se pueden utilizar (Inocente y Velásquez, 2024).

El sistema de marco es muy común en hogares y negocios, especialmente en edificios altos. Este sistema tiene un marco rígido compuesto por columnas y vigas. Las vigas soportan cargas horizontales, y las columnas soportan cargas verticales. Las paredes no tienen un propósito estructural principal, por lo que son perfectas para permitirte cambiar la distribución de los espacios interiores. Este sistema es muy resistente a las cargas verticales, pero puede no funcionar bien en terremotos si los elementos de refuerzo, como las conexiones viga-columna, no están bien diseñados (Rodríguez, 2024).

El sistema de muros de carga es otra forma común de construir viviendas. En este sistema, las paredes son muy importantes para la resistencia y estabilidad del edificio. Este sistema se utiliza más a menudo en edificios de poca altura, como las casas unifamiliares, porque las paredes pueden soportar tanto cargas verticales como horizontales, como las causadas por un terremoto. Los sistemas de muros de carga pueden ser limitados en términos de flexibilidad y espacio interior, aunque pueden soportar cargas. En muchos casos, las soluciones de construcción utilizan un enfoque híbrido, lo que significa que emplean partes de ambos sistemas anteriores para obtener lo mejor de ambos mundos y

evitar lo peor de ambos mundos, siempre tratando de mejorar tanto la resistencia sísmica como la funcionalidad (Inocente Y Velásquez, 2024).

2.2.2.1 Definición de Sistema Estructural

El edificio tiene que soportar, tanto por dentro como por fuera. Vigas, columnas, muros, losas y cimientos son algunas de estas partes. Su principal tarea es mantener el edificio seguro y estable mientras está en uso. El sistema estructural no solo sostiene el peso del edificio y de las cosas dentro de él, sino que también reacciona a fuerzas externas como el viento, los terremotos y los cambios de temperatura para asegurarse de que el edificio no se rompa o caiga (Rodríguez, 2024).

Cada uno de estos sistemas tiene características únicas que afectan cómo reacciona a las fuerzas externas. El diseño también debe cumplir con ciertos estándares técnicos y regulatorios para proteger a las personas que viven allí y hacer que el edificio perdure (Inocente Y Velásquez, 2024).

Cuando se trata de diseño, un sistema estructural necesita ser optimizado para que pueda proporcionar la cantidad adecuada de resistencia sin poner demasiado estrés en la estructura. Esto significa que las partes estructurales deben tener el tamaño adecuado y estar espaciadas de manera que puedan trabajar juntas y soportar las cargas a las que están sometidas. Un sistema estructural bien diseñado también debe ser capaz de manejar los cambios que ocurren cuando suceden eventos naturales, como terremotos, para evitar que el edificio se dañe de una manera que pueda comprometer su integridad (Palomino, 2025).

2.2.2.2 Tipos de Sistemas Estructurales Comunes en la Construcción

Cada uno tiene su propio conjunto de características que lo hacen mejor para ciertos tipos de proyectos. El sistema de marco es uno de los sistemas más comunes. Este sistema tiene columnas y vigas dispuestas en un marco rígido que sostiene las cargas

verticales y horizontales de la estructura. Los marcos son excelentes para edificios de más de un piso porque te permiten organizar las habitaciones en el interior de muchas maneras diferentes. Este sistema es muy bueno para transferir cargas a los cimientos, y cuando está debidamente reforzado, también es muy bueno para resistir terremotos (Inocente y Velásquez, 2024).

Más a menudo que no, este tipo de sistema se encuentra en casas unifamiliares o edificios de apartamentos de poca altura. Las paredes de carga son muy estables, pero pueden dificultar el diseño del interior del edificio porque las paredes deben estar dispuestas de una manera que les facilite soportar las cargas (Rodríguez, 2024).

Los sistemas estructurales combinados se utilizan para construir edificios más complicados, como rascacielos o edificios con grandes luces. Estos sistemas utilizan diferentes tipos de elementos, como marcos y muros de carga, para hacer la estructura más fuerte y flexible. Este sistema mixto te permite utilizar ambos tipos de sistemas. Combina la resistencia de las paredes de carga con la adaptabilidad y flexibilidad de los marcos. Además, algunos edificios utilizan sistemas como el Steel Framing (estructuras de acero de calibre ligero), que son ideales para proyectos que necesitan construirse rápidamente y pueden soportar mucha sacudida. Las necesidades específicas de cada proyecto determinan cuál es el mejor sistema estructural. Cada tipo tiene pros y contras dependiendo del tipo de edificio, las cargas que llevará y las condiciones del suelo (Palomino, 2025).

2.2.2.3 Ventajas y Desventajas de los Sistemas Estructurales Aporticados

Los sistemas estructurales enmarcados tienen muchos beneficios que los convierten en una buena opción para construir edificios de varios pisos, especialmente en las ciudades. Una de las mejores cosas de este sistema es que te permite cambiar el aspecto del interior de tu hogar. Usar columnas y vigas como las principales partes portantes permite crear espacios más abiertos sin necesidad de paredes de carga que

limiten cómo se pueden organizar las habitaciones. Esto es perfecto para hogares y negocios que necesitan una distribución del espacio más flexible. Además, los sistemas de armazón hacen un excelente trabajo al distribuir la carga a través de vigas y columnas, lo que hace que toda la estructura sea más estable, especialmente en edificios altos (Inocente y Velásquez, 2024).

Otro gran beneficio es que pueden soportar cargas sísmicas. Los marcos que están bien diseñados y reforzados pueden manejar bien los movimientos sísmicos porque son flexibles. Las vigas y columnas pueden doblarse sin hacer que el edificio sea menos estable, lo que ayuda a reducir los efectos de las fuerzas sísmicas. Este sistema también facilita la adición de sistemas de refuerzo sísmico como arriostramientos o amortiguadores, lo que lo hace funcionar aún mejor en áreas propensas a terremotos (Rodríguez, 2024).

Pero los sistemas estructurales enmarcados también tienen algunos problemas. Uno de los principales problemas es que cuestan más construirlos que otros sistemas, como los sistemas de muros de carga. Esto se debe a que se necesitan más materiales para hacer columnas, vigas y cimientos más fuertes. Además, el proceso de construcción puede ser más difícil y llevar más tiempo porque requiere más precisión tanto en el diseño como en la ejecución. Además, aunque el sistema puede manejar cargas sísmicas, si las conexiones entre los elementos estructurales no están bien diseñadas, podría afectar el funcionamiento del sistema y hacer que la estructura sea menos estable. Los sistemas de marco pueden necesitar más cuidado en lo que respecta a las juntas y conexiones para asegurarse de que duren y funcionen bien con el tiempo (Palomino, 2025).

2.2.3 Sistema Estructural Aporticado con Losas Convencionales y Pretensadas

El sistema estructural enmarcado con losas convencionales y pretensadas combina ideas antiguas y nuevas para crear una estructura fuerte que distribuye las cargas de manera uniforme. En este sistema, las columnas y vigas constituyen el marco de soporte principal. Las losas, que pueden ser convencionales o pretensadas, forman una superficie



sólida y continua que soporta cargas verticales y distribuye las fuerzas de manera uniforme. El hormigón armado se utiliza para hacer losas regulares. Son más baratas, pero necesitan curarse por más tiempo y tener un control de ejecución más detallado. Sin embargo, las losas pretensadas están pretensadas, lo que las hace más fuertes y les permite ser más delgadas sin perder su capacidad para soportar peso. Esto las hace perfectas para edificios de más de un piso (Rodríguez, 2024).

Una de las mejores cosas de este sistema es que puede soportar cargas pesadas sin hacer que las columnas y vigas sean demasiado grandes. Debido a que las losas pretensadas son más fuertes, te permiten usar menos material y hacer elementos estructurales más delgados, lo que puede ahorrarte dinero a largo plazo. Además, el hecho de que las losas pretensadas se puedan instalar más rápido que las losas regulares acelera el proceso de construcción porque están prefabricadas y solo necesitan ser instaladas en el sitio. El sistema también es muy resistente a los terremotos porque los elementos estructurales son tanto flexibles como fuertes, lo que permite que el edificio responda bien a las fuerzas sísmicas (Palomino, 2025).

Pero este sistema tiene algunos problemas. Las losas pretensadas suelen costar más al principio que las losas regulares, lo que puede aumentar el presupuesto inicial del proyecto. Además, las conexiones entre las partes estructurales, especialmente entre las losas y las vigas, pueden ser más complicadas de realizar, lo que significa que el control de calidad y el diseño pueden necesitar ser más estrictos. Las losas convencionales son más baratas, pero pueden agrietarse más fácilmente con el tiempo, especialmente si no se les da el cuidado adecuado. Además, el sistema de enmarcado con losas, ya sean estándar o pretensadas, puede no ser la mejor opción si necesitas un diseño interior abierto sin columnas ni vigas. Esto limita la flexibilidad de diseño (Reto, 2023).

2.2.3.1 Características del Sistema Aporticado

El sistema de marco es un tipo de estructura que utiliza columnas. Las vigas que se colocan horizontalmente conectan las columnas y permiten que las cargas se distribuyan por todo el edificio. Muchos edificios de varios pisos utilizan este sistema porque permite diseñar los espacios interiores de muchas maneras diferentes sin tener que preocuparse por las paredes de carga (Palomino, 2025).

Una de las cosas más importantes del sistema de armazón es que puede manejar fácilmente tanto cargas estáticas como dinámicas. La forma en que se disponen las columnas y vigas asegura que las fuerzas se distribuyan de manera uniforme, de modo que la estructura pueda soportar tanto las cargas verticales (como el peso del edificio) como las cargas horizontales (como las causadas por un terremoto o el viento). Esta forma de distribuir las fuerzas, junto con la capacidad de mover columnas y vigas para adaptarse a las necesidades del diseño del edificio, crea un sistema fuerte y flexible que puede utilizarse en muchos tipos diferentes de edificios, desde viviendas hasta grandes edificios comerciales o industriales (Rodríguez, 2024).

Esto facilita la personalización según las necesidades y condiciones del proyecto. Además, el sistema no es demasiado difícil de construir porque los ingenieros estructurales ya están familiarizados con cómo colocar columnas y vigas. Sin embargo, se vuelve más complicado cuando se trabaja con edificios más grandes o altos porque las conexiones entre los elementos estructurales deben ser cuidadosamente planificadas para que puedan soportar las fuerzas que enfrentarán durante la vida útil del edificio (Reto, 2023).

2.2.3.2 Losas Convencionales: Materiales y Comportamiento

En áreas urbanas donde la resistencia y la durabilidad son importantes, las losas convencionales son una parte básica de los sistemas de construcción de edificios. Estas estructuras horizontales, que generalmente están hechas de concreto armado, son conocidas por su capacidad para distribuir uniformemente las cargas a elementos

verticales como muros o columnas. Para construirlos, se utilizan materiales importantes como cemento, agregados (grava y arena), agua y acero de refuerzo. Las proporciones y la calidad de estos materiales afectan el funcionamiento mecánico del elemento. Una losa estándar puede fabricarse de diferentes maneras para satisfacer diversas necesidades arquitectónicas y estructurales. Por ejemplo, puede ser maciza, nervada, tipo casetón, o cualquier otra forma que maximice la resistencia y el uso del material (Palomino, 2025).

Desde el punto de vista del comportamiento físico-mecánico, las losas tradicionales reaccionan principalmente a las tensiones de corte y flexión. Cuando están bajo cargas distribuidas como su propio peso, muebles o el tráfico peatonal, su rendimiento estructural depende de qué tan bien esté anclado el acero y del módulo de elasticidad del concreto utilizado. Estas losas tienden a deformarse ligeramente cuando están en uso, y estos cambios deben mantenerse dentro de límites aceptables para mantenerlas seguras y funcionales. También es importante pensar en cosas como la contracción y el fluencia del concreto, que pueden causar grietas si no se controlan adecuadamente con juntas de expansión o cambiando los aditivos (Rodríguez, 2024).

El comportamiento a largo plazo de las losas, por otro lado, se ve muy afectado por el entorno alrededor de la estructura. La integridad del concreto y la corrosión del acero pueden verse afectadas por factores como la humedad, los cambios de temperatura o la agresividad del suelo. Esto acorta la vida útil de la losa. Para solucionar esto, a menudo se utilizan tratamientos superficiales, recubrimientos impermeables o la adición de materiales adicionales que hacen que la losa sea más duradera. Además, en entornos de investigación como este, es posible considerar alternativas sostenibles que utilicen materiales locales o desechos industriales para mantener o mejorar el rendimiento estructural de las losas tradicionales sin poner en riesgo la seguridad estructural (Reto, 2023).

2.2.3.3 Losas Pretensadas: Características y Ventajas

Las losas pretensadas son una nueva tecnología en ingeniería estructural que hace que las estructuras sean más fuertes cuando están bajo más estrés de lo que el concreto simple o incluso el concreto reforzado tradicional pueden soportar. Este tipo de losa tiene tendones de acero de alta resistencia que se tensan antes de verter el concreto (pretensado) o después de que este se ha fraguado (postensado). Estos tendones crean tensiones internas que equilibran las tensiones de servicio. Este método hace que la losa funcione mejor cuando tiene que soportar cargas pesadas, lo que significa que puede soportar más peso sin tener que ser más gruesa o más pesada en general. Esto es especialmente útil para proyectos que necesitan piezas delgadas y ligeras (Palomino, 2025).

Lo más singular de las losas pretensadas es lo bien que funcionan estructuralmente. La compresión en el concreto hace que sea mucho menos probable que se formen grietas bajo cargas de servicio, lo que hace que la estructura dure más. Este pretensado también permite que los soportes estén más separados sin necesidad de vigas intermedias, lo que hace que los espacios arquitectónicos sean más amplios y abiertos. Otra ventaja técnica relevante es la reducción de la deformación a largo plazo, como el fluencia y la retracción, debido al confinamiento ejercido por el acero de pretensado sobre el concreto. Este sistema es excelente para edificios de varios pisos, puentes y proyectos de infraestructura que necesitan ser muy estables y confiables (Reto, 2023).

Las losas pretensadas tienen más beneficios en lo que respecta a la construcción y la economía, por lo que están ganando popularidad. La prefabricación en taller hace que sea más probable que las dimensiones sean correctas y que la calidad esté controlada, lo que acelera la construcción en el sitio y reduce el desperdicio. Además, los materiales se utilizan de manera más eficiente porque no se necesita tanto acero y concreto para obtener la misma resistencia que una losa convencional. Esta reducción de peso significa que la carga total sobre los cimientos es menor, lo que puede reducir el costo total del proyecto.

Todos estos beneficios hacen que las losas pretensadas sean una buena opción para satisfacer las numerosas necesidades de la construcción moderna. Son fuertes, duraderas y flexibles (Rodríguez, 2024).

2.2.3.4 Comparación entre Losas Convencionales y Pretensadas

El tamaño de la carga, la longitud del vano, la eficiencia estructural y las necesidades específicas del proyecto se utiliza para decidir entre losas convencionales y losas pretensadas. El hormigón armado se utiliza para fabricar losas convencionales, que a menudo se emplean en edificios de baja y mediana altura porque son fáciles de construir y no requieren tanto conocimiento técnico. Las losas pretensadas, por otro lado, se fabrican con tecnología especial que las hace más adecuadas para edificios que necesitan soportar mucho peso con menos deformación y sin necesidad de elementos de soporte adicionales (Palomino, 2025).

El comportamiento estructural es una diferencia clave. Durante su vida útil, las losas convencionales tienden a desarrollar grietas de tracción. Estas grietas pueden hacer que las losas sean menos duraderas si no se controlan adecuadamente, aunque el diseño las tenga en cuenta. Las losas pretensadas, por otro lado, comprimen intencionadamente el concreto, lo que anula o reduce considerablemente las tensiones de tracción. Esto hace que el concreto sea menos propenso a agrietarse y más capaz de soportar cargas repetidas o dinámicas. Además, las losas pretensadas son mejores, como el fluencia y la contracción, lo que significa que se mantienen estables a lo largo del tiempo. Esto es importante para proyectos que requieren alta precisión estructural (Rodríguez, 2024).

Las losas convencionales tienen una ventaja inicial en términos de costo y facilidad de construcción porque requieren menos equipo especializado y pueden ser ensambladas por mano de obra general. En proyectos grandes o aquellos que necesitan hacerse rápidamente, las losas pretensadas son mucho mejores porque utilizan menos materiales,

requieren menos tiempo y necesitan menos mantenimiento a largo plazo. Entonces, al comparar los dos tipos de losas, no debería ser solo sobre cuánto cuestan de inmediato. También debería incluir aspectos como los estándares de rendimiento estructural, la vida útil esperada, las condiciones de exposición y las necesidades de diseño arquitectónico. Esto te ayudará a tomar una decisión técnica bien fundamentada y completa (Reto, 2023).

2.2.3.5 Aplicaciones Comunes en Zonas Sísmicas

En lugares donde ocurren muchos terremotos, elegir y diseñar elementos estructurales se convierte en una tarea estratégica para asegurarse de que los edificios permanezcan en pie y que las personas dentro de ellos estén a salvo. Las losas, que son partes importantes del sistema portante, deben ser capaces de manejar bien las cargas dinámicas. En este caso, se utilizan tanto losas convencionales como pretensadas para distribuir las cargas sísmicas de manera uniforme a través de los elementos verticales, prevenir concentraciones de tensión y permitir el flujo de energía. La forma de las losas, los materiales utilizados y cómo encajan en el sistema estructural tienen un gran efecto en su rendimiento durante un terremoto (Palomino, 2025).

Las losas convencionales se utilizan ampliamente en hogares, escuelas y edificios de mediana altura en áreas propensas a terremotos porque son naturalmente dúctiles y fáciles de convertir en diafragmas rígidos. Cuando se supera la resistencia elástica del material, la redistribución de tensiones es importante. Esto es posible porque se comportan bien bajo cargas cíclicas. Además, como se construye en el sitio, puede conectarse mejor con otras partes estructurales, lo que hace que la respuesta general sea más integrada. Pero es muy importante pensar en los detalles de construcción como un buen confinamiento del acero, el uso de juntas estratégicas y la forma correcta de anclar a las paredes o vigas para evitar fallos localizados (Hurtado, 2023).

Las losas pretensadas también se utilizan en zonas sísmicas, especialmente en edificios que necesitan ser grandes y ligeros, como centros comerciales, hospitales o

infraestructura pública. Su menor ductilidad en comparación con las losas regulares puede ser un problema, pero si se diseñan con los criterios sísmicos adecuados, pueden ser una buena alternativa porque son muy resistentes a las grietas y pueden mantener su integridad estructural bajo cargas cambiantes. Estas losas pueden funcionar bien en un terremoto utilizando conexiones articuladas, sistemas híbridos con disipadores de energía, o añadiendo elementos adicionales para hacerlas más resistentes (Rodríguez, 2024).

2.2.4 Diseño Sísmico de Edificaciones

Asegura que los edificios puedan sobrevivir a los terremotos sin colapsar, salvando vidas y minimizando los daños a los materiales. Este método se basa en la idea de que los terremotos son siempre cambiantes y no se pueden predecir, por lo que utiliza los conceptos de resistencia, ductilidad, energía y disipación. Para este propósito, se tienen las normativas locales para encontrar fuerzas equivalentes que muestren cómo el movimiento del suelo afecta a la estructura (Palomino, 2025).

En este caso, el comportamiento del edificio en su conjunto depende de cómo todas sus partes estructurales trabajen juntas, como las losas, columnas, vigas y muros. Estas últimas son muy importantes porque actúan como diafragmas que distribuyen las fuerzas sísmicas horizontalmente a los elementos verticales. Un buen diseño debe asegurarse de que estos diafragmas sean lo suficientemente fuertes y estables para evitar que se torzcan y se muevan de maneras extrañas. Además, debes considerar qué tan bien funcionan juntas las deformaciones, qué tan bien están detalladas las conexiones y qué tan bien funcionan los refuerzos para ayudar a que la estructura responda de manera controlada a las cargas cíclicas. Esto ayudará a evitar fallos frágiles o prematuros (Hurtado, 2023).

El diseño sísmico se basa en códigos técnicos que establecen estándares mínimos para la seguridad estructural a nivel regulatorio. Estos documentos, que se han actualizado basándose en nuevas investigaciones y terremotos recientes, respaldan una filosofía de diseño basada en el rendimiento. Esto significa que el edificio debe seguir funcionando o

poder ser reparado después de un terremoto moderado y no derrumbarse durante uno severo. Entonces, el ingeniero tiene que encontrar un equilibrio entre la resistencia, el costo y la funcionalidad al elegir materiales y sistemas de construcción que puedan soportar las demandas sísmicas. Esta estrategia integral es esencial en regiones con alta actividad sísmica, donde la durabilidad de las ciudades depende significativamente de estructuras bien diseñadas y construidas (Reto, 2023).

2.2.4.1 Principios del Diseño Sísmico en la Ingeniería Civil

Los ingenieros civiles utilizan un conjunto de reglas para asegurarse de que los edificios sean seguros frente a los terremotos, que son eventos naturales muy impredecibles y pueden ocurrir con diferentes niveles de intensidad. Una de las ideas más importantes es la ductilidad, que es la capacidad de una estructura o sus partes para cambiar de forma sin perder su capacidad para cumplir su función. Esto permite que el edificio pierda energía a través de deformaciones plásticas controladas en lugar de fallos repentinos y frágiles. Esto se vuelve aún más importante por el diseño de capacidad, que establece jerarquías de resistencia dentro del sistema estructural. Esto significa que algunas partes de la estructura absorberán la mayor parte de la energía sísmica mientras que otras permanecerán seguras (Hurtado, 2023).

Otra regla importante es que la estructura debe ser regular tanto en planta como en elevación. Durante un terremoto, una estructura regular es más probable que responda de manera predecible y equilibrada. Por otro lado, las irregularidades pueden causar concentraciones de tensiones y deformaciones no deseadas. Por esta razón, el diseño debe intentar hacer que las masas y rigideces sean simétricas y asegurarse de que los diferentes niveles y partes estén conectados adecuadamente. El aislamiento sísmico y el amortiguamiento también se consideran métodos avanzados que intentan reducir la transferencia de energía sísmica al edificio, lo que mejora su rendimiento sin necesariamente hacerlo más pesado o más fuerte (Palomino, 2025).

La filosofía basada en el rendimiento también se utiliza en el diseño sísmico moderno. Esto significa que se establecen diferentes niveles de requisitos según el tipo de edificio, su función social y la magnitud esperada del terremoto. Esta filosofía tiene como objetivo no solo prevenir el colapso, sino también minimizar los daños estructurales y facilitar la ocupación continua del edificio después de un terremoto moderado. Por esta razón, el ingeniero civil necesita combinar reglas para el análisis dinámico, elegir los materiales adecuados y métodos de construcción que sigan tanto las leyes actuales como las características geotécnicas únicas del sitio. Para diseñar edificios seguros, fuertes y útiles en áreas propensas a terremotos, es necesario tener un profundo conocimiento de estos principios (Reto, 2023).

2.2.4.2 Normativas Internacionales y Nacionales para el Diseño Sísmico

Las normas sobre cómo diseñar edificios para resistir terremotos son muy importantes para mantener a las personas seguras y los edificios fuertes. A nivel internacional, diferentes grupos técnicos han establecido normas que los gobiernos locales pueden usar como guía al crear sus propias normas. El Código Internacional de Edificación (IBC) de los Estados Unidos es uno de los más importantes. Incluye las normas de ASCE/SEI 7 y las sugerencias del Eurocódigo 8, que son utilizadas por los países de la UE. Estos documentos proporcionan reglas detalladas para el análisis sísmico, la modelación estructural, el diseño de capacidad y los detalles de construcción. Estos incluyen factores de comportamiento, espectros de diseño y formas de disipar energía. Usarlos permite estandarizar los estándares de seguridad estructural para proyectos de todos los tamaños y dificultades (Palomino, 2025).

En América Latina, muchos países han adoptado o adaptado estas normas internacionales para crear sus propias reglas. Hacen esto teniendo en cuenta las condiciones geológicas, climáticas y de construcción únicas de cada región. También establece reglas claras para diferentes tipos de sistemas estructurales para que no se

derrumben completamente o parcialmente, incluso durante grandes terremotos (Hurtado, 2023).

Estas reglas están en vigor y se aplican estrictamente para asegurar que los diseños estructurales se basen en evidencia científica y en las lecciones aprendidas de muchos. Además, les ayudan a los ingenieros civiles a tomar decisiones inteligentes y a cumplir con la ley al trabajar en sus proyectos. En un lugar como Perú donde los terremotos ocurren con frecuencia, seguir estas normas tanto a nivel nacional como internacional no es solo un requisito técnico, sino también un deber ético y social. Esto promueve una cultura de prevención, resiliencia y sostenibilidad en la infraestructura urbana, lo cual es clave para reducir el impacto de futuros desastres naturales (Reto, 2023).

2.2.4.3 Análisis de Comportamiento de Estructuras frente a Sismos: Métodos y Herramientas

Nos ayuda a predecir cómo reaccionará un edificio ante las fuerzas dinámicas que provoca el movimiento del suelo. Para lograr esto, se utilizan una variedad de métodos, desde los más básicos hasta simulaciones más avanzadas. Aunque es útil en algunos casos, su naturaleza lineal y simplificada lo hace menos útil para edificios con formas extrañas o comportamiento no lineal (Palomino, 2025).

En estos casos más complicados, se utilizan métodos de análisis dinámico. El primero te permite utilizar el espectro de diseño sísmico adecuado para determinar las respuestas máximas de la estructura según su participación en los modos. El análisis no lineal, por otro lado, nos permite observar más de cerca cómo se comportan los materiales cuando no son elásticos, dónde se acumula el estrés y dónde la deformación es más crítica. Esta herramienta es muy útil para estudios de vulnerabilidad sísmica, para verificar el desempeño de los edificios existentes y para comprobar cómo funcionan las estructuras en diferentes niveles de intensidad sísmica (Hurtado, 2023).

Programas informáticos especializados, facilitando el modelado y análisis de estructuras. SAP2000, ETABS, Perform 3D, OpenSees y Abaqus son algunos de los más

populares. Cada uno tiene sus propias características que lo hacen mejor para ciertos tipos de análisis. Estas herramientas no solo te permiten probar qué tan bien funcionan diferentes escenarios sísmicos, sino que también te ayudan a diseñar mejor, verificar estándares y crear documentos técnicos precisos. Estos métodos y plataformas digitales permiten hacer predicciones más precisas y confiables, lo que significa que los edificios pueden diseñarse para ser más seguros y eficientes en áreas con mucha actividad sísmica (Palomino, 2025).

2.2.5 Factores de Riesgo Sísmico en el Distrito de San Miguel

Debido a su ubicación geodinámica, el distrito es especialmente vulnerable a movimientos sísmicos fuertes. Esto se debe a que el proceso de subducción provoca la acumulación de energía sísmica que luego se libera de repente. También hay suelos con malas propiedades geotécnicas en algunos lugares, como depósitos de relleno incontrolados, capas de arcilla blanda o capas de sedimentos no consolidados. Estos suelos tienden a hacer que las ondas sísmicas sean más fuertes y a hacer que los edificios que no están bien diseñados sean menos estables (Eulogio, 2023).

Otro factor de riesgo importante es que San Miguel ha crecido rápidamente y a menudo sin planificación en las últimas décadas. El crecimiento de los asentamientos humanos, la construcción informal sin los estándares técnicos adecuados y la falta de supervisión han llevado a que los edificios no cumplan con los estándares mínimos para el diseño resistente a sismos. Muchos de estos edificios tienen problemas con sus sistemas de carga, no cuentan con elementos estructurales continuos y utilizan materiales de baja calidad, lo que los hace muy débiles en caso de un terremoto. También hay edificios patrimoniales o de uso masivo que no han sido reforzados ni probados según las normas sísmicas actuales, lo que pone a las personas que viven allí en alto riesgo (Hurtado, 2023).

Por último, el tamaño de la vulnerabilidad sísmica del distrito también se ve afectado por factores sociales y de gestión de riesgos. El impacto potencial de un terremoto es peor porque no hay suficientes personas que sepan cómo prepararse para desastres, los planes

de evacuación no se están siguiendo lo suficientemente bien y no se está gastando suficiente dinero en infraestructura resistente. Se han implementado algunos programas para crear conciencia y capacitar a las personas, pero aún existen grandes brechas en la prevención, el monitoreo y la respuesta. Entonces, para realmente reducir el riesgo de terremotos en San Miguel, necesitamos utilizar un enfoque multidisciplinario que combine la evaluación técnica del riesgo con la planificación urbana, la educación comunitaria y el fortalecimiento institucional (Reto, 2023).

2.2.5.1 Características Geológicas y Sismológicas del Distrito de San Miguel

También hay suelos blandos cerca de la costa. Estas condiciones geotécnicas tienen un impacto directo en cómo reacciona el suelo ante la actividad sísmica. Por ejemplo, algunos tipos de suelo hacen que las ondas sísmicas sean más fuertes y que el movimiento dure más tiempo. También hay lugares donde los rellenos artificiales no están bien compactados, lo que hace más probable que el suelo se asiente de manera diferente y que el suelo se convierta en líquido durante sismos fuertes. Esta composición geológica hace de San Miguel un lugar donde las estructuras deben ser diseñadas y probadas con especial cuidado (Eulogio, 2023).

Desde el punto de vista sismológico, San Miguel se encuentra en una zona sísmica 3. Esto acumula energía con el tiempo hasta que se libera en forma de sismos. Los registros históricos y los estudios de microzonificación sísmica han demostrado que esta zona ha experimentado sismos sustanciales a lo largo del tiempo, validando así la necesidad de mantener una estrategia preventiva en su desarrollo urbano. Además, la región experimenta sismos frecuentes, aunque de menor intensidad, por fallas locales como Urcos y Ayaviri, exacerbados por el tipo de suelo altiplánico y materiales subestándar en viviendas de mampostería confinada (Hurtado, 2023).

Otra cosa importante a considerar es cómo cambia la forma en que viajan las ondas sísmicas en diferentes partes del distrito, con aceleraciones de hasta 0.35g. Algunas áreas que están más lejos de la costa pueden no responder tan fuertemente a los cambios

estructurales, pero las áreas con muchos sedimentos finos, alta humedad y baja compactación son más propensas a ver movimientos más fuertes. Debido a esta heterogeneidad del subsuelo, se debe realizar una caracterización geotécnica detallada antes de que pueda comenzar cualquier trabajo de construcción. Esto es para que se puedan utilizar soluciones de diseño específicas. Debido a esto, las características geológicas y sísmicas del distrito de San Miguel hacen necesario seguir estrictamente las normas de ingeniería sísmica tanto para los edificios nuevos como para las reparaciones estructurales (Reto, 2023).

2.2.5.2 Historial de Sismos en la Región

El distrito de San Miguel, en la provincia de San Román (Puno), ha registrado sismos frecuentes debido a su ubicación en el Altiplano andino, con epicentros cercanos a Juliaca y fallas locales. Aunque no hay catálogos exclusivos para este distrito, datos del IGP y VolcanoDiscovery indican más de 440 eventos desde 1970 en la provincia, mayoritariamente de $M < 5$, con intensidades sentidas en San Miguel. (Eulogio, 2023).

- 9 abril 1928: $M 6.9$, epicentro Carabaya (NE Puno), intensidad VII Mercalli en Ayapata/Ollachea; daños graves en viviendas/iglesias; sentido en San Román.
- 26 febrero 1952: $M 7.5$, afectó Coasa/Macusani (Puno); daños en zonas de San Román.
- 1948: $M 7.5$ Arequipa, efectos en Puno/San Román.

Varios eventos sísmicos han seguido afectando esta región a lo largo del siglo XX y hasta el siglo XXI. Algunos han tenido efectos devastadores, mientras que otros han tenido efectos moderados que fueron lo suficientemente fuertes como para poner a prueba la capacidad estructural de los edificios existentes. Por ejemplo, el terremoto del 17 de octubre de 1966 afectó ligeramente las zonas altoandinas de Puno. Aunque su epicentro estaba más al sur. Esto volvió a demostrar la necesidad de fortalecer los edificios y actualizar las normas. Estos incidentes han impulsado una evolución en las regulaciones técnicas y un mayor reconocimiento de la importancia del diseño resistente a sismos (Hurtado, 2023).

El estudio de la historia sísmica de la región no solo nos ayuda a entender con qué frecuencia y cuán graves fueron los eventos, sino que también nos proporciona una base científica para hacer predicciones sobre el riesgo y planificar formas de reducirlo. Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y otras fuentes especializadas, los terremotos en esta área ocurren cada 70 a 100 años para eventos de alta magnitud. Esto significa que hay una amenaza oculta para las próximas décadas. Entonces, no deberíamos pensar en la investigación histórica como solo una colección de datos antiguos; en su lugar, deberíamos considerarla como una forma de planificar el futuro y encontrar maneras de proteger a las personas, el patrimonio y las ciudades de este tipo de eventos (Reto, 2023).

2.2.5.3 Vulnerabilidad de las Estructuras en Zonas Urbanas de San Miguel

Las áreas urbanas del distrito de San Miguel muestran un patrón de desarrollo que incluye tanto edificios formales como informales. Muchos de estos edificios fueron contruidos sin una evaluación estructural adecuada para terremotos. Esta situación hace que sea muy probable que ocurran movimientos sísmicos de tamaño medio o regular. Por ejemplo, hay edificios de mampostería confinada que no tienen diseño estructural, edificaciones con malas conexiones entre los elementos portantes y edificios que no cumplen con las normativas actuales (Eulogio, 2023).

Además, el envejecimiento del parque inmobiliario y el hecho de que muchos edificios no estén siendo mantenidos agravan la vulnerabilidad estructural. Los edificios multifamiliares contruidos hacen más de 40 años, cuando las normas técnicas eran más laxas o no existían en absoluto, no han sido reforzados con suficientes refuerzos estructurales. También hay muchas ampliaciones no autorizadas, que pueden hacer que el edificio original sea menos estable al añadir niveles sin verificar la carga o la resistencia. Esto es especialmente importante en lugares con mucha gente, donde el colapso de un edificio puede causar problemas a otros edificios o infraestructuras públicas cercanas (Hurtado, 2023).

Debido a esta debilidad estructural en el área urbana del distrito de San Miguel, es necesario implementar políticas integrales para la evaluación, refuerzo y prevención. El uso de herramientas de diagnóstico como el escaneo láser, las pruebas de ultrasonido o las pruebas no destructivas puede ayudar a encontrar puntos débiles en los edificios que ya existen. Al mismo tiempo, es importante fomentar una cultura de construcción segura, junto con recompensas por hacer que la vivienda informal sea más técnicamente sólida (Reto, 2023).

2.2.6 Normativa Peruana en el Diseño Sismorresistente

Debido a este hecho geodinámico, se han creado regulaciones técnicas especializadas para establecer los estándares mínimos para diseñar y construir edificaciones que puedan soportar movimientos sísmicos. El Código Nacional de Edificación (CNE) edificios nuevos como los antiguos se comporten adecuadamente en caso de un terremoto, para que no se derrumben y las personas dentro de ellos estén seguras (Eulogio, 2023).

La Norma E.030 establece reglas básicas para aspectos como la zonificación sísmica de Perú, la clasificación del suelo y los coeficientes de reducción y amplificación sísmica. Estas reglas ayudan a los diseñadores estructurales a determinar cuán fuertes deben ser las fuerzas sísmicas. También establece reglas equivalentes, dependiendo de cuán alta, complicada y útil sea la estructura. Las normas exigen niveles más altos de rendimiento estructural para edificios especiales como hospitales, escuelas e infraestructuras críticas porque son importantes para su función durante y después de un evento sísmico. Estas reglas también se aplican a los edificios en lugares donde es probable que ocurran terremotos fuertes (Hurtado, 2023).

Una cosa importante sobre las leyes peruanas es que siempre están cambiando. Esto se debe a que se basan en nuevas investigaciones, terremotos recientes y nuevas tecnologías. Este enfoque progresivo permite que los criterios de diseño cambien para adaptarse a las necesidades específicas del territorio nacional, teniendo en cuenta los

diferentes tipos de geología y el crecimiento de la industria de la construcción. El uso estricto de la Norma E.030 no solo es un requisito legal para los proyectos de construcción, sino que también es una forma importante de hacer los edificios más seguros, hacer las ciudades menos vulnerables y fomentar una cultura de prevención contra desastres naturales que han ocurrido en el pasado (Reto, 2023).

2.2.6.1 Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)

Su objetivo principal es establecer normas técnicas que aseguren que los edificios sean seguros, útiles y duraderos en todo el país. Esta norma tiene una lista de normas técnicas que están agrupadas por área de especialización, como arquitectura, estructuras, instalaciones sanitarias, trabajos eléctricos, y así sucesivamente. Debe ser cumplida para todos los proyectos que involucren nueva construcción, ampliación, renovación o refuerzo estructural. Las personas que viven en estos edificios están protegidas y tienen un nivel mínimo de calidad porque existe (Hurtado, 2023).

El RNE tiene normas en el campo estructural que ayudan con el cálculo. Estas normas funcionan bien juntas y tienen en cuenta la geología, el clima y la estructura social de Perú. Perú es un país muy sísmico con muchos tipos diferentes de terreno. Seguir estas normas asegura que los edificios puedan soportar cargas gravitacionales y dinámicas, como terremotos, vientos y asentamientos del suelo. La regulación también fomenta el uso sensato de los materiales, el diseño eficiente y la responsabilidad profesional en cada etapa del proceso de construcción (Eulogio, 2023).

La estructura normativa del RNE permite actualizaciones periódicas, lo que facilita la incorporación de nuevas tecnologías, enfoques de sostenibilidad y hallazgos de investigaciones científicas recientes. El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento trabaja con instituciones académicas, grupos profesionales y expertos en el campo para realizar estas revisiones. De esta manera, la normativa siempre está cambiando para satisfacer las necesidades del país y los problemas que surgen con el crecimiento urbano, la vulnerabilidad a los terremotos y el cambio climático. El RNE es una

herramienta importante para los ingenieros y arquitectos que están diseñando edificios que pueden resistir terremotos. Les ayuda a asegurarse de que sus proyectos sean seguros, útiles y lo suficientemente fuertes como para perdurar en las ciudades de Perú (Reto, 2023).

2.2.6.2 Códigos Sismoresistentes y su Aplicación en la Construcción

Los códigos sísmicos son reglas que ayudan a los constructores a planificar y construir edificios que puedan resistir terremotos sin poner en riesgo a las personas dentro. Estos documentos establecen normas técnicas basadas en estudios científicos, experiencias después de terremotos y nuevas tecnologías.

Al construir algo, los códigos sísmicos exigen que los elementos estructurales sean diseñados no solo para cumplir con la resistencia estática normal, sino también para incluir formas de comportarse de manera no lineal cuando están bajo cargas dinámicas. Esto requiere una estrategia holística desde la fase de diseño inicial, teniendo en cuenta la disposición arquitectónica, la naturaleza del sistema portante, la interacción entre el suelo y la estructura, y la elección de los materiales. También necesita una supervisión estricta mientras se realiza el trabajo para asegurarse de que los detalles de construcción, como el anclaje del acero de refuerzo, las juntas sísmicas y los confinamientos de los nodos estructurales, se realicen exactamente como lo indican las normas actuales (Eulogio, 2023).

Los códigos sísmicos como ASCE/SEI 7, Eurocódigo 8 y la Norma Técnica Peruana E.030 son referencias obligatorias para todos los edificios en áreas donde es probable que ocurran terremotos. En Perú, donde los terremotos ocurren todo el tiempo, seguir estos códigos es imprescindible para hacer que las ciudades sean menos vulnerables y proteger tanto a las personas como a la infraestructura. Como resultado, incorporar criterios de resistencia sísmica en todos los niveles de trabajo de construcción es una parte importante del crecimiento seguro y sostenible del país (Hurtado, 2023).

2.2.6.3 Estándares de Resistencia Sísmica según el Código ACI 318-11

Dentro de su alcance, establece ciertos estándares para asegurarse de que los edificios puedan resistir terremotos, especialmente en lugares donde es probable que ocurran terremotos. Hay una parte del código que habla sobre el diseño resistente a sismos. Esta parte entra en detalle sobre los requisitos para el confinamiento del concreto, la ductilidad del acero de refuerzo y la continuidad estructural necesaria para manejar cargas cíclicas. El objetivo de estas normas es asegurarse de que los edificios construidos según este estándar puedan absorber y liberar energía sísmica sin tener problemas estructurales importantes (Eulogio, 2023).

Una de las ideas principales detrás de ACI 318-11 es el diseño basado en el rendimiento. Esto significa que la estructura debe mantenerse estable durante terremotos de todos los tamaños, desde leves hasta severos. Por ejemplo, el código dice que los elementos estructurales en áreas críticas, como columnas, vigas y juntas, deben ser capaces de deformarse más allá de sus límites elásticos sin perder resistencia. También hay cantidades mínimas de refuerzo longitudinal y transversal que deben utilizarse, así como reglas estrictas sobre cómo detallar confinamientos, empalmes y anclajes. Estos requisitos ayudan a detener los mecanismos de fallo frágil, asegurando que el material se comporte de manera dúctil y estable cuando se aplican cargas dinámicas (Hurtado, 2023).

En la práctica, muchos países han adoptado el ACI 318-11 como estándar tanto para diseñar nuevos edificios como para revisar y reforzar los antiguos. Funciona bien con otras normas internacionales y siempre se está actualizando, lo que lo convierte en una buena herramienta para diseñar edificios que puedan resistir terremotos en proyectos de todos los tamaños. En Perú, el Código Nacional de Edificación tiene sus propias normas (E.060 para concreto armado y E.030 para diseño sísmico), pero muchos profesionales utilizan el ACI 318-11 como un suplemento técnico, especialmente para proyectos que son complicados o requieren habilidades especiales. De esta manera.

2.2.7 Evaluación de la Seguridad Estructural en Zonas Sísmicas

En la ingeniería civil, verificar la seguridad estructural de los edificios en zonas sísmicas es un paso importante porque muestra qué tan bien un edificio puede manejar los movimientos sísmicos sin perder su estabilidad ni poner en riesgo a las personas en su interior. Esta evaluación incluye un examen minucioso, las condiciones del terreno y la historia de las cargas sísmicas que podrían afectar la zona. A través de este diagnóstico, es posible encontrar fallas en las partes estructurales, problemas de construcción o la falta de normas de resistencia sísmica. Esto permite tomar decisiones técnicas sobre cómo reforzar o reparar las estructuras más vulnerables (Hurtado, 2023).

El análisis visual, las inspecciones técnicas con equipos especializados y los modelos numéricos que muestran comunes de realizar este tipo de evaluación. El uso de tecnologías como el escaneo láser, las pruebas ultrasónicas o las pruebas de resonancia permite obtener información sobre el estado interno de la estructura sin necesidad de abrirla. El software de análisis estructural procesa estos datos para encontrar valores importantes como los modos de vibración, los desplazamientos máximos, la rigidez global y la capacidad de absorción de energía. Para edificios importantes, esta evaluación se complementa con análisis no lineales para predecir la cantidad probable de daño en diferentes escenarios sísmicos (Eulogio, 2023).

El objetivo principal de la evaluación estructural en zonas sísmicas no es solo asegurarse de que los edificios cumplan con las normas, sino también determinar cuán riesgoso es un edificio y qué reparaciones deben hacerse primero para hacerlo menos vulnerable. Este método es especialmente importante en ciudades con mucha población o edificios antiguos, donde un colapso puede causar muchos daños a las personas y a la propiedad. La evaluación debe ser parte de una política para prevenir riesgos, con la participación de las autoridades, expertos técnicos y comunidades. Esto fomentará acciones como el fortalecimiento de estructuras, el traslado de las inseguras y la concienciación sobre prácticas de construcción seguras. Esta es la única manera de

asegurarse de que haya una verdadera resiliencia cuando ocurran futuros terremotos que puedan afectar la estabilidad del entorno construido.

2.2.7.1 Métodos de Evaluación Sísmica de Estructuras

La evaluación sísmica de estructuras es una forma metódica de determinar qué tan bien puede un edificio manejar los movimientos sísmicos. Este análisis permite encontrar puntos débiles en la estructura, determinar la resistencia de cada parte y sugerir las mejores formas de repararlos según el nivel de riesgo sísmico. Se utilizan diferentes métodos de diagnóstico para esto, que van desde inspecciones visuales simples hasta modelos informáticos más complejos. La decisión sobre qué método utilizar depende de factores como la edad del edificio, el tipo de materiales, la cantidad de información disponible y el contexto geotécnico donde se encuentra el edificio (Eulogio, 2023).

El análisis cualitativo es una de las formas más comunes de realizar evaluaciones rápidas. Utiliza listas de verificación estructurales y funcionales elaboradas por expertos. Este método, aunque amplio, permite agrupar los edificios según su vulnerabilidad y ayuda a decidir cuáles deben ser reparados primero. A un nivel más detallado, se utilizan para edificios complicados o edificios que se comportan de manera no lineal. Estos métodos muestran cómo se comportaría la estructura bajo cargas reales o progresivas (Hurtado, 2023).

Junto con los métodos numéricos, los métodos experimentales también son muy importantes para evaluar los terremotos. Las pruebas de vibración ambiental, el monitoreo estructural en tiempo real y las pruebas destructivas o no destructivas se pueden utilizar para verificar la precisión de los modelos analíticos y los resultados que estos proporcionan. Acelerómetros, sensores de desplazamiento y escáneres estructurales son algunas de las herramientas que trabajan con software especializado para ofrecer un diagnóstico completo. Estos métodos son muy útiles en edificios antiguos, escuelas, hospitales o viviendas informales, donde no hay muchos o ningún dato de diseño original.

La combinación de métodos analíticos, empíricos y tecnológicos es una forma eficaz de probar cómo se comportan los edificios durante los terremotos y de apoyar cambios técnicos que hagan que el entorno construido sea más seguro y resiliente (Reto, 2023).

2.2.7.2 Análisis Estático y Dinámico

Ambos métodos intentan determinar cómo reaccionará un edificio a las cargas sísmicas, pero difieren en su precisión, complejidad y utilidad para diferentes tipos de edificios y ubicaciones. El análisis estático, que también se llama el método de fuerzas laterales equivalentes, es una forma simplificada de ver la acción sísmica como una carga horizontal distribuida a lo largo de los niveles de un edificio. Este método se utiliza a menudo en edificios de poca altura regulares porque es fácil de usar y está permitido por los códigos de construcción (Gutiérrez, 2024).

El análisis dinámico, por otro lado, añade más realismo para observar cómo se comportan las estructuras. Estos métodos permiten capturar fenómenos como la interacción de modos, las amplificaciones locales y las no linealidades que ocurren durante eventos significativos. Necesita más potencia de cálculo y conocimientos técnicos para usarlo, pero es mucho más preciso, lo que lo hace perfecto para estructuras complicadas o aquellas que son muy importantes para su función (Eulogio, 2023).

Hay muchas cosas en las que pensar al decidir entre un análisis estático y uno dinámico, como la forma del edificio, la altura, la regularidad, el uso y el nivel de rendimiento esperado. En la práctica profesional, a menudo se realiza primero un análisis estático para obtener resultados iniciales. Luego, se realiza un análisis dinámico para mejorar el diseño estructural y verificar su funcionamiento en diferentes situaciones sísmicas. Ambos métodos, cuando se utilizan correctamente y de acuerdo con las normas vigentes, ayudan a las personas a tomar decisiones inteligentes sobre cómo diseñar, evaluar o reforzar edificios que están en riesgo de terremotos. En este sentido, su comprensión y

competencia constituyen una habilidad esencial para el ingeniero civil dedicado a la seguridad y resiliencia estructural (Gutiérrez, 2024).

2.2.7.3 Herramientas Computacionales en la Evaluación Sísmica

El crecimiento de la tecnología ha cambiado por completo la forma en que estudiamos y evaluamos el comportamiento de las estructuras durante los terremotos. Las herramientas computacionales se han vuelto esenciales para los ingenieros civiles porque les permiten modelar con precisión cómo responderán los edificios a cargas dinámicas complejas. Estos programas utilizan algoritmos avanzados para modelar cosas como formas irregulares, materiales que no se comportan en línea recta, interacciones suelo-estructura y efectos de segundo orden. Usarlos no solo acelera los procesos de diseño y verificación estructural, sino que también proporciona resultados más precisos que hacerlo a mano o con métodos más simples (Gutiérrez, 2024).

ETABS, SAP2000 y SAFE son algunas de las plataformas más populares. Fueron creados por CSI (Computers and Structures Inc.) y te permiten realizar análisis modales, espectrales, de empuje y de historia temporal con mucho detalle. Estos programas tienen interfaces gráficas fáciles de usar, crean mallas estructurales automáticamente y exportan resultados que están listos para ser entendidos. Herramientas como Perform-3D, OpenSees o Abaqus se utilizan para análisis más especializados, como aquellos que involucran estructuras inusuales o sistemas de aislamiento sísmico. Estas herramientas te permiten trabajar con modelos no lineales y partes personalizadas. Estas herramientas te permiten cambiar los parámetros físicos y estructurales según las necesidades únicas del proyecto, lo que hace que el diseño sea más resistente a los terremotos (Hurtado, 2023).

El uso de computadoras también ha permitido desarrollar nuevas formas de evaluación, como estudios de desempeño sísmico basados en desplazamiento y la simulación de escenarios de múltiples peligros. Además, su conexión con tecnologías de escaneo tridimensional, sensores estructurales y bases de datos geotécnicas facilita la creación de modelos digitales precisos que muestran cómo es realmente el entorno

construido. Esto facilita la toma de decisiones sobre proyectos de rehabilitación, refuerzo o nueva construcción. En conclusión, el uso de software estructural para la evaluación sísmica no solo hace que el proceso de análisis sea más eficiente, sino que también es una parte clave (Gutiérrez, 2024).

2.2.7.4 Técnicas para Mejorar el Comportamiento Sísmico de las Estructuras

Mejorar el rendimiento sísmico de las estructuras es un enfoque crucial para mitigar los riesgos relacionados con los terremotos, particularmente en las regiones urbanas con una vulnerabilidad significativa. Para mejorar esto, se utilizan diferentes métodos para aumentar la capacidad de absorber energía, la ductilidad y la estabilidad estructural bajo cargas cíclicas. El refuerzo estructural es uno de los métodos más comunes. Implica añadir a las partes existentes, como columnas, vigas, paredes o conexiones, para hacerlas más fuertes y rígidas. Este proceso puede utilizar chaquetas de concreto reforzado, placas de acero, polímeros reforzados con fibra (FRP), o puede añadir varillas al interior de la estructura para hacerla más fuerte (Gutiérrez, 2024).

Agregar sistemas de aislamiento sísmico es otra buena manera de hacerlo. Estos sistemas intentan separar la estructura del movimiento del suelo. Estos dispositivos, como los aisladores elastoméricos o de péndulo de fricción, se colocan en la parte inferior del edificio. Permiten que el edificio se mueva más fácilmente en la dirección horizontal sin enviar toda la fuerza sísmica al cuerpo estructural. Esta medida ralentiza considerablemente la aceleración y la deformación de los niveles superiores. También se pueden instalar a través de deformaciones controladas o fricción. Esto alivia parte del estrés en los elementos estructurales principales y hace que el sistema funcione mejor en general (Hurtado, 2023).

Junto con las soluciones físicas, el diseño arquitectónico y estructural también puede ayudar a mejorar el comportamiento de los edificios durante los terremotos. Usar formas regulares, simetría en planta y elevación, y la colocación adecuada de las paredes estructurales ayuda a distribuir las fuerzas durante un terremoto. De la misma manera,

controlar las discontinuidades y asegurarse de que los diferentes niveles estructurales estén correctamente conectados son importantes para evitar concentraciones de estrés y mecanismos de colapso parcial. Cuando se utilizan juntos y adaptados a cada tipo de edificio, estos métodos mejoran enormemente la resiliencia estructural a los terremotos, haciendo que el entorno construido sea más seguro y mejor capaz de manejar amenazas naturales (Salcedo, 2022).

2.2.8 Innovaciones en la Construcción Sismorresistente

En las últimas décadas, la construcción resistente a los sismos ha avanzado mucho gracias a nuevas tecnologías, materiales e ideas de diseño. Estos sistemas permiten que los edificios se desconecten parcialmente del movimiento del suelo, lo que reduce las aceleraciones internas y los daños durante un terremoto. Cada vez más hospitales, puentes, edificios públicos y centros de operaciones lo están utilizando porque funciona bien en lugares con mucha actividad sísmica (Gutiérrez, 2024).

Otra área nueva es el uso de materiales avanzados, como los compuestos de matriz polimérica reforzada con fibra (FRP), que hacen que los edificios sean más fuertes sin añadir mucho peso ni cambiar su forma. Además, el uso de hormigón de alto rendimiento (HPC), hormigón autocompactante y aceros de alta ductilidad ayuda a que los elementos estructurales se doblen más fácilmente. Al mismo tiempo, los investigadores están explorando soluciones de construcción prefabricada que combinan un ensamblaje rápido con diseños más adecuados para cargas sísmicas. Esto hace que el proceso de construcción sea más eficiente y la estructura más resistente bajo cargas dinámicas (Hurtado, 2023).

Finalmente, el uso de herramientas digitales y métodos basados en simulación numérica ha cambiado para gestionar interferencias y sensores para monitorear estructuras en tiempo real ha hecho posible predecir cómo se comportarán las estructuras y tomar decisiones con mayor precisión. Estas nuevas ideas no solo hacen que la construcción sea más avanzada técnicamente, sino que también fomentan una visión del

entorno construido que sea seguro, fuerte y duradero. Entonces, la construcción resistente a sismos está avanzando hacia un enfoque más completo que combina el conocimiento estructural, la tecnología y la gestión de riesgos para hacer las sociedades más seguras (Salcedo, 2022).

2.2.8.1 Nuevas Tecnologías en Materiales y Diseño

El uso de nuevas tecnologías en los materiales de construcción. Esto ha llevado a la construcción de edificios que son más seguros, más eficientes y mejor capaces de resistir terremotos. Una de las mayores mejoras en este campo es la creación de tipos especiales de hormigón, como el hormigón de ultra alto rendimiento (UHPC), que tiene alta resistencia mecánica, gran durabilidad y la capacidad de cambiar de forma. Este tipo de material permite reducir las secciones estructurales sin perder estabilidad, lo cual es especialmente útil para proyectos en áreas con alta actividad sísmica. Los concretos autocompactantes y de fraguado rápido también han mejorado los tiempos de ejecución y la calidad en el sitio (Gutiérrez, 2024).

Al mismo tiempo, se han añadido nuevos aceros con mejor ductilidad y resistencia a los diseños que pueden soportar terremotos y necesitan absorber mucha energía sin romperse. Además, se están utilizando materiales compuestos como los polímeros reforzados con fibra (FRP) tanto en nuevos edificios como en reparaciones porque son ligeros, fuertes y fáciles de instalar. Junto con estas mejoras, se han desarrollado nuevas tecnologías de construcción, como la impresión 3D de piezas estructurales. Esta tecnología tiene el potencial de cambiar la forma en que se diseñan y fabrican las piezas complejas para que puedan soportar bien las cargas sísmicas (Hurtado, 2023).

Las herramientas de diseño digital han cambiado con el tiempo, y ahora pueden utilizar algoritmos generativos, inteligencia artificial y simulación en tiempo real en el proceso de diseño. Con estas herramientas, los diseñadores pueden probar diferentes diseños estructurales y asegurarse de que funcionarán en un terremoto antes de construirlos. El método BIM (Modelado de Información de Construcción) permite un diseño

colaborativo e interdisciplinario al identificar problemas entre los sistemas estructurales, arquitectónicos y de instalación. Esto hace que la construcción sea más precisa y eficiente. Estos nuevos materiales y tecnologías de diseño marcan el comienzo de una época en la que la innovación es la principal forma de resolver los problemas estructurales de hoy y del mañana (Gutiérrez, 2024).

2.2.8.2 Avances en Sistemas de Refuerzo Sísmico

Los sistemas de refuerzo sísmico han cambiado mucho en los últimos años porque hay una necesidad de arreglar edificios antiguos que no fueron construidos según los estándares modernos de resistencia sísmica. Estas mejoras han hecho posible crear soluciones más eficientes, menos intrusivas y con mejor rendimiento mecánico. Estas soluciones pueden ayudar a que las estructuras duren más tiempo sin necesidad de ser demolidas. Una de las formas más comunes de fortalecer algo es recubrir columnas y vigas con hormigón armado o acero estructural. Esto hace que las partes importantes sean más fuertes y capaces de soportar más peso. Este tipo de intervención es muy común en edificios públicos, escolares o históricos donde mantener la estructura fuerte es lo más importante (Hurtado, 2023).

Al mismo tiempo, se han desarrollado nuevas tecnologías basadas en materiales compuestos, como los polímeros reforzados con fibra (FRP). Estos materiales son fuertes, ligeros y pueden utilizarse de muchas maneras diferentes. Estos sistemas están compuestos por láminas o mallas que se adhieren a los elementos estructurales. Pueden mejorar significativamente el comportamiento a flexión, corte o compresión sin cambiar el diseño original del edificio. FRP es una buena opción tanto para refuerzos preventivos como correctivos porque es fácil de instalar, rápido de hacer y requiere poca intervención. Además, se están utilizando sistemas de pretensado externo y anclajes mecánicos que redistribuyen las tensiones y mantienen las estructuras estables durante demandas sísmicas repetidas (Gutiérrez, 2024).

Otra área de progreso ha sido el uso de sistemas de control sísmico activos y pasivos en proyectos para fortalecer estructuras. Algunos ejemplos son los disipadores de energía, los amortiguadores viscoelásticos y los aisladores de base. Estos se pueden añadir a los edificios que ya existen para reducir las fuerzas que el suelo les envía. Estas soluciones solo se utilizaban en edificios nuevos antes, pero ahora se están utilizando en procesos de rehabilitación estructural con gran éxito. Los avances en los sistemas de refuerzo sísmico no solo hacen que los edificios sean más seguros, sino que también proporcionan formas duraderas y flexibles de proteger el patrimonio construido y hacer que las ciudades sean menos peligrosas (Salcedo, 2022).

2.2.8.3 Soluciones Constructivas para Viviendas Unifamiliares y Comercios

Al diseñar soluciones constructivas para viviendas unifamiliares y negocios en áreas propensas a terremotos, es importante encontrar un equilibrio entre funcionalidad, seguridad estructural y rentabilidad. Estos sistemas funcionan bien siempre que cumplan con algunos requisitos técnicos básicos, como tener estructuras simétricas, refuerzos correctamente colocados y elementos no estructurales bien anclados (Gutiérrez, 2024).

En el mundo empresarial, donde hay una mayor necesidad de espacios abiertos y flexibles, a menudo se utilizan soluciones estructurales con marcos de hormigón armado, acero o sistemas mixtos que permiten vanos más grandes sin la necesidad de divisiones internas. En estas situaciones, el diseño debe pensar cuidadosamente en dónde colocar los núcleos rígidos, cómo distribuir las masas y cómo añadir elementos de amortiguación o refuerzos localizados en lugares importantes. El uso de sistemas prefabricados o modulares también ha demostrado funcionar bien. Esto se debe a que son rápidos de instalar y fáciles de verificar en cuanto a calidad, y también pueden incluir detalles que los hagan resistentes a los terremotos desde el principio. Estas soluciones permiten que las necesidades arquitectónicas se integren con las necesidades estructurales, y pueden ser utilizadas para diferentes escalas y propósitos (Hurtado, 2023).

La combinación adecuada de diseño estructural, materiales y métodos de construcción es importante tanto para hogares como para negocios para hacerlos menos propensos a ser dañados por terremotos. Usar materiales locales como bloques de concreto, ladrillos artesanales reforzados o concreto premezclado puede mejorarse aún más utilizando métodos de refuerzo simples como bandas de concreto, vigas de corona y anclajes metálicos. Estos métodos hacen que la construcción funcione mejor en general. Además, es importante incluir medidas para controlar la construcción, enseñar a los trabajadores a trabajar de manera segura y fomentar la supervisión técnica continua. Solo es posible garantizar que las soluciones de construcción para hogares y negocios en áreas urbanas de alto riesgo sean resistentes a los terremotos, eficientes y duraderas si existe un plan integral para el diseño, la ejecución y el mantenimiento (Salcedo, 2022).

2.3 Marco conceptual

a. Aislamiento sísmico

Técnica de protección estructural que consiste en separar la superestructura del movimiento del suelo mediante dispositivos especiales que reducen la transmisión de fuerzas sísmicas, mejorando así el desempeño estructural durante un terremoto.

b. Análisis estructural

Proceso mediante el cual se determinan las solicitaciones internas y deformaciones de una estructura frente a diferentes tipos de carga, permitiendo prever su comportamiento bajo condiciones sísmicas y validar su estabilidad y funcionalidad.

c. Comercio

Espacio edificado destinado a actividades económicas de intercambio de bienes o servicios, el cual requiere un diseño estructural que asegure su operatividad post-sismo debido a su valor social y funcional dentro del tejido urbano.



d. Comportamiento sísmico

Respuesta dinámica que presenta una estructura cuando es sometida a un evento sísmico, incluyendo aspectos como la estabilidad, deformabilidad, disipación de energía y capacidad de evitar colapsos o daños severos.

e. Losas convencionales

Elementos horizontales de concreto armado fundidos en sitio, que forman parte del sistema estructural y distribuyen las cargas verticales hacia los elementos portantes, siendo de uso común en edificaciones residenciales y comerciales.

f. Losas pretensadas

Tipo de losas que incorpora cables de acero sometidos a tensiones previas, lo que permite incrementar su capacidad resistente y reducir fisuración, especialmente útiles para cubrir mayores claros sin vigas intermedias.

g. Sistema aporticado

Conjunto estructural compuesto por columnas y vigas que trabajan en conjunto para resistir cargas gravitatorias y laterales, siendo uno de los sistemas más usados en edificaciones por su simplicidad y flexibilidad arquitectónica.

h. Vivienda unifamiliar

Edificación destinada al uso residencial de una sola familia, cuyo diseño estructural debe considerar aspectos de seguridad sísmica, funcionalidad, economía constructiva y adaptación al entorno urbano y normativo local.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación es el conjunto organizado de pasos técnicos y conceptuales que ayudan a los científicos a planificar y llevar a cabo sus estudios. Esta guía metodológica te ayuda a elegir las mejores maneras de resolver el problema, decidir qué tipo de investigación realizar, planificar el diseño y elegir los métodos para recopilar y analizar datos. El objetivo es asegurarse de que los resultados sean consistentes, válidos y reproducibles, y que cumplan rigurosamente con los objetivos establecidos (Salcedo, 2022).

La metodología sirve como el vínculo entre el marco teórico y la realidad observada en un proceso investigativo, permitiendo que el conocimiento producido esté fundamentado en bases empíricas y lógicas. A través de ella, se organiza el camino a seguir para investigar fenómenos, comparar hipótesis o describir ciertas situaciones utilizando un enfoque cuantitativo, cualitativo o mixto, dependiendo de lo que trate el estudio. Este aspecto es vital para alcanzar una investigación robusta, ética y científicamente validada.

3.1 Enfoque de investigación

Puede dirigirse hacia una perspectiva cuantitativa, cualitativa o mixta, dependiendo de las características del fenómeno y los objetivos establecidos. Esta parte es importante

para organizar el análisis, elegir las herramientas y asegurarse de que los resultados muestren con precisión las propiedades del fenómeno estudiado (Hadi et al., 2023).

Este enfoque es cuantitativo, basándose en la recopilación y el análisis de datos numéricos para delinear relaciones exactas entre las variables. Este estudio utilizó cálculos estructurales, modelos computacionales y resultados gráficos para cuantificar el rendimiento sísmico de estructuras con losas convencionales y pretensadas sometidas a cargas dinámicas simuladas.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación se refiere al objetivo del estudio, que podría ser encontrar nueva información, resolver un problema o aprender más sobre una situación que no se conoce bien. Esta categoría ayuda a situar la investigación en el contexto teórico o práctico adecuado y a determinar cómo puede ser utilizada. Seleccionar una metodología de investigación adecuada garantiza que los procesos y resultados estén alineados con precisión con los requisitos del contexto o campo (Pimienta et al., 2018).

El tipo de investigación es aplicada, puesto que busca resolver una problemática concreta de diseño estructural en la ingeniería civil, generando conocimientos útiles que pueden ser aplicados por ingenieros, proyectistas y constructores en zonas sísmicas como en el distrito de San Miguel.

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación determina cuán profundamente se analizará el fenómeno, lo que podría significar describir sus características, explicar sus causas o predecir cómo se comportará. Esta clasificación establece el nivel de dificultad para el estudio, lo cual ayuda a establecer objetivos y elegir las herramientas adecuadas para recopilar datos. Seleccionar un nivel apropiado asegura que los resultados sean pertinentes y beneficiosos para el ámbito del conocimiento (Reyes, 2022).

Es de nivel descriptivo, ya que se enfoca en asemejar y describir el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado bajo dos configuraciones distintas de losa. Se busca detallar cómo responde estructuralmente cada variante sin buscar crónicas productora entre versátiles.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es el plan estructurado que guía la investigación de principio a fin, incluyendo la obtención de resultados. Establece el marco lógico que te ayuda a elegir los mejores métodos, técnicas y procedimientos según el problema en cuestión. Esta estructura asegura que cada parte del estudio se realice de manera lógica, lo que hace posible realizar un análisis exhaustivo que se ajuste a los objetivos de la investigación (Hernández et al., 2018).

El diseño de esta investigación es no experimental, ya que no se manipulan intencionalmente las variables. En lugar de ello, se analizan en su contexto natural mediante modelos computacionales representativos de una vivienda unifamiliar. Se observará y describirá el comportamiento estructural de la edificación con losas convencionales y pretensadas, frente a cargas sísmicas definidas por la NTP E.030. No se intervendrá directamente sobre el objeto de estudio.

3.5 Método de la investigación

Usarlo te permite ver los problemas desde un punto de vista lógico y verificable, asegurando que las conclusiones a las que llegues sean repetibles, consistentes y basadas en evidencia sólida. Esta técnica es crucial para cualquier investigación que afirme objetividad (Hadi et al., 2023).

El método utilizado es el científico, dado que se parte de la observación de un fenómeno estructural (respuesta sísmica), se formula una hipótesis técnica, se simulan condiciones controladas en software estructural, y se analizan los resultados con base en

principios estructurales y normativa técnica. Este enfoque asegura la objetividad y replicabilidad de los resultados.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

Representa el universo del cual se extraerá la información necesaria para el estudio, ya sea de manera completa o parcial. Su correcta delimitación permite establecer los parámetros dentro de los cuales se aplicarán las conclusiones, garantizando la pertinencia de los resultados obtenidos (Iglesias, 2021).

La población de este estudio está compuesta por edificaciones de tipo vivienda unifamiliar y comercio ubicadas en el distrito de San Miguel, específicamente aquellas que utilizan sistemas aporticados en combinación con losas convencionales o pretensadas. Esta población representa un universo de interés técnico al estar expuesto a condiciones sísmicas frecuentes y al combinar usos residenciales y económicos en un mismo entorno urbano.

3.6.2 Muestra

La muestra es una porción representativa extraída de la población total, seleccionada bajo criterios que aseguren su validez estadística o cualitativa. Su elección permite trabajar con un número manejable de casos, optimizando los recursos sin perder rigurosidad en los resultados. Una muestra bien definida ofrece datos precisos que permiten inferencias válidas y confiables sobre el conjunto general del fenómeno investigado (Pimienta et al., 2018).

La muestra seleccionada para el estudio estará conformada por un modelo estructural representativo de una edificación típica de 04 niveles, que integra funciones de vivienda y comercio, ubicado dentro del área urbana de San Miguel. Se analizará este modelo mediante simulación computacional bajo condiciones sísmicas específicas,

considerando las variaciones estructurales producto del uso de losas convencionales y pretensadas, lo que permitirá comparar su comportamiento y extraer conclusiones aplicables al diseño real.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

De acuerdo con el enfoque y diseño metodológico elegido. Estas herramientas operativas guían la manera en que se accede a los datos, ya sea mediante observación, simulación, medición, revisión documental o interpretación, facilitando la comprensión del fenómeno estudiado. Su correcta selección:

1. Revisión documental especializada

Técnica basada en la recopilación de información proveniente de fuentes técnicas, normativas y académicas (artículos, códigos estructurales, tesis, manuales de diseño, reglamentos) que servirán como sustento teórico y normativo para la modelación estructural. Esta técnica permite contextualizar el estudio y establecer criterios de evaluación válidos.

2. Modelado estructural computacional

A través de esta técnica se simula el comportamiento sísmico del sistema aporticado con diferentes tipos de losa, permitiendo observar desplazamientos, deformaciones, esfuerzos internos y patrones de falla. Es el núcleo de la parte cuantitativa del estudio.

3. Simulación sísmica dinámica

Técnica que permite someter el modelo estructural a registros sísmicos reales o artificiales dentro del entorno computacional, con el fin de analizar su desempeño frente a eventos de diferente intensidad. Esta simulación ayuda a predecir el comportamiento de la estructura bajo cargas cíclicas, evaluando la respuesta según normativas técnicas vigentes.

4. Análisis comparativo

Método que se emplea para identificar diferencias en el comportamiento estructural entre losas convencionales y losas pretensadas. Se compararán resultados clave como desplazamientos máximos, momentos flectores, reacciones en los apoyos, rigidez estructural y distribución de cargas, para evaluar cuál opción resulta más eficiente en términos sísmicos.

5. Recolección de parámetros normativos y sísmicos locales

Técnica que consiste en identificar, interpretar y aplicar los parámetros sísmicos establecidos.

6. Análisis gráfico de resultados

Se emplearán gráficos de desplazamientos, espectros de respuesta, deformaciones, curvas de pushover o registros de aceleración para visualizar y entender mejor. Esta técnica facilita la interpretación de datos y la elaboración de conclusiones técnicas claras y fundamentadas.

7. Juicio técnico especializado

Complemento cualitativo que consiste en el análisis interpretativo de los resultados desde una perspectiva profesional e ingenieril. Se utiliza para emitir valoraciones sobre la factibilidad estructural, la eficiencia de cada tipo de losa y las recomendaciones constructivas aplicables a la zona de estudio.

3.7.2 Instrumentos

Los instrumentos son los medios concretos que se emplean para aplicar, permitiendo transformar conceptos abstractos en información observable, medible o registrable. Estos pueden adoptar diversas formas, como fichas técnicas, guías de simulación, formatos de observación, softwares especializados o matrices de evaluación, según la naturaleza del estudio y el enfoque metodológico utilizado. La adecuada elaboración y aplicación de estos instrumentos (Medina et al., 2023).

1. Ficha de análisis documental

Es un formato diseñado para registrar, clasificar y sintetizar información extraída de fuentes teóricas y técnicas, como normativas (E.030, E.060), artículos científicos, tesis previas y manuales estructurales. Permite organizar conceptos clave, criterios de diseño y referencias relevantes para fundamentar el modelo estructural y contextualizar la investigación.

2. Plantilla de modelado estructural (software ETABS / SAP2000)

Se trata de un entorno digital que permite ingresar las características físicas y geométricas de la estructura que se va a analizar. Incluye el tipo de losa (convencional o pretensada), propiedades del material, distribución de cargas, apoyos, secciones de vigas y columnas. Este modelo digital funciona como instrumento base para simular el comportamiento sísmico del sistema aporticado.

3. Registro de simulación sísmica (output del software)

Es el conjunto de resultados generados por el programa de análisis estructural luego de aplicar una carga sísmica definida. Este instrumento recopila datos como desplazamientos máximos, derivas de piso, esfuerzos en elementos estructurales y diagramas de momento-fuerza-corte. Sirve para interpretar numéricamente el rendimiento estructural del sistema con cada tipo de losa.

4. Cuadro comparativo técnico

Es una matriz diseñada para contrastar los resultados obtenidos entre las diferentes configuraciones analizadas (losas convencionales vs. losas pretensadas). Incluye indicadores clave como rigidez, masa total, deformaciones, eficiencia estructural y respuesta dinámica, permitiendo valorar cuál sistema ofrece mejor desempeño frente a un mismo estímulo sísmico.

5. Formulario de parámetros sísmicos y geotécnicos locales

Instrumento que recoge datos específicos del contexto de San Miguel, como zona sísmica, tipo de suelo, coeficientes de reducción, espectros de diseño y factores de importancia. Estos datos provienen de fuentes como la Norma E.030, estudios de

microzonificación y documentos del IGP, y se utilizan para definir adecuadamente las condiciones de carga sísmica en el modelo.

Gráficos estructurales generados (diagramas y espectros)

Conjunto de visualizaciones técnicas producidas a partir de los análisis estructurales: incluye espectros de respuesta, curvas pushover, diagramas de desplazamiento y deformaciones. Estos gráficos permiten observar de forma clara e interpretativa el comportamiento del sistema frente a diferentes condiciones sísmicas y apoyan la elaboración de conclusiones visualmente fundamentadas.

Bitácora de interpretación técnica

Documento narrativo y técnico donde se registran observaciones, juicios ingenieriles y criterios aplicados durante la evaluación de los resultados estructurales. Este instrumento cualitativo permite complementar los datos numéricos con una mirada crítica, aportando una valoración integral del desempeño del sistema analizado.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación de instrumentos

Este procedimiento garantiza que los instrumentos realmente midan lo que se proponen medir, y que los datos obtenidos a través de ellos sean confiables, consistentes y técnicamente fundamentados. En investigaciones de enfoque técnico-estructural, como la presente, la validación se puede realizar mediante revisión de expertos, comparación con modelos teóricos de referencia o pruebas preliminares en entornos simulados (Medina et al., 2023).

En el presente estudio, la validación de los instrumentos se llevó a cabo mediante un proceso técnico y especializado orientado a asegurar la pertinencia y precisión de los medios utilizados para el análisis estructural. El propósito de esta revisión era asegurarse de que los parámetros de entrada, como las secciones estructurales, las condiciones de carga sísmica, el tipo de losas y la configuración del sistema de arriostramiento, cumplieran

con las normas establecidas por la Norma Técnica Peruana E.030 y las normas de análisis estructural dinámico.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

Al generar resultados reproducibles durante el análisis estructural simulado. En otras palabras, asegura que los datos de los instrumentos técnicos permanezcan iguales bajo las mismas condiciones, sin cambios causados por errores en la aplicación, codificación o lectura de los resultados.

Para asegurarnos de que esto fuera confiable, se tomaron ciertos pasos en diferentes puntos del proceso. Para empezar, nos aseguramos de que los modelos estructurales realizados en el software ETABS y SAP2000 funcionaran de la misma manera ejecutándolos varias veces con los mismos parámetros y verificando que los resultados fueran los mismos cada vez. Esto nos ayudó a asegurarnos de que las entradas del modelo, como las propiedades mecánicas de los materiales, la forma de la estructura, las cargas sísmicas y las condiciones de soporte, estuvieran configuradas correctamente y que el sistema reaccionara de la manera esperada en cada simulación.

Las hojas de análisis, las tablas de comparación y los formularios técnicos también se utilizaron para probar los modelos antes de ser usados en la estructura objetivo del estudio. Se confirmó durante estas pruebas que cada instrumento funcionaba como debía, sin confusiones, información faltante o problemas de lectura o comprensión. Este proceso fue respaldado por una revisión técnica realizada por expertos en análisis estructural y diseño de edificios que pueden resistir terremotos. Confirmaron que los resultados de estos instrumentos estaban en línea con los principios teóricos y normativos que rigen el comportamiento de los edificios con arriostramiento durante los terremotos. De esta manera, se aseguró que las herramientas utilizadas en este estudio fueran sólidas y confiables para el análisis y comparación estructural.

3.9 Procedimiento de recolección de datos

1. Revisión normativa y técnica especializada

Para apoyar el modelado estructural, se utiliza un proceso exhaustivo de recopilación de documentos para obtener las bases teóricas y técnicas necesarias. Este paso implica revisar normas nacionales como la NTP E.030 (Diseño Sísmico) y la NTP E.060 (Concreto Reforzado), así como normas de referencia internacionales como la ACI 318-11. También se revisan estudios recientes, tesis universitarias, artículos indexados y manuales técnicos que analizan. Esta información permite construir el marco técnico que respalda la configuración del modelo estructural.

2. Definición del modelo estructural base

Se diseña digitalmente una edificación representativa de dos niveles que combina el uso residencial (vivienda unifamiliar) en el segundo piso y un espacio comercial en el primero. Esta estructura se configura con un sistema aporticado (vigas y columnas de concreto armado), incorporando en cada versión un tipo distinto de losa: primero convencional y luego pretensada. Se define la geometría del proyecto (dimensiones, distribución de ambientes, número de ejes, niveles y cargas permanentes), asegurando que se mantengan iguales todas las condiciones entre ambas simulaciones, excepto el tipo de losa.

3. Ingreso de parámetros estructurales en software

Se implementa el modelo digital utilizando software especializado como ETABS o SAP2000. También se definen las características del sistema pretensado (cables, ubicación de tendones, tensiones iniciales) para el segundo caso. Esta configuración inicial es validada mediante revisiones internas para garantizar la fidelidad técnica del modelo estructural.

4. Definición de cargas sísmicas y condiciones del suelo

Se recopilan los parámetros sísmicos correspondientes. Se consideran factores como aceleración sísmica máxima, tipo de suelo (S2), espectro de respuesta elástico, coeficientes de reducción por ductilidad, y factores de ocupación e importancia, según lo establecido en la NTP E.030. Esta información se introduce en el modelo estructural para ejecutar análisis dinámicos precisos, asegurando que las condiciones de carga representen fielmente el entorno real.

5. Ejecución del análisis estructural por simulación

Se realizan simulaciones independientes para cada versión del modelo (una con losa convencional y otra con losa pretensada), manteniendo constantes todas las demás variables estructurales.

6. Exportación y registro de resultados técnicos

Los datos obtenidos del análisis son exportados del software en forma de tablas numéricas, gráficos, diagramas de momento y corte, espectros de respuesta y curvas de desplazamiento. Estos resultados se almacenan en fichas técnicas especialmente elaboradas para organizar la información según tipo de losa y comportamiento observado. Este paso es clave para sistematizar los datos de manera clara, uniforme y trazable para su posterior análisis.

7. Aplicación del cuadro comparativo técnico

Se construye una matriz comparativa que permite evaluar y contrastar los indicadores de desempeño estructural más relevantes entre los dos sistemas (con losa convencional y con losa pretensada). Entre los criterios comparativos se incluyen la rigidez global, el nivel de desplazamiento lateral, la eficiencia en la transmisión de cargas, la deformación máxima, y la estabilidad general. Este análisis comparativo facilita la

identificación de ventajas y limitaciones de cada alternativa estructural frente a un mismo evento sísmico.

8. Interpretación técnico-ingenieril de resultados

Finalmente, se realiza un análisis crítico de los resultados, utilizando el juicio profesional informado por normas técnicas y la experiencia en análisis estructural. Esta comprensión se muestra en las primeras conclusiones sobre cómo se comporta el sistema arriostrado durante los terremotos según el tipo de losa utilizada. La distribución de tensiones, el control de deformaciones, la eficiencia estructural del sistema y su posible uso en ciudades como San Miguel son todos aspectos importantes a tener en cuenta.

3.10 Procesamiento y análisis de datos

Facilitando la conversión de los resultados derivados de simulaciones estructurales en información significativa, práctica y técnicamente fundamentada. Este proceso no se trata solo de ordenar números; también incluye una secuencia lógica de pasos que están destinados a ayudar a comprender cómo se comporta el sistema reforzado bajo diferentes configuraciones de losas. Esto permite respuestas basadas en evidencia a los objetivos del estudio.

Después de que se ejecutan las simulaciones estructurales en ETABS (o SAP2000), los resultados se guardan en formatos que pueden ser utilizados por herramientas de análisis. Los datos recopilados incluyen los desplazamientos máximos en cada nivel, los desplazamientos entre pisos, las tensiones en vigas y columnas, las reacciones en los apoyos, la distribución de cargas y los modos de vibración. Al principio, esta información se coloca en tablas estructuradas que facilitan la visualización de tendencias, números importantes y las diferencias entre los dos modelos que se están comparando: uno con una losa regular y el otro con una losa pretensada. La principal fuente



de información para el siguiente paso, el análisis comparativo, es esta base de datos estructurada.

En este punto, los resultados se procesan utilizando una mezcla de herramientas estadísticas, gráficas e ingenieriles. Las diferencias en deformación, rigidez, eficiencia en la transmisión de carga y reducción del desplazamiento lateral entre los dos tipos de losas se utilizan para calcular los porcentajes de variación. Usando gráficos de barras, curvas espectrales, diagramas de cortante y momento, y desplazamientos globales, podemos ver cómo se mueve la estructura y dónde necesita más soporte. Estas representaciones permiten una interpretación clara y objetiva de los datos, facilitando así una comparación técnica entre ambas soluciones constructivas.

Todo el análisis se realiza de manera que nos permite ver las diferencias más importantes entre el sistema de losas convencional y el sistema de losas pretensadas, manteniendo todas las demás variables del modelo iguales. Este método aislado y controlado nos permite ver claramente cuál de las dos soluciones tiene un mejor rendimiento estructural en términos de seguridad sísmica, estabilidad, economía de materiales y facilidad de construcción, y funciona en áreas urbanas como el distrito de San Miguel.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

La información recopilada incluye desplazamientos laterales por nivel, derivas inter-piso, esfuerzos máximos en vigas y columnas, distribución de cargas, reacciones en apoyos y modos de vibración predominantes. Todos estos indicadores han sido organizados en tablas técnicas, gráficos estructurales y matrices comparativas que permiten contrastar con precisión el comportamiento de ambas configuraciones bajo condiciones sísmicas equivalentes.

El análisis comparativo revela diferencias significativas en cuanto al desempeño estructural de cada variante. En el modelo con losa pretensada se observa una reducción notable en los desplazamientos laterales globales, así como una distribución más uniforme de esfuerzos entre los elementos verticales, lo que sugiere una mayor rigidez del sistema. Por otro lado, el sistema con losa convencional presentó mayores deformaciones en los niveles superiores, lo cual, si bien se encuentra dentro de los límites normativos, podría generar afectaciones funcionales en caso de eventos sísmicos severos. A nivel de eficiencia estructural, las losas pretensadas demostraron un mejor aprovechamiento de los materiales, reduciendo la masa estructural y, con ello, las fuerzas sísmicas inducidas. Estos resultados, acompañados de una interpretación técnica especializada, permiten establecer

criterios claros sobre la conveniencia de cada solución según el contexto constructivo y sísmico del área de estudio.

Figura 1

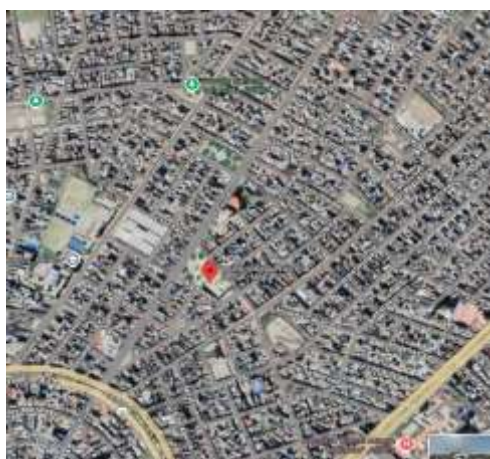
Localidad del estudio



REGION PUNO



PROVINCIA DE SAN ROMAN



CENTRO DEL DISTRITO



DISTRITO DE SAN MIGUEL

La presente investigación se enfoca en el análisis y evaluación de la respuesta sísmica de la vivienda unifamiliar y comercio, una estructura de cuatro niveles, utilizando el método de análisis estático y dinámico. Para ello, se realizó la recolección de datos y los estudios preliminares requeridos.

Estructura proyectada

La vivienda unifamiliar y comercio está conformado con un sistema aporticado conformados por columnas, vigas y losa aligerada de 20 cm de espesor, zapatas aisladas y vigas de cimentación.

Propiedades de materiales

Concreto:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 217370 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 0.15 \text{ (Módulo de poisson)}$$

Acero:

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$$

Grado 60°

Hipótesis de análisis

Para determinar la resistencia nominal requerida, se emplearon las siguientes combinaciones de cargas establecidas en la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

CM = carga muerta

$$U = 1.25 (\text{CM} + \text{C V}) \pm \text{CS}$$

CV = carga viva

$$U = 0.90 \text{ CM} \pm \text{CS}$$

CS = carga de sismo

- **1.4D+1.7L**

- $1.25D+1.25L+CSX$
- $1.25D+1.25L-CSX$
- $1.25D+1.25L+CSY$
- $1.25M+1.25V-CSY$
- $0.9D+CSX$
- $0.9D-CSX$
- $0.9D+CSY$
- $0.9D-CSY$

Además, el Reglamento establece factores de reducción de resistencia en los siguientes casos:

Tabla 2

Factor de reducción de resistencia

Solicitud	Factor de Reducción de Resistencia ϕ
- Flexión sin carga axial	0.90
- Carga axial de tracción con o sin flexión	0.90
- Carga axial de compresión con o sin flexión	
Elementos con espirales	0.75
Otros elementos	0.70
- Cortante y Torsión	0.85
- Aplastamiento en el concreto	0.70
- Zonas de anclaje de postensado	0.85

1. Losa aligerada convencional

Cargas aplicadas

Cargas por peso propio

Para el diseño de este proyecto se adoptó lo establecido según la norma E.020 del RNE el cual nos proporciona algunos pesos unitarios para calcular la carga muerta, en nuestro caso tenemos:

- Concreto armado 2400 kg/m³
- Concreto simple 2300 kg/m³
- Mortero de cemento 2000 kg/m³
- Unidades de albañilería cocida solidas 1800 kg/m³
- Peso propio de la losa aligerada (h=0.20m) 300 kg/m²
- Peso propio del piso terminado 120 kg/m²

Cargas vivas

- Vivienda 200 Kg/m²

Cargas Productos Por Sismo

Las cargas horizontales equivalentes se verán la cortante sísmica por planta, para ello se requieren asignar las siguientes cargas al modelo y de ello realizar los procedimientos sísmicos normativos, como el análisis sismorresistente, análisis de vibración y masa participante para luego realizar la hipótesis de cortante basal dinámico y el estático así definir las fuerzas equivalentes a utilizar en el análisis y diseño con fuerzas sísmicas, si presenta el caso que en sus combinaciones sea el más conservador a las otras combinaciones normativas de concreto armado E.060.

Factor de amplificación sísmica

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

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

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

El período fundamental de vibración se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Categoría de las edificaciones (U)

Figura 2

Sistema estructural RNE (E-030)

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_g (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Desplazamientos laterales permisibles

En la norma E.030 Artículo 32.- desplazamientos laterales relativos admisibles. Al calcular según el artículo 31, no se debe exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica:

- **Concreto armado:** 0.007
- **Acero:** 0.010
- **Albañilería:** 0.005
- **Edificios de C°A° con muros de ductilidad limitada:** 0.005

Modelo estructural adoptado

Figura 3

Modelo estructural



A. Análisis estático

Verificación de irregularidades

Según Flores y Salgado (2020), las irregularidades son variaciones en el diseño geométrico o de propiedades mecánicas de las estructuras, que pueden ser en planta (como cambios de dimensiones) o en altura (diferencias significativas en los pisos).

Irregularidades estructurales en planta

Irregularidades torsionales

En su obra DYNAMICS OF STRUCTURE, Chopra define las irregularidades torsionales como diferencias significativas en la rigidez lateral entre los pisos de un edificio, lo que puede generar una respuesta desbalanceada durante un sismo.

Si $\Delta_{max} \geq 1.3 \Delta_{prom} \rightarrow$ irregular torsional

Si $\Delta_{max} \geq 1.5 \Delta_{prom} \rightarrow$ irregular torsional extrema

Figura 4

Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para dirección X

	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
	Story4	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.009775	0.009262	1.055
	Story3	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.008269	0.007839	1.055
	Story2	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.005854	0.00559	1.047
▶	Story1	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.002813	0.002756	1.021

Figura 5

Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para la dirección Y

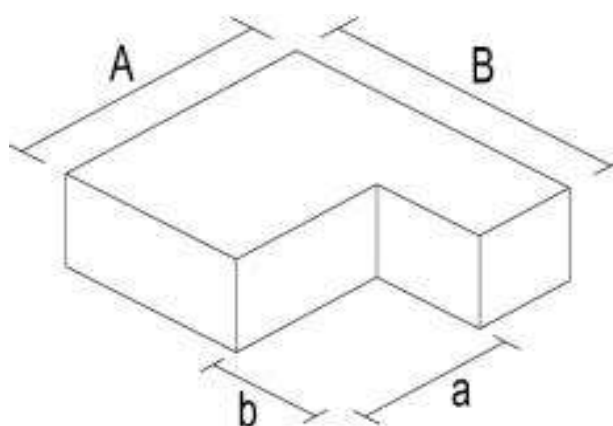
Story Max Over Avg Displacements								
File Edit Format-Filter-Sort Select Options								
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Story Max Over Avg Displacements								
Filter: ([Output Case] = 'CSY') AND ([Direction] = 'Y')								
	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
	Story4	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.006719	0.006645	1.011
	Story3	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.00582	0.005761	1.01
	Story2	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.004277	0.004242	1.008
▶	Story1	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.00226	0.00225	1.004

Record: << < 4 > >> of 4 Add Tables... Done

Irregularidades de esquinas entrantes

Figura 6

Irregularidad por esquinas entrantes



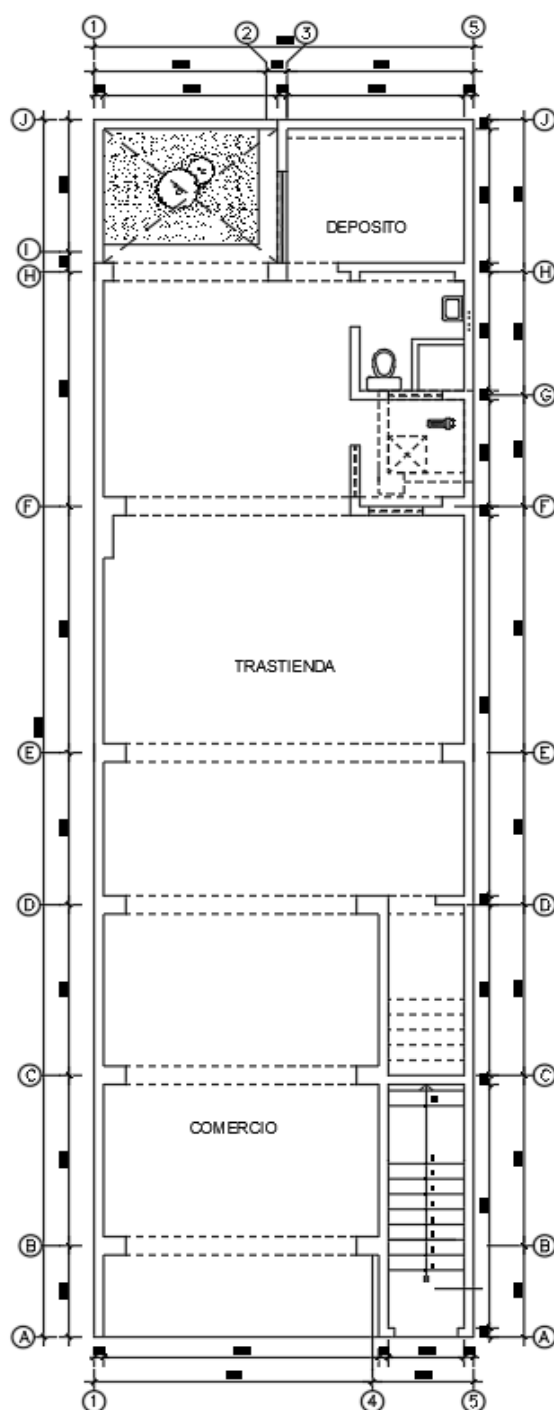
Donde la relación para determinar las esquinas entrantes es:

$$a/A > 0.20 \text{ Irregular}$$

$$b/B > 0.20 \text{ Irregular}$$

Figura 7

Plano en planta

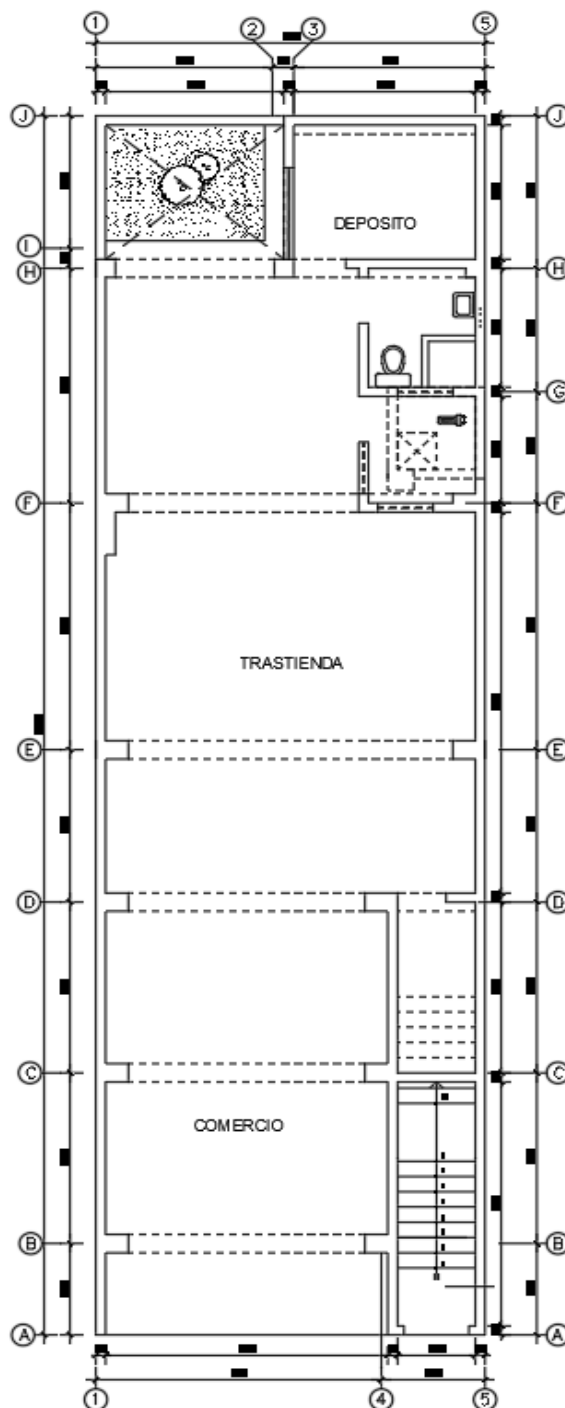


En el plano en planta de la vivienda unifamiliar y comercial no presenta esquinas entrantes por lo tanto no se tiene irregularidad de esquinas entrantes:

Irregularidad de discontinuidad de diafragma

Figura 8

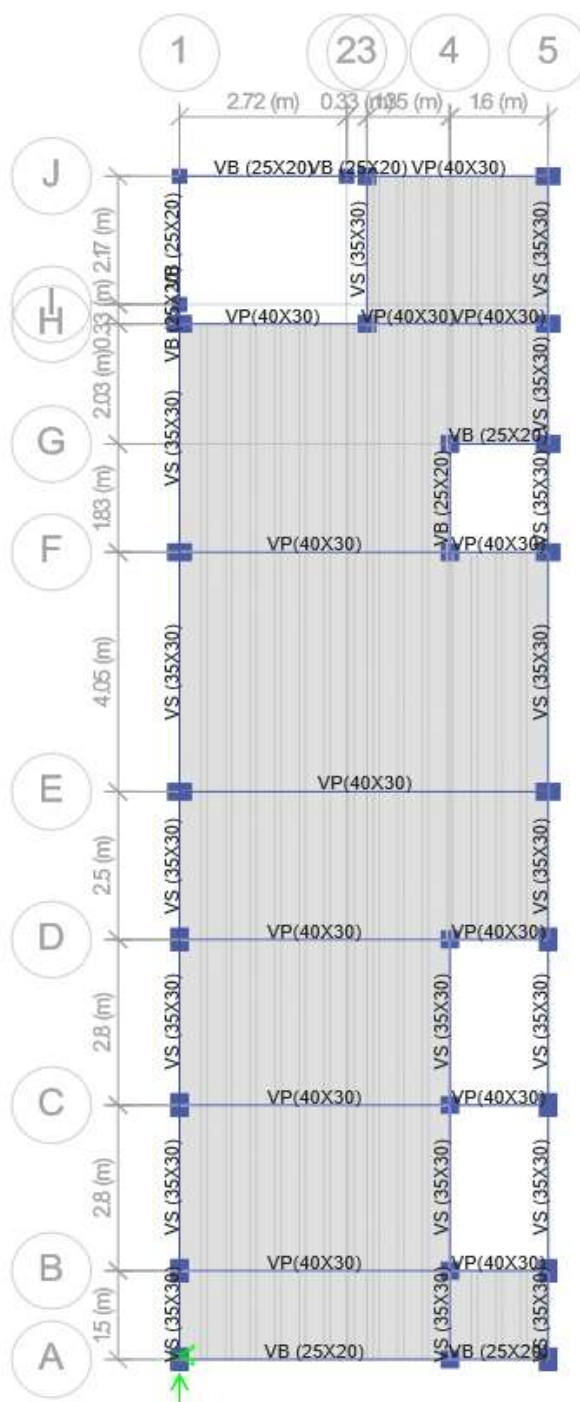
Plano en planta



Sistemas no paralelos

Figura 9

Vista en planta de irregularidades de sistema no paralelo



Se observa que no presenta irregularidades asociadas a sistemas no paralelos, ya que los elementos estructurales están orientados en una única dirección.

Irregularidades estructurales en altura

Irregularidad de rigidez – piso blando

Tabla 3

Irregularidad de rigidez – piso blando

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	X-Dir kgf/m	$K_n < 0.7K_{(n+1)}$	$K_n < 0.8(k_{(n+1)} + k_{(n+2)} + k_{(n+3)})/3$	¿CUMPLE?
P-4	11.6	Top	9315141.36			
P3	8.8	Top	11154000.38	1.20		
P-2	6	Top	12045645.59	1.08	1.18	NO ES IRREGULAR
P-1	3.2	Top	13775459.15	1.14	1.27	NO ES IRREGULAR
Base	0	Top	0	0.00	0.00	

En el análisis de irregularidad de rigidez del sistema estructural con piso blando, se evaluaron los niveles desde P-4 hasta P-1, considerando la rigidez transversal en la dirección X (X-Dir) y su cumplimiento con los criterios establecidos para identificar irregularidades. Para cada planta, se calcularon las constantes de rigidez K_n , K_{n+1} y K_{n+2} , utilizando la fórmula que vincula la rigidez con el número de planta, con la condición de que $K_n \leq 0.8 \cdot (K_{(n+1)} + K_{(n+2)} + K_{(n+3)})/3$. Los valores obtenidos muestran que las plantas P-4, P-3, P-2 y P-1, con alturas de 11.6 m, 8.8 m, 6 m y 3.2 m respectivamente, cumplen con los requisitos para no ser consideradas irregulares en términos de rigidez, dado que las constantes calculadas no exceden los límites permitidos por la fórmula. En este sentido, el análisis sugiere que el sistema estructural presenta una distribución de rigidez adecuada entre los niveles, lo que implica que no se observa un comportamiento irregular en términos de rigidez para las plantas evaluadas. Esto es un factor importante en la evaluación sísmica, ya que una distribución homogénea de rigidez es crucial para la estabilidad estructural ante cargas sísmicas.

Irregularidad de masa o peso

Tabla 4

Irregularidad de masa o peso

TABLE: Mass Summary by Story			$m_i > 1.5m(i-1)$	$m_i > 1.5m(i+1)$	¿CUMPLE?
Story	UX	UY			
	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m			
P-4	2684.42	2684.42	0.50		
P3	5382.9	5382.9	0.68		NO ES IRREGULAR
P-2	7878.63	7878.63	0.77	1.46	NO ES IRREGULAR
P-1	10168.22	10168.22			
BASE	0	0			

Irregularidad geometría vertical

Se concluye que NO presenta irregularidad de GEOMETRÍA VERTICAL.

Discontinuidad en los sistemas resistentes.

“La presente estructura no presenta irregularidades de discontinuidad en los sistemas resistentes.”

Espectro de respuesta

Tabla 5

Zonificación sísmica

Zonificación sísmica	
DEPARTAMENTO:	Puno
PROVINCIA:	San Román
DISTRITO:	San Miguel
ZONIFICACIÓN SÍSMICA:	Zona 3
FACTOR DE ZONA:	Z=0.35

Tabla 6

Condiciones locales

CONDICIONES LOCALES	
PERFIL DE SUELO:	S2
DESCRIPCIÓN:	Suelos Intermedios: Arenas gruesas a Media, Suelo Cohesivo compactado
FACTOR DE SUELO:	1.15
PERIODO T_p :	$T_p = 0.60$ seg.
PERIODO T_I :	$T_I = 2.00$ seg.

Tabla 7

Categoría de edificación

CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN	
DESCRIPCIÓN:	Edificaciones Comunes
TIPO DE EDIFICACIÓN	Suelos Intermedios: Arenas gruesas a Media, Suelo Cohesivo compactado
FACTOR DE SUELO:	1.15
PERIODO T_p :	$T_p = 0.60$ seg.
PERIODO T_I :	$T_I = 2.00$ seg.

La edificación se clasifica como "Edificaciones Comunes" y se encuentra sobre suelos intermedios, específicamente en terrenos de arenas gruesas a media y suelos cohesivos compactados, lo que afecta su comportamiento dinámico. El factor de suelo es 1.15, lo que implica que el terreno tiene una capacidad portante moderada, lo que influye directamente en la respuesta sísmica de la estructura. Los periodos estructurales calculados son $T_p=0.60$ $T_p = 0.60$ $T_p=0.60$ segundos para el periodo corto, que corresponde a la vibración fundamental de la edificación bajo sismos de alta frecuencia, y $T_I=2.00$ $T_I = 2.00$ $T_I=2.00$ segundos para el periodo largo, que refleja la respuesta global de la estructura ante movimientos sísmicos de baja frecuencia. Estos valores son fundamentales para evaluar el comportamiento sísmico de la edificación, permitiendo ajustar el diseño sismorresistente según las características del terreno y la edificación en sí.

Tabla 8

Factor de amplificación sísmica

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	
$C = 2.5; T \leq T_P \quad C = 2.5 (T_P/T); T_P < T \leq T_L \quad C = 2.5 (T_P \cdot T_L/T^2); T > T_L$	
PERIODO FUNDAMENTAL X: 0.331	PERIODO FUNDAMENTAL Y: 0.331
F.A.S. en X: $C_x=2.5$	F.A.S. en y: $C_y=2.5$
$(Z \cdot U \cdot S \cdot C_x / R_x) \cdot g = 1.234$	$(Z \cdot U \cdot S \cdot C_y / R_y) \cdot g = 1.234$

El factor de amplificación sísmica se calcula en función del periodo fundamental de la edificación. En este caso, el periodo fundamental tanto en la dirección X como en la dirección Y es de 0.331 segundos. El factor de amplificación sísmica (F.A.S.) en ambas direcciones se determina utilizando un factor de corrección $C=2.5$, dado que el periodo de la estructura TTT es menor que el periodo fundamental TPT_PTP. El F.A.S. en ambas direcciones es igual a 2.5, lo que implica que la amplificación sísmica en las direcciones X y Y es significativa, reflejando un aumento en la intensidad de las vibraciones sísmicas con respecto a la aceleración estándar del terreno. La fórmula utilizada para el cálculo del factor de amplificación involucra variables como el coeficiente sísmico ZZZ, la aceleración estándar del suelo SSS, y el coeficiente C_x o C_y correspondiente a cada dirección, lo que permite ajustar la respuesta sísmica de la estructura en función de sus características dinámicas y el tipo de terreno.

Tabla 9

Sistema Estructural – Dirección X

SISTEMA ESTRUCTURAL – DIRECCIÓN X	
MATERIAL:	CONCRETO ARMADO
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Sistema Aporticado
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN:	$R_o = 8.00$
IRREGULARIDAD DE ALTURA:	No presenta.
IRREGULARIDAD EN PLANTA:	No presenta.
F. DE IRREGULARIDAD: $I_a=1.00$	F. DE IRREGULARIDAD: $I_p=1.00$
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN: $R_x = 8.00$	

El sistema estructural en la dirección X está compuesto por concreto armado y un sistema aporticado, lo cual proporciona una resistencia significativa frente a cargas sísmicas. El coeficiente de reducción del sistema es $R_0=8.00$, lo que indica una estructura eficiente en la disipación de energía sísmica, mejorando su comportamiento bajo condiciones de alta carga sísmica. No se presentan irregularidades ni en altura ni en planta, lo que garantiza una distribución simétrica y uniforme de los esfuerzos sísmicos a lo largo de la estructura, optimizando su estabilidad. Los factores de irregularidad, tanto en altura ($I_a=1.00$) como en planta ($I_p=1.00$), confirman que la edificación no presenta ninguna irregularidad que pueda afectar negativamente su desempeño durante un evento sísmico. Finalmente, el coeficiente de reducción en la dirección X ($R_x=8.00$) refuerza la capacidad de la estructura para resistir y disipar los esfuerzos sísmicos, asegurando la integridad estructural en situaciones de alta actividad sísmica. Estos parámetros son cruciales para garantizar el diseño sísmico adecuado y la seguridad de la edificación.

Tabla 10*Sistema estructural – dirección Y*

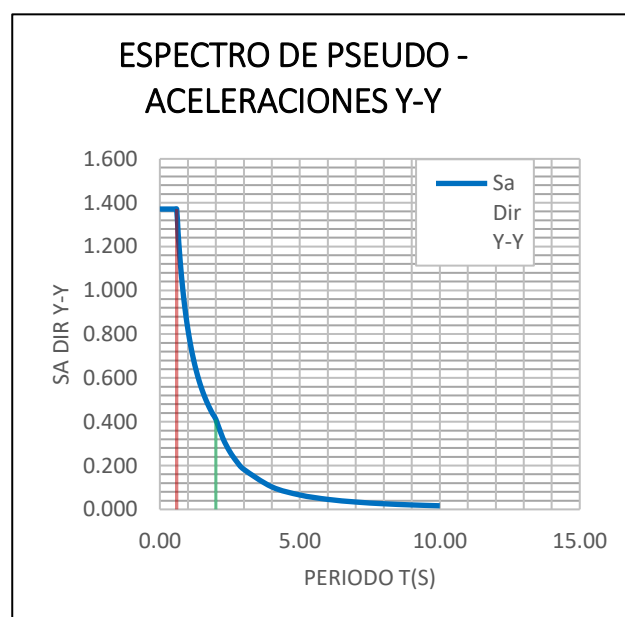
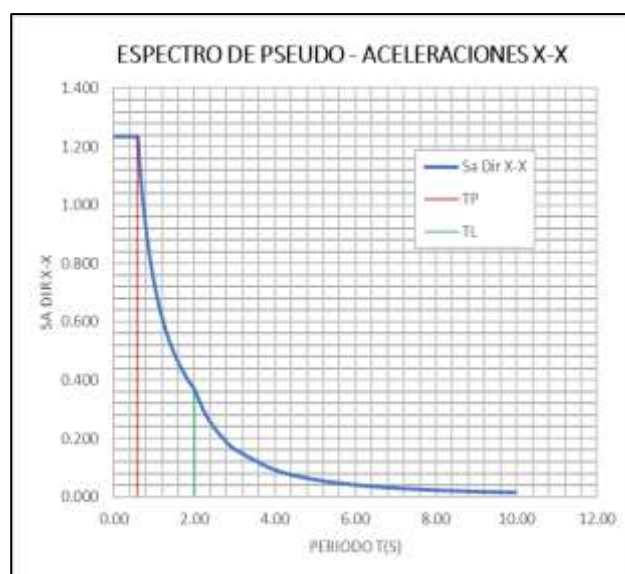
SISTEMA ESTRUCTURAL – DIRECCIÓN Y	
MATERIAL:	CONCRETO ARMADO
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Sistema Aporticado
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN:	$R_0= 8.00$
IRREGULARIDAD DE ALTURA:	No presenta.
IRREGULARIDAD EN PLANTA:	No presenta.
F. DE IRREGULARIDAD: $I_a=1.00$	F. DE IRREGULARIDAD: $I_p=1.00$
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN: $R_x= 8.00$	

B. Análisis dinámico modal espectral

Tabla 11

Espectro pseudo aceleración en la dirección X-Y

C		Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.234	1.234
2.50	0.02	1.234	1.234
2.50	0.04	1.234	1.234
2.50	0.06	1.234	1.234
2.50	0.08	1.234	1.234
2.50	0.10	1.234	1.234
2.50	0.12	1.234	1.234
2.50	0.14	1.234	1.234
2.50	0.16	1.234	1.234
2.50	0.18	1.234	1.234
2.50	0.20	1.234	1.234
2.50	0.25	1.234	1.234
2.50	0.30	1.234	1.234
2.50	0.35	1.234	1.234
2.50	0.40	1.234	1.234
2.50	0.45	1.234	1.234
2.50	0.50	1.234	1.234
2.50	0.55	1.234	1.234
2.50	0.60	1.234	1.234
2.31	0.65	1.139	1.139
2.14	0.70	1.058	1.058
2.00	0.75	0.987	0.987
1.88	0.80	0.925	0.925
1.76	0.85	0.871	0.871
1.67	0.90	0.823	0.823
1.58	0.95	0.779	0.779
1.50	1.00	0.740	0.740
1.36	1.10	0.673	0.673
1.25	1.20	0.617	0.617
1.15	1.30	0.569	0.569



1.07	1.40	0.529	0.529
1.00	1.50	0.494	0.494
0.94	1.60	0.463	0.463
0.88	1.70	0.435	0.435
0.83	1.80	0.411	0.411
0.79	1.90	0.390	0.390
0.75	2.00	0.370	0.370
0.59	2.25	0.292	0.292
0.48	2.50	0.237	0.237
0.40	2.75	0.196	0.196
0.33	3.00	0.165	0.165
0.19	4.00	0.093	0.093
0.12	5.00	0.059	0.059
0.08	6.00	0.041	0.041
0.06	7.00	0.030	0.030
0.05	8.00	0.023	0.023
0.04	9.00	0.018	0.018
0.03	10.00	0.015	0.015

Tabla 12

Espectro pseudo aceleración en la dirección Z

ESPECTRO DE DISEÑO VERTICAL

T	C	ZUCS/R
0	1	0.033541667
0.02	1.25	0.041927083
0.04	1.5	0.0503125
0.06	1.75	0.058697917
0.08	2	0.067083333
0.1	2.25	0.07546875
0.12	2.5	0.083854167
0.2	2.5	0.083854167





0.4	2.5	0.083854167
0.6	2.5	0.083854167
0.8	1.875	0.062890625
1	1.5	0.0503125
1.2	1.25	0.041927083
1.4	1.071428571	0.0359375
1.6	0.9375	0.031445313
1.8	0.833333333	0.027951389
2	0.75	0.02515625
2.2	0.619834711	0.020790289
2.4	0.520833333	0.017469618
2.6	0.443786982	0.014885355
2.8	0.382653061	0.012834821
3	0.333333333	0.011180556
3.2	0.29296875	0.00982666
3.4	0.259515571	0.008704585
3.6	0.231481481	0.007764275
3.8	0.207756233	0.00696849
4	0.1875	0.006289063
4.2	0.170068027	0.005704365
4.4	0.154958678	0.005197572
4.6	0.141776938	0.004755435
4.8	0.130208333	0.004367405
5	0.12	0.004025
5.2	0.110946746	0.003721339
5.4	0.102880658	0.003450789
5.6	0.095663265	0.003208705
5.8	0.089179548	0.002991231
6	0.083333333	0.002795139

Fuerza cortante en la base

Figura 10

Cargas aplicadas

Base Reactions									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Base Reactions									
Filter: None									
	Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-cm	MY kgf-cm	MZ kgf-cm
	CM	LinStatic		0	0	334722.58	367665816.51	-103378115	-0.0001542
	CV	LinStatic		0	0	70382.9	78946103.6	-20071399.25	-6.403E-05
	CSX	LinRespSpec	Max	37959.78	476.15	10168.22	11088430.06	32402349.77	46103335.87
	CSY	LinRespSpec	Max	528.37	38392.61	10157.34	34163696.97	3196347.28	12957335.49
	1.4CM+1.7CV	Combination		0	0	588262.54	648940519.23	-178850739	-0.0003247

Record: << < 2 > >> of 29 Add Tables... Done

$$P = CM + 0.25 \cdot CV = 334722.58 + 0.25 \cdot 70382.9 = 352318.305 \text{ kg}$$

$$V_x = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R_x} \cdot P = \frac{0.35 \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot 1.15}{8} \cdot 352318.305 = 44315.037 \text{ kg}$$

$$V_y = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R_x} \cdot P = \frac{0.35 \cdot 1 \cdot 2.5 \cdot 1.15}{8} \cdot 352318.305 = 44315.037 \text{ kg}$$

Verificación de cortante mínima

Figura 11

Cortante dinámico en X e Y

Base Reactions									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Base Reactions									
Filter: None									
	Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-cm	MY kgf-cm	MZ kgf-cm
	CM	LinStatic		0	0	334722.58	367665816.51	-103378115	-0.0001542
	CV	LinStatic		0	0	70382.9	78946103.6	-20071399.25	-6.403E-05
	CSX	LinRespSpec	Max	37959.78	476.15	10168.22	11088430.06	32402349.77	46103335.87
	CSY	LinRespSpec	Max	528.37	38392.61	10157.34	34163696.97	3196347.28	12957335.49
	1.4CM+1.7CV	Combination		0	0	588262.54	648940519.23	-178850739	-0.0003247

Record: << < 4 > >> of 29 Add Tables... Done

Verificación

$$V_{xdin} \geq 0.8 * V_x$$

$$V_{ydin} \geq 0.8 * V_y$$

$$V_{xdin} = 37959.78 \text{ kgf}$$

$$V_{ydin} = 38392.61 \text{ kgf}$$

$$0.8 * 44315.037 = 354522.029 \text{ kgf}$$

$$0.8 * 44315.037 = 354522.029 \text{ kgf}$$

Factor de escala

$$FEx = 0.8 * \frac{V_x}{V_{xdin}} = 0.8 * \frac{44315.037}{37959.78} = 0.934$$

$$FEy = 0.8 * \frac{V_y}{V_{ydin}} = 0.8 * \frac{44315.037}{38392.61} = 0.923$$

Se puede observar que la cortante basal dinámica es mayor que la cortante basal estática, por lo tanto, no requiere escalar.

Sistema estructural

En la dirección X-X se tiene:

Tabla 13

Sistema estructural en la dirección X

Descripción	Columnas	Total
Fuerza cortante	37.96 Tn	37.96 Tn
% De fuerza cortante	100 %	100 %

En el análisis del sistema estructural en la dirección X, se ha determinado que la fuerza cortante total es de 37.96 toneladas (Tn), distribuyéndose completamente entre las columnas, las cuales también soportan el 100% de la fuerza cortante. Esto indica que toda la carga sísmica en la dirección X es transmitida a través de las columnas sin pérdida, lo que resalta la eficiencia del sistema estructural en la distribución de esfuerzos. El análisis confirma que las columnas están diseñadas para resistir la totalidad de la fuerza cortante, garantizando una adecuada capacidad de carga sísmica y contribuyendo a la estabilidad estructural durante un evento sísmico.

En la dirección Y-Y se tiene:

Tabla 14

Sistema estructural en la dirección Y

DESCRIPCIÓN	COLUMNAS	TOTAL
FUERZA CORTANTE	38.39 Tn	38.39 Tn
% DE FUERZA CORTANTE	100 %	100 %

El sistema estructural adoptado en la edificación corresponde a un sistema aporticado, en el cual las columnas y vigas trabajan en conjunto para resistir las cargas aplicadas, proporcionando estabilidad y rigidez a la estructura.

Gráfico de cortante basales

Figura 12

Cortante basal por sismo dinámica en dirección X

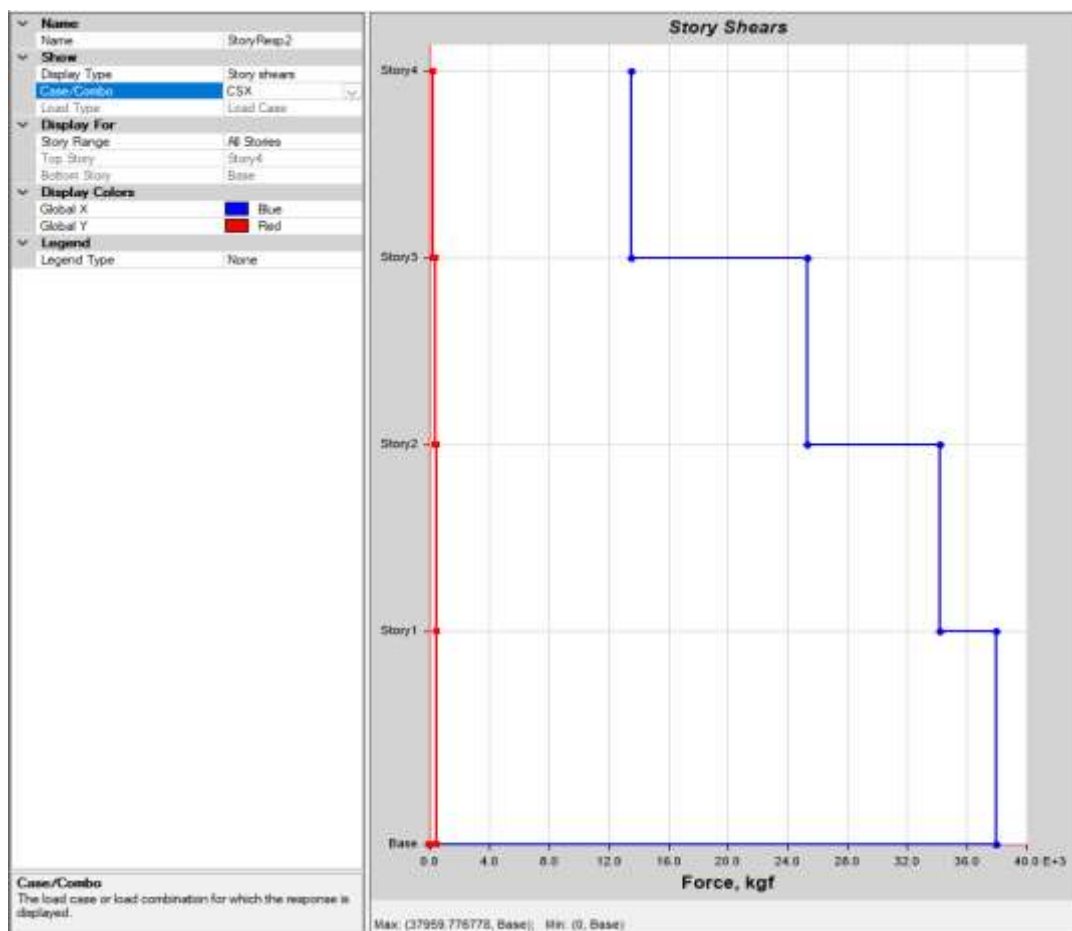
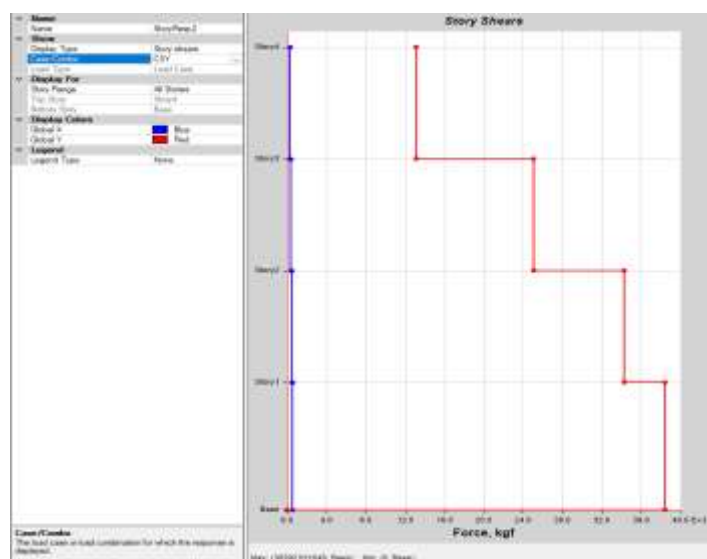


Figura 13

Cortante basal por sismo dinámico en dirección Y



Modos de vibración y periodos

Estos representan las formas en que el edificio puede deformarse dinámicamente bajo la acción de una carga sísmica.

Figura 14

Modos de vibración

Modal Participating Mass Ratios									
File Edit Format-Filter-Sort Select Options									
Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None Modal Participating Mass Ratios									
Filter: None									
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0.484	0.8778	0.0001	6.038E-06	0.8778	0.0001	6.038E-06	1.018E-06
Modal	2	0.417	0.0004	0.4956	1.022E-06	0.0004	0.4957	7.06E-06	0.0168
Modal	3	0.489	0.0012	0.4021	5.027E-07	0.0012	0.4021	7.563E-06	0.0136
Modal	4	0.151	0.0088	2.37E-05	0.0001	0.0088	0.0078	0.0001	2.561E-05
Modal	5	0.132	3.061E-05	0.0073	2.357E-05	0.0001	0.0073	0.0001	0.1312
Modal	6	0.129	0.0005	0.0106	8.837E-06	0.0006	0.0078	0.0001	0.0247
Modal	7	0.082	0.012	1.629E-05	0.0463	0.0006	0.0078	0.0463	0.0028
Modal	8	0.081	0.0112	9.689E-07	0.0689	0.0018	0.0078	0.1154	0.0034
Modal	9	0.075	9.136E-06	0.0189	0.0001	0.0018	0.0046	0.1154	0.0124
Modal	10	0.07	0.0003	9.019E-07	0.1679	0.0021	0.0046	0.2833	0.0001
Modal	11	0.058	0.0011	0.0007	0.1581	0.0032	0.0055	0.4414	0.0233
Modal	12	0.057	0.0059	0.0001	0.076	0.0091	0.0056	0.5175	0.0035
Modal	13	0.056	0.0006	0.0043	0.0136	0.0097	1	0.5311	0.0009
Modal	14	0.041	0.0002	2.21E-05	0.1014	0.0099	1	0.6325	0.0009
Modal	15	0.028	8.182E-06	1.411E-06	0.3128	0.0099	1	0.9453	0.0086

desplazamientos laterales

Derivas inelásticas calculadas ($R_{xx}=8.00$)

Tabla 15

Desplazamientos laterales en dirección X

Piso	Altura Piso (mm)	Δ Elástico (mm)	Δ Elástico Relativo (mm)	R	Tipo Estructura	Δ Inelástico relativo (mm)	Δ_{ir}/hei	Δ_{ir}/hei (MAX)	¿CUMPLE?
P-1	3200	2.813	2.813	8	regular	16.878	0.0053	0.007	OK
P-2	2800	5.854	3.041	8	regular	18.246	0.0065	0.007	OK
P-3	2800	8.269	2.415	8	regular	14.490	0.0052	0.007	OK
P-4	2800	9.775	1.506	8	regular	9.036	0.0032	0.007	OK

Tabla 16

Desplazamientos laterales en dirección Y

Piso	Altura Piso (mm)	Δ Elástico (mm)	Δ Elástico Relativo (mm)	R	Tipo Estructura	Δ Inelástico relativo (mm)	Δ_{ir}/hei	Δ_{ir}/hei (MAX)	¿CUMPLE?
P-1	3200	2.26	2.26	8	regular	13.560	0.0042	0.007	OK
P-2	2800	4.277	2.017	8	regular	12.102	0.0043	0.007	OK
P-3	2800	5.82	1.543	8	regular	9.258	0.0033	0.007	OK
P-4	2800	6.719	0.899	8	regular	5.394	0.0019	0.007	OK

Separación entre edificios

La edificación se encuentra aislada, es decir no tiene otra edificación vecina pegada a los límites de la misma.

2. Losa pretensada

Cargas aplicadas

- Concreto armado 2400 kg/m³
- Concreto simple 2300 kg/m³

- Mortero de cemento 2000 kg/m³
- Unidades de albañilería cocida solidas 1800 kg/m³
- Peso propio de la losa pretensada (h=0.20m) 315 kg/m²
- Peso propio del piso terminado 120 kg/m²

La carga de la losa prefabricada se consideró 315 kg/m² de acuerdo a la ficha técnica.

Figura 15

Carga de losa prefabricada

CUADRO COMPARATIVO - PESO UNITARIO DE LOSA POR M ²					
ESPESOR DE LOSA (CM)	SISTEMA TRADICIONAL LADRILLO ARCILLA A 40 CM	SISTEMA CON VIGUETAS PRETENSADAS UNICON			
		BOVEDILLA POLIESTIRENO A 50 CM	MIX (BANDEJA CONCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO) A 50 CM	BOVEDILLA ARCILLA A 50 CM	BOVEDILLA CONCRETO A 50 CM
17	270 Kg	190 Kg	260 Kg	265 Kg	----
20	300 Kg	210 Kg	278 Kg	280 Kg	315 Kg
25	350 kg	250 kg	306 kg	335 kg	360 Kg
30	400 Kg	300 Kg	336 Kg	400 Kg	----

En el cuadro comparativo presentado, se muestran los pesos unitarios de losas prefabricadas por metro cuadrado (m²) para diferentes espesores de losa, con comparaciones entre distintos sistemas. Los sistemas evaluados incluyen el tradicional de ladrillo de arcilla a 40 cm de espesor, y los sistemas con viguetas pretensadas Unicon, que incluyen diversos tipos como mix de concreto y bloque de poliestireno a 50 cm, bovedilla de poliestireno a 50 cm, y bovedilla de concreto a 50 cm. Para un espesor de 20 cm, el peso unitario de la losa tradicional es de 300 kg/m², mientras que para el sistema con viguetas pretensadas Unicon, se observa un peso unitario de 315 kg/m² para la bovedilla

de concreto a 50 cm. Este incremento en el peso unitario es crucial para evaluar la carga que cada sistema estructural puede soportar, impactando el diseño y la resistencia de la estructura. Estos datos son esenciales para la planificación de cargas y la selección del sistema más adecuado en función de las necesidades específicas del proyecto de construcción.

Cargas vivas

Los valores a considerar para las cargas móviles se extraen de las tablas de la norma técnica E.020:

- Vivienda 200 Kg/m²

Cargas productos por sismo

El análisis se ha desarrollado haciendo uso del programa ETABS teniendo la carga sísmica total:

$$P = 100\% (\text{Peso propio} + \text{CM}) + 25\% \text{ carga viva (Categoría C)}$$

Modelo estructural adoptado

El modelo estructural adoptado para las losas pretensadas se fundamenta en la aplicación de avanzadas técnicas de análisis estructural y diseño, orientadas a optimizar el desempeño de las losas frente a cargas de servicio y condiciones extremas. Este enfoque integral incluye la consideración del efecto del pretensado, las propiedades específicas de los materiales, las condiciones de apoyo y la evaluación detallada de efectos secundarios, tales como el pandeo y las deformaciones diferidas, garantizando así un diseño eficiente y seguro.

Figura 16

Modelo estructural de vivienda unifamiliar y comercio



A. Análisis estático

Verificación de irregularidades

Irregularidades estructurales en planta

Irregularidades torsionales

Medina y Medina (2017), en su estudio, analizaron diferentes tipos de irregularidades en planta en edificaciones de hormigón armado y su influencia en la torsión accidental.

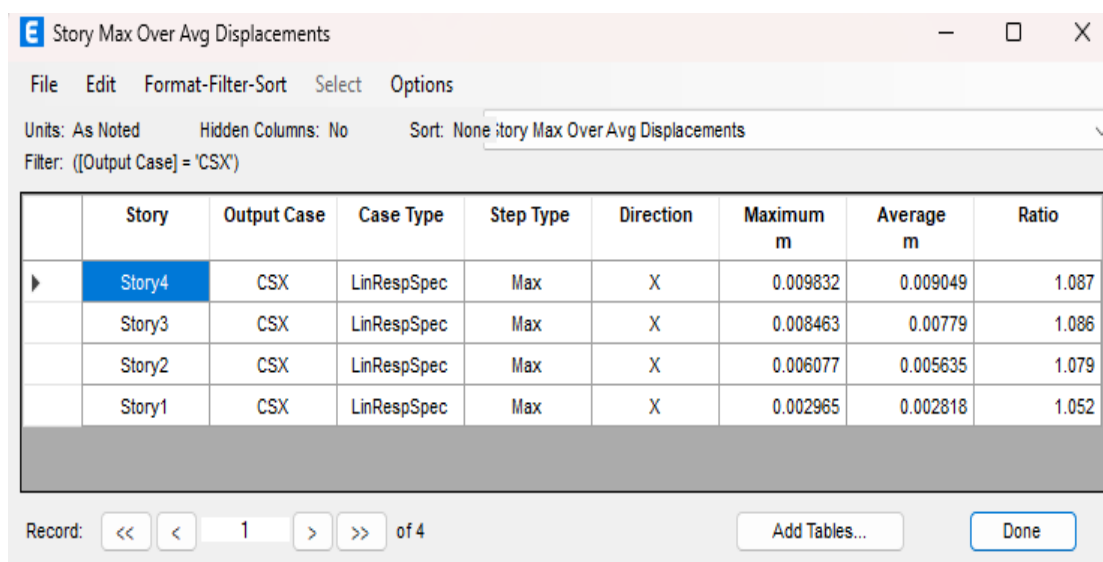
Propusieron una ecuación para calcular un coeficiente de irregularidad en planta, basado en los porcentajes de participación modal de la masa de cada estructura analizada, con el objetivo de incorporarlo en el diseño sísmico.

Si $\Delta_{max} \geq 1.3 \Delta_{prom} \rightarrow$ irregular torsional

Si $\Delta_{max} \geq 1.5 \Delta_{prom} \rightarrow$ irregular torsional extrema

Figura 17

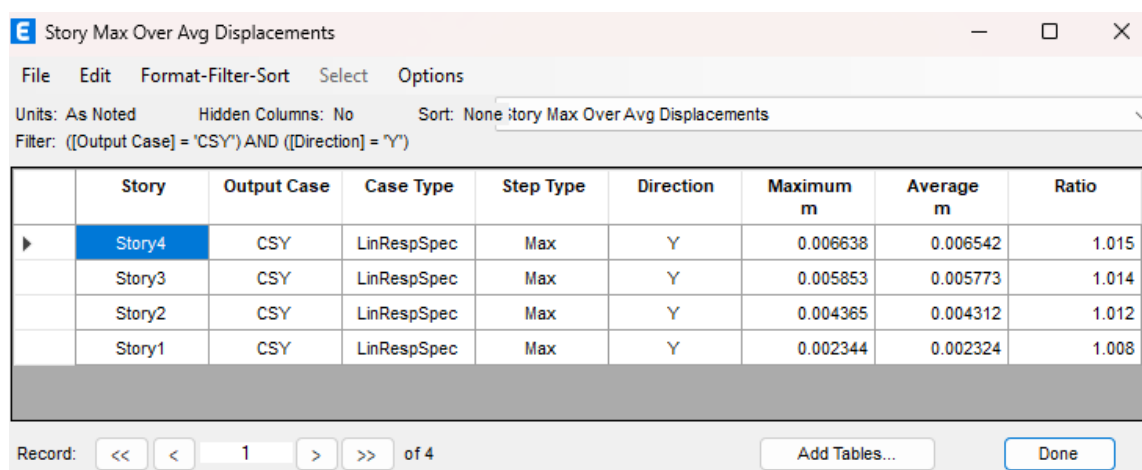
Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para dirección x



	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
▶	Story4	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.009832	0.009049	1.087
	Story3	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.008463	0.00779	1.086
	Story2	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.006077	0.005635	1.079
	Story1	CSX	LinRespSpec	Max	X	0.002965	0.002818	1.052

Figura 18

Ratio menor a 1.3 para descartar irregularidades torsionales para la dirección y

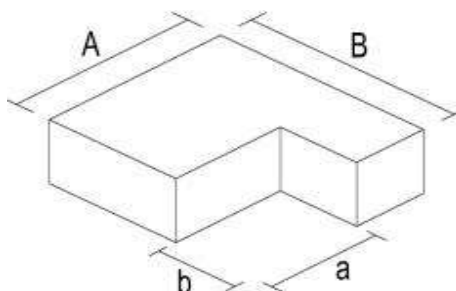


	Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Maximum m	Average m	Ratio
▶	Story4	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.006638	0.006542	1.015
	Story3	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.005853	0.005773	1.014
	Story2	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.004365	0.004312	1.012
	Story1	CSY	LinRespSpec	Max	Y	0.002344	0.002324	1.008

Irregularidades de esquinas entrantes

Figura 19

Irregularidad por esquinas entrantes



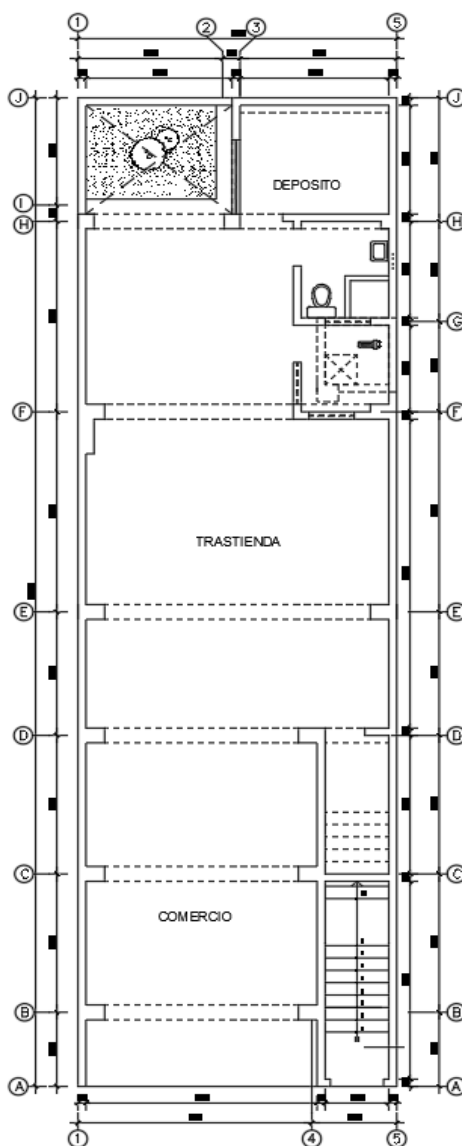
Donde la relación para determinar las esquinas entrantes es:

$$a/A > 0.20 \text{ Irregular}$$

$$b/B > 0.20 \text{ Irregular}$$

Figura 20

Plano en planta

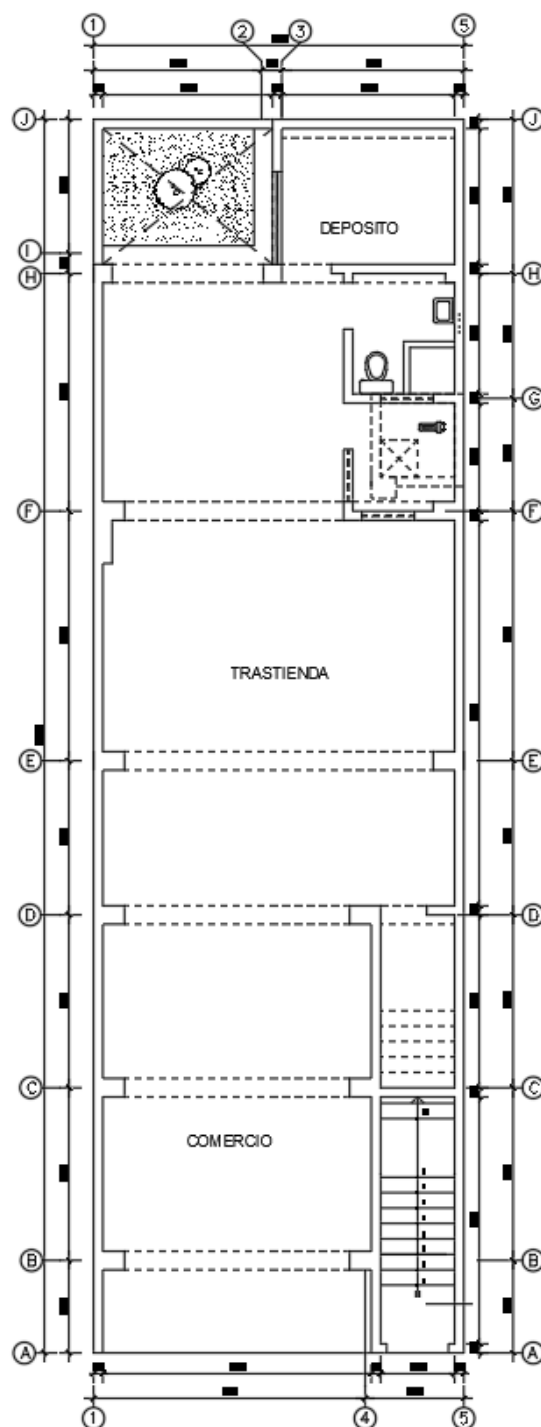


En el plano en planta de la vivienda unifamiliar y comercial no presenta esquinas entrantes por lo tanto no se tiene irregularidad de esquinas entrantes:

Irregularidad de discontinuidad de diafragma

Figura 21

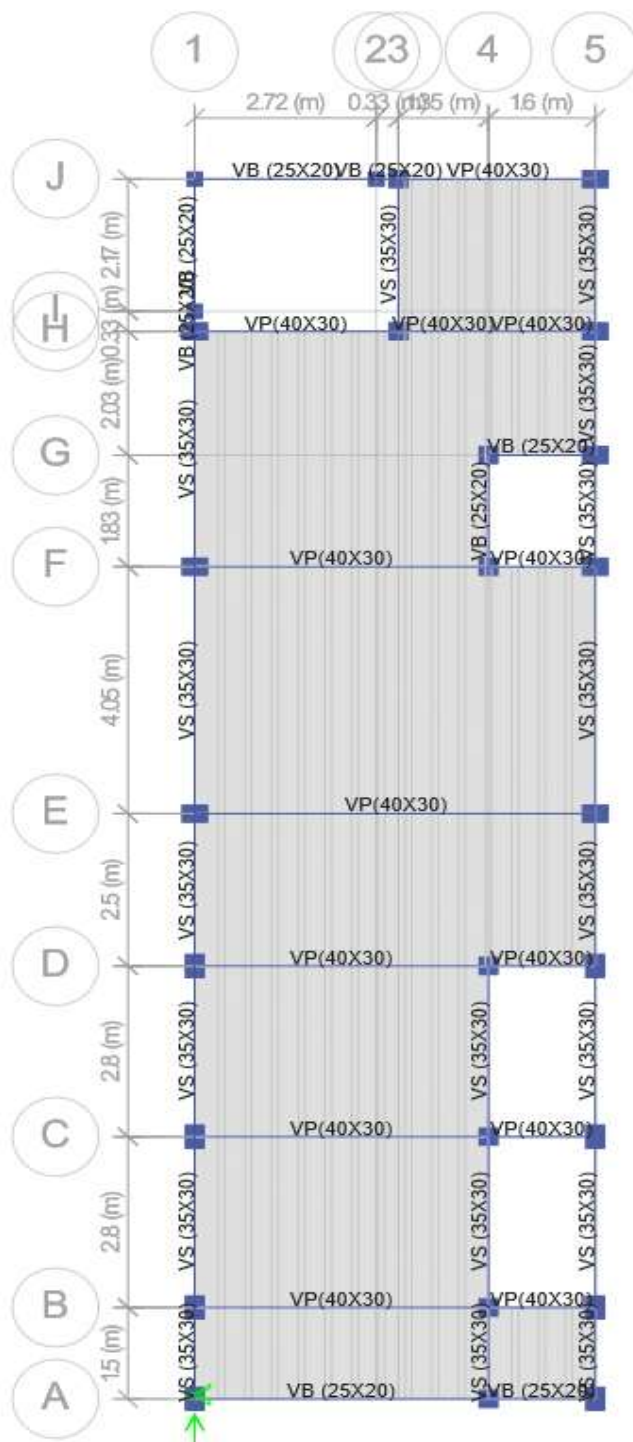
Plano en planta



Sistemas no paralelos

Figura 22

Vista en planta de irregularidades de sistema no paralelo



Se observa que no presenta irregularidades asociadas a sistemas no paralelos, ya que los elementos estructurales están orientados en una única dirección.

Irregularidades estructurales en altura

Irregularidad de rigidez – piso blando

Tabla 17

Irregularidad de rigidez – piso blando

TABLE: Story Response						
Story	Elevation m	Location	X-Dir kgf/m	$K_n < 0.7K(n+1)$	$K_n < 0.8(k(n+1) + k(n+2) + k(n+3))/3$	¿CUMPLE?
P-4	11.6	Top	8621362.04			
P3	8.8	Top	11221475.28	1.30		
P-2	6	Top	12045549.63	1.07	1.21	NO ES IRREGULAR
P-1	3.2	Top	13908949.49	1.15	1.31	NO ES IRREGULAR
Base	0	Top	0	0.00	0.00	

Irregularidad de masa o peso

La irregularidad de masa se presenta cuando el peso de un piso es 1.5 veces mayor que el del piso adyacente. En el cuadro analizado, se aprecia que hay irregularidad en el P-2, por lo que se concluye que existe irregularidad de masa o peso en la estructura evaluada.

Tabla 18

Irregularidad de masa o peso

TABLE: Mass Summary by Story					
Story	UX kgf-s ² /m	UY kgf-s ² /m	$m_i > 1.5m(i-1)$	$m_i > 1.5m(i+1)$	¿CUMPLE?
P-4	1998.37	1998.37	0.40		
P3	4991.18	4991.18	0.66		NO ES IRREGULAR
P-2	7601.51	7601.51	0.72	1.52	SI ES IRREGULAR
P-1	10508.16	10508.16			
BASE	0	0			

Irregularidad geometría vertical

Se considera geometría vertical irregular cuando en cualquier dirección la estructura es resistente a cargas laterales mayor a 1.3 veces a un piso adyacente.

Se concluye que la estructura analizada no presenta irregularidades en su geometría vertical, evidenciando uniformidad en su configuración.

Discontinuidad en los sistemas resistentes.

"La presente estructura no presenta irregularidades de discontinuidad en los sistemas resistentes, las columnas y las vigas están alineados de un piso al otro."

Espectro de respuesta

Para poder calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utilizan espectro inelástico de pseudo - aceleraciones definido por:

Tabla 19

Zonificación sísmica

Zonificación sísmica	
DEPARTAMENTO:	Puno
PROVINCIA:	San Román
DISTRITO:	San Miguel
ZONIFICACIÓN SÍSMICA:	Zona 3
FACTOR DE ZONA:	Z=0.35

Tabla 20

Condiciones locales

CONDICIONES LOCALES	
PERFIL DE SUELO:	S2
DESCRIPCIÓN:	Suelos Intermedios: Arenas gruesas a Media, Suelo Cohesivo compactado
FACTOR DE SUELO:	1.15
PERIODO T_p :	$T_p = 0.60$ seg.
PERIODO T_l :	$T_l = 2.00$ seg.

Tabla 21*Categoría de edificación*

CATEGORÍA DE EDIFICACIÓN	
DESCRIPCIÓN:	Edificaciones Comunes
TIPO DE EDIFICACIÓN	Suelos Intermedios: Arenas gruesas a Media, Suelo Cohesivo compactado
FACTOR DE SUELO:	1.15
PERIODO T_p :	$T_p = 0.60$ seg.
PERIODO T_l :	$T_l = 2.00$ seg.

Tabla 22*Factor de amplificación sísmica*

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA	
$C = 2.5$; $T \leq T_p$ $C = 2.5 (T_p/T)$; $T_p < T \leq T_l$ $C = 2.5 (T_p \cdot T_l/T^2)$; $T > T_l$	
PERIODO FUNDAMENTAL X: 0.331	PERIODO FUNDAMENTAL Y: 0.331
F.A.S. en X: $C_x = 2.5$	F.A.S. en y: $C_y = 2.5$
$(Z \cdot U \cdot S \cdot C_x / R_x) \cdot g = 1.371$	$(Z \cdot U \cdot S \cdot C_y / R_y) \cdot g = 1.371$

Tabla 23*Sistema estructural – dirección x*

SISTEMA ESTRUCTURAL – DIRECCIÓN X	
MATERIAL:	CONCRETO ARMADO
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Sistema Aporticado
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN:	$R_o = 7.20$
IRREGULARIDAD DE ALTURA:	Si presenta
IRREGULARIDAD EN PLANTA:	No presenta.
F. DE IRREGULARIDAD: $I_a = 0.90$	F. DE IRREGULARIDAD: $I_p = 1.00$
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN: $R_x = 7.20$	

Tabla 24*Sistema estructural – dirección Y*

SISTEMA ESTRUCTURAL – DIRECCIÓN Y	
MATERIAL:	CONCRETO ARMADO
SISTEMA ESTRUCTURAL:	Sistema Aporticado
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN:	$R_o = 7.20$
IRREGULARIDAD DE ALTURA:	Si presenta
IRREGULARIDAD EN PLANTA:	No presenta.
F. DE IRREGULARIDAD: $I_a = 0.90$	F. DE IRREGULARIDAD: $I_p = 1.00$
COEFICIENTE DE REDUCCIÓN: $R_x = 7.20$	

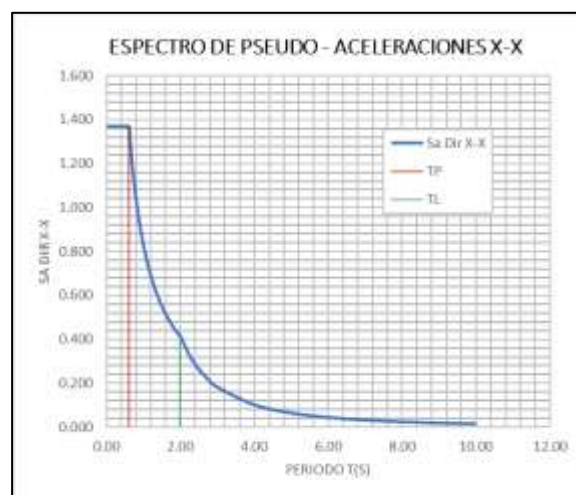
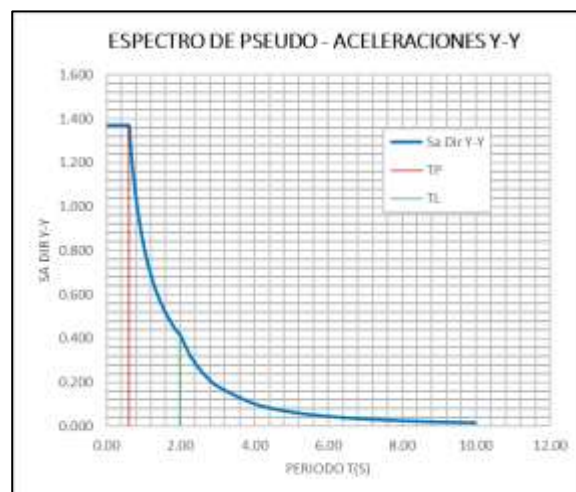
B. Análisis dinámico modal espectral

En edificaciones convencionales, el análisis dinámico se lleva a cabo mediante combinaciones espectrales establecidas por la Norma E.030, como se mostró anteriormente. A continuación, se presentan los espectros de pseudoaceleraciones sísmicas utilizados en el programa ETABS para incorporar las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y.

Tabla 25

Espectro pseudo aceleración en la dirección x-y

C		Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	1.371	1.371
2.50	0.02	1.371	1.371
2.50	0.04	1.371	1.371
2.50	0.06	1.371	1.371
2.50	0.08	1.371	1.371
2.50	0.10	1.371	1.371
2.50	0.12	1.371	1.371
2.50	0.14	1.371	1.371
2.50	0.16	1.371	1.371
2.50	0.18	1.371	1.371
2.50	0.20	1.371	1.371
2.50	0.25	1.371	1.371
2.50	0.30	1.371	1.371
2.50	0.35	1.371	1.371
2.50	0.40	1.371	1.371
2.50	0.45	1.371	1.371
2.50	0.50	1.371	1.371
2.50	0.55	1.371	1.371
2.50	0.60	1.371	1.371
2.31	0.65	1.266	1.266
2.14	0.70	1.175	1.175
2.00	0.75	1.097	1.097
1.88	0.80	1.028	1.028
1.76	0.85	0.968	0.968
1.67	0.90	0.914	0.914
1.58	0.95	0.866	0.866
1.50	1.00	0.823	0.823



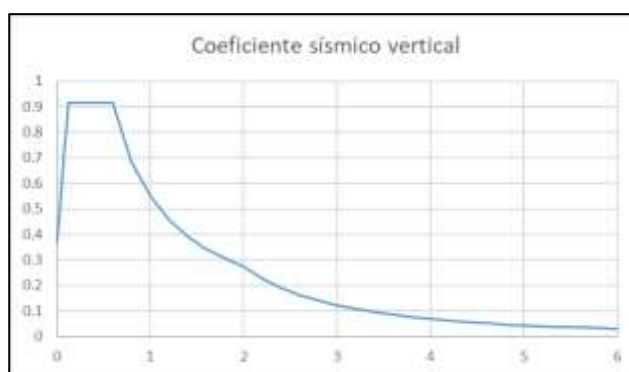
1.36	1.10	0.748	0.748
1.25	1.20	0.686	0.686
1.15	1.30	0.633	0.633
1.07	1.40	0.588	0.588
1.00	1.50	0.548	0.548
0.94	1.60	0.514	0.514
0.88	1.70	0.484	0.484
0.83	1.80	0.457	0.457
0.79	1.90	0.433	0.433
0.75	2.00	0.411	0.411
0.59	2.25	0.325	0.325
0.48	2.50	0.263	0.263
0.40	2.75	0.218	0.218
0.33	3.00	0.183	0.183
0.19	4.00	0.103	0.103
0.12	5.00	0.066	0.066
0.08	6.00	0.046	0.046
0.06	7.00	0.034	0.034
0.05	8.00	0.026	0.026
0.04	9.00	0.020	0.020
0.03	10.00	0.016	0.016

Tabla 26

Espectro pseudo aceleración en la dirección Z

Espectro de diseño vertical		
T	C	ZUCS/R
0	1	0.037268519
0.02	1.25	0.046585648
0.04	1.5	0.055902778
0.06	1.75	0.065219907
0.08	2	0.074537037
0.1	2.25	0.083854167
0.12	2.5	0.093171296
0.2	2.5	0.093171296
0.4	2.5	0.093171296

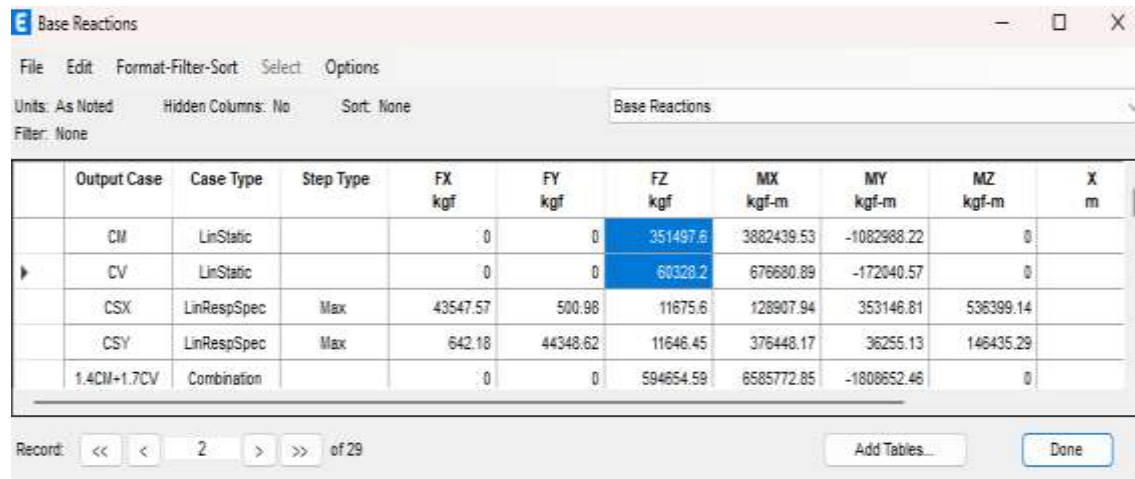
0.6	2.5	0.093171296
0.8	1.875	0.069878472
1	1.5	0.055902778
1.2	1.25	0.046585648
1.4	1.071428571	0.039930556
1.6	0.9375	0.034939236
1.8	0.833333333	0.031057099
2	0.75	0.027951389
2.2	0.619834711	0.023100321
2.4	0.520833333	0.019410687
2.6	0.443786982	0.016539283
2.8	0.382653061	0.014260913
3	0.333333333	0.01242284
3.2	0.29296875	0.010918511
3.4	0.259515571	0.009671761
3.6	0.231481481	0.008626972
3.8	0.207756233	0.007742767
4	0.1875	0.006987847
4.2	0.170068027	0.006338183
4.4	0.154958678	0.00577508
4.6	0.141776938	0.005283816
4.8	0.130208333	0.004852672
5	0.12	0.004472222
5.2	0.110946746	0.004134821
5.4	0.102880658	0.00383421
5.6	0.095663265	0.003565228
5.8	0.089179548	0.00332359
6	0.083333333	0.00310571



Fuerza cortante en la base

Figura 23

Cargas aplicadas



Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m	X m
CM	LinStatic		0	0	351497.6	3882439.53	-1082988.22	0	
CV	LinStatic		0	0	60328.2	676680.89	-172040.57	0	
CSX	LinRespSpec	Max	43547.57	500.98	11675.6	128907.94	353146.81	536399.14	
CSY	LinRespSpec	Max	642.18	44348.62	11646.45	376448.17	36255.13	146435.29	
1.4CM+1.7CV	Combination		0	0	594654.59	6585772.85	-1808652.46	0	

$$P = CM + 0.25.CV = 351498.6 + 0.25 * 60328.2 = 366579.65 \text{ kg}$$

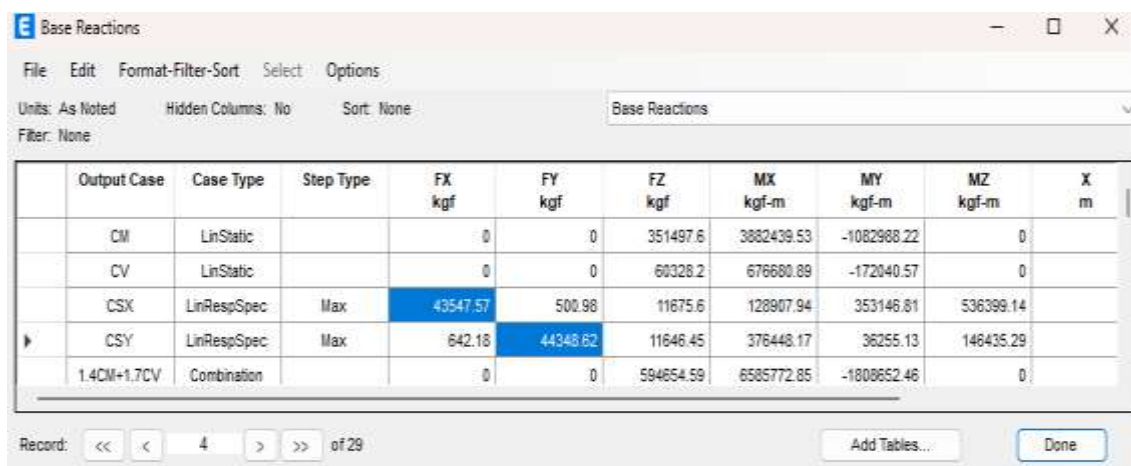
$$V_x = \frac{Z.U.C.S.}{R_x} . P = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{7.2} * 366579.65 = 51232.052 \text{ kg}$$

$$V_y = \frac{Z.U.C.S.}{R_x} . P = \frac{0.35 * 1 * 2.5 * 1.15}{8} * 366579.65 = 51232.052 \text{ kg}$$

Verificación de cortante mínima

Figura 24

Cortante dinámico en X e Y



Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m	X m
CM	LinStatic		0	0	351497.6	3882439.53	-1082988.22	0	
CV	LinStatic		0	0	60328.2	676680.89	-172040.57	0	
CSX	LinRespSpec	Max	43547.57	500.98	11675.6	128907.94	353146.81	536399.14	
CSY	LinRespSpec	Max	642.18	44348.62	11646.45	376448.17	36255.13	146435.29	
1.4CM+1.7CV	Combination		0	0	594654.59	6585772.85	-1808652.46	0	

Verificación

$$V_{xdin} \geq 0.8 * V_x$$

$$V_{ydin} \geq 0.8 * V_y$$

$$V_{xdin} = 43547.57 \text{ kgf}$$

$$V_{ydin} = 44348.62 \text{ kgf}$$

$$0.9 * 51232.052 = 46108.847 \text{ kgf}$$

$$0.9 * 51232.052 = 46108.847 \text{ kgf}$$

Factor de escala

$$FEx = 0.9 * \frac{V_x}{V_{xdin}} = 0.9 * \frac{51232.052}{43547.57} = 1.059$$

$$FEy = 0.9 * \frac{V_y}{V_{ydin}} = 0.9 * \frac{44315.037}{44348.62} = 1.04$$

Se puede observar que la cortante basal dinámica es menor que la cortante basal estática, por lo tanto, requiere escalar 1.059 en la dirección X y 1.04 en la dirección Y.

Sistema estructural

En la dirección X-X se tiene:

Tabla 27

Sistema estructural en la dirección X

DESCRIPCIÓN	COLUMNAS	TOTAL
FUERZA CORTANTE	43.547Tn	43.547 Tn
% DE FUERZA CORTANTE	100 %	100 %

En la dirección Y-Y se tiene:

Tabla 28

Sistema estructural en la dirección Y

DESCRIPCIÓN	COLUMNAS	TOTAL
FUERZA CORTANTE	44.348 Tn	44.348Tn
% DE FUERZA CORTANTE	100 %	100 %

El sistema estructural adoptado en la edificación corresponde a un sistema aporticado, en el cual las columnas y vigas trabajan en conjunto para resistir las cargas aplicadas, proporcionando estabilidad y rigidez a la estructura.

Gráfico de cortante basales

Figura 25

Cortante basal por sismo dinámica en dirección X

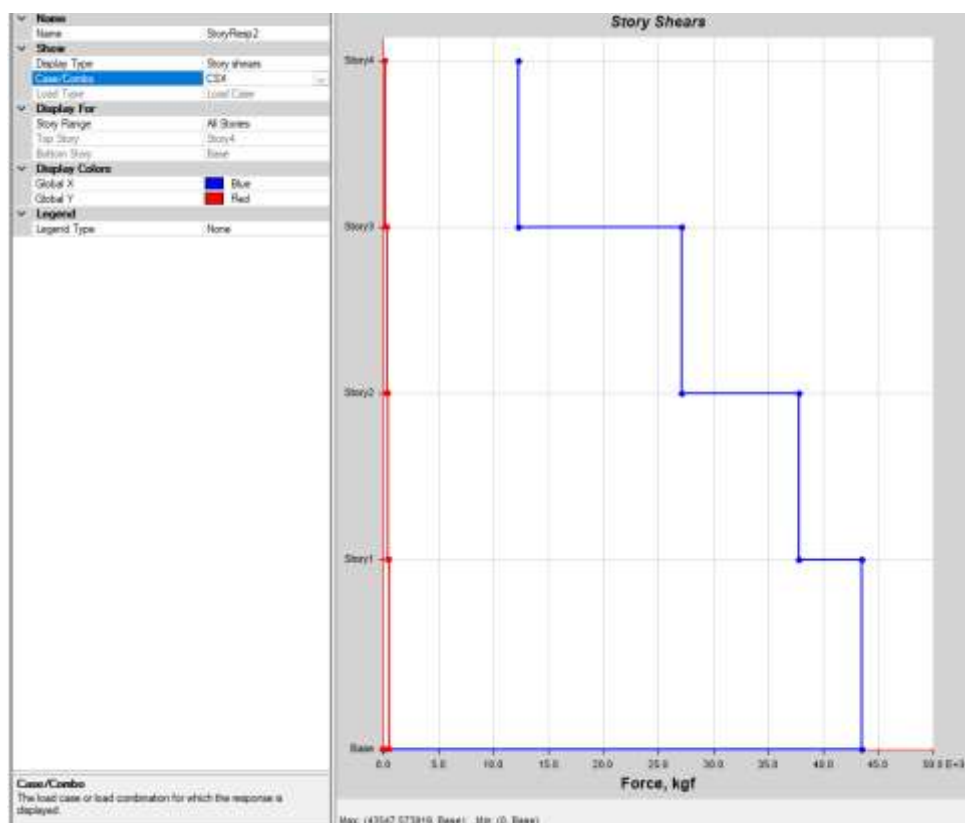
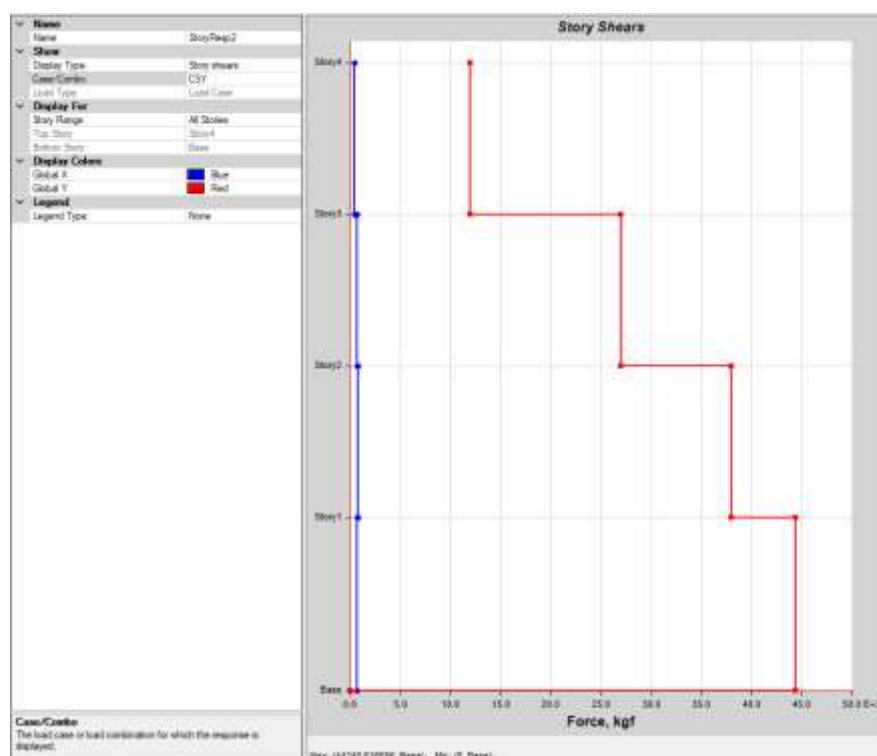


Figura 26

Cortante basal por sismo dinámico en dirección Y



Modos de vibración y periodos

Estos representan las formas en que el edificio puede deformarse dinámicamente bajo la acción de una carga sísmica.

Figura 27

Modos de vibración

Modal Participating Mass Ratios										
Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	
Modal	2	0.407	0.0004	0.7429	0	0.8884	0.743	1.45E-06	0.0251	
Modal	3	0.398	0.0034	0.1497	0	0.8718	0.8927	1.897E-06	0.0052	
Modal	4	0.151	0.0983	2.413E-05	0.0002	0.97	0.8927	0.0002	1.814E-05	
Modal	5	0.133	9.776E-06	0.061	1.282E-05	0.9791	0.9737	0.0002	0.1477	
Modal	6	0.129	0.0007	0.0056	3.587E-05	0.9798	0.9794	0.0002	0.0143	
Modal	7	0.085	0.0217	1.282E-06	0.0103	0.9934	0.9794	0.0105	0.0003	
Modal	8	0.084	0.0011	0	0.1757	0.9935	0.9784	0.1882	0.0115	
Modal	9	0.078	0	0.0174	0.0001	0.9935	0.9967	0.1863	0.0073	
Modal	10	0.065	0.0013	1.906E-05	0.0086	0.9948	0.9967	0.2049	0.0006	
Modal	11	0.061	0.0038	1.588E-05	0.0726	0.9956	0.9967	0.3575	0.0052	
Modal	12	0.058	8.276E-06	0.0032	0.0022	0.9986	1	0.3596	0.0049	
Modal	13	0.053	0.0008	0	0.1982	0.9995	1	0.5579	0.0159	
Modal	14	0.047	0.0004	4.167E-06	0.0748	0.9999	1	0.6327	7.779E-06	
Modal	15	0.027	8.344E-07	0	0.322	0.9999	1	0.9547	0.0137	

Tabla 29

Desplazamientos laterales en dirección X

Piso	Altura Piso (mm)	Δ Elástico (mm)	Δ Elástico Relativo (mm)	R	Tipo Estructura	Δ Inelástico relativo (mm)	Δ_{ir}/h_{ei}	Δ_{ir}/h_{ei} (MAX)	¿CUMPLE?
P-1	3200	3.295	3.295	7.2	Irregular	20.165	0.0063	0.007	OK
P-2	2800	6.358	3.063	7.2	Irregular	18.746	0.0067	0.007	OK
P-3	2800	9.403	3.045	7.2	Irregular	18.635	0.0067	0.007	OK
P-4	2800	10.925	1.522	7.2	Irregular	9.315	0.0033	0.007	OK

Tabla 30

Desplazamientos laterales en dirección Y

Piso	Altura Piso (mm)	Δ Elástico (mm)	Δ Elástico Relativo (mm)	R	Tipo Estructura	Δ Inelástico relativo (mm)	Δ_{ir}/h_{ei}	Δ_{ir}/h_{ei} (MAX)	¿CUMPLE?
P-1	3200	2.604	2.604	7.2	irregular	15.936	0.0050	0.007	OK
P-2	2800	4.85	2.246	7.2	irregular	13.746	0.0049	0.007	OK
P3	2800	6.504	1.654	7.2	irregular	10.122	0.0036	0.007	OK
P-4	2800	7.375	0.871	7.2	irregular	5.331	0.0019	0.007	OK

Separación entre edificios

La edificación se encuentra aislada, es decir no tiene otra edificación vecina pegada a los límites de la misma.

4.2 Discusión de resultados:

En la evaluación del comportamiento sísmico de los sistemas estructurales aporticados con losas convencionales y pretensadas en una vivienda unifamiliar y comercio, los resultados obtenidos muestran diferencias importantes en términos de rigidez, capacidad de disipación de energía y comportamiento ante cargas sísmicas. Estos resultados nos permiten realizar observaciones clave acerca de la influencia de las características estructurales en la seguridad y estabilidad de las edificaciones.

Comportamiento sísmico de las losas convencionales vs. losas pretensadas

En primer lugar, se observa que las losas pretensadas presentaron una mayor capacidad de resistencia y rigidez frente a las cargas sísmicas. Este resultado es consistente con estudios previos que indican que las losas pretensadas proporcionan una mayor capacidad de carga y una menor deformación bajo esfuerzos, lo que contribuye a una mayor estabilidad en condiciones sísmicas extremas. La mayor capacidad de disipación de energía observada en las estructuras con losas pretensadas reduce significativamente las deformaciones plásticas en los elementos estructurales, lo que mejora la seguridad general de la edificación. En particular, la capacidad de estas losas para mantener su integridad estructural incluso bajo cargas dinámicas de alta magnitud resulta crucial para mitigar el riesgo de colapso en eventos sísmicos severos.

Por otro lado, las estructuras con losas convencionales, si bien mostraron un buen comportamiento frente a cargas moderadas, presentaron un mayor grado de deformación al someterse a simulaciones sísmicas de alta intensidad. Esto se debe a la menor rigidez de las losas convencionales, que no son capaces de resistir de manera tan eficiente las fuerzas dinámicas. En algunas simulaciones, se evidenció un mayor desplazamiento lateral y deformación en las losas convencionales, lo cual podría comprometer la seguridad de la estructura en sismos de mayor magnitud. No obstante, las losas convencionales siguen siendo una opción viable para construcciones en zonas de bajo o moderado riesgo sísmico, siempre que el diseño estructural sea adecuado y contemple las limitaciones inherentes a este tipo de losas.

Impacto de la rigidez estructural

Otro aspecto relevante de los resultados es la relación entre la rigidez del sistema estructural y el comportamiento sísmico. Las viviendas unifamiliares, que suelen tener un diseño más sencillo y menor cantidad de aberturas en las fachadas, presentaron una mayor rigidez en comparación con los comercios, que generalmente cuentan con más puertas y ventanas. La presencia de grandes aberturas reduce la rigidez lateral de la estructura, lo que puede aumentar la vulnerabilidad durante un sismo, especialmente en edificaciones

comerciales donde las cargas sísmicas suelen ser mayores debido a su tamaño y uso. En este sentido, las viviendas unifamiliares, con una distribución más compacta, demostraron una mejor capacidad para resistir las cargas sísmicas en comparación con los comercios, cuyos sistemas estructurales deben ser reforzados o diseñados específicamente para mitigar los efectos de la deformación lateral.

Comparación entre viviendas unifamiliares y comercios

El comportamiento sísmico de las viviendas unifamiliares, aunque superior en términos de rigidez y desplazamiento controlado, también dependió significativamente del tipo de losa empleada. Las viviendas con losas pretensadas exhibieron una respuesta más equilibrada y menos propensa a desplazamientos excesivos, lo que indica que la combinación de un sistema estructural eficiente y una losa adecuada resulta en una edificación más segura. En el caso de los comercios, aunque las losas pretensadas también mejoraron el comportamiento sísmico, la necesidad de considerar factores adicionales como las cargas vivas mayores, la flexibilidad del sistema y la interacción entre los distintos elementos de la estructura hace que su desempeño sea más sensible a variaciones en el diseño.

La forma de la estructura tiene un efecto

Los resultados también mostraron que la forma de los edificios tiene un efecto directo en cómo responden a los terremotos. En las viviendas unifamiliares, los elementos estructurales estaban dispuestos de manera que los hacía más compactos y simétricos, lo que los hacía más resistentes a la torsión. En los edificios comerciales, por otro lado, las formas más complejas y asimétricas hacían que fueran más propensos a torcerse de maneras no deseadas. Esto es especialmente importante en lugares con muchos terremotos, donde los movimientos laterales y torsionales pueden ejercer mucha presión sobre los elementos estructurales, lo que puede hacer que el edificio sea menos estable en general.

Qué tan bien se distribuye el estrés

A nivel de análisis estructural global, las losas pretensadas eran mejores para dispersar las fuerzas sísmicas a lo largo del sistema estructural. Debido a que estas losas eran más rígidas, las fuerzas sísmicas podían distribuirse de manera más uniforme, lo que evitaba la acumulación de tensiones en puntos importantes. Esto es especialmente importante en edificios de más de un piso, donde controlar las fuerzas laterales es necesario para evitar fallos mayores. En contraste, las losas tradicionales son más propensas a doblarse, lo que puede causar la acumulación de tensiones en ciertas partes de la estructura. Si el diseño no es lo suficientemente bueno, esto podría causar fallos locales o globales.

Los resultados apoyan la idea de que las losas pretensadas son mejores que las losas regulares en cuanto a su comportamiento durante los terremotos, especialmente en lugares donde ocurren terremotos con frecuencia. Las losas prefabricadas no solo hacen que las estructuras sean más fuertes y capaces de soportar más peso, sino que también las hacen más seguras en caso de un gran terremoto. En casos donde el riesgo sísmico es moderado, sin embargo, las losas convencionales siguen siendo una buena opción siempre y cuando el diseño estructural esté cuidadosamente optimizado para asegurar que el edificio se comporte adecuadamente durante un evento sísmico. Es importante señalar que un sistema estructural fuerte y la losa adecuada son ambos muy importantes para mantener los edificios seguros durante los terremotos.

CONCLUSIONES

General, el análisis sísmico de la estructura aporticada de concreto armado para la vivienda unifamiliar y comercio en el distrito de San Miguel 2025 mostró que tanto las losas convencionales como las pretensadas presentan un desempeño satisfactorio bajo cargas sísmicas. La estructura, evaluada mediante un análisis estático y dinámico, cumple con los requisitos de la normativa sismorresistente (RNE E.030), con un coeficiente de reducción sísmica $R_0=8.00$ y un factor de amplificación sísmica $C=2.5$, lo que asegura una adecuada capacidad de disipación de energía. Los resultados indican que las fuerzas cortantes en la base fueron de 37.96 Tn en la dirección X y 38.39 Tn en la dirección Y, lo que confirma que la estructura está diseñada para resistir adecuadamente las fuerzas sísmicas esperadas.

Primera, para identificar los parámetros mínimos del comportamiento sísmico, se destacó la importancia de la rigidez lateral y el periodo de vibración de la estructura. En particular, el periodo fundamental de la estructura en la dirección X fue de 0.331 segundos, mientras que en la dirección Y fue el mismo valor, lo que refleja un comportamiento dinámico equilibrado en ambas direcciones. Además, se estableció que la estructura debe ser evaluada con un coeficiente de amplificación sísmica de 2.5, ya que el periodo fundamental es menor que el periodo corto $T_p=0.60$ segundos, lo que influye directamente en la distribución de la carga sísmica y su impacto en la estructura.

Segunda, la verificación de las irregularidades estructurales reveló que no existen irregularidades significativas en la edificación. En cuanto a la rigidez en altura, la estructura no presenta irregularidad de piso blando, ya que la rigidez lateral de los pisos superiores supera el 80% de la rigidez de los pisos inferiores. Asimismo, no se observó irregularidad en planta, ya que el índice de irregularidad torsional fue menor que 1.3 en ambas

direcciones X y Y. Las esquinas entrantes también fueron descartadas como irregularidad, ya que las dimensiones de la planta no superan el 20% en ninguna dirección.

Tercera, el análisis dinámico modal espectral de las fuerzas cortantes mostró que la estructura mantiene un buen desempeño ante sismos. Las fuerzas cortantes calculadas en la base fueron de 37.96 Tn en la dirección X y 38.39 Tn en la dirección Y. Estos valores superaron el mínimo exigido por la normativa, lo que indica que la estructura tiene la capacidad de soportar las cargas sísmicas calculadas. En cuanto a la cortante basal dinámica, no fue necesario aplicar un factor de escala, ya que la cortante dinámica fue mayor que la cortante estática.

Cuarto, la verificación de los desplazamientos laterales comprobó que los desplazamientos en cada planta no exceden los límites permisibles. En la dirección X, los desplazamientos laterales máximos fueron de 16.878 mm en el primer piso, 18.246 mm en el segundo piso, y 9.036 mm en el cuarto piso, todos dentro del límite de 0.007 veces la altura de cada piso, cumpliendo con la normativa que establece este límite para estructuras de concreto armado. Los resultados confirmaron que la edificación tiene una respuesta elástica e inelástica adecuada, asegurando su estabilidad frente a sismos de gran magnitud.

RECOMENDACIONES

General, para garantizar un comportamiento sísmico aún más eficiente en el sistema estructural, se sugiere realizar un monitoreo continuo de las características dinámicas de la edificación a lo largo de su vida útil. Además, se recomienda considerar el uso de refuerzos adicionales en zonas estratégicas para mejorar la resistencia sísmica de la estructura, especialmente en áreas de alta vulnerabilidad sísmica, o bien realizar un análisis sísmico más detallado en función de futuras actualizaciones normativas.

Primero, es recomendable revisar periódicamente los parámetros claves, como la rigidez lateral y los periodos de vibración, considerando posibles modificaciones en la estructura debido al envejecimiento o renovaciones. Además, se sugiere llevar a cabo simulaciones de comportamiento sísmico para verificar cómo los cambios estructurales puedan afectar la capacidad de la estructura para resistir sismos, asegurando la integridad ante nuevos desarrollos tecnológicos o cambios en las normativas sísmicas.

Segundo, a pesar de que no se encontraron irregularidades significativas en la estructura, se recomienda realizar una inspección periódica para detectar posibles cambios o deformaciones que puedan haber ocurrido durante el tiempo de servicio. En particular, sería útil hacer un seguimiento de las irregularidades torsionales y las posibles discontinuidades en el diafragma, especialmente en edificaciones en zonas propensas a eventos sísmicos mayores.

Tercero, es importante realizar verificaciones periódicas de las fuerzas cortantes en la base utilizando herramientas modernas de análisis dinámico para asegurar que la estructura mantenga su capacidad de resistencia frente a futuras cargas sísmicas. Asimismo, se recomienda que en el caso de modificar el uso de la edificación o realizar ampliaciones, se realice un nuevo análisis de fuerzas cortantes para garantizar que los nuevos elementos no afecten la estabilidad estructural.



Cuarto, A pesar de que los desplazamientos laterales están dentro de los límites permisibles, se sugiere implementar un sistema de monitoreo para detectar desplazamientos adicionales que puedan ocurrir debido a sismos o asentamientos del terreno. Además, se recomienda realizar simulaciones con diferentes escenarios sísmicos para evaluar el comportamiento ante sismos de mayor magnitud y evaluar posibles medidas para mejorar la rigidez lateral en plantas superiores, si es necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros Bastidas, L. M., & Peñafiel Plazarte, M. J. (2025). *Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos* [bachelorThesis, Quito, 2015.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10314>
- Cáceres Gaibor, C. A. (2018). *Análisis comparativo técnico-económico de un sistema tradicional aporticado y un sistema estructural liviano para la construcción de viviendas*. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/26083>
- Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Eulogio Trinidad, J. C. (2023). *Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas existentes de muros de tapial reforzado con mallas electrosoldadas en Llata— Huánuco, 2023*. <https://repositorio.unheval.edu.pe/item/78a08fd0-b309-447d-8cf9-0b8f08e907fa>
- Gutiérrez Bernal, A. N. (2024). *Evaluación del comportamiento sísmico mediante análisis no lineal de puente férreo con superestructura de tipología de placa sobre vigas postensadas en la Ciudad de Cali*. <https://hdl.handle.net/1992/74682>
- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., & Moreno, L. (2018). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. 3Ciencias.
- Hurtado Díaz, J. A. (2023). *Evaluación del comportamiento sísmico mediante análisis no lineales estáticos y cronológicos del Edificio Palmares*. <https://hdl.handle.net/1992/64268>



- Iglesias, M. E. (2021). *Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos*. Noveduc.
- Inocente jacho, G. W. A., & Velásquez Díaz, C. F. (2024). Evaluación del comportamiento sísmico del pabellón "b" de la I.E. 42003 Coronel Gregorio Albarracín mediante el análisis Pushover—Tacna, 2024. *Universidad Privada de Tacna*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3990>
- Mamani Roque, E. R. (2018). Determinación del nivel de desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018. *Universidad Nacional del Altiplano*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/10686>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). *Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación* [Text.Chapter]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Mejia Cuéllar, J. (2022). Análisis comparativo de comportamientos sísmicos entre sistemas estructurales aporticados configurados con acartelamientos de secciones cónicas, y los sistemas estructurales aporticado y dual convencionales; caso edificación "Residencial Kala", Cusco 2021. *Universidad Andina del Cusco*.
<https://repositorio.uandina.edu.pe/item/f59f17df-d801-4b28-8160-eae39cdf3f30>
- Monja Maza, A. (2024). Evaluación del comportamiento sísmico en edificaciones de concreto armado. *Repositorio Institucional - USS*.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13145>
- Nieto Jimenez, D. (2021). Aplicación del Sistema Estructural Aporticado para Analizar el Comportamiento Sísmico, Edificio Lavado, Huancayo-2021. *Repositorio Institucional - UPLA*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3574>
- Palomino Álvarez, S. (2025). *Evaluación del comportamiento sísmico mediante análisis no lineal de un puente vehicular La Doctrina en el departamento de Putumayo*.
<https://hdl.handle.net/1992/75649>



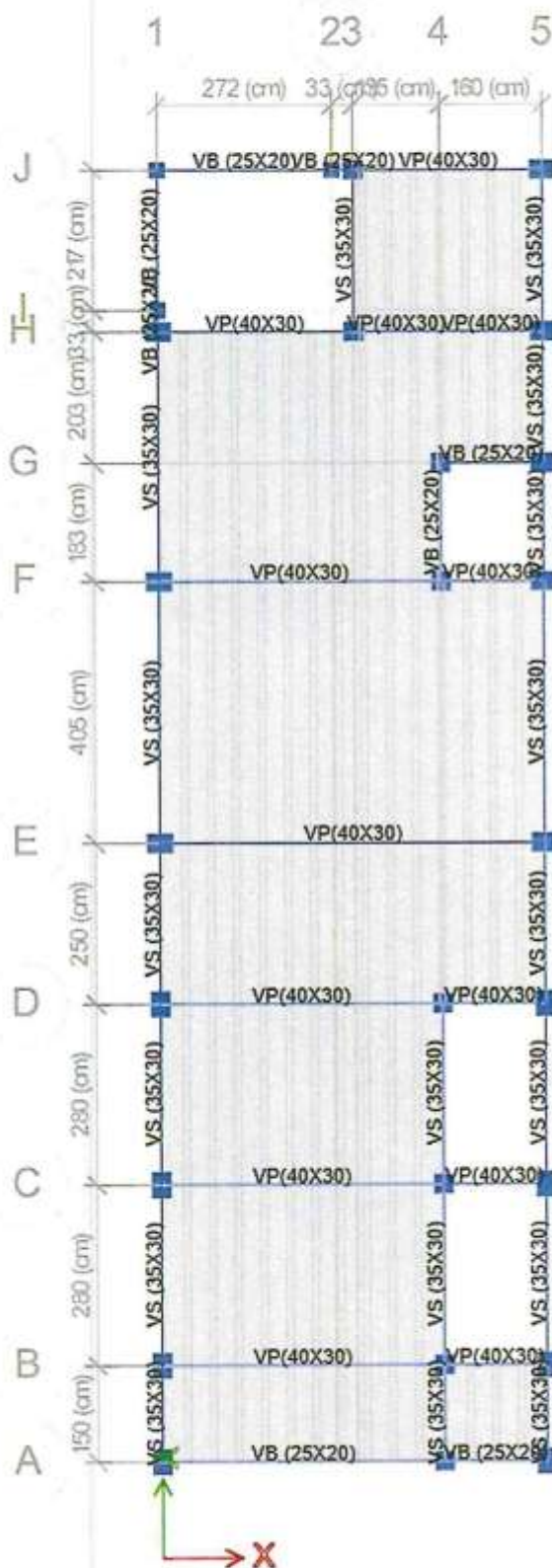
- Peinado Pacheco, F. V. (2022). Evaluación del comportamiento sísmico de edificios de concreto armado aplicando la metodología del perfil bio-sísmico y diseño por desempeño. *Universidad Nacional de Ingeniería*.
<https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22537>
- Pérez Benito, C. E. (2019). Análisis del comportamiento sísmico de una edificación empleando diferentes sistemas estructurales – Lima 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49046>
- Pimienta, J., Orden, A. de la, & Estrada, R. (2018). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Reto Espinoza, K. Y. (2023). Evaluación del comportamiento sísmico de un edificio existente de concreto armado en relación a la NTP E.030 Diseño Sismorresistente, Piura 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/152711>
- Reyes, E. (2022). *Metodologia de la Investigacion Cientifica*. Page Publishing Inc.
- Rodríguez Gómez, A. F. (2024). *Evaluación del comportamiento sísmico mediante análisis no lineal de un puente vehicular de vigas preesforzadas*.
<https://hdl.handle.net/1992/74567>
- Salamanca López, N. (2025). *Evaluación del comportamiento sísmico de puente en voladizos sucesivos mediante análisis no lineal*. <https://hdl.handle.net/1992/76356>
- Salcedo Chahud, C. A. (2022). *Evaluación del comportamiento sísmico del Puente Villena construido en 1967 usando un método basado en el desempeño*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/22733>
- Tipula Yanapa, C. G. (2024). Análisis comparativo del comportamiento estructural de una edificación multifamiliar con reforzamiento sísmico mediante tres tipos de aisladores, Juliaca-2023. *Repositorio Institucional - UPT*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3460>



ANEXOS

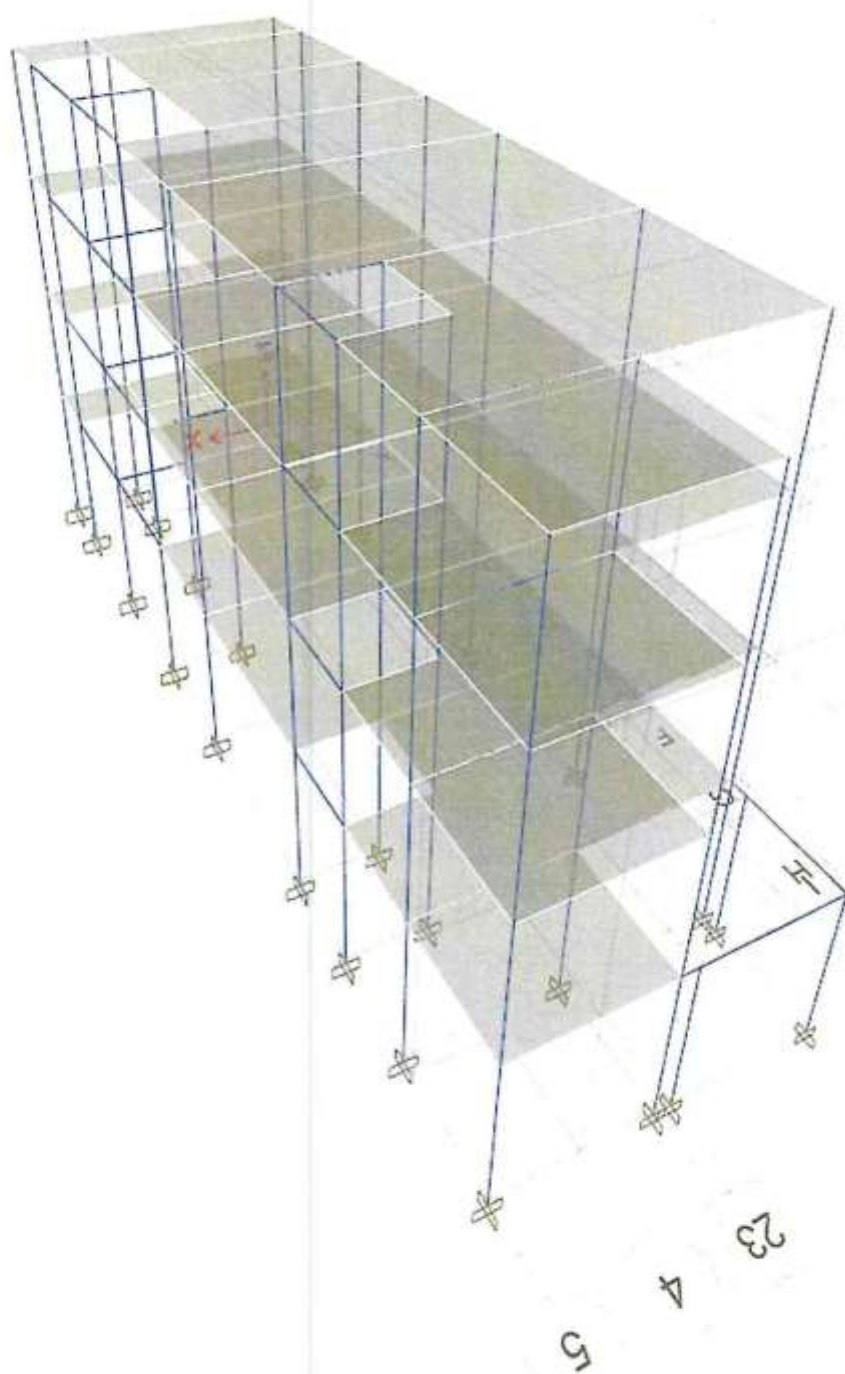
Anexo. Matriz de Consistencia

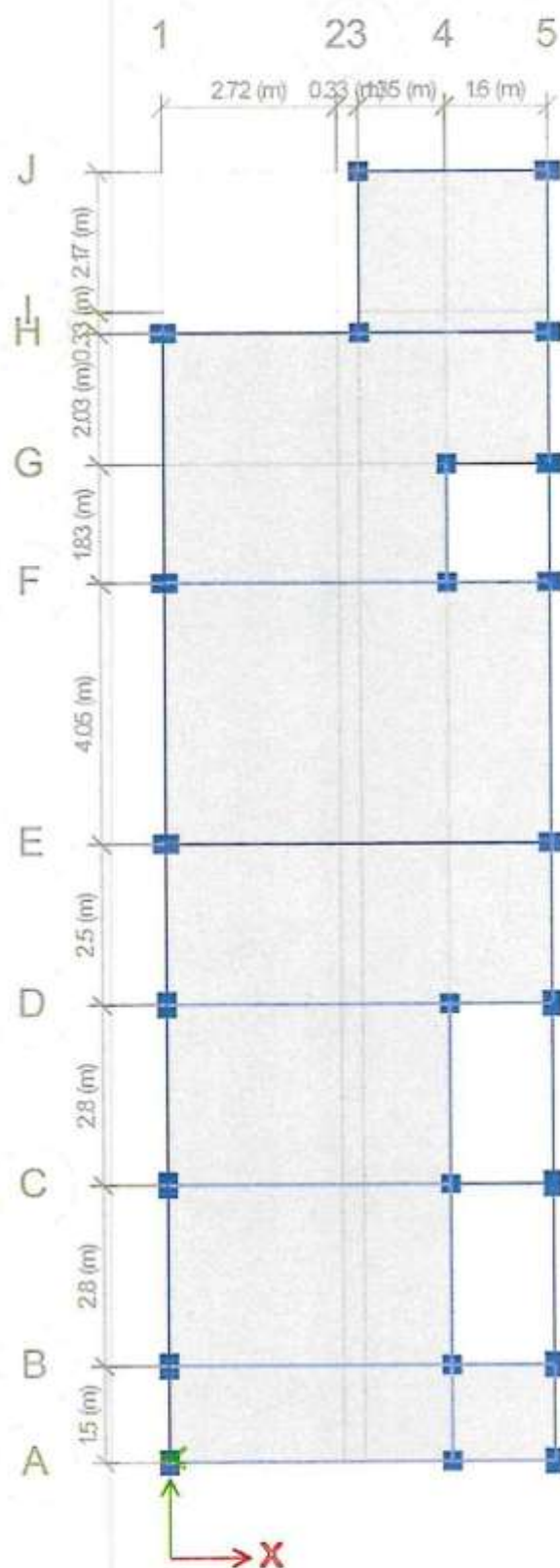
TITULO DE TESIS: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025”				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
¿Cómo es el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025?	Evaluar el comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025.	El comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel 2025, variará significativamente.	Variable de Caracterización <i>Losas pretensadas y losas convencionales</i> Indicadores <i>Armado tradicional de losa convencional</i> <i>Pretensados con aceros de losa pretensada</i> Variable de Interés <i>Comportamiento sísmico de sistema estructural aporticado de concreto</i> Indicadores <i>Parámetros mínimos</i> <i>Irregularidades estructurales</i> <i>Fuerzas cortantes</i> <i>Desplazamientos laterales.</i>	Simulaciones de sismos, software de análisis estructural (como SAP2000, ETABS, etc.), modelos matemáticos.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles son los parámetros mínimos para la determinación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel? ¿Cuáles son las irregularidades estructurales mediante el análisis estático de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel? ¿Cuáles son las fuerzas cortantes en la base por medio de un análisis dinámico modal espectral de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel? ¿Cuáles son los desplazamientos laterales de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel?	Identificar los parámetros mínimos para la determinación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel. Verificar las irregularidades estructurales mediante el análisis estático de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel. Analizar las fuerzas cortantes en la base por medio de un análisis dinámico modal espectral de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel. Verificar los desplazamientos laterales de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel.	Los parámetros mínimos para la determinación del comportamiento sísmico de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel, serán similares para ambos análisis. Las irregularidades estructurales mediante el análisis estático de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel, se presentarán en planta y en altura. Las fuerzas cortantes en la base por medio de un análisis dinámico modal espectral de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel, estarán dentro de las cortantes aceptables. Los desplazamientos laterales de un sistema estructural aporticado de concreto armado de una vivienda unifamiliar y comercio con losas convencionales y pretensadas en el distrito de San Miguel, cumplirán en ambos sistemas.		





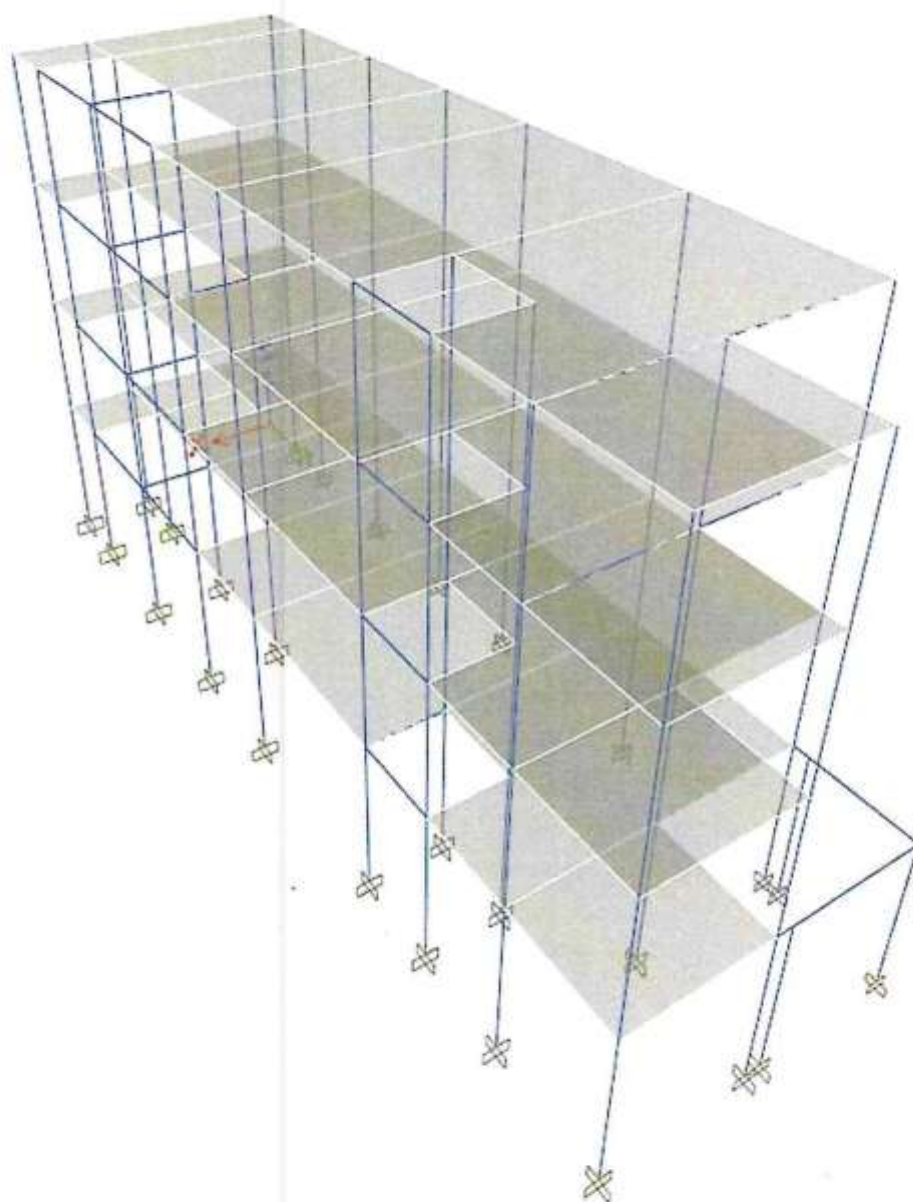
Anexo. Losa pretensada







Anexo. Losa convencional





ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 30-03-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: HENRY PAUL FLORES PERALTA
Dirección: Jr. LAS MAGNOLIAS 116 BR-LLAVINI
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71215333
Teléfono: 989 677 492 email: henrypaulfloresperalta@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL APORTICADO
DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR Y COMERCIO CON LOSAS CONVENCIONALES
Y PRETENSADAS EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): COMPORTAMIENTO SÍSMICO, SISTEMA ESTRUCTURAL, LOSAS CONVENCIONALES, LOSAS
PRETENSADAS, FUERZAS CORTANTES, DESPLAZAMIENTOS LATERALES, DISEÑO SÍSMICO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.



Internacional



Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

Firma de Autor



huella digital

30-03-2026

Fecha