



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES



**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL
Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO
EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL
SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

ARNALDO YANA TORRES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES

JULIACA – PERÚ

2025



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL
Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO
EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL
SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

ARNALDO YANA TORRES

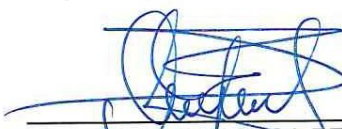
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

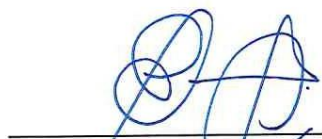
MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES

APROBADA POR:

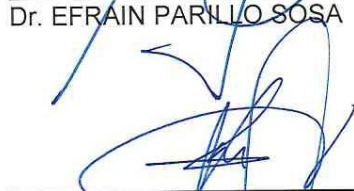
PRESIDENTE DEL JURADO :


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS :


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P49



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 042-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 10 de enero del 2025

VISTOS:

El expediente N° 2025-000115 presentado por el (a) Bachiller, **ARNALDO YANA TORRES**, quien solicita nominación de jurados y Fecha y hora de sustentación de tesis, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller. **ARNALDO YANA TORRES**, con número de DNI. **41414676** y con número de matrícula **131570025**, ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la tesis titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**, para optar el **GRADO de MAGISTER INGENIERÍA CIVIL** Mención: **DISEÑO Y CONSTRUCCIONES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**;

Que, mediante Resolución N° 811-2024-USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N° 1811-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA Y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P49**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN**.

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 00091 de fecha 10 de enero del 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico*;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del informe final de la investigación (BORRADOR DE TESIS), del (la) Bach: **ARNALDO YANA TORRES**, para optar el **GRADO de MAGISTER INGENIERÍA CIVIL**, Mención: **DISEÑO Y CONSTRUCCIONES**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

Presidente	: Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Primer miembro	: Dr. EFRAIN PARILO SOSA
Segundo miembro	: Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Asesor	: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

Fecha	: Lunes 13 de enero del 2025
Hora	: 08:30 a.m.
Lugar	: Aula N° 310 EPG-UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - el Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leopoldo Wenceslao Candiani Cari
DIRECTOR (o)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01811-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 06 de noviembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-012859 de fecha 17 de octubre de 2024, el (la) Bach. **ARNALDO YANA TORRES**, con DNI N° 41414676, código de matrícula N° 131570025, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); **INFORME N° 00767-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** del 05 de noviembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-012859 el (la) Bach. **ARNALDO YANA TORRES**, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P49**, para optar el **GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **DISEÑO Y CONSTRUCCIONES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00767-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. **ARNALDO YANA TORRES**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como **ASESOR** al (a) Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN
Juliaca - Perú
Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0811-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 04 de Julio de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-07667 de fecha 24 de junio de 2024, el (la) Bach. ARNALDO YANA TORRES, con DNI N° 41414676, código de matrícula N° 131570025, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 00110-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 03 de julio de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-07667 el (la) Bach. ARNALDO YANA TORRES, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** Línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P49, para optar el GRADO de **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL** con mención en: **DISEÑO Y CONSTRUCCIONES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del **ASESOR Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00110-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. ARNALDO YANA TORRES, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR al Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Cari
DIRECTOR (e)

DISTRIBUCIÓN:
DIRECCIÓN EPG, INTERESADO,
ASPA UANCV

Jr. Loreto N° 450 - ☎ (051) 329145 - Pag. Web: www.epg@uancv.edu.pe - Juliaca - Perú



ARNALDO YANA TORRES

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCI...

 TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:525025610

Fecha de entrega

8 nov 2025, 12:49 GMT-5

Fecha de descarga

9 nov 2025, 10:29 GMT-5

Nombre del archivo

T036_41414676_M.docx

Tamaño del archivo

28.2 MB

272 páginas

46.585 palabras

256.919 caracteres



TESIS UANCV

14% 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

- 11%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 10%  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.

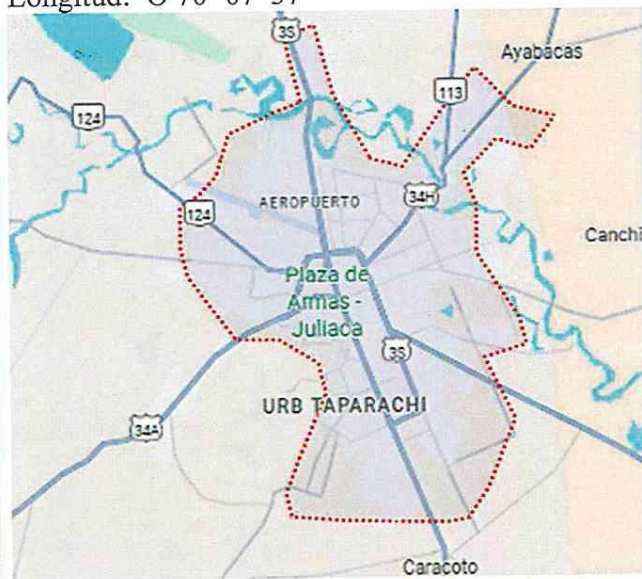
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
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 de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Miembro del jurado 2	



Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/6E5FH5PmgVdWiKig7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Enero 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04

UNIVERSIDAD ANDRÉS BASTO CÁDIZ VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADODr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - ERG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ARNALDO YANA TORRES, identificado con DNI
Nro. 41414676, en mi condición de egresado de:

- ☐ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☒ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: DISEÑO Y CONSTRUCCIONES

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

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE
REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD
DE JULIACA 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 09 de octubre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella





DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por todas sus bendiciones y por haberme dado la vida, la fortaleza, la valentía y el ánimo de seguir adelante. A mi familia por su apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTO

*A la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina
Néstor Cáceres Velásquez que me dio los conocimientos
profesionales de calidad; A mi familia y a todos que me
brindaron su apoyo por lograr esta meta.*



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	24
1.2 Planteamiento del problema.....	25
1.2.1 Problema general.....	25
1.2.2 Problemas específicos.....	25
1.3 Justificación de la investigación.....	26
1.3.1 Justificación técnica.....	26
1.3.2 Justificación económica.....	27
1.3.3 Justificación social.....	29
1.3.4 Justificación ambiental.....	30
1.4 Objetivos.....	32
1.4.1 Objetivo general.....	32
1.4.2 Objetivos específicos.....	32
1.5 Importancia y alcance de la investigación.....	33
1.5.1 Importancia.....	33



1.5.2 Alcance	34
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación	37
1.6.1 Limitaciones	37
1.6.2 Delimitación	40
1.7 Hipótesis	44
1.7.1 Hipótesis general	44
1.7.2 Hipótesis específicas	44
1.8 Variables e indicadores	45
1.8.1 Variable independiente	45
1.8.2 Variable dependiente	45
1.9 Operacionalización de variables	46

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	47
2.1.1 Antecedentes internacionales	47
2.1.2 Antecedente nacional.....	51
2.1.3 Antecedente local.....	55
2.2 Bases teóricas.....	60
2.2.1 Sismos	60
2.2.2 Tectónica de placas	61
2.2.3 Tectónico regional.....	62
2.2.4 Tipos de sismos	63
2.2.4.1 Sismos interplaca	63
2.2.4.2 Sismos corticales.....	64
2.2.5 Riesgo sísmico.....	64
2.2.6 Peligro sísmico.....	65
2.2.7 Vulnerabilidad sísmica	65



2.2.7.1 Componentes de la vulnerabilidad sísmica	66
2.2.8 Ingeniería sismorresistente	68
2.2.9 Sismicidad normativa en el Perú	69
2.2.10 Causas de fallas estructurales en edificaciones	70
2.2.10.1 Efecto de columna corta	70
2.2.10.2 Falla por piso blando.....	71
2.2.10.3 Falla por torsión en planta	73
2.2.10.4 Golpeteo entre edificios	74
2.2.10.5 Falta de confinamiento de columnas.....	74
2.2.10.6 Elementos no estructurales.....	75
2.2.11 Metodos de evaluación sísmica	76
2.2.12 Metodo FEMA P – 154.....	76
2.2.13 Metodo de índice de vulnerabilidad	79
2.2.14 Metodo hirosawa.....	80
2.2.15 Análisis lineal de la estructura	87
2.2.16 Análisis estático lineal	88
2.2.17 Análisis dinámico lineal	91
2.2.18 Análisis estático no lineal (pushover)	92
2.2.19 Curva de capacidad	94
2.2.20 Espectro de capacidad.....	97
2.2.21 Espectro de demanda	99
2.2.22 Metodo espectro capacidad	100
2.2.23 Metodo coeficientes	100
2.2.24 Puntos de desempeño	103
2.2.25 Diseño basado en desempeño.....	105
2.2.26 Nivel de desempeño	107
2.2.27 Niveles de desempeño.....	114
2.2.27.1 Propuesta del comité VISION 2000	121



2.2.27.2 Propuesta del Eurocódigo 8.....	122
2.2.27.3 Propuesta del ASCE 41-17	123
2.2.28 Niveles de amenaza sísmica.....	128
2.2.28.1 Propuesta VISION 2000	131
2.2.28.2 Propuesta Eurocódigo 8	131
2.2.29 Objetivos de desempeño.....	132
2.2.29.1 Propuesta VISION 2000	133
2.2.29.2 Propuesta ASCE 41-17.....	133
2.2.30 Límites de aceptabilidad.....	134
2.2.31 Análisis estático no lineal (AENL).....	135
2.2.31.1 Influencia del patrón lateral de cargas	138
2.2.31.2 Ventajas del análisis estático no lineal.....	141
2.2.31.3 Limitaciones del análisis estático no lineal	142
2.2.31.4 Procedimientos mejorados del análisis no lineal	144
2.2.32 Metodos de reforzamiento estructural	146
2.2.32.1 Reforzamiento a nivel de estructura.....	147
2.2.32.2 Reforzamiento a nivel de elemento.....	147
2.2.32.3 Contraventeo de marcos o pórticos	148
2.2.32.4 Encamisado en elementos de concreto armado	149
2.2.32.5 Adición de muros laterales a columnas existentes.....	151
2.2.32.6 Contrafuertes.....	153
2.2.32.7 Adición de placas.....	154
2.2.33 Sistemas de protección sísmica moderna	156
2.2.33.1 Disipadores activados por desplazamientos	157
2.2.33.2 Disipadores activados por velocidad.....	158
2.2.33.3 Disipadores dependientes de la velocidad y desplazamiento.....	159
2.3 Marco conceptual	160



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación.....	162
3.2 Método de investigación	162
3.3 Tipo de investigación.....	163
3.4 Nivel de Investigación.....	163
3.5 Diseño de investigación.....	163
3.6 Población y muestra	164
3.6.1 Población	164
3.6.2 Muestra.....	166
3.6.3 Muestreo.....	169
3.6.4 Procedimiento	170
3.6.5 Técnicas e instrumentos de investigación	171
3.7 Procesamiento y análisis de datos	171
3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad	172
3.8.1 Validación de instrumentos	172
3.8.1.1 Validación de inspecciones visuales estructurales.....	172
3.8.1.2 Validación de ensayos no destructivos (END)	173
3.8.1.3 Validación de modelos computacionales	173
3.8.1.4 Validación de encuestas y entrevistas estructurales	174
3.8.2 Confiabilidad de instrumentos	174
3.8.2.1 Confiabilidad en inspecciones visuales.....	175
3.8.2.2 Confiabilidad en ensayos no destructivos	175
3.8.2.3 Confiabilidad en modelos computacionales	175
3.8.2.1 Confiabilidad en encuestas y entrevistas	176



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos	177
4.1.1 El estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario	177
4.1.2 El desempeño sismico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario	195
4.1.3 La propuesta de diseño de reforzamiento más viables para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario	212
4.1.3.1 Sistema de reforzamiento - propuesta 1	212
4.1.3.1 Sistema de reforzamiento - propuesta 2	225
CONCLUSIONES	240
RECOMENDACIONES	241
REFERENCIAS	242
ANEXOS	244



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	46
Tabla 2 Determinación de la región de sismicidad.....	77
Tabla 3 Índice de vulnerabilidad (Ivn) – Benedetti y Petrini 1984.....	79
Tabla 4 Clasificaciones de la vulnerabilidad en base al Iv según Benedetti	80
Tabla 5 Esquema de evaluación mediante el metodo hirosawa	81
Tabla 6 Clasificación de elementos estructurales	82
Tabla 7 Condiciones del coeficiente alfa.....	84
Tabla 8 Condiciones para el índice de ductilidad F.....	84
Tabla 9 Valores para Gi y Ri.....	85
Tabla 10 Tabla de valores para T1 y T2	86
Tabla 11 Valores para T3, T4 y T5	87
Tabla 13 Desplazamientos admisibles	88
Tabla 14 Valores de factor de modificación C0.....	101
Tabla 15 Valores para factores de masa efectiva	102
Tabla 16 Niveles de desempeño ATC – 40 y VISION 2000	114
Tabla 17 Niveles de peligro sismico según ATC-40.....	116
Tabla 18 Nivel de desempeño esperado	117
Tabla 19 Niveles de peligro sismico según VISION 2000	117
Tabla 20 Estado de daño según SEAOC.....	118
Tabla 21 Matriz de objetivo para edificaciones según SEAOC	120
Tabla 23 Niveles de movimiento sismico	131
Tabla 24 Objetivos recomendados de desempeño	133
Tabla 25 Objetivos de desempeño de acuerdo a ASCE 41-17	133
Tabla 26 Valores límites de derivas de entrepiso (SEAOC).....	134
Tabla 27 Valores límites de derivas de entrepiso (Elnashai & Di Sarno, 2015).....	134



Tabla 28 Descripción de estados de daño y derivas de entrepiso (%) en pórticos con muros de relleno (Sipos et al)	135
Tabla 29 Levantamiento de daños, bloque 1	177
Tabla 30 Levantamiento de daños, bloque 2	179
Tabla 31 Levantamiento de daños, bloque 3	180
Tabla 32 Levantamiento de daños, bloque 4	182
Tabla 33 Levantamiento de daños, bloque 5	184
Tabla 34 Resumen del estudio de mecánica de suelos	185
Tabla 35 Especificaciones de infraestructura actual, bloque 1, 2,3,4,5	186
Tabla 36 Cuantía de acero en columnas, bloque 1	188
Tabla 37 Cuantía de acero en columnas, bloque 2	190
Tabla 38 Cuantía de acero en columnas, bloque 3	191
Tabla 39 Cuantía de acero en columnas, bloque 4	193
Tabla 40 Cuantía de acero en columnas, bloque 5	195
Tabla 41 Puntuación final del nivel 1 (bloque 1)	195
Tabla 42 Puntuación final del nivel 2 (bloque 1)	196
Tabla 43 Puntuación final del nivel 1 (bloque 2)	199
Tabla 44 Puntuación final del nivel 2 (bloque 2)	199
Tabla 45 Puntuación final del nivel 1 (bloque 3)	202
Tabla 46 Puntuación final del nivel 2 (bloque 3)	202
Tabla 47 Puntuación final del nivel 1 (bloque 4)	205
Tabla 48 Puntuación final del nivel 2 (bloque 4)	205
Tabla 49 Puntuación final del nivel 1 (bloque 5)	208
Tabla 50 Puntuación final del nivel 2 (bloque 5)	208
Tabla 51 Desempeño sísmico estructural de 5 bloques	211
Tabla 52 Características para una columna tipo 1 reforzada (propuesta 1)	217
Tabla 53 Características para una columna tipo 2 reforzada (propuesta 1)	218
Tabla 54 Características para una columna tipo 3 reforzada (propuesta 1)	219



Tabla 55 <i>Características para una columna tipo 4 reforzada (propuesta 1)</i>	221
Tabla 56 <i>Características para una columna tipo 1 reforzada (propuesta 2)</i>	230
Tabla 57 <i>Características para una columna tipo 2 reforzada (propuesta 2)</i>	231
Tabla 58 <i>Características para una columna tipo 3 reforzada (propuesta 2)</i>	233
Tabla 59 <i>Características para una columna tipo 4 reforzada (propuesta 2)</i>	234



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Placas tectónicas de la tierra y su dirección de movimiento</i>	61
Figura 2 <i>Bordes o límites entre placas principales</i>	61
Figura 3 <i>Esquema de los dos tipos de subducción en el Peru</i>	62
Figura 4 <i>Sismos interplaca</i>	63
Figura 5 <i>Tipos de sismo que ocurren en las placas de Nazca y Sudamérica</i>	64
Figura 6 <i>Elementos estructurales de una edificación</i>	66
Figura 7 <i>Elementos no estructurales de una edificación</i>	67
Figura 8 <i>Zonificación para proyecto educativo</i>	68
Figura 9 <i>Normativas de diseño sismorresistente desde 1970</i>	69
Figura 10 <i>Daño estructural grave por efecto de columna corta</i>	70
Figura 11 <i>Irregularidad de piso blando</i>	71
Figura 12 <i>Configuración de tipo blando</i>	72
Figura 13 <i>Ejemplos de colapso debido a piso blando</i>	72
Figura 14 <i>Torsión en planta: definición de CM, CR y excentricidad</i>	73
Figura 15 <i>Esquema de golpeteo</i>	74
Figura 16 <i>Daños en una viga - columna</i>	75
Figura 17 <i>Desprendimiento de elementos no estructurales</i>	76
Figura 18 <i>Ficha de inspección sísmica para una zona de sismicidad elevada</i>	78
Figura 19 <i>Descripción de cada una de las características (qi)</i>	85
Figura 20 <i>Zonificación para proyecto educativo</i>	89
Figura 21 <i>Análisis modal espectral</i>	92
Figura 22 <i>Diagrama para un análisis estático no lineal</i>	93
Figura 23 <i>Curva de capacidad pushover</i>	94
Figura 24 <i>Espectro según norma ASCE 7-10</i>	95
Figura 25 <i>Espectro de capacidad</i>	98



Figura 26 <i>Curva de capacidad a espectro de capacidad</i>	99
Figura 27 <i>Espectro de demanda y espectro reducido</i>	99
Figura 28 <i>Curva de capacidad idealizada</i>	100
Figura 29 <i>Espectros de capacidad, punto de desempeño y demanda</i>	104
Figura 30 <i>Pasos para la obtención del PD según el ATC – 40</i>	105
Figura 31 <i>Diagrama de flujo de diseño sísmico basado en desempeño</i>	113
Figura 32 <i>Niveles de desempeño según SEAOC</i>	118
Figura 33 <i>Sectorización de la curva de capacidad según SEAOC</i>	119
Figura 34 <i>Niveles de desempeño</i>	121
Figura 35 <i>Concepto básico del análisis pushover</i>	136
Figura 36 <i>Diagrama de flujo del análisis pushover</i>	137
Figura 37 <i>La conversión básica de un modelo estructural detallado (MDOF) es un sistema equivalente SODF</i>	138
Figura 38 <i>Dos patrones típicos de patrones laterales de carga usados en análisis pushover tradicionales</i>	139
Figura 39 <i>Diferencias de curvas de capacidad para 3 diferentes patrones de carga</i>	141
Figura 40 <i>Pushover adaptado: la forma de vector de carga es actualizado</i>	144
Figura 41 <i>Curvas pushover de procedimientos convencionales y adaptativos</i>	146
Figura 42 <i>Reforzamiento a nivel de estructura</i>	147
Figura 43 <i>Reforzamiento a nivel de elemento estructural</i>	147
Figura 44 <i>Tipos de configuración de contravientos</i>	148
Figura 45 <i>Refuerzo estructural de edificio mediante adición de contravientos</i>	148
Figura 46 <i>Columna reforzada mediante encamisado</i>	149
Figura 47 <i>Detalle de reforzamiento de columna</i>	150
Figura 48 <i>Reforzamiento de viga con concreto</i>	151
Figura 49 <i>Adición de muros laterales o alas a columnas existentes</i>	152
Figura 50 <i>Adición de muro lateral a columna existente</i>	152
Figura 51 <i>Contrafuerte de concreto en estructura existente</i>	153



Figura 52 <i>Tipos de fallas en muros o placas</i>	154
Figura 53 <i>Reforzamiento mediante adición de placas</i>	155
Figura 54 <i>Proceso constructivo de adición de placas</i>	156
Figura 55 <i>Ciclo fuerza – deformación disipadores</i>	157
Figura 56 <i>Disipadores activados por desplazamientos</i>	158
Figura 57 <i>Disipador fluido viscosa</i>	158
Figura 58 <i>Disipador muro viscosa</i>	159
Figura 59 <i>Disipador solido visco elástico</i>	159
Figura 60 <i>Bloques en estudio de la Institución Educativa Secundaria</i>	170
Figura 61 <i>Bloque 1 – Cimentación</i>	187
Figura 62 <i>Bloque 1 – Detalle de columnas</i>	188
Figura 63 <i>Bloque 2 – Cimentación</i>	189
Figura 64 <i>Bloque 2 – Detalle de columnas</i>	189
Figura 65 <i>Bloque 3 – Cimentación</i>	190
Figura 66 <i>Bloque 3 – Detalle de columnas</i>	191
Figura 67 <i>Bloque 4 – Cimentación</i>	192
Figura 68 <i>Bloque 4 – Detalle de columnas</i>	192
Figura 69 <i>Bloque 5 – Cimentación</i>	194
Figura 70 <i>Bloque 5 – Detalle de columnas</i>	194
Figura 71 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 1 – Nivel 1 – FEMA 154</i>	197
Figura 72 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 1 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154</i>	198
Figura 73 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 2 – Nivel 1 – FEMA 154</i>	200
Figura 74 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 2 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154</i>	201
Figura 75 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 3 – Nivel 1 – FEMA 154</i>	203
Figura 76 <i>Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 3 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154</i>	204



Figura 77 Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 4 – Nivel 1 – FEMA 154206	
Figura 78 Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 4 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154.....	207
Figura 79 Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 5 – Nivel 1 – FEMA 154209	
Figura 80 Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 5 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154.....	210
Figura 81 Comparación de resultados de desempeño sísmico estructural de 5 bloques	211
Figura 82 Propuesta de reforzamiento “A” (propuesta 1)	213
Figura 82 Propuesta de reforzamiento “B” (propuesta 1)	214
Figura 83 Modelamiento de propuesta de reforzamiento A (propuesta 1)	214
Figura 84 Modelamiento de propuesta de reforzamiento B (propuesta 1)	215
Figura 85 Características del concreto para reforzamiento (propuesta 1)	215
Figura 86 Características del acero (propuesta 1).....	216
Figura 87 Diseño de reforzamiento de columna tipo 1 (propuesta 1)	217
Figura 88 Diseño de sección de columna tipo 1 (propuesta 1)	217
Figura 89 Diseño de reforzamiento de columna tipo 2 (propuesta 1)	218
Figura 90 Diseño de sección de columna tipo 2 (propuesta 1)	219
Figura 91 Diseño de reforzamiento de columna tipo 3 (propuesta 1)	220
Figura 92 Diseño de sección de columna tipo 3 (propuesta 1)	220
Figura 93 Diseño de reforzamiento de columna tipo 4 (propuesta 1)	221
Figura 94 Diseño de sección de columna tipo 4 (propuesta 1)	222
Figura 95 Diseño de placa tipo P-1 (propuesta 1)	222
Figura 96 Diseño de sección de placa (1.40m x 0.30m) (propuesta 1)	223
Figura 97 Pushover estructura reforzada según propuesta A, en eje X-X (propuesta 1)	223
Figura 98 Pushover estructura reforzada según propuesta A, en eje Y-Y (propuesta 1)	224



Figura 99 <i>Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje X-X</i> (propuesta 1)	224
Figura 100 <i>Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje Y-Y</i> (propuesta 1)	225
Figura 101 <i>Propuesta de reforzamiento “A” (propuesta 2)</i>	226
Figura 102 <i>Propuesta de reforzamiento “B” (propuesta 2)</i>	226
Figura 103 <i>Modelamiento de propuesta de reforzamiento “A” (propuesta 2)</i>	227
Figura 104 <i>Modelamiento de propuesta de reforzamiento “B” (propuesta 2)</i>	227
Figura 105 <i>Características del concreto para reforzamiento (propuesta 2)</i>	228
Figura 106 <i>Características del acero (propuesta 2)</i>	229
Figura 107 <i>Diseño de reforzamiento de columna tipo 1 (propuesta 2)</i>	230
Figura 108 <i>Diseño de sección de columna tipo 1 (propuesta 2)</i>	231
Figura 109 <i>Diseño de reforzamiento de columna tipo 2 (propuesta 2)</i>	232
Figura 110 <i>Diseño de sección de columna tipo 2 (propuesta 2)</i>	232
Figura 111 <i>Diseño de reforzamiento de columna tipo 3 (propuesta 2)</i>	233
Figura 112 <i>Diseño de sección de columna tipo 3 (propuesta 2)</i>	234
Figura 113 <i>Diseño de reforzamiento de columna tipo 4 (propuesta 2)</i>	235
Figura 114 <i>Diseño de sección de columna tipo 4 (propuesta 2)</i>	235
Figura 115 <i>Diseño de placa tipo P-1 (propuesta 2)</i>	236
Figura 116 <i>Diseño de sección de placa (3.25m x 0.30m) (propuesta 2)</i>	236
Figura 117 <i>Diseño de placa tipo P-2 (propuesta 2)</i>	237
Figura 118 <i>Diseño de sección de placa (1.50m x 0.30m) (propuesta 2)</i>	237
Figura 119 <i>Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento “A” en eje X-X</i> (propuesta 2)	238
Figura 120 <i>Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento “A” en eje Y-Y</i> (propuesta 2)	238
Figura 121 <i>Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje X-X</i> (propuesta 2)	239



Figura 122 *Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje Y-Y*

(propuesta 2) 239

xvii



RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea realizar la evaluación del desempeño sísmico estructural para una propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario en la ciudad de Juliaca, considerando que en esta investigación la verificación se realizó en 5 instituciones educativas estatales. La metodología es un enfoque mixto debido al análisis de zonas de estudio para luego realizar mediciones numéricas, el método de investigación es científico ya que permite establecer relaciones precisas y confiables este método garantiza las soluciones a propuestas, el tipo de investigación es de carácter aplicado por optimizar el desempeño estructural en las edificaciones primeramente haciendo una evaluación del estado actual de dichas, habiendo encontrado fisuramiento, filtraciones, humedad, pandeo, exposición de aceros y desgaste en todos los elementos estructurales como muros, losas, vigas, columnas, losas; seguidamente la evaluación con ayuda del sistema FEMA 156 se obtuvieron valores de SL1 y SL2; dentro de las cuales se consideró que los bloques 1,2,3 no son propensos a derrumbes frente a una existente sismo, en consecuencia los bloques 4 y 5 no cumplen los requerimientos que nos señala el FEMA 154 por ende son más propensos a derrumbes por su déficit en la mayoría de sus elementos estructurales tanto, tanto de manera externa e interna; finalmente como propuesta de mejoramiento de sus elementos estructurales realizar el encamisado de columnas, incorporaciones de losas de concreto, adición de placas de concreto, para dicho reforzamiento estructural.

Palabras clave: Desempeño Sísmico Estructural, Propuesta de Reforzamiento, FEMA 156.



ABSTRACT

The present research work proposes to evaluate the structural seismic performance for a proposal of reinforcement design in state institutions of secondary level in the city of Juliaca, considering that in this research the verification was carried out in 5 state educational institutions. The methodology is a mixed approach due to the analysis of study areas to then perform numerical measurements, the research method is scientific because it allows to establish accurate and reliable relationships this method guarantees the proposed solutions, the type of research is applied to optimize the structural performance in the buildings first making an assessment of the current state of these, having found cracking, leaks, moisture, buckling, exposure of steel and wear in all structural elements such as walls, slabs, beams, columns, slabs; Then the evaluation with the help of the FEMA 156 system obtained values of SL1 and SL2; within which it was considered that blocks 1, 2, 3 are not prone to collapse against an existing earthquake, consequently blocks 4 and 5 do not meet the requirements of FEMA 154 and therefore are more prone to collapse because of its deficit in most of its structural elements, both externally and internally; Finally, as a proposal for improvement of its structural elements, we propose to carry out the encasing of columns, incorporation of concrete slabs, addition of concrete slabs, for such structural reinforcement.

Keywords: Structural Seismic Performance, Reinforcement Proposal.



INTRODUCCIÓN

El Perú, por su localización en el Cinturón de Fuego del Pacífico, está constantemente expuesto a los continuos eventos sísmicos. La infraestructura educativa es considerada según la NTP E-030 como esencial por lo que debe tener un desempeño operacional adecuado en caso de sismos, el objetivo es garantizar la seguridad de los estudiantes, docentes y personal educativo. Por lo que es primordial en este tipo de edificaciones conocer el desempeño sísmico, construidas en el pasado teniendo como ejecutor de obra a miembros de la comunidad por lo que existe incertidumbre respecto a la calidad del diseño y construcción.

El método Hirosawa; para la evaluación sísmica, con los resultados posteriormente se propondrá un diseño en el reforzamiento de la estructura de la Institución Educativa. Es necesario previamente realizar, una inspección en campo de la edificación y los ensayos que nos permiten conocer las características de la edificación como materiales que la componen, dimensiones e inspección visual. Utilizando los datos recopilados, que incluyen la elaboración de planos en planta y elevación, el sistema estructural, la resistencia con la que cuenta el concreto y escaneo de sus elementos estructurales, también se podrá determinar los índices de demanda y juicio estructural.

El método de análisis estático no lineal (Pushover); es aplicado para la evaluación sísmica y luego del estudio se propone un diseño para el reforzamiento estructural de la Institución Educativa. Se utiliza la información de la inspección en campo y de acuerdo a los planos elaborados, se usa el software ETABSv.21.1 para el modelado de la estructura; se definen los materiales previamente obtenidos mediante el ensayo de esclerometría y un escaneo magnético de los elementos estructurales posteriormente se insertan las cargas de forma gradual que nos permiten determinar y conocer el nivel de desempeño de las muestras.



El diseño de reforzamiento con placas de concreto armado en el reforzamiento estructural de las Instituciones Educativas. Se identifican los ejes y elementos críticos determinados mediante el AENL y se diseña el reforzamiento mediante la adición de placas previamente calculadas y se evalúa nuevamente a la estructura reforzada.

La importancia de la presente investigación se basa en conocer el desempeño sísmico actual de una edificación de uso esencial construida en los años 60, los perjuicios que podrían suscitarse si llegara a ocurrir un sismo; la finalidad es proponer un reforzamiento que garantice la seguridad de sus ocupantes, la continuidad del servicio educativo y de esta forma contribuir con la calidad de la infraestructura educativa.

Para el cumplimiento de los objetivos trazados en la presente investigación, primeramente, se realizó una visita técnica a la instalación educativa con el fin de realizar una inspección visual preliminar de la edificación en estudio e identificar daños, posteriormente se tomaron medidas para la preparación de planos de arquitectura y estructuras. Posteriormente, se realizó ensayos de esclerometría a probetas de concreto para así elaborar una curva de correlación rebote – resistencia del esclerómetro a ser utilizado. Con el esclerómetro debidamente calibrado se realizaron ensayos a los elementos estructurales de ambos bloques para determinar la resistencia del concreto. Debido a la ausencia de planos de estructuras se realizó el escaneo de cada bloque como columnas, vigas y losas (elementos estructurales) para determinar las medidas del acero longitudinal y transversal de dichos elementos. Así mismo se realizó el estudio de suelos para conocer su capacidad portante donde se emplazan las muestras en estudio.

Para comprender adecuadamente la investigación se presenta la información de la siguiente manera:

En el capítulo I, que inicia con el planteo la problemática sobre la exposición sísmica y seguridad de la infraestructura educativa en nuestro país, así mismo se detalla la problemática de la Institución Educativa en investigación. Así mismo, se muestran



antecedentes de la investigación nacionales como internacionales, se desarrollan conceptos teóricos sobre sismos, factores que intervienen y afectan el proceso para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura, niveles de desempeño, técnicas de reforzamiento tradicionales como actuales, por último, se explican los términos básicos.

En el segundo capítulo, dedicado al marco teórico, se realizará una recopilación exhaustiva de la información relevante para el tema. El objetivo primordial de este capítulo es recopilar antecedentes, construir el marco teórico y proporcionar los conceptos fundamentales que están directamente relacionados con el tema que se está investigando de manera exhaustiva.

En el tercer capítulo, el énfasis está puesto en la especificación del procedimiento metodológico utilizado en el desarrollo de esta investigación. Este componente se organiza dentro de un nivel explicativo, lo que valida su clasificación como una forma aplicada de investigación. El propósito de este tipo de investigación es proporcionar respuestas prácticas basadas en el análisis teórico. Esta sección también incluye descripciones exhaustivas de las particularidades de la población a la que se dirige, lo que proporciona un perfil detallado de las características que se asocian a dicha población. Del mismo modo, también se ofrece una explicación exhaustiva de la muestra elegida. Esta descripción corresponde al ámbito particular en el que se llevará a cabo el desarrollo del presente estudio.

El capítulo siguiente, que es el cuarto, está dedicado a una presentación exhaustiva de las conclusiones que se recogieron a lo largo de la investigación. Estas conclusiones se presentan junto con el análisis que puede atribuírseles. Este conjunto de conclusiones contiene información precisa y particular, y responde directamente a los objetivos fijados al inicio del estudio. Del mismo modo, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de los métodos utilizados. Esta evaluación se lleva a cabo con la intención de garantizar la validez



de los resultados y justificar la selección de las técnicas utilizadas en el proceso de investigación.

Finalmente, se presentan las conclusiones, las referencias bibliográficas y anexos de la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

En la ciudad de Juliaca, ubicada en una región sísmicamente activa, las instituciones estatales de nivel secundario enfrentan un riesgo considerable ante la ocurrencia de movimientos telúricos. Las edificaciones que albergan estas instituciones fueron construidas en su mayoría hace varias décadas, con criterios normativos que no contemplaban las exigencias actuales en cuanto a resistencia y seguridad estructural frente a sismos. Este escenario ha generado preocupación sobre la capacidad de las estructuras para resistir sismos de gran magnitud, especialmente considerando que estas edificaciones albergan a una gran cantidad de estudiantes y personal docente, lo que incrementa la vulnerabilidad humana en caso de un evento sísmico. A pesar de la existencia de normativas modernas de diseño y construcción sismo-resistentes en el Perú, muchas de estas edificaciones no han sido sometidas a evaluaciones rigurosas para determinar su desempeño estructural bajo condiciones sísmicas. Asimismo, la falta de mantenimiento adecuado y el deterioro de los materiales de construcción agravan la situación, incrementando el riesgo de colapso parcial o total durante un sismo. La limitada

intervención en términos de reforzamiento estructural y la escasa aplicación de métodos de análisis modernos, como el análisis dinámico no lineal o el método de capacidad espectral, son factores que contribuyen a la problemática. Por lo tanto, se hace necesario realizar una evaluación exhaustiva del desempeño sísmico de estas edificaciones, identificando las deficiencias estructurales que podrían comprometer su estabilidad durante un sismo. Adicionalmente, es imperativo proponer soluciones de reforzamiento estructural adecuadas, que no solo se alineen con los estándares de seguridad actuales, sino que también consideren la viabilidad económica y la minimización de la interrupción en las actividades escolares. Solo mediante un análisis técnico detallado y la implementación de medidas correctivas se podrá garantizar un entorno seguro para los estudiantes y el personal de estas instituciones educativas en Juliaca.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?
2. ¿Cuál es el desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?
3. ¿Cuál es la propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?



1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

La ciudad de Juliaca se encuentra en una zona geográficamente vulnerable a la actividad sísmica, según el Mapa de Zonas Sísmicas del Perú. Dada la alta probabilidad de que ocurran sismos en esta región, es indispensable garantizar que las edificaciones, especialmente aquellas destinadas a actividades educativas, cumplan con los estándares de seguridad estructural que demanda la normativa actual. Las instituciones estatales de nivel secundario son de particular interés, ya que albergan a un gran número de estudiantes, cuyo bienestar y seguridad son prioritarios. A nivel técnico, muchas de las edificaciones existentes en Juliaca fueron construidas bajo normas obsoletas que no contemplaban los avances en el diseño sismo-resistente ni las tecnologías estructurales actuales. Esto implica que la capacidad de estas estructuras para absorber y disipar la energía sísmica de manera eficiente es limitada. El comportamiento estructural de estos edificios no ha sido evaluado con criterios modernos, como el análisis pushover o el análisis espectral, que permiten determinar el nivel de desempeño estructural frente a distintos escenarios de carga sísmica. En muchos casos, las edificaciones presentan deficiencias comunes, como falta de ductilidad, irregularidades en la distribución de masas, y sistemas estructurales poco eficientes para soportar las fuerzas horizontales generadas por un sismo. Además, la infraestructura educativa no ha recibido el mantenimiento adecuado, lo que ha provocado un deterioro progresivo de los materiales, tales como el concreto y el acero de refuerzo, reduciendo la capacidad portante y la integridad estructural de los edificios. La combinación de estos factores hace que sea imperativo evaluar su desempeño bajo condiciones sísmicas. Esta evaluación no solo permitirá identificar las vulnerabilidades estructurales, sino también desarrollar soluciones de reforzamiento adecuadas que optimicen el comportamiento sísmico, manteniendo el costo dentro de parámetros razonables y minimizando la intervención en las operaciones escolares diarias. Por lo tanto, el diseño de un reforzamiento estructural propuesto debe basarse en un análisis



riguroso de las condiciones existentes y debe considerar el uso de tecnologías modernas, como sistemas de aislamiento de base, disipadores de energía, o el refuerzo mediante fibras de polímeros reforzados (FRP). Estas técnicas han demostrado ser altamente eficaces en la reducción de daños estructurales y en la mejora del comportamiento sísmico de edificaciones. Así, la implementación de estas propuestas no solo protegerá las estructuras en el largo plazo, sino que garantizará la seguridad de los estudiantes, docentes y personal administrativo, minimizando los riesgos asociados a un eventual sismo de gran magnitud.

1.3.2 Justificación económica

La inversión en la evaluación del desempeño sísmico y el reforzamiento estructural de las instituciones estatales de nivel secundario en la ciudad de Juliaca responde a una necesidad no solo técnica, sino también económica. A nivel económico, el costo de no intervenir en el estado actual de las edificaciones puede resultar significativamente mayor a largo plazo que el costo de las medidas preventivas. En un contexto de alta actividad sísmica, como el de Juliaca, las estructuras educativas que no cumplen con los estándares modernos de seguridad son susceptibles a sufrir daños severos o incluso colapsos durante un sismo de magnitud considerable. Las consecuencias económicas de este escenario serían devastadoras, no solo por las pérdidas materiales directas, sino también por los costos indirectos relacionados con la interrupción de las actividades escolares, la necesidad de reubicación temporal de los estudiantes, y los costos asociados a la reconstrucción de infraestructura educativa. Desde una perspectiva costo-beneficio, invertir en la evaluación y el reforzamiento estructural de estas instituciones permite mitigar riesgos financieros mucho mayores. El análisis sísmico y el subsecuente reforzamiento estructural representan una inversión que protegerá activos públicos de gran valor, como los edificios escolares, y garantizará la continuidad de las operaciones educativas. En términos comparativos, los costos de reparación o reconstrucción posteriores a un



desastre suelen ser entre cinco y diez veces superiores a los costos de prevención mediante reforzamiento, según estudios internacionales sobre el impacto económico de los desastres naturales en infraestructuras públicas. Además, las interrupciones prolongadas en el servicio educativo generan pérdidas económicas adicionales, ya que se requiere financiar soluciones temporales, como la instalación de aulas modulares o el alquiler de espacios alternativos. Por otro lado, la implementación de medidas de reforzamiento estructural con tecnologías modernas, como el uso de polímeros reforzados con fibra (FRP), aislamiento sísmico o disipadores de energía, puede optimizar los costos a largo plazo al extender la vida útil de los edificios y reducir la necesidad de mantenimiento futuro. Estas tecnologías permiten que las edificaciones no solo sean más seguras frente a sismos, sino también más resistentes al deterioro natural, lo que implica una menor inversión en reparaciones periódicas y una disminución en los costos operativos asociados a la infraestructura. Además, el impacto económico positivo no se limita a los costos directos. Invertir en la seguridad sísmica de las instituciones educativas tiene un efecto multiplicador en la economía local, generando empleo temporal durante la fase de intervención y promoviendo el desarrollo de capacidades técnicas en la región. El empleo de mano de obra local para la implementación de las medidas de reforzamiento estructural dinamiza la economía y fortalece la cadena de valor de la construcción, al tiempo que reduce el riesgo de desempleo en sectores vulnerables de la población. Finalmente, el costo de no realizar estas intervenciones podría traducirse en una mayor vulnerabilidad económica ante desastres, lo que afectaría negativamente el desarrollo de la región. La pérdida de infraestructura educativa no solo tendría repercusiones en el sistema escolar, sino que también podría impactar en el bienestar socioeconómico de las familias y en el desarrollo de capital humano, comprometiendo el futuro de la ciudad de Juliaca. Por lo tanto, la evaluación y reforzamiento de las instituciones educativas representan una inversión estratégica que contribuye a la sostenibilidad económica de la región, garantizando la protección de las infraestructuras y minimizando las pérdidas financieras en caso de un sismo.

1.3.3 Justificación social

La seguridad estructural de las instituciones educativas no solo es una necesidad técnica y económica, sino que también tiene un profundo impacto social, especialmente en una ciudad como Juliaca, donde gran parte de la población juvenil asiste a escuelas estatales. La evaluación del desempeño sísmico y la posterior implementación de medidas de reforzamiento estructural en las instituciones estatales de nivel secundario son esenciales para proteger a la comunidad estudiantil y, por extensión, garantizar el bienestar de las familias y la sociedad en general. Desde una perspectiva social, las instituciones educativas representan espacios fundamentales para el desarrollo y la cohesión de la comunidad. En Juliaca, estas instituciones son pilares del sistema educativo estatal, brindando formación a miles de adolescentes. Un colapso estructural durante un sismo tendría consecuencias catastróficas no solo en términos de pérdida de vidas humanas, sino también en el tejido social. La seguridad de los estudiantes es un derecho fundamental y cualquier vulnerabilidad en las infraestructuras escolares pone en riesgo ese derecho. Un sismo que afecte a las escuelas podría dejar secuelas emocionales y psicológicas en los estudiantes, padres y docentes, al generar un ambiente de inseguridad y desconfianza en la capacidad del sistema para protegerlos. El fortalecimiento de la infraestructura escolar, mediante un análisis detallado del comportamiento sísmico y el diseño de medidas de reforzamiento, contribuye directamente a la creación de un entorno más seguro y propicio para el aprendizaje. Un ambiente educativo seguro mejora la calidad de vida de los estudiantes, permitiéndoles enfocarse en su educación sin la preocupación constante de estar en riesgo ante un posible desastre. Asimismo, la confianza en la seguridad de las instituciones refuerza la participación de los padres en las actividades escolares y comunitarias, lo que fortalece el lazo entre la escuela y la comunidad. Además, las instituciones educativas son un símbolo de progreso y desarrollo social. Al asegurar que estas estructuras sean capaces de resistir sismos y permanecer operativas después de un desastre, se está protegiendo un recurso vital para el desarrollo de las futuras



generaciones. La educación es un motor fundamental para el crecimiento social y económico de Juliaca, y cualquier interrupción prolongada en el acceso a la educación, producto de la destrucción de infraestructura, afectaría gravemente la continuidad del aprendizaje, el rendimiento académico y las oportunidades futuras de los estudiantes. La pérdida de acceso a la educación genera desigualdad y perpetúa ciclos de pobreza, lo cual tiene implicaciones profundas en el bienestar social a largo plazo. Por otra parte, la inversión en reforzamiento estructural tiene un efecto positivo en la cohesión social al promover la cultura de la prevención y la resiliencia comunitaria frente a desastres naturales. Al involucrar a la comunidad en el proceso de evaluación y mejora de la infraestructura escolar, se fomenta una conciencia colectiva sobre la importancia de la seguridad sísmica y se refuerzan los lazos entre las instituciones educativas, las autoridades locales y los ciudadanos. Este enfoque colaborativo no solo aumenta la seguridad estructural, sino que también empodera a la población local, fortaleciendo su capacidad para enfrentar situaciones de riesgo y minimizando el impacto social de los desastres.

1.3.4 Justificación ambiental

La evaluación del desempeño sísmico estructural y el diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca tiene también una relevante justificación ambiental. Las infraestructuras educativas, como cualquier edificación, forman parte del entorno construido, el cual interactúa directamente con el ambiente natural. Un colapso estructural debido a un sismo no solo representa una amenaza para la vida humana, sino que también genera consecuencias ambientales significativas, tanto por la producción de residuos de construcción y demolición, como por la degradación del entorno natural y urbano. Cuando una edificación sufre daños severos o colapsa, se generan grandes cantidades de escombros, que incluyen materiales como concreto, acero, ladrillo, vidrio y otros componentes. La gestión de estos residuos implica



un desafío ambiental considerable, ya que su disposición puede saturar los sistemas de gestión de residuos sólidos, generar contaminación del suelo y del agua si no se manejan adecuadamente, y aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido al transporte y disposición en vertederos. Además, la producción y transporte de nuevos materiales de construcción necesarios para la reconstrucción posterior a un desastre sísmico también conlleva impactos ambientales, como el consumo de recursos naturales, emisiones de CO₂ y la generación de residuos adicionales. Desde un enfoque preventivo, la implementación de medidas de reforzamiento estructural en las instituciones educativas estatales de Juliaca ayuda a mitigar estos impactos ambientales al reducir la probabilidad de colapso o daños estructurales graves en caso de un sismo. Al mejorar la capacidad de las edificaciones para resistir movimientos sísmicos, se disminuye la cantidad de residuos que resultarían de un colapso, contribuyendo así a una gestión ambientalmente más sostenible. El reforzamiento estructural no solo es una medida de seguridad, sino también una estrategia ambientalmente responsable que minimiza el consumo de materiales a largo plazo y reduce la necesidad de demoliciones y reconstrucciones que impactan negativamente en el entorno. Además, el diseño de reforzamiento puede incluir tecnologías y enfoques de construcción sostenibles, como el uso de materiales reciclados o de bajo impacto ambiental, sistemas de aislamiento sísmico que extienden la vida útil de la edificación, y técnicas de eficiencia energética que reducen el consumo de recursos durante la operación del edificio. Estas soluciones no solo mejoran la resiliencia de las estructuras ante eventos sísmicos, sino que también alinean el proyecto con los principios de desarrollo sostenible, disminuyendo la huella ambiental de las instituciones educativas. Otro aspecto clave en la justificación ambiental es la protección de los ecosistemas urbanos y naturales que rodean las áreas donde se encuentran las instituciones educativas. Los daños estructurales generados por un sismo pueden afectar la infraestructura crítica, como redes de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial, lo que aumenta el riesgo de contaminación de cuerpos de agua y del suelo en las áreas adyacentes. Un diseño de reforzamiento estructural adecuado no solo debe garantizar la

estabilidad de los edificios, sino también preservar y proteger los sistemas de soporte ambiental en caso de un desastre. De esta manera, se evita que los sismos deriven en desastres ambientales que comprometan la calidad de los recursos hídricos y del aire, así como la biodiversidad local. Finalmente, al reducir la necesidad de intervenciones de emergencia y reconstrucciones posteriores a un evento sísmico, se disminuye el impacto ambiental asociado con el transporte de materiales y la maquinaria pesada, que a menudo tiene efectos perjudiciales sobre el ambiente local debido a la contaminación del aire, el ruido y la perturbación del suelo.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar el estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.
2. Determinar el desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.
3. Definir la propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.



1.5 Importancia y alcance de la investigación

1.5.1 Importancia

La evaluación del desempeño sísmico estructural y el diseño de propuestas de reforzamiento para las instituciones estatales de nivel secundario en Juliaca tienen una gran relevancia técnica, social, económica y ambiental. Este tipo de estudio es fundamental para abordar una de las principales amenazas naturales que enfrenta la región: la actividad sísmica. Juliaca muchas de sus edificaciones escolares no han sido diseñadas ni construidas bajo los estándares modernos de ingeniería sísmica. Este contexto aumenta significativamente la vulnerabilidad de las instituciones educativas, lo que convierte a este estudio en una intervención crítica para la seguridad de la comunidad escolar y el bienestar de la población en general.

En primer lugar, la importancia técnica de este estudio radica en su capacidad para identificar las deficiencias estructurales de los edificios existentes y proponer soluciones adecuadas que cumplan con las normativas vigentes de diseño sismo-resistente. A través de metodologías avanzadas como el análisis dinámico, el análisis pushover o espectral, es posible determinar cómo se comportan las estructuras ante cargas sísmicas de diferentes magnitudes. Esto permitirá desarrollar estrategias de reforzamiento que no solo mejoren la capacidad de las edificaciones para resistir sismos, sino que también extiendan su vida útil y optimicen su desempeño estructural bajo condiciones adversas.

Desde una perspectiva social, la seguridad de las instituciones educativas es un derecho básico y una prioridad para la sociedad. Las escuelas no solo son lugares donde se imparte educación, sino que también sirven como centros comunitarios y refugios temporales en situaciones de emergencia. Proteger la vida de los estudiantes, docentes y personal administrativo es fundamental, y este estudio contribuirá a generar espacios más seguros y resilientes para el desarrollo educativo. Además, al mejorar la seguridad de los edificios, se fortalece la confianza de la comunidad en las instituciones públicas y se promueve un entorno de aprendizaje más estable y protegido. En última instancia, este



estudio ayudará a garantizar la continuidad del servicio educativo, incluso después de un evento sísmico.

En el ámbito económico, la importancia de este trabajo radica en la prevención de daños costosos que podrían derivarse de un colapso estructural. El costo de reforzar una edificación es significativamente menor que el de reconstruirla por completo tras un desastre. Además, las medidas preventivas también reducen el riesgo de pérdidas humanas, lo que representa un costo incalculable para las familias y la sociedad. Este estudio permitirá priorizar inversiones estratégicas que garanticen la seguridad de las infraestructuras escolares, evitando los gastos derivados de reparaciones y reubicaciones, que suelen ser mucho mayores después de un desastre.

Desde el punto de vista ambiental, la implementación de medidas de reforzamiento estructural no solo tiene beneficios en términos de seguridad, sino que también contribuye a reducir el impacto ambiental asociado con la gestión de residuos de construcción y demolición. Al prevenir el colapso de las edificaciones, se evita la generación de grandes volúmenes de escombros, que pueden saturar los vertederos y contaminar el entorno natural. Además, un diseño eficiente y sostenible de las soluciones de reforzamiento estructural puede incluir el uso de materiales reciclados y tecnologías innovadoras que minimicen el consumo de recursos naturales y las emisiones de carbono.

1.5.2 Alcance

El estudio abarcará diversas áreas técnicas y metodológicas, con el objetivo de ofrecer una visión integral y precisa del estado de las estructuras existentes, así como desarrollar soluciones de ingeniería para mejorar su capacidad de resistencia ante eventos sísmicos.



- **Ámbito geográfico:** La investigación se limitará a las instituciones educativas públicas de nivel secundario ubicadas en la ciudad de Juliaca. Se seleccionará una muestra representativa de colegios estatales, que cubra diferentes tipos de estructuras, edades de construcción, y características geomorfológicas del terreno donde se asientan. Este enfoque geográfico permitirá obtener datos precisos sobre las condiciones estructurales en un entorno urbano específico, teniendo en cuenta las características sísmicas locales de la región.
- **Evaluación del desempeño sísmico:** Se realizará un análisis detallado del desempeño sísmico de las estructuras escolares, empleando herramientas y técnicas avanzadas de modelado estructural. Este proceso incluirá el análisis de vulnerabilidad y riesgo sísmico, basado en normativas nacionales e internacionales, como el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú y estándares como el ASCE/SEI 41. Se utilizarán modelos computacionales y simulaciones que permitan predecir el comportamiento de las edificaciones ante diferentes niveles de intensidad sísmica. Asimismo, se incluirán pruebas de campo como inspecciones visuales, levantamientos estructurales y, si es necesario, pruebas no destructivas como el ultrasonido o el esclerómetro.
- **Análisis estructural:** Se analizarán los planos estructurales de las edificaciones para evaluar su capacidad de carga y su respuesta frente a eventos sísmicos, considerando factores como la calidad de los materiales, las conexiones, las cargas muertas y vivas, la geometría y tipología estructural, y los coeficientes de seguridad establecidos por las normativas vigentes. Este análisis permitirá determinar las debilidades estructurales existentes, así como identificar posibles mecanismos de falla en las edificaciones en caso de un sismo de magnitud considerable.



- **Propuesta de reforzamiento estructural:** El alcance del estudio incluirá el desarrollo de propuestas de reforzamiento estructural para los edificios evaluados. Estas soluciones serán diseñadas para mejorar la capacidad sísmica de las estructuras existentes, con base en principios de ingeniería estructural y el uso de tecnologías modernas, como el empleo de refuerzos de acero, polímeros reforzados con fibra (FRP), y sistemas de disipación de energía o aislamiento sísmico. Las propuestas considerarán tanto la viabilidad técnica como la económica, y se presentarán varias alternativas de reforzamiento, clasificadas según su nivel de intervención, costo y efectividad.
- **Validación y recomendaciones:** Las soluciones propuestas serán validadas a través de simulaciones computacionales y cálculos estructurales. Se aplicarán modelos dinámicos y análisis pushover para comprobar la efectividad de las propuestas de reforzamiento ante diferentes escenarios sísmicos. El estudio también incluirá recomendaciones para la implementación de los refuerzos, sugerencias para su ejecución en fases y el costo estimado de cada intervención. Además, se elaborarán guías técnicas para el mantenimiento preventivo de las edificaciones tras la implementación del reforzamiento.
- **Normativas y reglamentaciones:** El alcance del trabajo incluirá una revisión exhaustiva de las normativas sísmicas y de construcción aplicables en Perú, específicamente las normas que regulan la construcción de edificios públicos y educativos. Se analizarán los requisitos de seguridad sismo-resistente exigidos por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), así como otras normativas internacionales relevantes, con el fin de garantizar que las propuestas de reforzamiento cumplan con los estándares más altos de seguridad y durabilidad.

- **Factores socioeconómicos:** Además del análisis técnico, el estudio también considerará el impacto socioeconómico de las intervenciones propuestas. Se evaluará el costo-beneficio de la implementación de las medidas de reforzamiento, tanto en términos económicos como en términos de protección de la comunidad escolar. Asimismo, se tomarán en cuenta aspectos relacionados con la viabilidad de ejecución, tiempos de implementación y los beneficios sociales derivados de la mejora en la seguridad estructural de las instituciones.
- **Temporalidad:** El estudio abarcará un período de tiempo que incluirá la recolección de datos en campo, el análisis estructural de los edificios, la simulación de sus respuestas sísmicas y el diseño de las propuestas de reforzamiento. El cronograma será realista y acorde a los objetivos planteados, previendo tanto las actividades de inspección, evaluación y modelado, como la etapa de validación de los resultados y recomendaciones finales.

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

1.6.1 Limitaciones

A pesar de la amplitud y relevancia de este estudio, es importante reconocer las limitaciones que pueden influir en el desarrollo y la aplicación de los resultados obtenidos. Estas limitaciones surgen tanto de la naturaleza técnica del análisis, como de factores externos que afectan el alcance y la precisión de la investigación. A continuación, se detallan las principales limitaciones:

1. Limitaciones de alcance geográfico y de muestra

El estudio se centrará exclusivamente en las instituciones estatales de nivel secundario ubicadas dentro de los límites urbanos de la ciudad de Juliaca, lo que significa que no se incluirán escuelas privadas o ubicadas en zonas rurales. Esta limitación podría



reducir la generalización de los resultados obtenidos, ya que las condiciones estructurales y sísmicas podrían variar en función de la ubicación geográfica y el tipo de institución. Las características del terreno, la antigüedad de las construcciones y las técnicas constructivas empleadas fuera del área de estudio podrían diferir significativamente de las observadas en las instituciones seleccionadas.

2. Limitaciones en la disponibilidad de información técnica

En algunos casos, las instituciones educativas pueden carecer de planos estructurales actualizados o detalles técnicos de la construcción original, lo que dificulta una evaluación precisa del estado estructural de los edificios. La falta de documentación detallada puede limitar la capacidad del equipo investigador para realizar análisis completos y precisos de las estructuras, especialmente en lo que respecta a la resistencia de los materiales y las características geométricas exactas de las edificaciones. En ausencia de planos confiables, se deberá recurrir a inspecciones visuales o pruebas no destructivas, las cuales pueden no ofrecer el mismo nivel de detalle que un plano estructural original.

3. Restricciones económicas y de recursos técnicos

La evaluación del desempeño sísmico estructural requiere el uso de herramientas avanzadas de modelado computacional y simulaciones que, si bien son altamente efectivas, pueden estar limitadas por los recursos financieros y técnicos disponibles. La adquisición de software especializado, la capacitación en su uso, y el acceso a tecnologías de ensayo estructural podrían estar sujetos a restricciones presupuestarias, lo que podría influir en la profundidad del análisis. En algunos casos, la imposibilidad de realizar pruebas destructivas o ensayos a gran escala debido a costos elevados podría limitar la precisión de las conclusiones sobre la capacidad de resistencia de las estructuras.



4. Limitaciones en la implementación de propuestas

Si bien el estudio incluye la propuesta de diseño de reforzamiento, el alcance de esta investigación no contempla la ejecución física de dichas propuestas. Esto significa que las recomendaciones de reforzamiento estructural serán teóricas y basadas en simulaciones y análisis de ingeniería, pero no serán validadas en condiciones reales de construcción. La implementación de las soluciones dependerá de las decisiones de las autoridades gubernamentales y educativas, así como de la disponibilidad de recursos financieros y técnicos para llevarlas a cabo. Esta limitación implica que los beneficios potenciales de las propuestas solo podrán materializarse si se dispone de los medios adecuados para su ejecución.

5. Factores socioeconómicos y logísticos

Aunque el estudio aborda el costo-beneficio del reforzamiento estructural, la viabilidad de implementación podría verse afectada por factores socioeconómicos ajenos al control de los investigadores. La disponibilidad de financiamiento público para realizar los refuerzos en las instituciones educativas podría estar limitada por prioridades políticas, presupuestos restrictivos o cambios en las políticas públicas. Además, factores logísticos, como la interrupción de las actividades escolares durante las obras de reforzamiento o la dificultad para encontrar mano de obra calificada en la región, podrían retrasar la ejecución de las medidas recomendadas, afectando la temporalidad de los resultados esperados.

6. Limitaciones temporales

El estudio estará sujeto a un marco de tiempo específico, que abarca el período de recolección de datos, análisis, desarrollo de propuestas y validación de las mismas. Si bien el cronograma está diseñado para cumplir con los objetivos de la investigación, es posible que no sea suficiente para abarcar todas las variables relacionadas con el comportamiento sísmico de las edificaciones. Además, los tiempos de respuesta de las autoridades o

entidades responsables para proporcionar información o autorizar el acceso a las instituciones pueden generar retrasos en la ejecución del proyecto.

7. Incertidumbre en las predicciones sísmicas

Aunque el estudio se basa en metodologías sólidas de modelado y simulación sísmica, la naturaleza de los sismos es inherentemente impredecible. Los análisis estructurales se realizan en función de escenarios de diseño sísmico basados en datos históricos y estimaciones probabilísticas, pero siempre existe un nivel de incertidumbre en cuanto a la magnitud, localización y frecuencia de los futuros eventos sísmicos. Esta limitación significa que, aunque las propuestas de reforzamiento mejorarán la capacidad de las estructuras para resistir sismos, no se puede garantizar una protección absoluta ante eventos sísmicos extremos o atípicos.

8. Condiciones ambientales y geotécnicas

Otro factor que puede limitar la precisión de los análisis es la variabilidad en las condiciones del suelo y el subsuelo en la ciudad de Juliaca. Los suelos blandos o con alta vulnerabilidad ante licuefacción, por ejemplo, podrían influir de manera significativa en el comportamiento de las estructuras durante un sismo. La obtención de datos geotécnicos específicos y precisos para cada institución podría verse limitada por la disponibilidad de estudios previos o por la dificultad de realizar nuevas prospecciones del suelo. Esta situación puede generar incertidumbre en la predicción del comportamiento estructural bajo condiciones sísmicas.

1.6.2 Delimitación

El presente trabajo de investigación se enmarca dentro de un ámbito técnico y geográfico claramente definido, con el fin de establecer límites precisos que permitan la adecuada ejecución de los análisis y propuestas. Las delimitaciones del estudio incluyen



aspectos como la ubicación geográfica, el tipo de instituciones evaluadas, el alcance temporal de la investigación, y los criterios técnicos que guiarán el análisis estructural y sísmico. A continuación, se detallan los principales aspectos delimitativos del estudio.

1. Delimitación geográfica

El estudio estará circunscrito a la ciudad de Juliaca, localizada en la región de Puno, Perú. La investigación se focalizará únicamente en instituciones estatales de nivel secundario, excluyendo de la evaluación a otras infraestructuras educativas como colegios de nivel primario, superior o instituciones privadas. Esta delimitación geográfica permitirá concentrar los recursos en un área urbana específica, caracterizada por una actividad sísmica moderada, pero que presenta riesgos debido a las condiciones geotécnicas del terreno, las cuales pueden incrementar los efectos de los sismos. Juliaca es una ciudad que, al ubicarse en la región altiplánica, presenta características particulares que deben ser tomadas en cuenta, como las propiedades del suelo y el tipo de construcción prevalente.

2. Delimitación temporal

El análisis se realizará durante el año 2024, considerando los datos estructurales y normativas vigentes en dicho periodo. Las propuestas de reforzamiento estarán diseñadas para atender la situación actual de las edificaciones, basándose en los estudios más recientes sobre comportamiento sísmico y en la normativa sísmica peruana establecida en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). No se incluirán en el estudio aquellas edificaciones que se construyan o modifiquen después del periodo de evaluación, ya que estas estructuras podrían estar sujetas a normativas actualizadas o técnicas constructivas diferentes.

3. Delimitación estructural

La investigación se enfocará exclusivamente en los componentes estructurales de las instituciones educativas evaluadas. Esto incluye el análisis de elementos como los cimientos, columnas, vigas, muros portantes, losas, y demás componentes que influyen directamente en la capacidad de las edificaciones para resistir cargas sísmicas. No se abordarán aspectos no estructurales como los acabados arquitectónicos, instalaciones eléctricas, de agua, o saneamiento. Además, el estudio se concentrará en edificaciones de hasta tres pisos de altura, ya que es el rango predominante en las instituciones secundarias de la región.

4. Delimitación normativa

El análisis se realizará en conformidad con la normativa vigente en Perú en cuanto a diseño sismo-resistente, principalmente el (RNE) y la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente, así como otras normativas complementarias aplicables al sector educativo. Si bien se considerarán recomendaciones de normativas internacionales como las de la ASCE/SEI 41, la investigación estará principalmente delimitada por los requisitos y lineamientos establecidos por las normativas nacionales, asegurando así que las propuestas de reforzamiento se ajusten a las regulaciones locales.

5. Delimitación en cuanto a la metodología

El empleo de enfoques sofisticados y especializados en el análisis estructural servirá como característica definitoria del enfoque metodológico que se utilizará para la evaluación. Las técnicas utilizadas incluyen el método de análisis estático no lineal, comúnmente conocido como pushover. Este método es muy importante para determinar la capacidad de respuesta de la estructura ante eventos sísmicos. Además, se incorporará el análisis modal espectral, que es un método esencial para analizar las reacciones dinámicas de las estructuras ante movimientos sísmicos de magnitudes variables. Además, se tendrá en cuenta la utilización de otras metodologías complementarias para

modelar con precisión el comportamiento de la estructura cuando se somete a la influencia de cargas sísmicas, garantizando así que el estudio sea exhaustivo y técnicamente riguroso. Además, se emplearán herramientas de software especializadas, como SAP2000 o ETABS, para realizar las simulaciones estructurales y diseñar las propuestas de reforzamiento. No se incluirán métodos de análisis no relacionados con el comportamiento sísmico, como estudios de resistencia al fuego, corrosión o deterioro por envejecimiento de los materiales, salvo que estos puedan influir directamente en la capacidad sísmica de las edificaciones.

6. Delimitación del reforzamiento

La propuesta de diseño de reforzamiento se centrará en soluciones que puedan ser implementadas de manera factible en las instituciones evaluadas, considerando las características constructivas y los recursos disponibles en la región. Los diseños de reforzamiento se limitarán a mejoras estructurales que optimicen la capacidad de las edificaciones para resistir sismos, como el uso de refuerzos con acero, polímeros reforzados con fibra (FRP) o sistemas de amortiguamiento y disipación de energía. No se incluirán propuestas de demolición y reconstrucción total, ya que el objetivo es preservar, en la medida de lo posible, las estructuras existentes y reforzarlas para mejorar su comportamiento sísmico. Además, las soluciones de reforzamiento se diseñarán teniendo en cuenta la relación costo-beneficio, con el fin de garantizar que sean viables dentro del presupuesto asignado por las autoridades educativas.

7. Delimitación en cuanto a la profundidad del análisis

Si bien el estudio incluirá una evaluación exhaustiva del desempeño sísmico de las edificaciones, esta se limitará a las condiciones actuales de las estructuras, basándose en inspecciones visuales, análisis de planos, y pruebas no destructivas. No se realizarán intervenciones destructivas ni se efectuarán pruebas de laboratorio, salvo en casos donde las pruebas no destructivas arrojen resultados inconclusos. Esta delimitación responde a



la necesidad de preservar las condiciones de las instituciones durante el periodo de estudio, evitando la interrupción de sus actividades educativas.

8. Delimitación en cuanto a la participación de actores externos

La investigación se llevará a cabo con la colaboración de las autoridades educativas locales y los responsables de la infraestructura de las instituciones seleccionadas. Sin embargo, la implementación de las propuestas de reforzamiento dependerá de las decisiones de las autoridades gubernamentales y educativas, así como de la disponibilidad de financiamiento para llevar a cabo las mejoras estructurales. Por lo tanto, el estudio no incluirá la supervisión o monitoreo de la ejecución de las propuestas de reforzamiento, ya que estas se diseñarán únicamente en el contexto del análisis teórico.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, es de seguridad de vida y reforzamiento con fibra de carbono respectivamente.

1.7.2 Hipótesis específicas

1. El estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, presentarán resistencias por debajo del diseño requerido.
2. El desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, resultará de seguridad de vida.



3. La propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, será el reforzamiento con fibra de carbono en los elementos estructurales.

1.8 Variables e indicadores

1.8.1 Variable independiente

Desempeño sísmico estructural

Indicadores

- Desplazamiento en X
- Desplazamiento en Y
- Cortantes

1.8.2 Variable dependiente

Propuesta de diseño de reforzamiento

Indicadores

- Resistencia de elementos estructurales
- Refuerzo con fibra de carbono

1.9 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente			
Desempeño sísmico estructural	El estado de pavimentos flexibles se refiere a la condición actual de las superficies viales compuestas por capas de materiales granulares y una capa superior de mezcla asfáltica. Este estado se evalúa mediante la observación y análisis de diversos factores que incluyen la presencia de deformaciones, grietas, baches, desgaste superficial y otros signos de deterioro.	Condición estructural preexistente	Materiales de construcción Edad de la estructura Configuración geométrica Capacidad portante del suelo Estado de conversación Rigidez estructural Ductilidad
		Desempeño sísmico	Espectro de respuesta sísmica Frecuencia natural Factor de reducción sísmica
		Seguridad estructural	Resistencia estructural Nivel de daños aceptables Estabilidad global Relación de derivas
		Normatividad sísmica	Cumplimiento del RNE Aplicación del ASCE/SEI 41 Adecuación de normativa
Dependiente			
Propuesta de diseño de reforzamiento	Esta propuesta incluye una evaluación exhaustiva del estado actual del pavimento, identificando los tipos y causas de los daños, como grietas, baches, deformaciones o desgaste superficial. A partir de esta evaluación, se sugieren métodos específicos de reparación, que pueden incluir técnicas como el fresado y reemplazo de la capa asfáltica, la aplicación de selladores de grietas, el reciclaje de asfalto en caliente o en frío, y otras intervenciones pertinentes.	Propuesta de reforzamiento	Capacidad post-reforzamiento Tipos de técnicas de reforzamiento Costo-beneficio de reforzamiento Impacto en la funcionalidad
		Vulnerabilidad sísmica	Índice de vulnerabilidad sísmica Nivel de exposición de riesgo sísmico Riesgo por estructuras adyacentes
		Impacto social y seguridad de ocupantes	Capacidad de evacuación Nivel de seguridad Interrupción del servicio educativo
		Factibilidad económica de reforzamiento	Costos directos de implementación Costos indirectos Ahorros a largo plazo
		Sostenibilidad y criterios ambientales	Uso de materiales sostenibles Reducción de residuos de construcción Soluciones de reforzamiento



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Cáceres (2023), en su investigación "Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento estructural para la unidad nueva del Hospital Básico El Puyo, situado en la provincia de Pastaza, en Ecuador ". Asimismo se utilizó una metodología cualitativa por medio de inspecciones visuales (NEC 2015 y FEMA P-154) valorar la susceptibilidad de la construcción que se tiene como muestra al Hospital Básico el Puyo, además de corroborar los resultados realizando ensayos de esclerometría, escaneo con pacómetro y extracción de núcleos para verificar la calidad del concreto y acero de columnas, también se evalúa mediante ensayos sísmicos de refracción, ensayos por el método Nakamura para esta unidad hospitalaria, en esta investigación se realizó un reforzamiento estructural por el uso de diagonales de refuerzo de acero armado en forma de "V" invertida el cual proporciona tanto rigidez, resistencia y disipación de energía, de esta manera se mejora la capacidad de resistir fuerzas laterales generadas por sismos y se disminuye la torsión en la estructura, esto dio como resultado que los elementos



estructurales superan la resistencia de 280 Kg/cm² y después de revisar el análisis de la interacción suelo estructura, estático no lineal se determinó que los bloques 1 y 2 tienen un desempeño que está fuera de la curva de capacidad por lo que se realiza un reforzamiento que consiste en diagonales de acero en ambos bloques logrando de esta forma que la estructura resista un sismo raro.

Según Caiza (2022), en su investigación "Estudio de la vulnerabilidad sísmica y evaluación de las vibraciones en las losas de entepiso como parte del diseño de reforzamiento estructural del edificio del Centro de Idiomas, ubicado en el campus Huachi Chico de la Universidad Técnica de Ambato", sostiene que la finalidad de la cual es realizar una investigación sobre el nivel de susceptibilidad sísmica y vibraciones que presentan los forjados de la residencia del Centro de Idiomas La muestra de la investigación es el Centro de Idiomas de la Universidad mencionada que consta de 4 pisos, de hormigón armado, con sistema a porticado. Esta investigación es de tipo experimental según el análisis estático no lineal porque busca someter a cargas a la edificación que simulan eventos adversos para ello hará uso de ensayos de materiales e información disponible. Se realizaron inspecciones visuales, ensayos de esclerometría a sus elementos estructurales, propiedades del acero de refuerzo, y normativas NEC -2015. Se concluye que la metodología FEMA P-154 la edificación no requiere un análisis detallado, el componente primario se analiza mediante el análisis modal espectral y bloque secundario sobrepasan el límite del periodo de vibración, así mismo las derivas inelásticas sobrepasan el límite de 2% presentando un valor de 2.32% además de que el 50% de los elementos estructurales cumplen con el acero solicitado es por ello que se propone reforzar la edificación mediante arriostres metálicos en forma de X y encamisar las columnas con ángulos y platinas de acero, el análisis modal espectral de la estructura reforzada dentro del intervalo de 0,6617, el periodo de vibración es de 0,521, que está dentro del intervalo aceptable y las derivas se mantienen debajo del límite de 2% con una mayor deriva de 1% , así mismo el AENL

de la estructura reforzada tiene un nivel de rendimiento que se sitúa en algún punto del espectro entre la Ocupación Inmediata y Operativa, respectivamente.

Según Orozco (2021), en su investigación "Estudio del Desempeño Sísmico Estructural del Edificio Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala, Sacatepéquez con el Método del Análisis Estático No Lineal (Pushover)", sostiene que cuyo objetivo fue analizar el desempeño de la edificación hospitalaria mediante el AENL fijando la capacidad y el nivel de desempeño, la muestra es el Hospital Pedro de Bethancourt ubicado en Sacatepéquez a 1470 m.s.n.m. La metodología fue mixta (cuantitativa y cualitativa) mediante la técnica de la observación y el AENL. Se realizó la caracterización de los materiales del edificio, las propiedades del suelo, investigación de normas como el ACI 318-77, AISC -73 y la inspección visual para el reconocimiento de daños del del hospital, posteriormente de creo el modelo de la estructura en el software SAP2000, se definieron las rotulas plásticas, cargas y se realizó en análisis Pushover en ambos ejes X-X y Y-Y. Se determinó que la edificación presenta un comportamiento de Ocupación Inmediata (IO) en el eje X-X y en el eje Y-Y de seguridad de vida (LS) por lo que se recomienda que se realice la rehabilitación a los elementos estructurales del hospital y reforzamiento a las vigas.

Según Segura (2021), en su investigación "Comparativa del comportamiento sísmico de dos edificaciones de concreto reforzado, ubicadas en una zona de alta amenaza sísmica, evaluadas mediante el método de análisis estático no lineal (Pushover). Estas estructuras han sido diseñadas considerando distintos grados de disipación de energía, de acuerdo con los lineamientos establecidos en el AIS 114-17 y la Norma NSR-10", sostiene que la investigación tuvo como objetivo determinar el desempeño de 2 edificios; el primero basado en un diseño AIS 114-17 (2017), del reglamento colombiano que presenta sistema estructural combinado y el segundo diseñado mediante software aplicando la NSR-10 (Normativa Colombiana de Construcciones Sismo Resistentes)



mediante la utilización de un sistema de pórticos de hormigón armado resistentes a los momentos ambas ubicadas en zonas con alto grado de amenaza sísmica, en una muestra que consta de un edificación de 5 pisos en Colombia. Para este proceso se efectuó el “análisis estático no lineal Pushover” para tener un resultado cercano al real para cada edificación y el método de desplazamientos modificados de la ASCE/SEI 41-17, esto permite establecer la curva de capacidad, así como el punto de rendimiento, recurriendo a las diversas demandas sísmicas. Los resultados de la investigación dieron como respuesta al diseño de la edificación N° 01 (diseñado bajo la metodología AIS 114-17) ante una aceleración de 0.65g (sismo de diseño) no presenta rotulaciones plásticas ante desplazamientos de 7cm, como resultado la estructura no presenta daños no sólo en los componentes estructurales, sino también en los no estructurales, así mismo el desempeño de la edificación N° 02 ante sismos de diseño (SD) con desplazamientos de 24cm, nos da como resultado que el desempeño está en una zona de ocupación inmediata (OI), presentando solo daños mínimos en vigas en los primeros pisos. En conclusión, las curvas de capacidad para ambos bloques se han registrado sobre resistencia demandada justificada por la reducción de la resistencia de los materiales y mayoración en diseño de fuerzas, en la estructura N°01 con la metodología AIS 114- 17, bajo criterios de diseño mínimo presenta un sobre dimensionamiento estructural que además del uso innecesario de muros de corte, genera sobrecostos que van en contra del diseño optimo adoptando un estilo muy conservador. En la estructura N°02 debido a la ausencia de muros de corte, reducir el concreto y acero, es posible lograr una ductilidad satisfactoria dando como resultado un correcto comportamiento y control de fallas de la edificación. En ambos casos luego de obtener datos sobre sobre nivel de daño deseado permitió representar la resistencia se consigue cuando se alcanza el nivel de rendimiento necesario junto con una distribución suficiente de la demanda, presentando un adecuado mecanismo de colapso de la edificación.



Según Borja (2020), en su investigación "Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador", sostiene que su objetivo es desarrollar el diseño estructural de un edificio en hormigón armado haciendo uso de la metodología LRFD y comprobar su vulnerabilidad mediante el análisis Pushover. La muestra es una edificación de hormigón de uso educativo, ubicado en Cuenca en Ecuador, la investigación consta de dos etapas mediante el uso de la Norma Ecuatoriana (NEC); en la primera se realizó el diseño estructural con las normativas actuales utilizando un método de diseño estático lineal por factores de carga y resistencia (LRFD) y la segunda se realizó un análisis estático no lineal Pushover con la finalidad de determinar su vulnerabilidad. La muestra es un edificio de hormigón armado que comprende una planta baja y 3 plantas altas, por medio del proceso de pre dimensionamiento de estructuras se realiza el modelado estructural en ETABS para después realizar el diseño estructural según la norma NEC y se comprueba mediante el desempeño estructural aplicando normativa FEMA 440 obteniendo las derivas elásticas de la construcción. Este proceso dio como resultado que el prediseño de las estructuras tiene valores similares a los elementos finales analizados y si bien las derivas inelásticas cumplen con la normativa vigente la edificación sin rigidizadores no cumple con los desempeños a diferencia de la estructura con rigidizadores.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Sanchez y Huamanchumo (2018), en su investigación "Análisis estructural de la edificación esencial perteneciente a la IEN° 10133, ubicada en Mochumi, realizado a través del método de análisis estático no lineal (pushover)", sostiene que en el objetivo principal fue realizar la evaluación estructural del edificio mediante un AENL – Pushover. La metodología fue cuantitativa, siguiendo un diseño no experimental transversal con enfoque descriptivo. La edificación que se analizó consta de tres niveles se evaluó mediante el análisis lineal y estático no lineal. Se utilizaron instrumentos como la



recolección de documentos, inspección visual, software ETABS 18 y Excel 2016. Los resultados del análisis Pushover revelaron una curva de capacidad en el eje X, se consiguió una fuerza cortante de 1609.947 toneladas y un desplazamiento lateral de 0.251 metros. Un desplazamiento de 0,063 metros se asoció a una fuerza cortante de 1135,77 toneladas a lo largo del eje Y. Según la clasificación sísmica de VISION 2000, para el eje X bajo sismos frecuentes y ocasionales, el desempeño estructural fue operacional, mientras que para sismos raros y la seguridad de la vida era bastante infrecuente. En el eje Y, para sismos frecuentes, ocasionales, raros y muy raros, el desempeño fue operacional. En resumen, la edificación no cumple con los objetivos para una estructura esencial en el eje X.

Según Mayta y Vilca (2022), en su investigación "Análisis del comportamiento estructural de la IEN° 40230 San Antonio del Pedregal Majes, mediante la aplicación del método de evaluación estática no lineal (pushover)", sostiene que tuvo como objetivo evaluar el desempeño sísmico estructural de una institución educativa en el Pedregal mediante el análisis estático no lineal (Pushover). La metodología aplicada fue de naturaleza cuantitativa, y la muestra consistió en dos bloques construidos en 1996 y 1998, siguiendo el modelo arquitectónico mientras que en el eje Y se empleó albañilería confinada. Para determinar la magnitud de la resistencia del concreto de los componentes estructurales, se llevaron a cabo ensayos de esclerometría, y se realizaron inspecciones de las columnas en la parte superior del techo. Además, se utilizó un escáner de materiales y un pacómetro para determinar el acero de refuerzo en las vigas. De acuerdo con los resultados del estudio que se realizó utilizando el análisis estático no lineal, el bloque 1 exhibió un nivel de rendimiento estructural que correspondía a la categoría de protección vital en la dirección X cuando se enfrentó a la ocurrencia de un evento sísmico categorizado como «raro». Este bloque idéntico, por otra parte, fue capaz de alcanzar un nivel de comportamiento que se categoriza como de ocupación inmediata cuando se observa desde la dirección Y. Estos resultados demuestran que el bloque es capaz de responder



de forma distinta dependiendo de la dirección de análisis, revelando así el comportamiento estructural del bloque cuando se somete a condiciones extremas de carga sísmica. Según los resultados del análisis, el bloque 2 estaría a punto de alcanzar el nivel de comportamiento que corresponde a la protección de la vida en la dirección X si se sometiera a las mismas condiciones que el bloque 1, caracterizadas por un terremoto muy poco frecuente. Dicho de otro modo, la forma en que el bloque 2 se comporta estructuralmente ante este tipo de evento sísmico da la impresión de que entraría dentro de las restricciones de seguridad que se han establecido para proteger la integridad de las personas, sin sobrepasar el umbral que se ha establecido

Según Osorio y Moncayo (2021), en su investigación "Análisis del comportamiento sísmico y propuesta de fortalecimiento estructural para el colegio 780-PRE IE N° 1172 Ciro Alegría, utilizando el método de Análisis Estático No Lineal", Dice que el objetivo principal de este estudio es investigar el comportamiento sísmico de los componentes estructurales de la escuela mediante la utilización de un análisis estático no lineal, y luego sugerir un tipo de refuerzo que optimice el comportamiento de la escuela frente a los terremotos. Esta investigación es de tipo aplicada con una metodología no experimental. La muestra comprende cinco pabellones, dos de los cuales fueron construidos entre 1992 y 1995, utilizando un modelo arquitectónico sistémico 780 pre, con una configuración estructural mixta. En la dirección X-X, se presenta un sistema aporticado, mientras que en la dirección Y-Y se utiliza albañilería confinada. Se emplearon instrumentos como el software Etabs 18, estudios de mecánica de suelos, ensayos de diamantina y planos estructurales. De acuerdo con los resultados del análisis no lineal, el comportamiento en el eje X-X muestra un nivel inferior de rendimiento en comparación con el rendimiento en el eje Y-Y. Este es el caso tanto para un terremoto raro como para un terremoto máximo. Este es el caso tanto para un terremoto raro como para un terremoto máximo. Por lo tanto, se propone reforzar los elementos estructurales en el eje X-X para reducir la distorsión que excede los límites establecidos por la NTP E 0.30. Esta propuesta implica el diseño de nuevas columnas en



los muros de albañilería y el encamisado de columnas que soportan vigas. Con este refuerzo, se logra que la edificación pase de un desempeño de seguridad de vida a un desempeño operacional.

Según Neyder (2019), en su investigación "Evaluación de la capacidad sismorresistente de la institución educativa Rafael Loayza Guevara a través del método Pushover, junto con una propuesta para su mejora", sostiene que su fin era utilizar la técnica Pushover para determinar el grado de comportamiento sismorresistente de la estructura. La metodología empleada es no experimental del tipo transversal – descriptiva. La muestra consta de tres niveles y fue construida entre el año 2009 y 2010 y tiene una geometría en L y consta de dos módulos. Se utilizaron instrumentos como la recolección de datos mediante acceso al expediente técnico de la edificación e inspecciones visuales donde se verificaron medidas así mismo se realizaron ensayos de esclerometría y procesamiento en el software Etabs. Dado que el análisis Pushover se realizó en todos los niveles de peligro analizados, el nivel de rendimiento es de ocupación inmediata, lo que significa que el edificio se encuentra en estado de estabilidad no requiere reforzamiento sin embargo presenta fisuras y desprendimiento de tarrajeo por lo que se propone mejorarla en dichos aspectos.

Según La torre y Tupac (2019), en su investigación "Análisis y desarrollo de dos alternativas de reforzamiento para las vigas y columnas de concreto armado en un edificio hotelero, llevado a cabo en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)", sostiene que se pretendía con esta investigación era determinar qué tipo de refuerzo es el más adecuado para la construcción que se estaba considerando. Se adoptó una metodología de investigación comparativa ya que se evalúan dos tipos de reforzamiento el encamisado de concreto y polímero con fibra de carbono (CFRP). La muestra es una edificación multifamiliar de 5 niveles ubicado en Lima, Miraflores con un sistema estructural dual y un área de 214.00 m². Se utilizó para la evaluación de la edificación las normas E-020 (2006),

E -030 (2018) y la E - 060 (2009), así mismo se modeló la edificación en el software ETABS. Se realizó el análisis de cargas por gravedad a la estructura y el análisis aplicando carga sísmica. En estos análisis se verificaron las vigas y columnas a corte y flexión determinando que requieren reforzarse por lo que se procedió al diseño de su reforzamiento mediante encamisado y CFRP. Se evalúan ambos tipos de reforzamiento de manera estructural y un análisis económico llegando a la conclusión que el encamisado de concreto presenta mejor resistencia a momentos, menor costo, pero mayor tiempo de ejecución y el reforzamiento mediante CFRP tiene un mayor costo, pero menor tiempo de intervención a la edificación

2.1.3 Antecedente local

Según Luque (2020), en su investigación "Niveles de comportamiento sísmico del edificio de ciencias físico-matemáticas, evaluados de acuerdo con las normas E.030, FEMA 440 y ASCE 41", afirma que Perú está situado en una zona que experimenta un alto nivel de actividad sísmica, lo que sugiere que la construcción de estructuras debe tener como objetivo fundamental la seguridad de las vidas de las personas que las ocupan. Esta idea fundamental se articula en la norma de diseño sismorresistente E.030, que señala las reglas y requisitos que deben cumplirse para garantizar la seguridad de las estructuras en caso de que ocurran eventos sísmicos. Sin embargo, la norma mencionada anteriormente sólo tiene en cuenta un único nivel de comportamiento sísmico, y no incluye un enfoque particular para el examen de edificios ya existentes. Las versiones anteriores de la norma E.030, como la correspondiente al año 1977, también tenían limitaciones comparables. Ello se debía a que no incorporaban recomendaciones explícitas para el análisis y la evaluación de estructuras creadas en el pasado. Como consecuencia de ello, se hace necesaria una normativa más específica que aborde estos aspectos de forma más exhaustiva y actualizada. Debido a que la edición de la norma vigente en esa época no restringía efectivamente los desplazamientos laterales de las edificaciones, las estructuras que se



diseñaron en esa época presentaban un alto grado de flexibilidad. El presente trabajo de investigación consistió en analizar en profundidad un edificio ya existente en la Universidad Nacional del Altiplano. El diseño y construcción de esta estructura se llevó a cabo a principios de la década de 1990, cuando aún estaba vigente la versión de la norma E.030-1977. Como se mencionó anteriormente, esta versión de la norma tenía una serie de deficiencias con respecto a la capacidad de controlar los movimientos laterales durante los eventos sísmicos. Se ha determinado que la estructura en cuestión tiene un sistema estructural compuesto por pórticos de hormigón armado, que se complementan con mampostería de relleno. Los datos necesarios para llevar a cabo este estudio se recopilaron mediante una revisión exhaustiva de los diseños del proyecto. Esto se complementó con observaciones realizadas directamente sobre el terreno, que permitieron obtener información precisa sobre las propiedades estructurales de la estructura. Dado que el edificio en cuestión se ha considerado vital, es de suma importancia llevar a cabo una evaluación exhaustiva de su comportamiento sísmico en diferentes situaciones de riesgo sísmico. Para llevar a cabo este análisis, se utilizaron procedimientos normativos como ASCE 41 y FEMA 440. Estas técnicas ofrecen las normas esenciales para evaluar con precisión la capacidad de la estructura para resistir y funcionar con seguridad bajo diversos grados de riesgo sísmico. Normas como éstas permiten realizar evaluaciones precisas de la resistencia estructural y la seguridad de los edificios, que son absolutamente necesarias para estructuras importantes. Para determinar los puntos de rendimiento específicos de la estructura, se utiliza el primer enfoque para determinar los niveles de rendimiento y los índices de peligrosidad sísmica, mientras que el segundo se utiliza para obtener los puntos de rendimiento específicos. Además, para llevar a cabo esta evaluación de forma correcta, es necesario realizar un análisis estático no lineal, también denominado pushover, en el que se selecciona una estrategia adaptativa. Gracias a este estudio, es posible predecir con precisión la respuesta del edificio a las cargas sísmicas, lo que proporciona datos relevantes para la evaluación estructural del edificio en diversos escenarios de riesgo. Esto ocurre como resultado de la disposición estructural específica del edificio, que se ve



significativamente afectada por la existencia de los muros de relleno. Para modelizar estos muros de mampostería, se utilizaron macromodelos, concretamente del tipo puntal diagonal equivalente. Esto se hizo porque la mampostería contribuyó de manera importante en términos de rigidez y resistencia. Debido a este modelo de comportamiento y a las características estructurales que aportan los muros, el edificio es capaz de cumplir con los niveles de desempeño que se han establecido, satisfaciendo así los requerimientos de «prevención de colapsos» y «seguridad de vida.» En otras palabras, esto indica que la estructura es capaz de garantizar la protección de los residentes y evitar que el edificio se derrumbe completamente en caso de un evento sísmico, asegurando así que el edificio mantendrá su integridad.

Según Mamani (2018), en su investigación "Determinación del nivel de desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018". En concreto, el edificio en cuestión consta de un total de ocho plantas, y su sistema estructural está construido sobre un conjunto de pórticos de hormigón armado. Es necesario realizar un análisis estático no lineal para evaluar el comportamiento sísmico de esta estructura. Este análisis se lleva a cabo para determinar con exactitud cómo reaccionará el edificio en caso de un evento sísmico. En esta investigación se incorpora el método del espectro de capacidad aumentada, que se describe en las recomendaciones publicadas por FEMA-440. Este innovador método contribuye a una evaluación más completa y precisa del comportamiento sísmico del edificio, al tener en cuenta las características específicas de la estructura, así como su capacidad para soportar los efectos de las fuerzas sísmicas. Cuando se intenta estimar el nivel de comportamiento sísmico de la estructura, este método utiliza la intersección entre la curva de capacidad derivada del método pushover y un espectro de demanda. Es esencial seguir este procedimiento para determinar cómo reaccionará la estructura ante los esfuerzos sísmicos previstos, teniendo en cuenta la interacción entre la capacidad estructural y la demanda externa. Es importante señalar que, debido a la complejidad de la técnica, es necesario realizar un gran número de iteraciones para



desarrollar la curva de capacidad de la estructura de forma exacta. Esto requiere una investigación intensiva de las características y el comportamiento de la estructura en diversos escenarios sísmicos, Para llevar a cabo el análisis fue necesario utilizar el software de simulación estructural ETABS V16. Este software permitió realizar una investigación en profundidad de la reacción sísmica del edificio. Tras la realización de la evaluación sísmica, los datos obtenidos muestran que la estructura no cumple los criterios de comportamiento definidos por el ATC-40. Estos objetivos sirven de referencia para garantizar que la estructura es segura en diversas situaciones sísmicas. Para ser más específicos, el edificio alcanzó el estándar de seguridad de vida cuando fue sometido a un terremoto de servicio. Esto indica que es capaz de proporcionar suficiente protección a sus habitantes en caso de terremoto moderado. La estructura, por otra parte, se acercó al nivel de colapso durante un terremoto de diseño, lo que sugiere que no sería capaz de resistir los efectos de un terremoto mayor sin sufrir daños significativos. Por último, pero no por ello menos importante, los resultados también sugieren que la estructura alcanzaría el nivel de colapso en la dirección «X» en caso de terremoto máximo. Esta conclusión sugiere que el edificio no estaría suficientemente reforzado para soportar una carga sísmica excesiva en esa dirección concreta. Por otra parte, los resultados del análisis sugieren que el nivel de rendimiento alcanzado en un terremoto de servicio corresponde al nivel de ocupación inmediata, lo que implica que el edificio sería adecuado para su uso inmediato. Este es el caso en la dirección «Y» de la estructura. Cuando se produce un terremoto moderado, no existen peligros sustanciales para las personas que se encuentran dentro del edificio. En caso de terremoto de diseño, la estructura ha cumplido la norma de seguridad vital. Esto indica que, aunque pueda sufrir daños considerables, la protección de las personas que se encuentren dentro del edificio estaría garantizada, lo que impediría que el edificio se derrumbara por completo. Al final, la estructura pudo alcanzar el nivel de prevención de derrumbamiento ante un terremoto de magnitud máxima. Esto indica que, aunque podría sufrir daños importantes, las medidas de refuerzo aplicadas serían adecuadas para evitar que el edificio se derrumbara por completo. Esto demuestra que el edificio ha sido diseñado



para resistir los efectos de varios tipos de terremotos, garantizando la seguridad de los ocupantes, así como la integridad estructural del edificio en una variedad de escenarios sísmicos. Como resultado, el edificio satisface los objetivos de rendimiento establecidos en la norma ATC-40. Mediante un análisis estático no lineal, es posible obtener una estimación precisa del comportamiento que mostrará la estructura cuando se vea sometida a movimientos sísmicos. Esto es algo que puede expresarse como una conclusión. Esta forma de estudio proporciona una perspectiva completa de los posibles defectos y vulnerabilidades que puede presentar la estructura, lo que permite prever cómo se comportará el edificio cuando se vea sometido a las fuerzas creadas por un evento sísmico. De esta forma, se pone de manifiesto la importancia de realizar un adecuado análisis y diseño estructural. Esto se debe al hecho de que la ausencia de un análisis y diseño estructural adecuados puede dar lugar a fallos catastróficos que pongan en peligro la estabilidad del edificio y, como consecuencia, la seguridad de las personas que se encuentran en su interior. Por lo tanto, esta técnica no sólo permite analizar el comportamiento de la estructura en condiciones sísmicas, sino que también permite identificar las áreas que deben mejorarse y reforzarse. Esto ayuda a garantizar que el diseño sea satisfactorio en cuanto a su capacidad para soportar las fuerzas sísmicas previstas.

Según Gutiérrez (2021), en su investigación "Evaluación del desempeño sísmico por el método espectro-capacidad de un puente en tramo IV-IIRSA Sur", sostiene que entre todos los fenómenos que nos aquejan, los sismos son los que mayor cantidad de víctimas ha cobrado en el mundo, tales como en: Loma Prieta (1989), Northridge (1994), Kobe (1995) y Chile (2010) y dado el contexto de actividad sísmica en el Perú, evaluar el desempeño sísmico de los puentes debe ser parte del proceso de diseño, ya que los métodos de análisis y diseños tradicionales basadas en análisis lineales elásticos han demostrado que no garantizan la seguridad de las estructuras. Esta investigación tiene por objetivo evaluar el nivel y el punto el desempeño sísmico, por el Método Espectro

Capacidad del Puente Asillo; ubicado en el tramo IV-IIRSA SUR. En concordancia con las exigencias de los códigos AASHTO LRFD Seismic Bridge Design, CALTRANS, ATC-40, FEMA-273 y SEAOC. Como resultado se obtuvo que el puente tiene un nivel de desempeño sísmico de seguridad de vida en la dirección longitudinal es decir sufre daños, pero permanece estable. Y totalmente operacional en la dirección transversal; daño estructural y no estructural es despreciable. Se obtuvo también que, en la dirección longitudinal el punto de desempeño se encuentra en un tramo inelástico de la curva de capacidad cuyas propiedades asociadas al comportamiento a nivel de periodos y amortiguamientos son 1.065 s, 9.50% respectivamente, entonces se da un fuerte incremento de demanda sobre la estructura. Y en la dirección transversal el punto de desempeño se encuentra en un tramo elástico de la curva de capacidad. Por consiguiente, se concluye que la demanda de desplazamiento es menor que la de capacidad; por lo tanto, el puente cumple cabalmente con los requisitos que establecen los códigos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sismos

Los sismos son alteraciones repentinas en lo profundo del planeta que da como resultado el principio a vibraciones en la tierra. Según la ubicación geográfica en el Perú se origina sobre todo por el choque de placa Nazca con la placa Sudamericana, este proceso es el que a lo largo del tiempo ha modificado la morfología del país haciendo visibles cordilleras, volcanes, nevados, valles, cañones, franja de ceja de selva; este proceso aún no ha concluido por lo que la morfología nacional es cambiante (Tavera, 2020).

Según INGEMMET (2021) son fenómenos naturales que generan movimientos repentinos y temporales en la corteza terrestre, con una duración de segundos hasta varios minutos según su magnitud.

En nuestro país se originan en el proceso de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana.

Figura 1

Placas tectónicas de la tierra y su dirección de movimiento

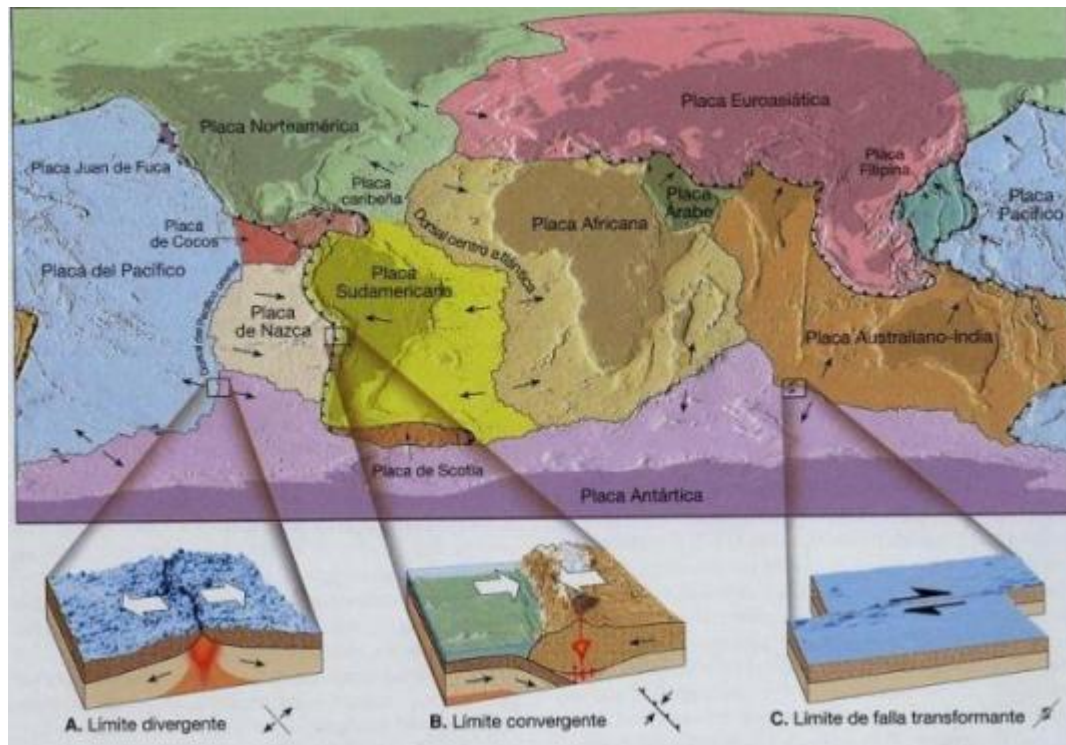


2.2.2 Tectónica de placas

La Nueva Tectónica Global nos enseña un enfoque del movimiento de las placas y la generación de los sismos. Esto nos permite una comprensión física de las razones detrás de la acumulación de energía en áreas restringidas de la Tierra y la forma en que se manifiestan los diferentes tipos de sismos. Existen placas tectónicas principales y secundarias, clasificadas de esta forma por su tamaño; entre las principales tenemos la placa norteamericana, placa africana, placa sudamericana, placa australiana y placa Antártica, que deben su nombre al continente en el que se encuentran. Todas las placas conforman la litosfera. (National Geographic, 2023).

Figura 2

Bordes o límites entre placas principales



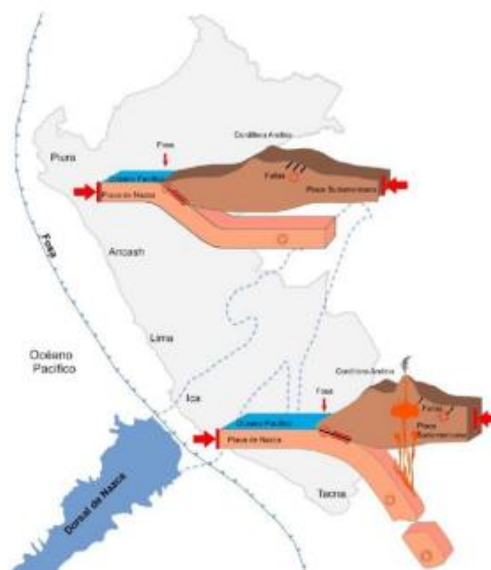
2.2.3 Tectónico regional

La placa de Nazca se encuentra bajo la placa Sudamericana, donde se encuentra Perú, que está situado en una zona de subducción activa. Esto significa que la corteza oceánica se sitúa bajo el margen continental. En esta zona pueden producirse terremotos a distintas profundidades, alcanzando el más profundo un máximo de 700 kilómetros.

Según Tavera (2020), la interacción de las dos placas ha dado origen al crecimiento de “La Cordillera de los Andes, la Fosa Perú – Chile” y los sistemas que se encuentran alrededor de fallas, estos hechos se han producido por el proceso orogénico constante de aproximadamente 10 millones de años debido a los diversos sismos ocurridos.

Figura 3

Esquema de los dos tipos de subducción en el Perú



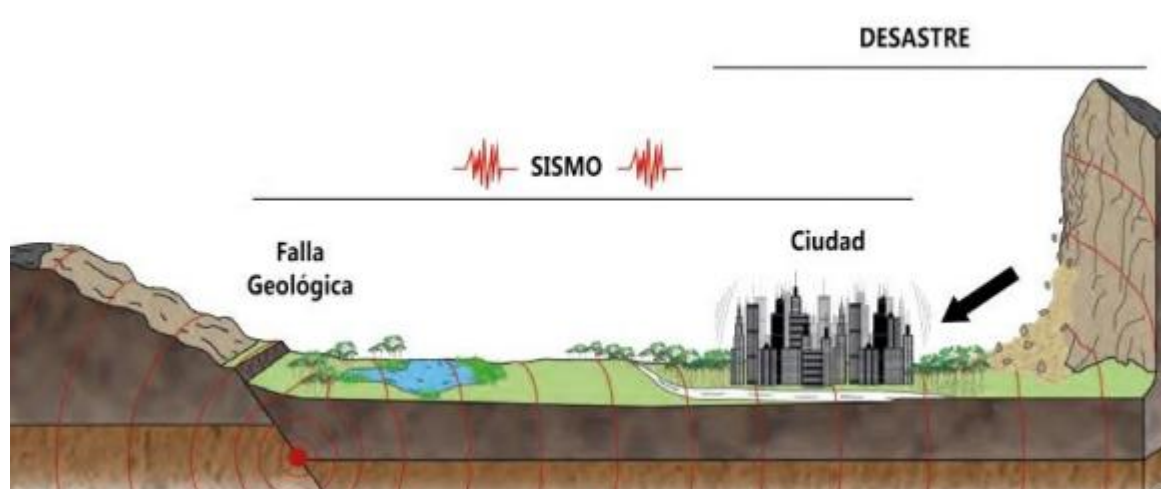
2.2.4 Tipos de sismos

2.2.4.1 Sismos interplaca

Son denominados así porque se originan en el interior de continentes, fuera de la zona de interacción de las placas. Se producen por la reactivación de fallas geológicas según (INGEMMET, 2021)

Figura 4

Sismos interplaca

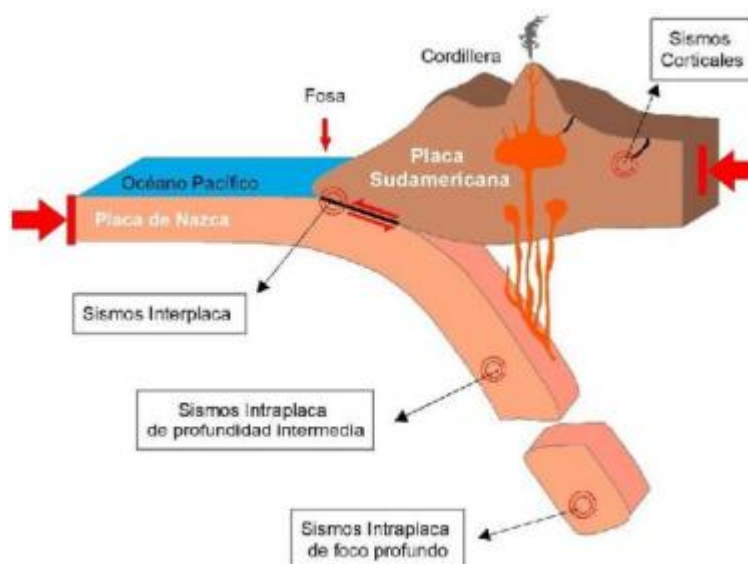


2.2.4.2 Sismos corticales

Se denomina así a los terremotos que se originan en la zona continental generado por la acumulación de esfuerzos tectónicos.

Figura 5

Tipos de sismo que ocurren en las placas de Nazca y Sudamérica



2.2.5 Riesgo sísmico

El Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá (2023) define así a las posibles consecuencias sociales, económicas o ambientales provocadas por un sismo.

Como son los daños a edificios, infraestructura pública como privada, viviendas y demás, así como lesiones y pérdida de vidas humanas que generan inversión económica debido a la necesidad de reparación y reconstrucción e interrumpen la actividad económica del lugar afectado. 25

Debido a que el nivel de riesgo sísmico de un determinado lugar con cierta peligrosidad sísmica dependerá del grado de vulnerabilidad sísmica que tenga; por lo que a mayor vulnerabilidad mayor será el riesgo sísmico.

2.2.6 Peligro sísmico

La probabilidad existente como consecuencia de un terremoto se denomina peligro sísmico en una ubicación específica durante un periodo determinado de años junto a un nivel específico de intensidad.

La evaluación del riesgo sísmico puede realizarse de dos maneras diferentes:

- Método Determinístico: evalúa el peor escenario sísmico sin considerar el tiempo o probabilidad de ocurrencia.
- Método Probabilístico: En este análisis asigna una probabilidad de ocurrencia a diversos tipos de sismos. En este análisis se incluyen parámetros de magnitud, distancia, aceleración y demás que permitirán obtener información sobre la probabilidad de ocurrencia de un sismo para un determinado tiempo de vida de un proyecto.

SENCICO ofrece ahora un servicio de consultoría a través de Internet con el fin de determinar la peligrosidad sísmica probabilística existente en el territorio de Perú. En este reporte de peligro sísmico brinda la siguiente información:

- Gráficos de Probabilidad Anual de excedencia vs. Aceleración espectral
- Espectro de peligro uniforme para cualquier periodo de retorno.
- Espectros de diseño sísmico conforme a la NTP E-030 y espectros de diseño determinados de acuerdo con el ASCE/SEI 7(2010) para edificaciones.

2.2.7 Vulnerabilidad sísmica

Se dice que una estructura o estructuras son sísmicamente vulnerable si es altamente probable que sufra daños en presencia de la ocurrencia de un sismo debido a sus características como diseño, calidad, ubicación geográfica y demás.

Es una clasificación estructural intrínseca que va desde un rango no vulnerable.

2.2.7.1 Componentes de la vulnerabilidad sísmica

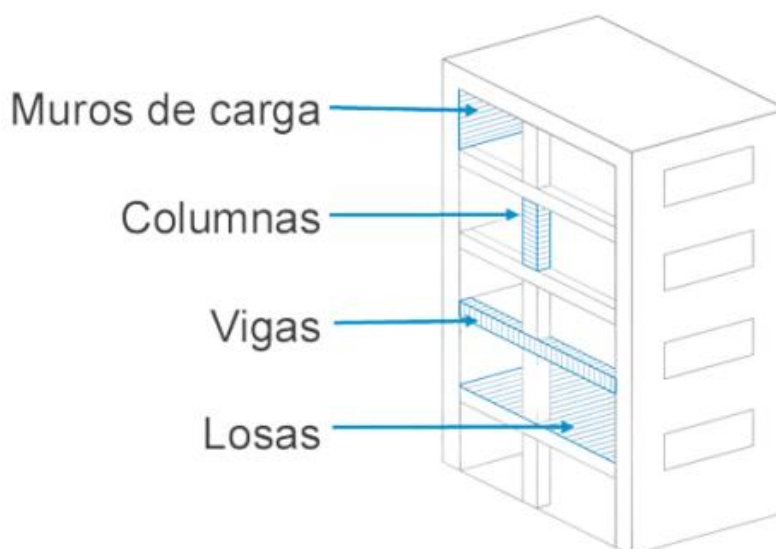
Vulnerabilidad estructural

Son las partes de la estructura de un edificio que, por su resistencia y rigidez, contribuyen a la estabilidad estructural general del edificio. (Miyamoto International Inc., 2021).

Las estructuras tienen una relación entre su comportamiento y los daños potenciales que pueden producirse durante y después de un sismo. Esta relación se conoce como vulnerabilidad estructural.

Figura 6

Elementos estructurales de una edificación



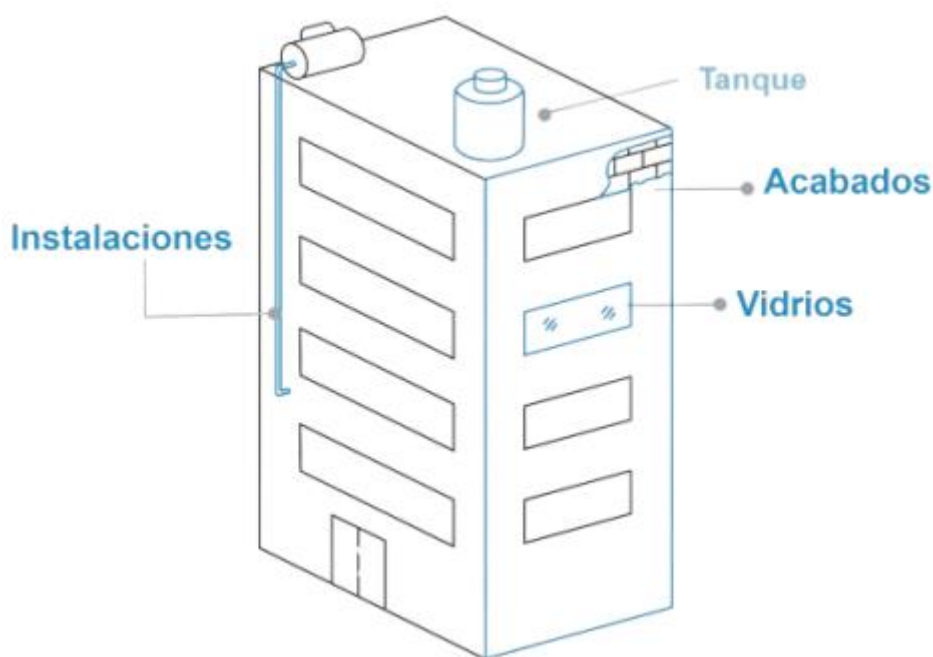
Vulnerabilidad no estructural

Los componentes instalados de un edificio incluyen en su conjunto acabados (ventanas, revestimientos), instalaciones (paneles, tanques de almacenamiento, tuberías) y equipos (electromecánicos, de fontanería y/o eléctricos). Estos componentes no se consideran componentes estructurales de la estructura. (Miyamoto International Inc., 2021)

Toda edificación cuenta con elementos no estructurales que son esenciales para el funcionamiento de la edificación tales como instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones de gas, etc. además de muebles, luminarias electrodomésticas, equipos y demás según la necesidad de cada edificación estos elementos no estructurales no soportan cargas, pero cumplen funciones importantes y en eventos sísmicos han ocasionado muertes en el pasado por ello es importante que se encuentren correctamente instalados para que no sean un riesgo para los usuarios de la edificación ni provoquen daños.

Figura 7

Elementos no estructurales de una edificación



Vulnerabilidad funcional

La funcionalidad está determinada por el diseño funcional, que se basa en una correcta distribución y relación de espacios, que es la respuesta a una zonificación acertada de zonas donde se ubicaran espacios de servicios, públicos y privados de cualquier tipo de proyecto que hará que el funcionamiento de este día a día sea el adecuado y en situaciones de emergencia sea de fácil evacuación para sus ocupantes.

Figura 8

Zonificación para proyecto educativo



2.2.8 Ingeniería sismorresistente

El hombre a lo largo de la historia ha sido afectado por eventos sísmicos de los cuales se tienen registros que datan de más de 3000 años de antigüedad en China, en Japón y Europa sus registros datan de hace 1600 años y en América los códigos Mayas y Aztecas hacen referencia a los sismos así mismo escritos de la época colonial narran los efectos de los sismos en las poblaciones conquistadas.

Los países donde la ingeniería sismorresistente tuvo un desarrollo importante fueron USA y posteriormente en Japón y Nueva Zelanda. Las investigaciones desarrolladas por los profesores Housner, Newmark y Clough y el ingeniero J.A Blume fueron las que sentaron las bases del diseño sismorresistente. Posteriormente la ocurrencia de eventos sísmicos a partir de los años 60 y el estudio de sus causas y daños provocados produjo un desarrollo de esta especialidad en diversos países. (Departamento de Estructuras y Geotécnica UC, 2019).

El propósito de la ingeniería sismorresistente es desarrollar estructuras capaces de absorber la energía generada por un sismo por medio de sus características de ductilidad,

resistencia y rigidez. Esto se logra incrementando la rigidez estructural para así mantener las deformaciones de la estructura por debajo de los límites máximos permitidos.

2.2.9 Sismicidad normativa en el Perú

Los terremotos en la historia del Perú sirven como fuente de información para la propuesta de normas sismorresistentes; el "Reglamento Nacional de Edificaciones" contempla la norma de diseño sismorresistente NTP E.030, la cual se rige bajo la filosofía del diseño sismorresistente y contempla los siguientes principios:

La estructura deberá mantenerse en pie sin causar lesiones.

La estructura debe resistir movimientos de suelo moderados y experimentar daños reparables.

Las edificaciones esenciales deberán seguir operando posterior a un sismo severo.

Esta norma nos brinda requisitos y consideraciones para el diseño sismorresistente de estructuras en el territorio nacional, con la finalidad de proteger dichas estructuras ante la ocurrencia de un terremoto en cualquier momento.

Ya en 1970 se publicó una primera normativa peruana de diseño sismorresistente, posteriormente se hicieron modificaciones tomando información de los terremotos suscitados en el territorio nacional

Figura 9

Normativas de diseño sismorresistente desde 1970



2.2.10 Causas de fallas estructurales en edificaciones

Existen diversas causas que pueden llevar a presentar fallas en una edificación, estas podrían ser problemas de diseño, propiedades geotécnicas del suelo, fallas causadas por terremotos, etc. Entre las causas más comunes que provocan el riesgo de falla y en casos extremos el colapso de la edificación tenemos:

2.2.10.1 Efecto de columna corta

Es conocido también como “columna cautiva”, se identifica como una de las fallas más comunes que provoca graves daños en edificaciones ante la acción de sismos. Se presenta donde existen paredes que dejan un espacio vacío entre ventanas y no están confinadas de manera adecuada. El efecto de columna corta se debe a un inadecuado confinamiento de los muros a los elementos estructurales por la ausencia de elementos como viguetas y columnetas. (Moreto Tuesta et al, 2021).

Figura 10

Daño estructural grave por efecto de columna corta



2.2.10.2 Falla por piso blando

Llamado también “piso blando” o “entrepiso blando” a la irregularidad en edificios donde el primer entrepiso es considerablemente más flexible que los subsiguientes (Muñoz Peláez, 2020).

Figura 11

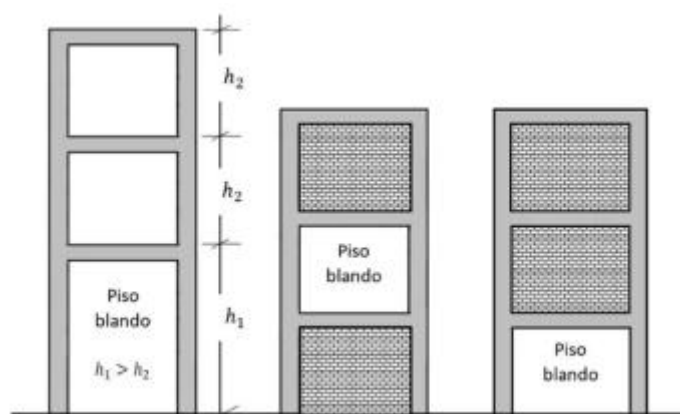
Irregularidad de piso blando



Las normativas de diseño sismorresistente nos recomiendan evitar configuraciones con irregularidades de masa, rigidez y resistencia debido a que podrían ocasionar daños en la estructura de la edificación, esta irregularidad por piso blando se da por un cambio brusco de rigidez de pisos.

Figura 12

Configuración de tipo blando



Las edificaciones que presentan piso blando son aquellas que en el primer nivel tienen cocheras, tiendas, restaurantes, etc. y el uso de los niveles superiores son destinados a vivienda por lo que contienen muros de albañilería, en eventos sísmicos este tipo de edificios colapsan

Figura 13

Ejemplos de colapso debido a piso blando

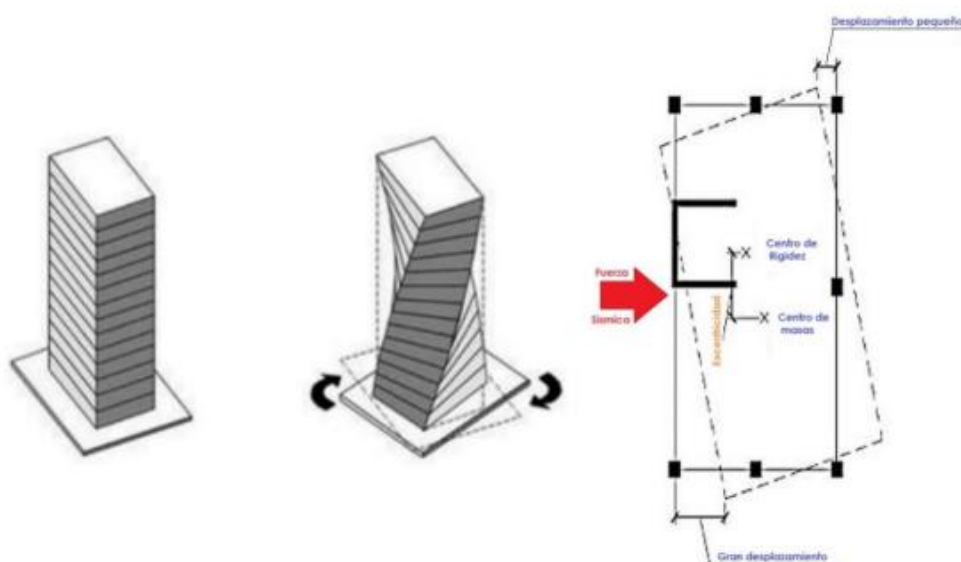


2.2.10.3 Falla por torsión en planta

Las edificaciones se construyen en diversas formas para que sean cómodas, eficientes, y funcionales según su uso, esto hace que algunas edificaciones sean asimétricas. La asimetría es considerada la principal causa de la torsión ante solicitaciones sísmicas.

Figura 14

Torsión en planta: definición de CM, CR y excentricidad



La carga sísmica se aplica en el centro de masas (CM) de la estructura y la fuerza resistente acciona en el centro de rigidez (CR). La falla por torsión ocurre cuando el CM y

el CR no están en la misma posición. La distancia entre ellos (excentricidad) es empujada a girar alrededor de la sección rígida y está sujeta a momentos de torsión (Alshaheen & Aljassim, 2022)

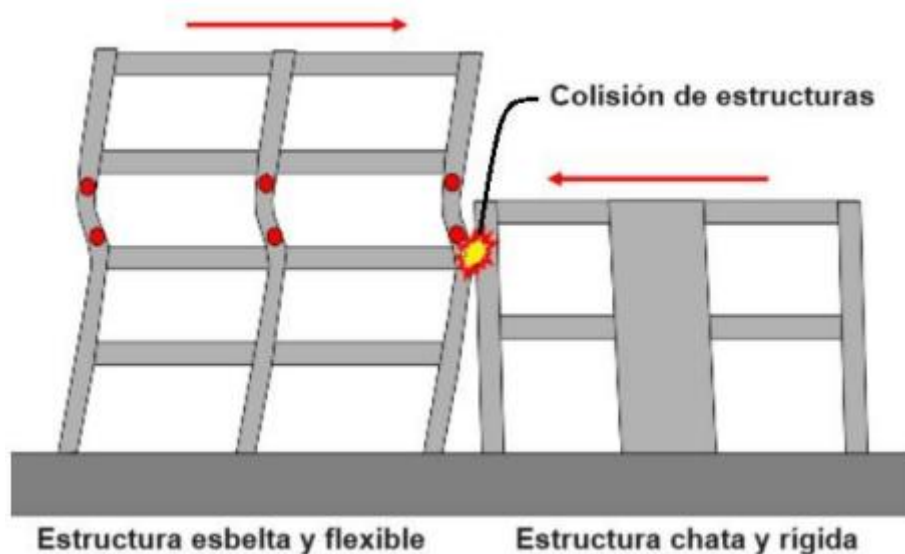
2.2.10.4 Golpeteo entre edificios

Se denomina golpeteo a la colisión que ocurre entre dos edificios colindantes debido a la ausencia de junta de separación sísmica.

En edificaciones vecinas que tienen diferente altura y sus losas no coinciden, las losas de una edificación pueden golpear a las columnas de la otra y causar daños importantes a su estructura.

Figura 15

Esquema de golpeteo

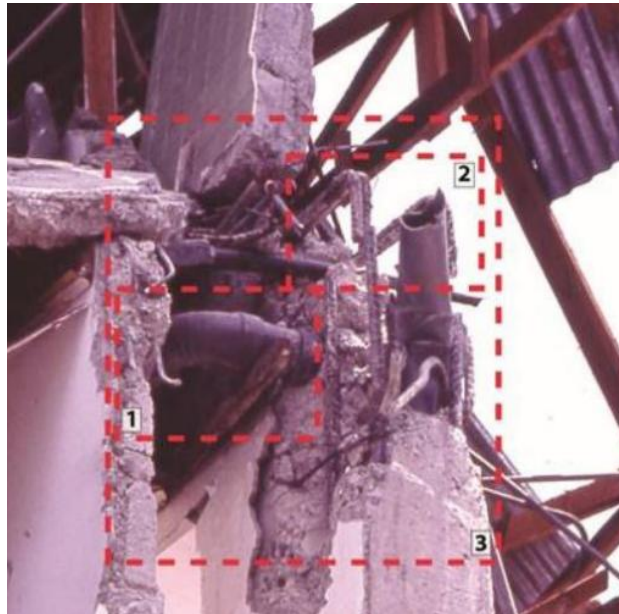


2.2.10.5 Falta de confinamiento de columnas

La falta de confinamiento en las columnas se manifiesta especialmente en la proximidad de la unión con la viga usualmente debido a la diferencia de diámetros que por proceso constructivo dificulta su confinamiento, lo que provoca el arqueado o pandeo del acero longitudinal.

Figura 16

Daños en una viga - columna



En la figura anterior se detallan los daños en los elementos estructurales posteriores al sismo, donde se puede detallar:

- Tubería dentro del núcleo de concreto
- Longitud de anclaje insuficiente
- Falta de confinamiento en nudo viga – columna.

2.2.10.6 Elementos no estructurales

Algunas fallas se presentan en elementos no estructurales, que en sí no afectan al comportamiento de la estructura de la edificación, pero son los causantes del fallecimiento de víctimas en terremotos. Entre estas fallas tenemos:

- Parapetos no reforzados
- Deformación de puertas
- Equipos mecánicos anclados a la edificación
- Desprendimiento de anuncios.

Figura 17*Desprendimiento de elementos no estructurales*

La figura “a” muestra a la edificación antes del sismo, posterior a este “b” se observa que los elementos como anuncios y cobertizos se han desprendido.

2.2.11 Métodos de evaluación sísmica

Métodos cualitativos

Estos están pensados para valorar eficazmente y sin esfuerzo una colección de estructuras diversas con atributos variables e identificar las que requieren una investigación más exhaustiva. Se utilizan para evaluar edificaciones en zonas amplias para determinar su riesgo sísmico. Los resultados obtenidos por estos métodos para casos individuales no deben considerarse concluyentes a excepción que confirmen la seguridad de la edificación. (OPS, 2004).

2.2.12 Método FEMA P – 154

El examen de la resistencia de un edificio a los seísmos puede realizarse en poco tiempo mediante esta técnica visual. Mediante el uso de un índice, esta técnica establece si es necesario o no reforzar la estructura. Si la evaluación arroja un resultado significativamente menor o igual a dos 2, será imperativo llevar a cabo una investigación en profundidad de la estructura, que implica una evaluación lineal si esta evaluación cumple no será necesario reforzar caso contrario se deberá hacer un análisis no lineal de la estructura del edificio, si en esta evaluación la edificación cumple no será necesario un reforzamiento o sería necesario reforzar la edificación por ser susceptible al colapso.

El método maneja una ficha para la recolección de datos donde contempla los siguientes datos: dirección, nombre y uso de la edificación, fecha y hora de la inspección, los peligros geológicos cercanos a la edificación, peligro entre edificaciones, irregularidad en planta y elevación, peligro de caída de elementos no estructurales entre otros posteriormente se identificara el tipo de edificio según Fema para relacionarse con un puntaje básico y se ira sumando restando puntos según la inspección visual a la edificación.

En el manual FEMA P-154 se tienen formatos para determinar la susceptibilidad de las estructuras de sismos en función de la situación geográfica del edificio entre las zonas que comprende tenemos:

- VH – Sismicidad muy alta
- HS – Sismicidad moderadamente alta
- MD – Sismicidad moderada
- LS – Sismicidad baja

Tabla 2

Determinación de la región de sismicidad

Región sísmica	Aceleración espectral respuestas (periodo corto 0.2 seg)	Aceleración espectral, S1 (periodo largo 1.0 seg)
Baja	Menos de 0.25 gr	Menos de 0.10 gr
Moderada	Mayor o igual a 0.25 gr, pero menos a 0.50 gr	Mayor o igual a 0.10 gr, pero menos a 0.20 gr
Moderadamente alta	Mayor o igual a 0.500 gr, pero menor a 1.00 gr	Mayor o igual a 0.20 gr, pero menor a 0.40 gr
Alta	Mayor o igual a 1.00 gr, pero menos a 1.50 gr	Mayor o igual a 0.40 gr, pero menor a 0.60 gr
Muy alta	Mayor o igual a 1.50 gr	Mayor o igual a 0.60 gr

g =aceleración de la gravedad en dirección horizontal



Figura 18

Ficha de inspección sísmica para una zona de sismicidad elevada

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA P-154 Data Collection Form

Level 1
HIGH Seismicity

PHOTOGRAPH

SKETCH

Address: _____ Zip: _____

Other Identifiers: _____

Building Name: _____

Use: _____

Latitude: _____ Longitude: _____

S₁: _____ S₂: _____

Screeners(s): _____ Date/Time: _____

No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: ☐ 437

Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____

Additions: ☐ None ☐ Yes, Year(s) Built: _____

Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services ☐ Historic ☐ Shelter
Industrial Office School ☐ Government
Utility Warehouse Residential # Units: _____

Soil Type: ☐ A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ DNK
Hard Avg Dense Soft Soft Poor
Rock Rock Soil Soil Soil Soil
(If DNK, assume Type D.)

Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK

Adjacency: ☐ Pounding ☐ Falling Hazards from Taller Adjacent Building

Irregularities: ☐ Vertical (type/severity) _____
☐ Plan (type) _____

Exterior Falling Hazards: ☐ Unbraced Chimneys ☐ Heavy Cladding or Heavy Veneer
☐ Parapets ☐ Appendages
☐ Other: _____

COMMENTS: _____

☐ Additional sketches or comments on separate page

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1}

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	B1 (SRR)	B2 (SRR)	B3 (LH)	B4 (RC SH)	B6 (URM RFT)	C1 (SRR)	C2 (SH)	C3 (URM RFT)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (RD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		3.8	3.2	2.9	2.1	2.0	2.8	2.0	1.7	1.5	2.8	1.2	1.8	1.4	1.7	1.7	1.8	1.5
Severe Vertical Irregularity, V _{SI}		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-1.0	-0.9	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V _M		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	NA
Plan Irregularity, P ₁		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark		1.5	1.5	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.5	0.5	0.4	0.5	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.5	-0.9	-0.8	-0.8	NA	-0.8	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.5	-0.2	NA
Minimum Score, S _{min}		1.1	0.9	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

FINAL LEVEL 1 SCORE, S_{L1} ± S_{min}

EXTENT OF REVIEW

Exterior: ☐ Partial ☐ All Sides ☐ Aerial

Interior: ☐ None ☐ Visible ☐ Entered

Drawings Reviewed: ☐ Yes ☐ No

Soil Type Source: _____

Geologic Hazards Source: _____

Contact Person: _____

LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?

☐ Yes, Final Level 2 Score, S_{L2} _____ ☐ No

Nonstructural hazards? ☐ Yes ☐ No

OTHER HAZARDS

Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?

☐ Pounding potential (unless S_{L1} > cut-off, if known)

☐ Falling hazards from taller adjacent building

☐ Geologic hazards or Soil Type F

☐ Significant damage/deterioration to the structural system

ACTION REQUIRED

Detailed Structural Evaluation Required?

☐ Yes, unknown FEMA building type or other building

☐ Yes, score less than cut-off

☐ Yes, other hazards present

☐ No

Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)

☐ Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated

☐ No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary

☐ No, no nonstructural hazards identified ☐ DNK

Where information cannot be verified, screener shall note the following: **EST** = Estimated or unreliable data **OR** **DNK** = Do Not Know

Legend: URM = Unreinforced masonry frame BR = Braced frame RC = Reinforced concrete SH = Shear wall URM/INF = Unreinforced masonry infill TU = Tie up UM = Unmanufactured housing LM = Light metal PD = Flexible diaphragm RD = Rigid diaphragm

2.2.13 Método de índice de vulnerabilidad

Metodología planteada por Benedetti y Petrini, es indirecto y fue tomado el GNDT del C.N.R en Italia desde el año 1982, tiene como técnica calcular la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, bajo la observación y evaluación de cada uno de los parámetros contemplados en esta metodología. Para calcular el coeficiente I_v se utiliza un método que tiene en cuenta tanto los componentes estructurales como los no estructurales. Esta fórmula conduce finalmente al cálculo de 11 parámetros. Para evaluarlo, se utilizan las correspondientes ecuaciones.

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i - W_i$$

Se evalúan once (11) parámetros que corresponden al factor K_i según su calidad desde A hasta D, que se considera de los más ventajosos a los menos ventajosos y a los factores que determinan su peso W_i señalados en los parámetros.

Tabla 3

Índice de vulnerabilidad (I_v) – Benedetti y Petrini 1984

I	Parámetro	KIA	KIB	KIC	KID	W _i
1	organización del sistema resistente	0	5	20	45	1
2	calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4	posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	diagramas horizontales	0	5	25	45	1.00
6	configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	tipos de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	estado de conservación	0	5	25	45	1.00

A partir de estas consideraciones se determina la vulnerabilidad de acuerdo al porcentaje obtenido bajo las siguientes consideraciones.

Tabla 4

Clasificaciones de la vulnerabilidad en base al I_v según Benedetti

Vulnerabilidad		
Baja	Media	Alta
$I_v < 15\%$	$15\% \leq I_v < 35\%$	$I_v \geq 35\%$

2.2.14 Método Hirosawa

Se trata de un proceso ideado por el Ing. Masaya Hirosawa utilizada en Japón desde 1977. Realiza una evaluación del rendimiento sísmico de la estructura al comparar dos índices: "El índice sísmico de la estructura (I_s) y el índice de demanda sísmica de la estructura (I_{so})". Se calcula para cada piso de la estructura y según su sistema estructural que se considera su método de falla. (Queiroz Rodríguez, da Costa Pantoja, & Tavares Miranda, 2023).

Posteriormente se comparan estos índices bajo la siguiente consideración:

Si $I_s \geq I_{so}$, se considera que al edificio como seguro.

Si $I_s < I_{so}$, se considera a la edificación como insegura.

Tabla 5

Esquema de evaluación mediante el método hirosawa

Determinación del Índice de Vulnerabilidad Sísmica (Is)

Se usa la siguiente relación:

$$Is = Eo * Sd * T$$

- **Eo:** Representa el índice sísmico básico de comportamiento estructural, el cual mide la capacidad general de la estructura para resistir las fuerzas generadas por un sismo, considerando su diseño y características fundamentales.
- **Sd:** Hace referencia al índice de configuración estructural, que evalúa cómo la distribución y disposición de los elementos estructurales dentro de la edificación afectan su comportamiento frente a un sismo, teniendo en cuenta aspectos como la simetría, la rigidez y la distribución de masa.
- **T:** Se refiere al índice de deterioro de la edificación, el cual cuantifica el grado de desgaste o daño que ha sufrido la estructura debido al paso del tiempo, condiciones de uso, o factores ambientales, y cómo estos factores pueden influir en su capacidad de respuesta sísmica.

Estos índices son fundamentales para realizar una evaluación integral del comportamiento sísmico de una edificación, permitiendo identificar sus puntos fuertes y débiles frente a las cargas sísmicas y orientando las estrategias de refuerzo o rehabilitación necesarias.

a) Eo - Índice sísmico básico de comportamiento estructural Este índice Eo es directamente proporcional a la multiplicación del "coeficiente de resistencia C y el coeficiente de ductilidad F", según la siguiente ecuación:

$$Eo = aC \cdot F$$

Para calcular este índice Eo se debe clasificar a todo elemento vertical de la estructura según las siguientes categorías:

Tabla 6

Clasificación de elementos estructurales

Columnas y muros	Descripción
Columnas cortas de concreto armado	Se clasifica en esta categoría a las columnas donde la relación h_o/D es igual o menor a dos donde h_o es la altura libre de la columna y D la dimensión transversal
Columnas de concreto armado	Columnas donde la relación h_o/D es mayor a 2
Muros de concreto armado	Elementos de concreto que la relación del lado mayor entre el lado menor es mayor que 3
Muros de relleno de albañilería	Son todos los muros interiores de albañilería con poca o nada de confinamiento ubicados en los pórticos con ausencia de elementos de confinamiento
Muro de albañilería confinada	Muros de albañilería confinada con los elementos de concreto armado

➤ Para el índice alfa α_i

Es un término que se refiere al factor que se añade a la estructura para disminuir su capacidad de resistencia. Este factor se modifica en función del grado de deformación que se alcanza durante el evento sísmico. Este ajuste se realiza en función de una serie de factores que influyen en la respuesta del edificio al seísmo. Estos factores incluyen las características de la estructura, los materiales que se utilizaron, la magnitud del terremoto y las condiciones dinámicas particulares que afectan al comportamiento del edificio durante



el evento sísmico. Al tener en cuenta el hecho de que la capacidad resistente de la estructura puede verse comprometida a medida que aumentan las deformaciones, este factor de reducción es esencial para evaluar con precisión cómo reaccionará la estructura ante las fuerzas sísmicas. Esto permite una estimación más realista del comportamiento de la estructura en condiciones extremas.

De acuerdo con las características y el comportamiento de los elementos estructurales que predominan en el edificio, así como con la forma en que estos elementos influyen en la capacidad sísmica total del edificio, el factor en cuestión se divide en tres tipos distintos. A continuación, se ofrece una explicación completa de cada uno de estos tres tipos:

El término «tipo A» se refiere a la circunstancia en la que la capacidad sísmica de la estructura se rige principalmente por elementos que son más frágiles. Esto significa que estos elementos tienen una menor capacidad para doblarse sin sufrir daños importantes. Cuando esto ocurre, la reacción sísmica del edificio dependerá en gran medida de estos elementos vulnerables, que tienen una mayor probabilidad de fallar o derrumbarse debido a su vulnerabilidad.

En el caso del tipo B, que corresponde a una circunstancia intermedia, la estructura está dominada por piezas que, a pesar de no ser tan frágiles como en el escenario anterior, siguen mostrando un comportamiento menos robusto en comparación con otros tipos de componentes estructurales. A pesar de que estos elementos son más resistentes que los del tipo A, pueden, no obstante, mostrar un grado significativo de debilidad cuando se someten a cargas sísmicas elevadas.

El término «tipo C» se refiere a una estructura que es capaz de absorber y disipar la energía durante un terremoto de una manera más eficiente, aumentando así la seguridad general del edificio. Este tipo de estructura se caracteriza porque sus capacidades sísmicas están controladas por elementos dúctiles, que son elementos que tienen una gran capacidad de deformarse sin perder su resistencia.

Para evaluar y categorizar las diversas formas en que los distintos tipos de componentes estructurales contribuyen a la resistencia sísmica del edificio, resultan útiles estos tres tipos de clasificación. Además, la información que se presenta en la tabla correspondiente es un complemento de estas clasificaciones, que ayuda a determinar el nivel de rendimiento de la estructura cuando se somete a condiciones sísmicas.

Tabla 7*Condiciones del coeficiente alfa*

Tipo	α_1	α_2	α_3	Modo de falla
A	1	0.7	0.5	Columnas cortas y muros portantes controlan la falla
B	0	1	0.7	Muro de concreto armado controla la falla
C	0	0	1	Columnas de concreto armado controlan la falla

➤ Para el índice de ductilidad (F)

Tabla 8*Condiciones para el índice de ductilidad F*

Tipo	Condición
F=1.00	Si Cmar,Ca yCsc son iguales a cero
F=0.8	Si Cmar,Ca yCsc son distintos a cero

b) Cálculo del índice de configuración estructural SD

Permite medir el impacto de la irregularidad de la disposición estructural del edificio y la asignación de rigidez y peso en su conducta ante el sismo (OPS, 2004)

Los datos proceden de planos arquitectónicos y se complementan con el examen visual de la estructura. Se tienen en cuenta factores como la regularidad, la relación de aspecto de la planta, la excentricidad y otros criterios

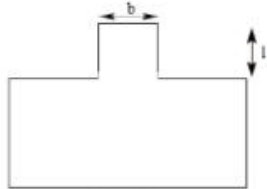
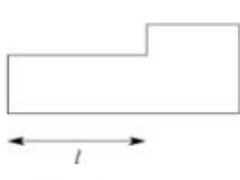
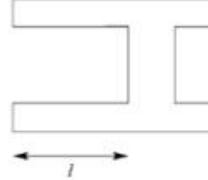
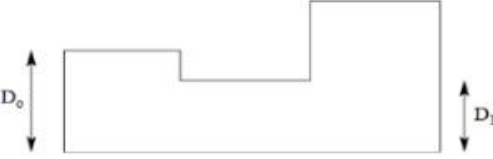
Tabla 9

Valores para G_i y R_i

ITEMS (q_i)		G_i		R_i
1.Regularidad	1.0(regular (a1)	0.9Mediano(a2)	0.8Irregular(a3)	1
2.Relacion largo - ancho	$B < 5$	$5 < B < 8$	$B > 8$	0.5
3.Contraccion de planta	$0.8 < c$	$0.5 < c < 0.8$	$c < 0.5$	0.5
4.Atrio o patio interior	$R_{ap} = 0.1$	$0.1 < r_{ap} < 0.3$	$0.3 < r_{ap}$	0.5
5.Excentricidad de atrio o patio interior	$f1=0.4$ $f2=0.1$	$f1 < 0.4/0.1 < f2 < 0.3$	$0.4 < f1/0.3 < f2$	0.25
6.Subteraneo	$1.0 < R_{as}$	$0.5 < r_{as} < 1.0$	$r_{as} < 0.5$	1
7.Junta de dilatación	$0.01 < s$	$0.005 < s < 0.01$	$s < 0.005$	0.5
8.Uniformidad de altura de piso	$0.8 < R_h$	$0.7 < R_h < 0.8$	$R_h < 0.7$	0.5

Figura 19

Descripción de cada una de las características (q_i)

1	Regularidad ($a1, a2, a3$)	
		a1: La planta es simétrica en cada dirección y el área de salientes es menor o igual al 10% del área total de la planta. Se considera los salientes si $l/b \geq 0,6$ a2: La planta no es regular y el área de salientes es igual o menor que el 30% del área total. En esta categoría tenemos plantas tipo L,U,T y otras. a3: La planta es más irregular que en el caso a2, el área de salientes es mayor al 30%.
2	Relación largo - ancho (B)	
		
	Razón entre la dimensión mayor y menor de la planta En las plantas tipo L,T,U y demás se considera el lado mayor como $2 \cdot l$ para l indicado en la figura	
3	Contracción de planta (c)	
	$c = \frac{D_1}{D_0}$	
4	Atrio o patio interior (R_{ap})	
	Razón entre el área del atrio y el área total de la planta, incluida en área del atrio. En este análisis no se considera una caja de escaleras con muros de hormigón.	
5	Excentricidad de atrio o patio interior (f)	
	f1: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio, y la longitud menor de la planta	
	f2: Razón entre la distancia del centro de la planta al centro del atrio y la longitud mayor de la planta.	
6	Subteraneo (Ras)	
	Razón entre el área promedio de la planta de los subteraneos y el área promedio de la planta del edificio	
7	Junta de dilatación (s)	
	Este criterio se aplica a edificios que tienen juntas de dilatación	
8	Uniformidad de altura de piso (R_h)	
	Razón entre la altura del piso inmediatamente superior analizado y la altura de este. Para el caso del piso superior, el piso inmediatamente superior de esta ecuación es reemplazado por el piso inmediatamente inferior.	

Para calcular el índice SD se emplea el valor más desfavorable obtenido como característica de los distintos niveles de la estructura. Este valor se considera como representativo de toda la estructura.

c) Cálculo del Índice de Deterioro T

Cuantifica el deterioro de la estructura debido a su antigüedad, por los sismos u otras eventualidades que lo hayan perjudicado. Se calcula luego de la inspección visual y la información obtenida del propietario o conocedores del historial de la edificación.

Se hace uso de la siguiente tabla el valor de T corresponde al menor valor obtenido, este se considera como representativo.

Tabla 10

Tabla de valores para T1 y T2

Deformación permanente (t1)	
característica	t1
el edificio presenta inclinación debido a asentamiento diferencial	0.7
el edificio está construido sobre rellano artificial	0.9
el edificio ha sido reparado debido a deformaciones presentadas anteriormente	0.9
visible deformación de vigas o columnas	0.9
no presenta signos de deformación	1.0
Grietas en muros o columnas debido a corrosión del acero de refuerzo (t2)	
característica	
presenta filtraciones con corrosión visible de armaduras	0.8
grietas inclinadas visibles en columnas	0.9
grietas visibles en muros	0.9
presenta filtraciones, pero sin corrosión de armaduras	0.9
nada de lo anterior	1.0

Tabla 11*Valores para T3, T4 y T5*

Incendios (T3)	
características	
ha experimentado incendio, pero no fue reparado	0.7
ha experimentado incendio y fue adecuadamente reparado	0.8
no ha experimentado incendio	1.0
uso del cuerpo o bloque (t4)	
características	
almacena sustancias químicas	0.8
no contiene sustancias químicas	1.0
tipo de daño estructural (t5)	
características	
daño estructural grave	0.8
daño estructural fuerte	0.9
daño estructural ligero o no estructural	1.0

El índice de Resistencia Sísmica Básica (Eso), se determina de acuerdo a los daños que tiene la edificación luego de un sismo. Para otro tipo de evaluación se recomienda hacer los lineamientos de la normativa para la resistencia elástica según la zona que corresponda reducida por el factor de reducción R. (OPS, 2004).

El factor G se determina según la topografía en donde se emplaza la edificación este factor es de 1,0 para "zonas sin pendiente" y 1,1 para "zonas con pendiente" y el "factor U" se utilizará según la normativa peruana NTP. E030 vigente.

2.2.15 Análisis lineal de la estructura

La normativa en vigor define dos técnicas diferentes para realizar un estudio de sismo lineal como son el análisis Estático y Análisis sísmico Dinámico.

Para el cálculo de ambos se inicia determinando los siguientes datos:

Factor de amplificación sísmica "C"

Según lo expuesto en la NTP. E030 (2018) donde se establece por medio de las siguientes expresiones de acuerdo a las características del lugar se define:

$$T < T_p$$

$$C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 \cdot (T_p/p)$$

$$T > T_L$$

$$C = 2.5 \cdot (T_p \cdot T_L / T_2)$$

Desplazamientos laterales admisibles en la estructura

La norma E-030 (2018) es clara y establece que el desplazamiento máximo relativo de entrepiso no debe ser mayor a los límites de distorsión (deriva).

Tabla 12

Desplazamientos admisibles

Límites para distorsión del entrepiso	
material predominante	Δ_i/h_{el}
concreto armado	0.007
acero	0.01
albañilería	0.005
madera	0.01
edificios de concreto armado con muro de ductilidad limitada	0.005

2.2.16 Análisis estático lineal

Este método práctico se emplea con el fin de conocer y valorar el rendimiento de la estructura del edificio aplicando cargas estáticas.

Estos conceptos parten de 2 suposiciones: Suposición estática; donde las cargas permanecen constantes cuando se le aplican progresivamente esfuerzos cortantes hasta que llegan a su magnitud última, con esta suposición de no variación en el tiempo permite no tomar en cuenta fuerzas inerciales y de amortiguamiento.

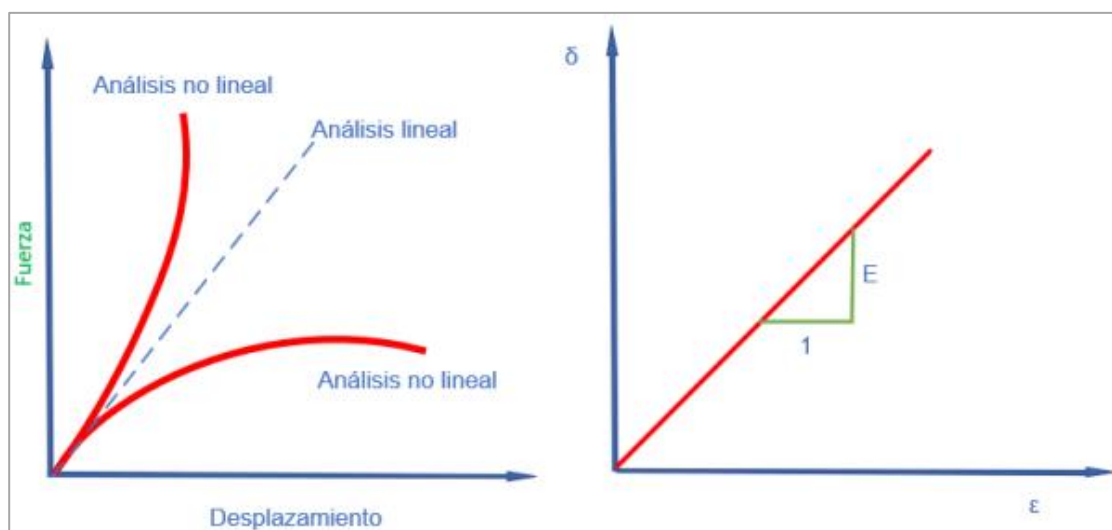
Suposición de linealidad, que nos da una proporcionalidad de relación entre cargas y las respuestas de estas donde se expone que los materiales se rigen por la ley de Hooke, que insta la resistencia depende de la unidad de deformación de cada material en donde no se producen cambios en la rigidez causadas por cargas (SOLIDWORKS, 2023).

Esto considera que los desplazamientos son despreciables ante las fuerzas inducidas y sería válido el principio de superposición de efectos. Es importante considerar

que ningún material o elemento puede ser completamente lineal, al igual la totalidad de los materiales experimenta una fase no lineal después de un nivel específico de tensión o deformación.

Figura 20

Zonificación para proyecto educativo



Proceso para cálculo de cortante

En el primer paso del proceso, se calcula la fuerza cortante última en la base. A continuación, esta se distribuye proporcionalmente a lo largo de la altura multiplicándola por un factor que se indica en la norma para cada tipo de estructura, posteriormente a este proceso se calculan los desplazamientos distribuidos en los diferentes niveles de la edificación. Para estructuras que se encuentren en $Z=1$, desde el mapa de zonificación de Perú se pueden utilizar variables para determinar la idoneidad de las estructuras regulares y también irregulares, pero para zonificaciones posteriores como $Z=2$, $Z=3$ y $Z=4$ se debe aplicar a estructuras con geometría regular de máximo 30 m de altura, también se considera estructuras que estén construidas con muros de concreto reforzado y albañilería siempre y cuando esta no sobrepase los 15 metros. (Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030, 2018).

Fuerza cortante en la base

También conocida como fuerza cortante, se refiere a la fuerza global ejercida sobre la base estructural. Para calcularlo se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} * P$$

$$\frac{C}{R} \geq 0.11$$

Donde:

- V : cortante basal
- Z : factor de zona
- U : factor de uso
- S : factor de suelo
- R : Coeficiente de reducción
- P : estimación del peso

Para realizar el cálculo del parámetro P se toma en cuenta:

- ✓ Se consideran las edificaciones que permanezcan a la categoría esencial como son las categorías A y B, en el cual se toma un factor que corresponde al 50% de la carga viva (CV).
- ✓ En las estructuras clasificadas en las categorías típicas de edificios con la categoría C, se toma el 25% de la CV.
- ✓ Para construcciones para el uso de depósitos se toma un 80% del peso total que esta estructura puede albergar.
- ✓ En elementos como son techos y azoteas en general se considera el 25% de CV.
- ✓ Cuando se consideran estructuras como depósitos, silos y piezas similares, se tiene en cuenta todo el peso que se puede almacenar, alcanzando el 100% de capacidad.

➤ Periodo fundamental de vibración

Expresión que describe el tiempo que tarda en terminarse un edificio o sistema de un ciclo completo de vibración cuando se le somete a una excitación sísmica o fuerza externa. Esta métrica es crucial para comprender cómo responden las estructuras a la actividad sísmica que puede ayudar a estimar las condiciones estructurales sísmicas en las que se encuentra la estructura en temas de seguridad.

En Perú, para determinar este periodo de vibración se realiza la siguiente formula.

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

Donde

T : PERIODO FUNDAMENTAL DE VIBRACIÓN

h_n : ALTURA TOTAL DE LA EDIFICACIÓN(M)

C_t : COEFICIENTE PARA ESTIMAR T

C_t :60; PARA EDIFICACIONES QUE PRESENTAN UN SISTEMA ESTRUCTURAL DE ALBAÑILERIA, DUAL, MUROS ESTRUCTURALES Y DE DUCTILIDAD LIMITADA

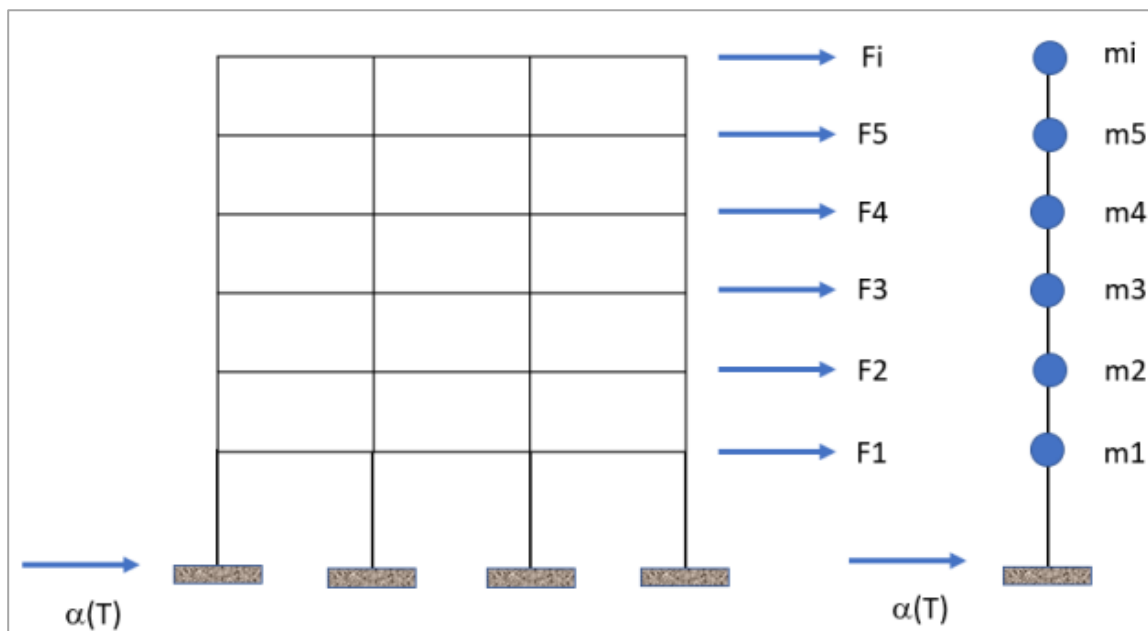
C_t :45; PARA EDIFICACIONES QUE PRESENTAN PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO Y DE ACERO ARRIOSTRADOS

C_t :35; PARA EDIFICACIONES QUE PRESENTAN UN SISTEMA ESTRUCTURAL DE PÓRTICOS SIN MUROS DE CORTE Y DÚCTILES DE ACERO

2.2.17 Análisis dinámico lineal

El análisis estructural del tipo dinámico nos permite conocer cómo responde una estructura a cargas dinámicas. (SIMULEXA, 2023).

Si bien el análisis dinámico es una técnica valiosa en la ingeniería estructural presenta limitaciones; asume que la respuesta estructural es lineal en relación con las fuerzas aplicadas esto es una simplificación excesiva cuando la estructura presenta comportamientos inelásticos, a menudo no cuenta con la interacción suelo-estructura.

Figura 21*Análisis modal espectral*

2.2.18 Análisis estático no lineal (pushover)

La metodología, que también se conoce como método Pushover o análisis estático no lineal (ANL), se utiliza para analizar y evaluar el comportamiento de estructuras existentes sometidas a condiciones sísmicas. Utilizando este método, es posible investigar cómo responde una estructura a cargas sísmicas incrementales sometiéndola a un análisis estático no lineal. Este análisis consta de una serie de pasos diseñados para descubrir cómo reacciona la estructura a los movimientos sísmicos. El estudio se lleva a cabo de forma secuencial, con el nivel de fuerza aplicado a la estructura que se incrementa gradualmente hasta que se alcanza un cierto nivel de deformación o la estructura comienza a mostrar indicadores de fallo. De este modo, el enfoque Pushover ofrece información esencial sobre el comportamiento sísmico de las estructuras. Esta información permite identificar los puntos débiles potenciales, así como el comportamiento de los elementos estructurales cuando se someten a diferentes grados de intensidad sísmica. Este análisis

es esencial para la evaluación de los edificios existentes, ya que ofrece una perspectiva completa de la forma en que las estructuras reaccionan ante los terremotos. Esto, a su vez, ayuda en el desarrollo de estrategias de refuerzo o mitigación cuando se trata de terremotos.

A pesar de las limitaciones que puede tener ya que solo considera el aporte del primer modo de vibración que asemeja el análisis en solo un sentido en la dirección de la fuerza sísmica, con todo esto es el procedimiento de mayor aceptación y uso.

El análisis con cargas incrementales laterales Pushover es más práctico al contrario que un análisis dinámico no lineal, que es más apropiado, pero también más complejo a nivel de cálculo computacional, independientemente de estos factores, es significativamente superior a la actual metodología de análisis en Perú, que emplea un marco analítico lineal.

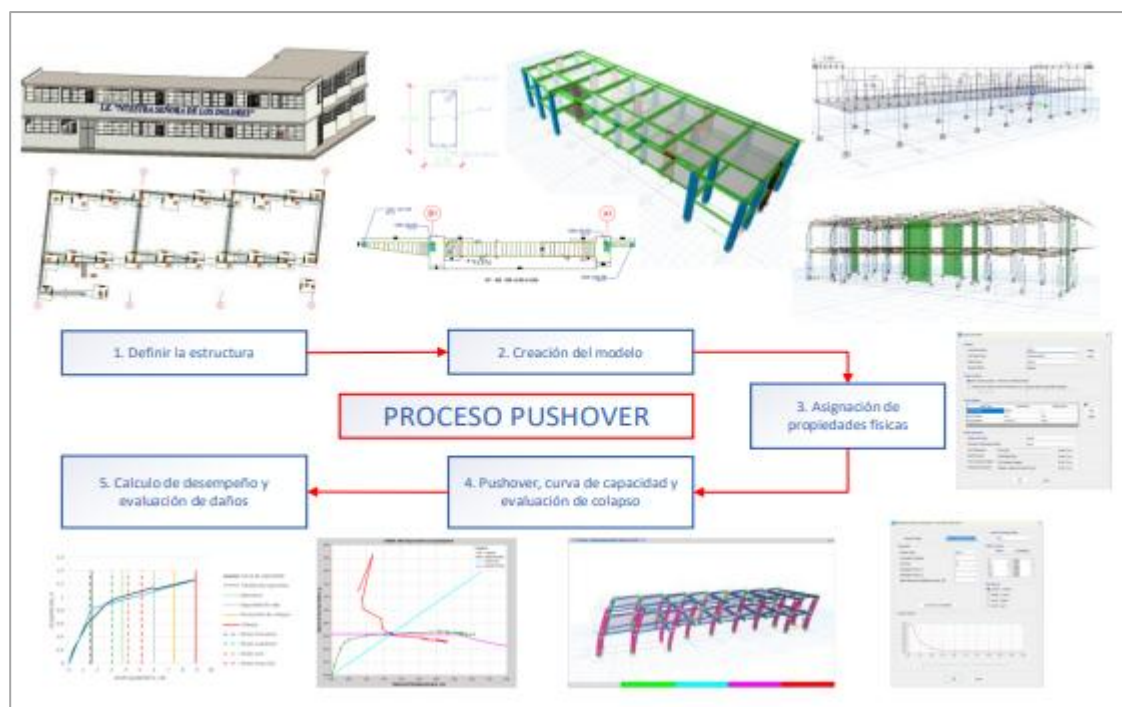
La metodología Pushover aplica a la estructura cargas laterales que aumentan de manera monótona hasta alcanzar el colapso o algún umbral de análisis predefinido. Su desarrollo se atribuye a los "investigadores A.K. Chopra y R.K. Goel" para establecer la demanda sísmica de una estructura y el desempeño de la edificación frente a sismos.

Asimismo, Pushover implica un estudio estático no lineal en el que se distribuyen fuerzas laterales equivalentes a lo largo de la estructura, dada la importancia de los modos vibracionales en el comportamiento elástico. Además, se aproxima de manera efectiva a los principios clásicos de la dinámica de estructuras. Esta metodología proporciona información valiosa sobre el comportamiento no lineal de la estructura como los desplazamientos laterales por el incremento de carga, desplazamiento relativo entre pisos, ductilidad, fallas de los elementos por flexión y corte entre otros.

La AENL realiza un único análisis para cargas gravitatorias y dos estudios para cargas laterales en ambas direcciones, lo que permite generar curvas de capacidad para la estructura y facilita la comprensión de sus características inelásticas. La comparación entre la capacidad y la demanda determina si es necesario reforzar la estructura.

Figura 22

Diagrama para un análisis estático no lineal



2.2.19 Curva de capacidad

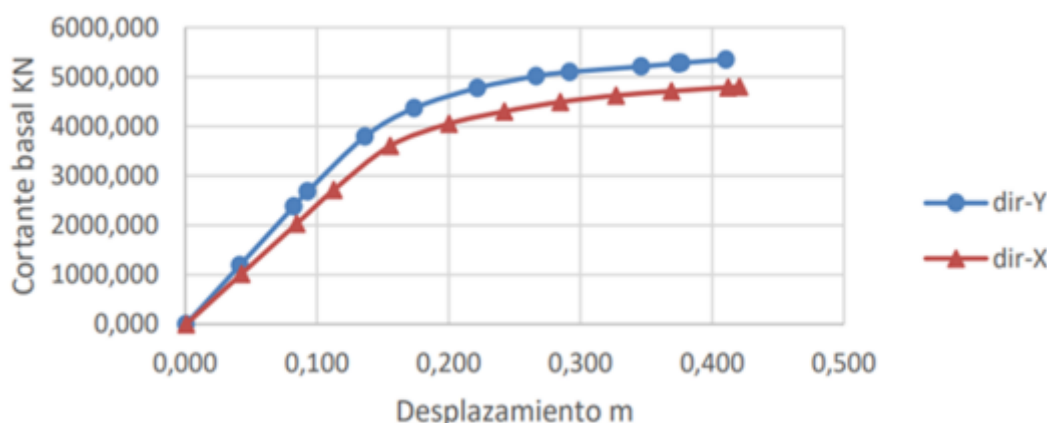
Esta curva se obtiene realizando un AENL conocido como Pushover, representa la capacidad estructural para realizar la evaluación de respuesta estructural.

El AENL se realiza aplicando cargas incrementales laterales a la estructura que representan la fuerza del sismo en un sentido, estas cargas se van aumentando monótonicamente hasta que la estructura alcance el colapso. (Najam, 2018).

En el primer paso del proceso, establecer el esfuerzo cortante máximo que puede aplicarse a la estructura en sus cimientos. A continuación, esta fuerza se distribuye proporcionalmente a lo largo de la altura multiplicándola por un factor que se indica en la norma para cada tipo de estructura.

Figura 23

Curva de capacidad pushover

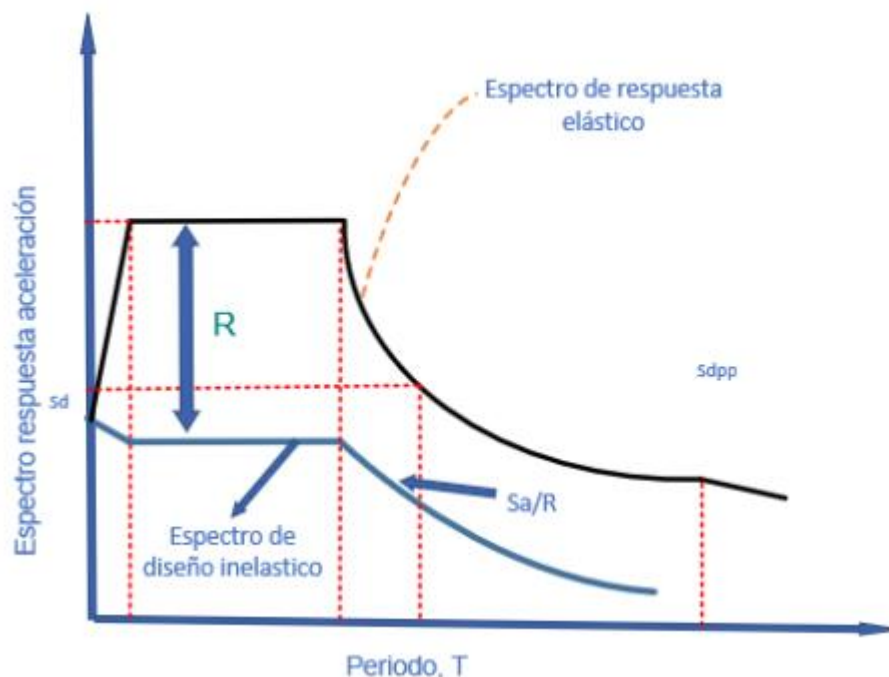


Como componente de la filosofía “Diseño por Capacidad”, las investigaciones que se llevaron a cabo con respecto a la curva de capacidad, que tiene como objetivo fundamental principal obtener valores estimados de la resistencia de la estructura lateral global, cálculo de la maleabilidad del desplazamiento y las fallas inducidas por un movimiento sísmico, deformaciones internas conforme el comportamiento estructural pasan de un comportamiento lineal a experimentar un comportamiento no linealidad bajo fuerzas incrementales (Najam, 2018).

La rigidez estructural y la capacidad de carga de una estructura vienen determinadas por la fuerza y la resistencia de sus distintos componentes para soportar la deformación, como los materiales de acero y concretos empleados. Esta curva se va construyendo a medida que la estructura recibe las cargas laterales cuando se realiza el AENL donde se identifican los puntos de fluencia de cada uno de los elementos o grupo de elementos. Después de usar las fórmulas y cambios de variable, que el desplazamiento último de la estructura se transforma un desplazamiento espectral (S_d) y el cortante en la base o corte basal se convierte a una aceleración espectral (S_a).

Figura 24

Espectro según norma ASCE 7-10



Por lo tanto, sobre la base de esta técnica AENL después de obtener la curva de capacidad representada bajo el grafico de un desplazamiento vs cortante basal, esto de acuerdo a las directrices de FEMA 440, esta curva de capacidad nos permite calcular la “rigidez lateral K_e , la resistencia cedente efectivo V_y , y la rigidez efectiva α_1 y α_2 ”, para después obtener la ductilidad del sistema realizado. (Ramos Yachi, 2021).

Fórmula para obtener la ductilidad:

$$\mu = \frac{\Delta d}{\Delta y}$$

Donde:

- μ : ductilidad
- Δd : punto de cedencia
- Δy : punto ultimo



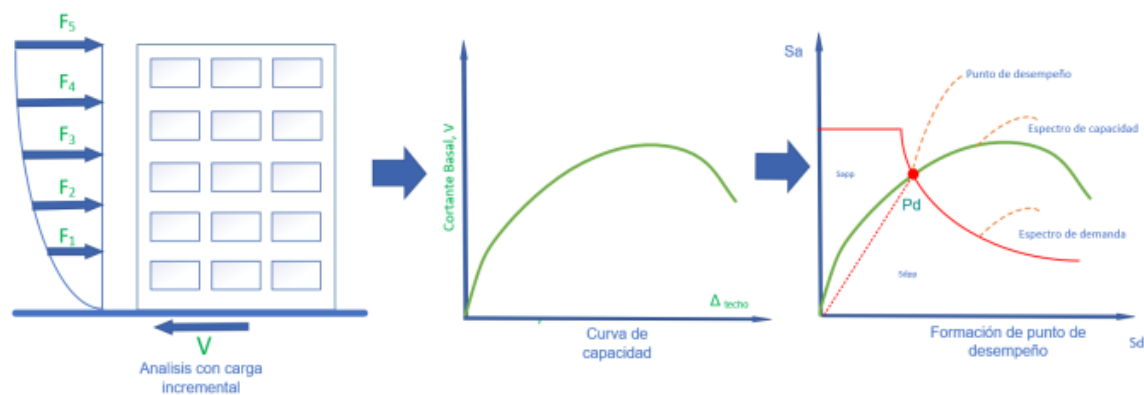
2.2.20 Espectro de capacidad

El proceso que se lleva a cabo para determinar el espectro de capacidad se basa en la identificación precisa del punto de fluencia de la estructura. Esto se consigue realizando una comparación detallada entre el «Espectro de Demanda Sísmica (Sd)» y el «Espectro de Capacidad (Sa)» que corresponde al edificio que se está analizando. Esta comparación es necesaria para analizar el comportamiento de la estructura cuando se somete a los distintos grados de carga sísmica que se le aplican. A la hora de calcular las demandas que un terremoto impone a una estructura, el Espectro de Demanda Sísmica tiene en cuenta una serie de criterios, como la intensidad del terremoto, su duración y las características del movimiento sísmico involucrado. El Espectro de Capacidad, por su parte, es un reflejo de la capacidad de resistencia y deformación de la estructura cuando se ve sometida a sacudidas sísmicas de este tipo. Cuando se comparan los dos espectros, es posible determinar el momento en el que la estructura empieza a alcanzar sus limitaciones de resistencia o deformación. Esto permite estimar el nivel de comportamiento sísmico y la seguridad estructural en distintas situaciones sísmicas. Tanto la evaluación de la susceptibilidad sísmica de los edificios como la propuesta de soluciones de mejora o refuerzo estructural, en caso necesario, son componentes cruciales de este método. Durante este procedimiento, se realiza una comparación exhaustiva entre la capacidad de la estructura para soportar fuerzas sísmicas y la demanda que dichas fuerzas ejercen sobre ella. Esta comparación se lleva a cabo de forma minuciosa. El objetivo principal de esta comparación es determinar la mayor respuesta que la estructura es capaz de proporcionar, lo que en combinación se denomina «punto de rendimiento» (Pd). Este punto concreto denota el mayor grado posible de deformación o tensión que la estructura es capaz de soportar antes de alcanzar sus límites de seguridad. Como resultado de esta investigación, será posible identificar con precisión el grado de rendimiento que se espera de la estructura en diversas situaciones sísmicas. La importancia de esta conclusión radica en que ofrece una evaluación esencial de la capacidad del edificio para cumplir unos objetivos de

rendimiento predeterminados, como la protección de sus ocupantes, el mantenimiento de su integridad estructural y la capacidad para soportar daños importantes en caso de terremoto. El punto de rendimiento alcanzado se utilizará para determinar las expectativas de comportamiento sísmico de la estructura. Esto permitirá elaborar estrategias adecuadas para mitigar los riesgos o reforzarla, si fuera necesario (Llocle Helaccama, 2021).

Figura 25

Espectro de capacidad



Esta curva de capacidad hallada, nos da una representación de proporcionalidad que existe entre “el cortante basal (F) y el desplazamiento (δ) de la estructura”; esto nos da información crítica que se asocia a los daños estructurales durante un evento sísmico como resultado de la disminución del nivel de rigidez de las partes estructurales.

Al realizar la conversión de cortante a una aceleración espectral se convierte en un espectro en donde gráficamente cada punto (F, δ) en la curva nos representa un valor en la curva del espectro para esas mismas coordenadas según la siguiente formula:

$$SD = \frac{\varphi}{PF1}, Sa = \frac{F}{Wa1}$$

Donde:

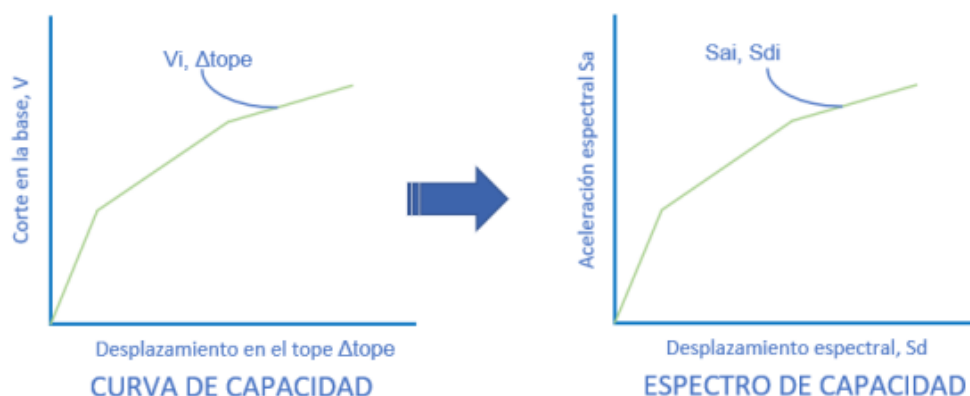
W : peso total de la estructura

PF1 : la participación modal

φ : coeficiente modal

Figura 26

Curva de capacidad a espectro de capacidad

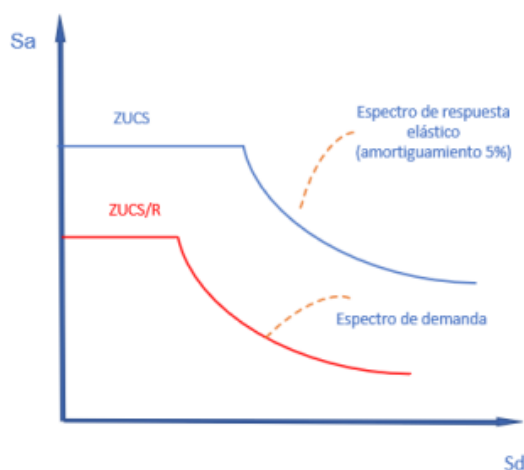


2.2.21 Espectro de demanda

La respuesta sísmica de un terremoto puede representarse gráficamente en términos de aceleración, velocidad o desplazamiento. Todas estas representaciones son posibles. La duración de la vibración influye en esta representación, que cambia con el tiempo. Para crear esta representación, es necesario definir ciertos parámetros, como el límite elástico, el punto de agotamiento y el rendimiento del edificio. Además, es necesario conocer el amortiguamiento y el periodo T para obtener un espectro de respuesta elástica reducido. A continuación, este espectro puede convertirse en una curva de demanda, con un coeficiente de amortiguamiento viscoso equivalente del 5%.

Figura 27

Espectro de demanda y espectro reducido



2.2.22 Método espectro capacidad

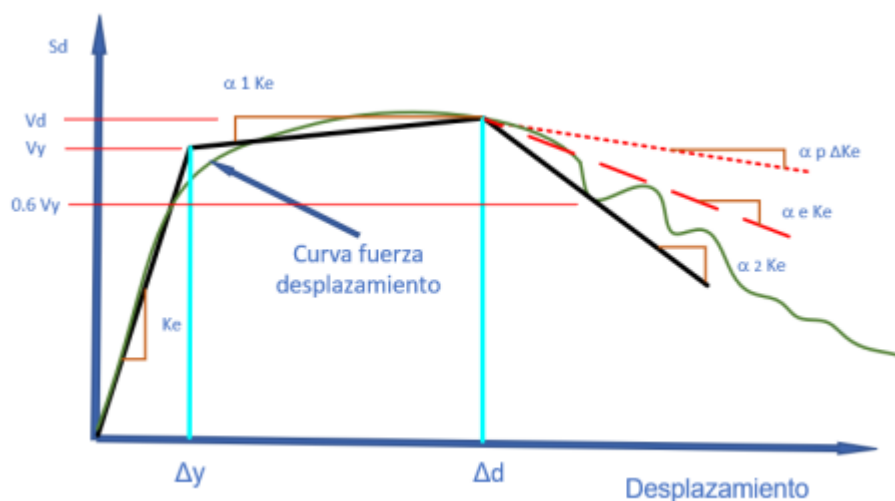
Este método gráfico, compara la capacidad estructural de soporte de presión lateral con la demanda del sismo para determinar la eficacia de la construcción. La demanda sísmica por su parte se representa mediante espectros de demanda reducidos, que se basan en el ATC - 40 y se mejoran aún más con el FEMA 356 (2005).

2.2.23 Método coeficientes

El método de coeficientes se basa principalmente la idealización de la curva desplazamiento-esfuerzo, se determina la rigidez lateral efectiva K_e (60% de V_y). El siguiente paso es calcular la línea de conexión que une los puntos de fluencia en L_y y V_y , así como un punto final en la pendiente L_d , V_d . La línea final comienza en el extremo de esta pendiente (+) y termina en la unión con la línea del 60% de V_y .

Figura 28

Curva de capacidad idealizada



En construcciones con diafragma rígido, el desplazamiento se calcula con la siguiente ecuación:

$$\delta = C_u \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot S_u \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} \cdot g$$

Donde:

- Sa** : Es una referencia a la aceleración más alta del espectro de respuesta, que está relacionada con el periodo fundamental efectivo del edificio en la dirección concreta que se está examinando. Para comprender cómo reaccionaría la estructura a las cargas sísmicas en función de su comportamiento dinámico en esa dirección concreta, es esencial disponer de este número.
- G** La aceleración causada por la gravedad es un valor constante que se tiene en cuenta para determinar la relación existente entre las fuerzas sísmicas que actúan y las características del sistema estructural investigado. Este factor se utiliza para convertir las unidades de aceleración del terreno.
- Co** : Se trata de un factor de modificación que se utiliza para modificar el desplazamiento espectral de un sistema con un único grado de libertad (SDOF) al desplazamiento que se prevería en un sistema con múltiples grados de libertad (MDOF). El objetivo de este factor es ajustar los resultados del análisis para reflejar más correctamente el comportamiento real de la estructura compleja que se está examinando, teniendo en cuenta la distribución de su masa y rigidez. El valor de este factor se obtiene utilizando tablas específicas.

Tabla 13

Valores de factor de modificación C_0

Nº de pisos	Edificios de corte		Otro edificio
	patrón triangular	patrón uniforme	Otro patrón de carga
1	1	1	1
2	1.2	1.15	1.3
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

C_1 = Para alterar la relación entre los desplazamientos inelásticos máximos previstos y los desplazamientos estimados a partir del modelo analítico, se utiliza este factor. Es de suma importancia subrayar que este factor de modificación no debe adoptar

valores inferiores a $T=0,2$, particularmente cuando se trabaja con estructuras que tienen periodos superiores a un segundo. Esto asegura que el comportamiento de la estructura bajo fuerzas sísmicas se evalúa de acuerdo con los criterios que se han establecido para periodos de tiempo prolongados. En estos casos, el valor del factor de modificación, que se denota como $C1$, se fija de forma que su valor sea igual a 1, sin posibilidad de que su valor sea inferior a éste.

$$C1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{\omega T_e^2}$$

Donde:

- A : factor de clase de sitio, 130 para clase A o B, 90 para clase C, 60 para clase de sitio D.E.F
- T_i : periodo elástico fundamental en la dirección en tomada
- K_i : rigidez elástica lateral
- K_e : rigidez elástica eficaz
- V_y : Cortante de fluencia
- W : peso sísmico efectivo (muerta + porción de carga viva)
- C_m : factor de masa efectiva se considera 1 si el periodo fundamental T es mayor a 1 segundo

Tabla 14

Valores para factores de masa efectiva

Nº de pisos	Pórticos de concreto	Muros de corte de concreto	Pórticos de acero
1 – 2	1	1	1
3 o mas	0.9	0.8	0.9

$C2$ Cuando se modelan los impactos de la histéresis, la pérdida de rigidez cíclica y el deterioro de la capacidad resistente de la estructura en el desplazamiento máximo calculado durante un terremoto, se utiliza este factor de ajuste para garantizar que la

modelización sea precisa. Para representar con precisión el comportamiento no lineal de la estructura como resultado de cargas sísmicas repetitivas, se ha diseñado este factor. Es esencial tener en cuenta el hecho de que el valor de este factor de modificación se establece en $C_2 = 1$ cuando el periodo de la estructura es superior a 0,7 segundos. Esto indica que, en estos casos, no se tiene en cuenta ningún ajuste adicional, ya que se supone que el comportamiento de la estructura para estos periodos prolongados está dentro de los parámetros que se han establecido.

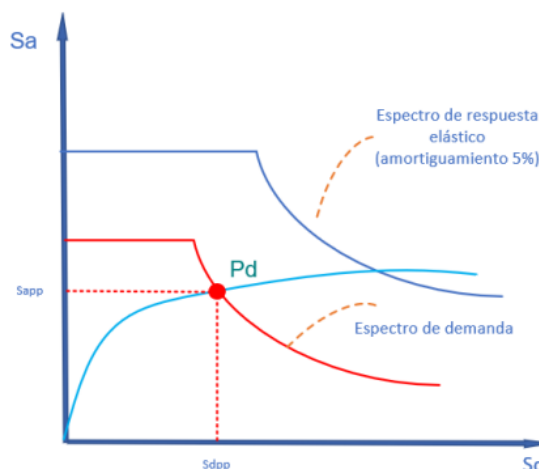
$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{\mu_{\text{strength}} - 1}{T_e} \right)^2$$

Una vez determinados estos parámetros, podremos calcular nuestro punto de rendimiento y generar una bilinealización de la curva de capacidad. Utilizando esta información, calcularemos el desplazamiento del objetivo y construiremos una bilinealización con el fin de determinar un nivel de riesgo sísmico evaluado

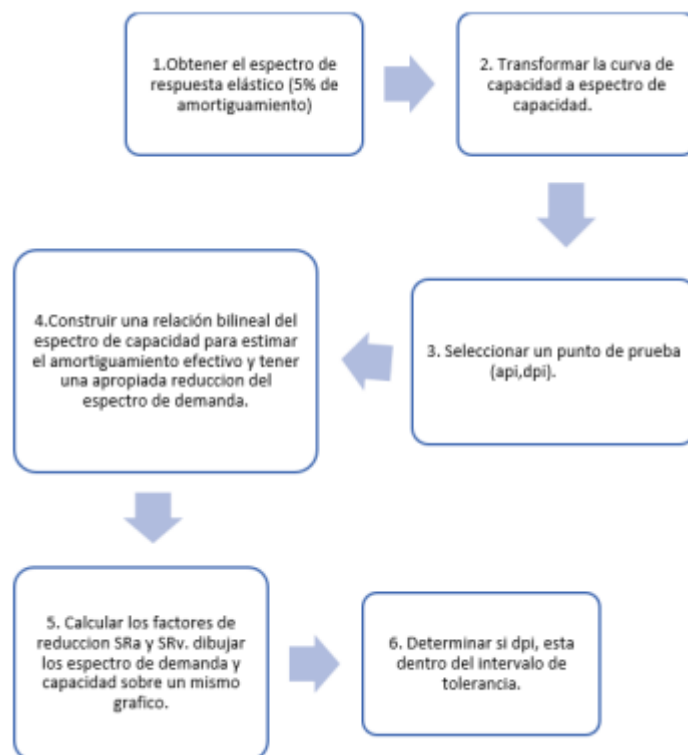
2.2.24 Puntos de desempeño

La obtención del punto de comportamiento es un objetivo que se refiere al comportamiento previsto de un edificio, que incluye la cantidad máxima de daños que se permite, que se denomina nivel de comportamiento, en respuesta a amenazas o movimientos sísmicos.

Se denomina punto de intersección al punto en el que se cruzan el espectro de capacidad y el espectro de demanda, que también suele denominarse punto de desempeño, es el punto en el que la estructura experimenta la mayor cantidad de desplazamiento en caso de que se produzca un terremoto en la necesidad de la misma.

Figura 29*Espectros de capacidad, punto de desempeño y demanda*

Se lleva a cabo un proceso iterativo que implica una serie de pasos subsiguientes entre el espectro de demanda sísmica y el espectro de capacidad de la estructura. El objetivo de este enfoque es determinar el punto de intersección, también conocido como punto de rendimiento (PD), que es el punto en el que se solapan los dos espectros. El procedimiento consiste en realizar varias comparaciones entre ambos espectros, cambiando gradualmente los valores hasta llegar al punto preciso en el que ambos espectros se cruzan. Este método permite estimar el nivel de rendimiento que posee la estructura en relación con la carga sísmica que se está evaluando. Según las directrices del ATC-40, a continuación, se indican las acciones que deben realizarse para calcular el espectro de demanda y, en consecuencia, el PD.

Figura 30*Pasos para la obtención del PD según el ATC – 40*

2.2.25 Diseño basado en desempeño

Las normas de diseño sísmico ofrecen una serie de criterios que se consideran vitales para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras en caso de terremoto. Estos códigos describen los niveles mínimos que deben alcanzar las características clave de los edificios, como su resistencia, rigidez y ductilidad, para ser considerados seguros y estables. Con el fin de garantizar que la estructura es capaz de soportar adecuadamente las fuerzas sísmicas y satisfacer las normas especificadas para la protección de los ocupantes, estos criterios también incluyen recomendaciones que definen los materiales que son adecuados y aceptables para su uso en la construcción, Para garantizar el cumplimiento de los niveles mínimos predeterminados de seguridad y rendimiento en circunstancias sísmicas, es necesario planificar y desarrollar meticulosamente los detalles constructivos y la disposición de la estructura. Es imperativo que estos niveles estén



presentes para garantizar que la estructura sea capaz de soportar adecuadamente los efectos de un terremoto. Este tipo de diseño se ha ido perfeccionando con el tiempo, a partir de la experiencia adquirida en terremotos anteriores. Esto ha permitido identificar las características esenciales que deben considerarse para lograr un comportamiento estructural adecuado ante futuros eventos sísmicos. Los criterios prescriptivos que guían este tipo de diseño se han ido perfeccionando con el tiempo (Kam & Jury, 2015).

Un diseño prescriptivo se caracteriza por una adhesión precisa y estricta a los principios especificados en un código de diseño concreto. Ello implica un estricto cumplimiento de los requisitos y recomendaciones establecidos en dicho código. Por ejemplo, las normas incluidas en el Código Internacional de la Edificación (CIB), que es un documento que especifica determinadas normas para el diseño y la construcción de estructuras, son un claro ejemplo de ello. Como ofrece directrices claras y verificables, este método se utiliza mucho en el sector de la construcción. Esto se debe a que garantiza que las estructuras cumplan las normas de seguridad, resistencia y rendimiento exigidas sin necesidad de cálculos o análisis adicionales que vayan más allá de los parámetros establecidos por el código. Como resultado, este método es ampliamente utilizado en la industria de la construcción. Las disposiciones que se recogen en este método son de naturaleza prescriptiva, lo que significa que obligan de manera particular y detallada a los procedimientos esenciales de análisis, así como a los requisitos relacionados con la resistencia, la rigidez y la descripción detallada de los componentes estructurales. En otras palabras, son de naturaleza prescriptiva. Cuando se trata de este tipo de diseño, hay muy pocas posibilidades de desviaciones o alteraciones que vayan más allá de las indicaciones que se ofrecen. Esto se debe a que las prescripciones son bastante estrictas y deben seguirse a rajatabla. Para garantizar que todos los componentes de la estructura se adhieren a las normas y requisitos precisos que han sido establecidos por el código, un diseño prescriptivo clásico sigue una secuencia de procesos definidos que deben seguirse al pie de la letra. Esto se hace con la intención de lograr el resultado deseado. Los criterios

prescriptivos no prevén ningún margen para la libre interpretación o ajustes que no estén específicamente autorizados dentro de las directrices (Moehle, 2015)

2.2.26 Nivel de desempeño

Para caracterizar una estructura se utiliza un estado límite de daños que es capaz de sufrir en caso de terremoto. Este estado límite viene definido por tres elementos clave, en primer lugar, hay daños físicos tanto en los componentes estructurales como en los no estructurales de la estructura. La segunda es que la destrucción supone un cierto nivel de riesgo para el bienestar de las personas que realmente viven allí y tercero el estado funcional de la estructura después de ser afectado por el sismo.

- Es responsabilidad del código de diseño determinar con exactitud el tamaño de las cargas de diseño que deben tenerse en cuenta durante la evaluación de la estructura. Estas cargas de diseño incluyen una amplia variedad de componentes, como cargas muertas, cargas vivas, fuerzas del viento, efectos sísmicos y otras cargas esenciales. con otras cargas que sean pertinentes. Además, este código proporciona una descripción exhaustiva del proceso que debe llevarse a cabo para combinar estas cargas de forma adecuada. Esto se hace con el fin de determinar la circunstancia más adversa a la que puede estar sometida la estructura. Para garantizar que el diseño del edificio es capaz de soportar las condiciones más extremas y desafiantes que puedan darse durante su vida útil, es necesario llevar a cabo esta combinación de cargas teniendo en cuenta los efectos de cada carga individual, así como la interacción entre ellas. Esto garantizará que el edificio sea seguro y estable bajo una gran variedad de cargas y circunstancias.

- Establecer de manera obvia y detallada los métodos que deben seguirse para determinar la resistencia de cálculo de cada una de las partes estructurales que componen la estructura es responsabilidad del código de diseño. En este sentido, es necesario que la resistencia de diseño que se alcance mediante estos cálculos sea al menos equivalente

a la resistencia mínima que se determinó mediante el análisis estructural. Este requisito garantiza que los miembros de la estructura puedan soportar las cargas y los esfuerzos para los que fueron diseñados. De este modo, no sólo se garantiza que cumplan los requisitos de seguridad y estabilidad, sino también que sean capaces de responder adecuadamente a las condiciones más exigentes que puedan presentarse a lo largo de su vida útil. De este modo, se forma un marco normativo que sirve de base firme para el desarrollo de un diseño estructural que sea a la vez seguro y eficiente.

- Las dimensiones específicas que deben tener los distintos componentes estructurales, como vigas, pilares, losas y otros, se establecen con gran detalle en un código de diseño. En él también se especifican los criterios de detalle esenciales para el armado de estos elementos. Estos requisitos incluyen las propiedades de los materiales, la disposición de la armadura, los tipos de conexiones y cualquier otro aspecto técnico que esté asociado al refuerzo estructural. Estas leyes no sólo proporcionan las medidas y especificaciones mínimas que deben cumplirse para garantizar que la estructura sea capaz de soportar las cargas y esfuerzos previstos, sino que también proporcionan instrucciones claras sobre la forma en que debe llevarse a cabo el refuerzo para garantizar la longevidad y la seguridad del edificio a lo largo del tiempo.

- Las normas de diseño establecen limitaciones exactas sobre los desplazamientos permitidos para los distintos miembros individuales de la estructura, como vigas, pilares y losas, así como para la estructura en su conjunto. Estos límites se extienden a los miembros individuales de la estructura. Los criterios que se utilizan para calcular estos límites están diseñados para garantizar que el edificio sea estable y pueda funcionar correctamente en diversas circunstancias de carga, como terremotos, viento u otras fuerzas externas. Además, para evitar que los elementos estructurales sufran daños graves o que la estructura en su conjunto pierda su capacidad funcional, se fijan valores máximos de desplazamiento que no deben superarse. Esto se hace para evitar que la estructura funcione mal. La exigencia de garantizar tanto la seguridad de las personas como la integridad del edificio ante eventos sísmicos u otros factores dinámicos de estrés



es la base de estos criterios. Para ello, se tiene en cuenta el comportamiento esperado de la estructura durante estos eventos.

El uso generalizado y consolidado de esta estrategia, demostrado a lo largo del tiempo en diversos proyectos y circunstancias, es una de las ventajas más notables del enfoque prescriptivo. Esta familiaridad no sólo facilita el uso de metodologías de análisis y procesos de diseño, sino que también garantiza que los procedimientos que deben seguirse sean comprensibles y evidentes para los profesionales de la ingeniería. De hecho, cuando un ingeniero se atiene a las normas establecidas en los reglamentos de diseño, es capaz de aplicar de forma fiable todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad y la eficacia de la construcción en cuestión. Además, una de las características más importantes del método prescriptivo es su capacidad para facilitar a un revisor, ya sea un auditor externo o un organismo competente, la determinación de si el diseño realizado satisface suficientemente los requisitos definidos en dichas normas. Es esencial llevar a cabo este proceso de revisión para garantizar que el diseño se ajusta a las normas y estándares necesarios. Este proceso de revisión ofrece una capa adicional de garantía y fiabilidad en el proceso de evaluación y validación del proyecto estructural. Según Moehle (2015), uno de los inconvenientes más significativos del método prescriptivo es que no permite calcular y evaluar el comportamiento real del edificio en respuesta a cualquier evento sísmico que pueda tener lugar en el futuro. En otras palabras, aunque se respeten los principios y criterios definidos en el código de diseño, no es posible obtener una evaluación precisa del comportamiento de la estructura durante un terremoto ni de cómo reaccionará la estructura ante distintos grados de intensidad sísmica. Este hecho dificulta la capacidad de prever el comportamiento del edificio en circunstancias extraordinarias, lo que puede ser muy importante para garantizar el funcionamiento y la seguridad de la estructura a largo plazo. Ante esta limitación, se hace necesario orientar el proceso de diseño estructural hacia un enfoque más dinámico y predictivo. Este enfoque hace hincapié en la definición y consecución de un determinado conjunto de objetivos de rendimiento, así



como en la identificación de los posibles estados límite que la estructura debe ser capaz de soportar. Este método se denomina diseño basado en el rendimiento (PBD) y supone un cambio hacia una metodología más avanzada y flexible. En este enfoque, no sólo se tienen en cuenta los requisitos normativos fundamentales, sino también el comportamiento previsto de la estructura en diversos escenarios sísmicos.

El objetivo fundamental de la ingeniería sísmica basada en el comportamiento es transformar la metodología de diseño convencional, que tradicionalmente se centra en garantizar un único nivel de resistencia al colapso estructural, junto con sus respectivas normas prescriptivas, en un enfoque más flexible y detallado que permita el diseño sísmico multinivel. El objetivo de esta técnica es incorporar una serie de «niveles de rendimiento» distintos y particulares, que se asignan a la estructura en función de diversos escenarios sísmicos y de la probabilidad de que se produzcan anualmente. En consecuencia, la ingeniería sísmica basada en el rendimiento propone un diseño que tiene en cuenta varios niveles de rendimiento que se ajustan a diversos tipos de eventos sísmicos. Esto permite una respuesta más precisa y adaptable de la estructura a los cambios en la intensidad de los terremotos. Esto contrasta con el enfoque tradicional de limitarse a cumplir un único nivel de seguridad en caso de terremoto de gran magnitud. Además, este método incorpora la identificación de la probabilidad anual de superación de diversos eventos sísmicos, lo que se denomina «nivel de riesgo sísmico». Este método también permite mejorar la planificación y la evaluación de la seguridad de los edificios en función de las características específicas del lugar en el que están situados. Podemos llegar a lo que se conoce como «objetivos de rendimiento» estableciendo una conexión y correlación entre todos los «niveles de rendimiento» que se están considerando para una circunstancia particular y los «niveles de riesgo sísmico» que se correlacionan con esos niveles. Con el fin de garantizar el cumplimiento de determinadas normas de seguridad, funcionalidad e integridad, estos objetivos de rendimiento proporcionan un conjunto de metas distintas y bien organizadas que especifican cómo debe actuar la estructura en respuesta a diferentes intensidades de eventos sísmicos. De este modo, se desarrolla un marco de referencia



para evaluar el comportamiento del edificio en diversas situaciones sísmicas. Esto permite un diseño más preciso que se adapta a los requisitos particulares del emplazamiento y al tipo de construcción que se está llevando a cabo (Fardis, 2009).

El enfoque convencional del diseño basado en el rendimiento puede dividirse en tres etapas principales, como explica Kunnath (2005). Estas etapas pueden clasificarse en función de los aspectos clave que componen la metodología. Estas importantes etapas, que constituyen el núcleo del proceso de diseño, permiten evaluar y planificar de forma adecuada el comportamiento estructural en una variedad de situaciones sísmicas diferentes. Como resultado de cada uno de estos procesos, concebidos para garantizar que el comportamiento de la estructura satisface las normas de seguridad, funcionalidad y resistencia definidas, los ingenieros disponen de una orientación clara y eficaz durante la fase de diseño y análisis sísmico.

- a) Establecer un objetivo de rendimiento definido, que no sólo identifique el nivel de peligro sísmico al que está expuesta la estructura, sino que también describa con precisión el nivel de rendimiento que se requiere en respuesta a ese peligro. Este es el primer paso. En este objetivo debe incluirse una descripción exhaustiva de los eventos sísmicos previstos y de la forma en que se prevé que la estructura responda a ellos. Esta descripción debería tener en cuenta aspectos como la seguridad, la funcionalidad y la integridad estructural. b) Seleccionar un diseño de prueba aceptable, que debería reflejar las condiciones y características de la estructura en cuestión, y que incluya la capacidad de evaluar cómo responderá la estructura cuando se someta a diversos grados de carga sísmica. Con el fin de garantizar que el análisis realizado sea lo más realista y eficaz posible en términos de evaluación del comportamiento de la estructura, este diseño debe ser capaz de reproducir con precisión los numerosos escenarios sísmicos que podrían producirse.
- En el segundo paso, realizará un examen completo del modelo matemático que representa el edificio para llevar a cabo una evaluación detallada de las demandas

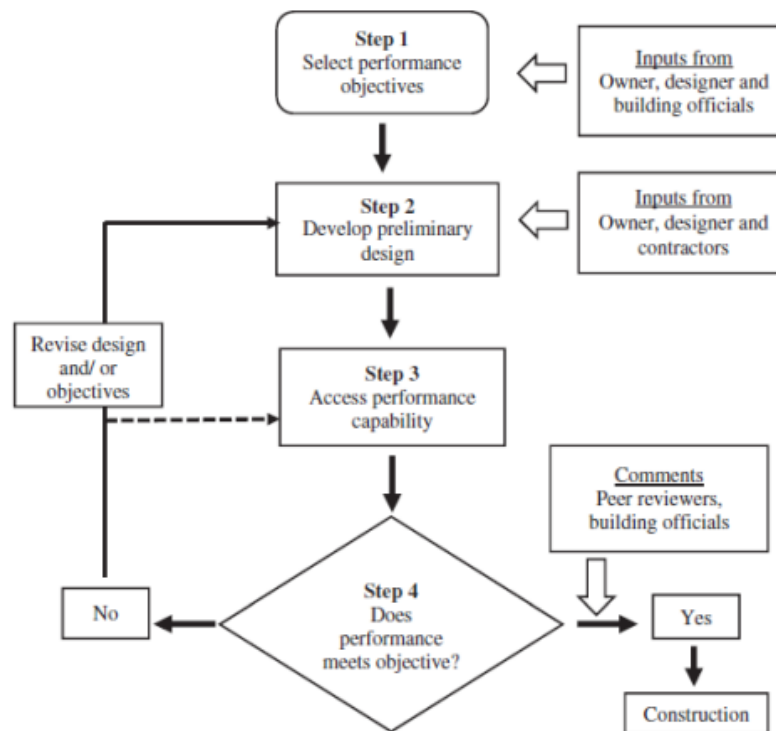


sísmicas que actuarán sobre el sistema estructural y sus componentes. La identificación de las fuerzas sísmicas que pueden tener efecto sobre la estructura debe formar parte de este análisis. Este análisis debe tener en cuenta diversos elementos, como la aceleración del terreno, la distribución de la carga sísmica y las propiedades dinámicas del edificio. El propósito de este esfuerzo es adquirir una comprensión completa de la manera en que los movimientos sísmicos influirán en el comportamiento de la estructura. Esto permitirá una evaluación precisa de las consecuencias potenciales y los niveles de tensión que los elementos estructurales encontrarán en el caso de una ocurrencia sísmica.

- La tercera fase consiste en llevar a cabo una revisión exhaustiva del rendimiento del sistema estructural en su conjunto, así como de sus componentes individuales. El propósito de esta evaluación es determinar si se ha alcanzado o no el objetivo de rendimiento establecido en la fase preliminar. Durante este proceso, se revisan los resultados adquiridos para determinar si se ajustan o no a los niveles especificados de seguridad, funcionalidad y resistencia, y se examina cómo reaccionan la estructura y sus elementos a las demandas sísmicas a las que fueron sometidos antes y después del terremoto. Será necesario revisar y modificar adecuadamente el diseño estructural en caso de que se observe que los niveles de rendimiento alcanzados no son satisfactorios o no cumplen las expectativas definidas. Para ello, se volverá a la etapa anterior para realizar los ajustes necesarios y reevaluar el modelo hasta que cumpla los objetivos establecidos.

Figura 31

Diagrama de flujo de diseño sísmico basado en desempeño



Como afirma Ellingwood (2000), los principios y metodologías relacionados con el diseño sísmico basado en el rendimiento tienen un gran potencial para mejorar la comprensión de los códigos de diseño. Para lograrlo, es necesario aclarar y dar especificidad a los objetivos subyacentes de las numerosas leyes que pueden encontrarse dentro de los códigos. Adoptando este enfoque, se facilita la interpretación de la normativa al proporcionar directrices claras sobre cómo deben aplicarse los requisitos de diseño para garantizar un comportamiento adecuado de la estructura ante fenómenos sísmicos. Esto, a su vez, tiene el efecto de mejorar la capacidad de los profesionales para aplicar los códigos de una manera eficaz que esté en consonancia con los objetivos de seguridad y resistencia estructural. Al adoptar esta técnica, los diseñadores tienen la oportunidad de crear una amplia gama de soluciones alternativas capaces de cumplir satisfactoriamente las normas de rendimiento especificadas. Además, ofrece una base racional y coherente que facilita la evaluación de estructuras preexistentes, cuyas características y la información de que se dispone pueden ser drásticamente diferentes de las de los edificios

de nueva construcción. Como consecuencia de esta diferencia de condiciones, el enfoque es especialmente valioso porque ofrece un instrumento esencial para la renovación, mejora y modernización de las infraestructuras civiles. Permite una evaluación precisa e informada de la capacidad sísmica y estructural de las construcciones anteriores, lo que permite adaptarlas para que cumplan las normas y requisitos actuales de seguridad y rendimiento

2.2.27 Niveles de desempeño

El ATC – 40 y VISION 2000, SEAOC, (1995) detallan los siguientes niveles de desempeño o también conocidos como estado de limite.

Tabla 15

Niveles de desempeño ATC – 40 y VISION 2000

Según VISION 2000 - SEAOC	ATC -40
Totalmente operacional: La edificación luego del sismo no ha sufrido daños por lo que sus elementos estructurales y no estructurales permanecen estables y funcionales listos para su uso. No se requiere reparaciones	Uno de los aspectos que está estrechamente relacionado con el aspecto operativo es la capacidad de la estructura para seguir funcionando con normalidad tanto durante como después de un evento sísmico. De esta forma, los daños estructurales que provoca un terremoto son limitados o prácticamente inexistentes, lo que garantiza que los componentes estructurales del edificio seguirán intactos.
Control de daños y operacional: La edificación luego del sismo presenta daños ligeros no estructurales que podrían requerir algún tipo de reparación ligera. No se compromete a los usuarios de la edificación, el daño es limitado y los servicios permanecen activos.	Ocupación inmediata: El sistema sostiene cargas verticales como horizontales prácticamente no ha sufrido cambios. Es posible que haya daños estructurales limitados, pero no son una amenaza. Se requieren reparaciones mínimas por lo que la edificación sigue operando en su capacidad total



Seguridad de vida/seguridad estructural: Ocurren daños en la estructura, pero aun está el pie. Representa un peligro para los ocupantes dentro y fuera de la edificación es posible que algunas personas resulten afectadas. La edificación requiere reparaciones importantes por lo que se los costos son significativamente altos.

Prevención al colapso: Ocurren daños severos. La rigidez se ve comprometida junto con la estabilidad de la estructura. La edificación es totalmente insegura para los ocupantes, la reparación probablemente no es factible técnica ni económicamente.

Seguridad de vida: Nivel de desempeño que se espera según las normativas actuales. Presenta daños limitados en las estructuras, fallo de elementos no estructurales, posible fallo de servicios. Baja probabilidad de atentar contra la vida

Estabilidad estructural: La estructura está a punto de colapsar parcial o totalmente por replicas. Ha habido daños sustanciales por lo que no queda resistencia lateral del. Existe un alto riesgo para quienes pasan cerca del edificio y se deberá evaluar la reparación o demolición total de la estructura

- Desempeño esperado

Según el SEAOC (1995), esta respuesta de desempeño esperado depende de las condiciones finales de la edificación, así como el uso de la edificación, importancia, así como el costo necesario para las reparaciones de los elementos que la componen.

Este desempeño también está relacionado con los niveles de amenaza sísmica que se expresan de manera probabilística o determinística. En el enfoque probabilista está determinado por un nivel de los movimientos sísmicos asociados a una probabilidad de ocurrencia, mientras que para un enfoque determinístico con movimiento sísmicos severos

Propuesta de niveles de amenaza sísmica del ATC-40; Según las normas propuestas por el ATC – 40 (1996) se dividen en 3 niveles de sismo que se detallan como sigue:

Sismo de Servicio (SS); hace referencia a un sismo que no provoca daños significativos ni compromete la seguridad de sus ocupantes. A esta expresión corresponde

un movimiento de muy leve a moderada que se produce con frecuencia asociado por lo general con un 50% de posibilidades de excedencia de 50 años, tiene un intervalo de recurrencia de unos 72 años, lo que significa que terremotos de esta magnitud pueden ocurrir varias veces a lo largo de la vida útil de un edificio (ATC-40, 1996).

Sismo de Diseño (SD); hace referencia a una ocurrencia de intensidad de un sismo moderado a un sismo severo, asociado por lo general con un 10% de posibilidades de excedencia de 50 años, con un periodo de retorno cerca a los 475 años. Dada la baja frecuencia de los seísmos, existe la posibilidad de que el edificio experimente al menos un terremoto a lo largo de su vida útil. (ATC-40, 1996)

Sismo Máximo (SM); hace referencia a los movimientos sísmicos que tienen una intensidad severo o muy severo, por lo general con un 5% de posibilidades de excedencia en 50 años, con un periodo de retorno cercano a los 975 años. Esto corresponde tradicionalmente a movimientos según códigos de diseños para edificaciones esenciales en el cual se considera de 1.25 a 1.5 veces el nivel de movimiento correspondiente a un sismo de diseño especificado en las normas, que en su mayoría asignan a edificaciones esenciales por ser sismos de ocurrencia muy rara menos frecuentes. (ATC-40, 1996)

Tabla 16

Niveles de peligro sísmico según ATC-40

Sismo	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de existencia en 50 años
De servicio (SE)	75	50%
De diseño (DE)	500	10%
Máximo	1000	5%

El sismo de diseño o sismo raro hace referencia al espectro de diseño de cada país debido a que varía según las características geológicas, geomorfológicas y geométricas de la región y el origen del sismo.

El ATC-40 nos da un criterio básico de desempeño esperado para edificaciones convencionales según la siguiente tabla:

Tabla 17

Nivel de desempeño esperado

Nivel del movimiento del sismo	Nivel de desempeño de la edificación			
	Operacional	Inmediata ocupación	Seguridad de vida	Estabilidad estructural
Servicio (SS)				
Diseño (SD)				
Máximo (SM)				

Este criterio es utilizado para edificaciones convencionales en donde se espera respuestas de "Seguridad de vida (3-C) en caso de sismos de diseño y noveles de desempeño de estabilidad estructural (5-E)" para eventos sísmicos máximos.

Niveles de amenaza sísmica según VISION 2000

Según VISION 2000 - SEAOC (1995), es el nivel de movimiento del terreno vinculado a una frecuencia de ocurrencia en años de acuerdo a la zona sísmica, que se define de forma probabilística tenemos los niveles de sismo según la tabla siguiente:

Tabla 18

Niveles de peligro sísmico según VISION 2000

Sismo	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de existencia en 50 años
Sismo frecuente	45	67%
Ocasional	75	50%
Raro	475	10%
Muy raro	970	5%

El resultado se define en rangos para la posibilidad de superar las cuatro normas de rendimiento que se han especificado en la propuesta.

Figura 32

Niveles de desempeño según SEAOC



Tabla 19

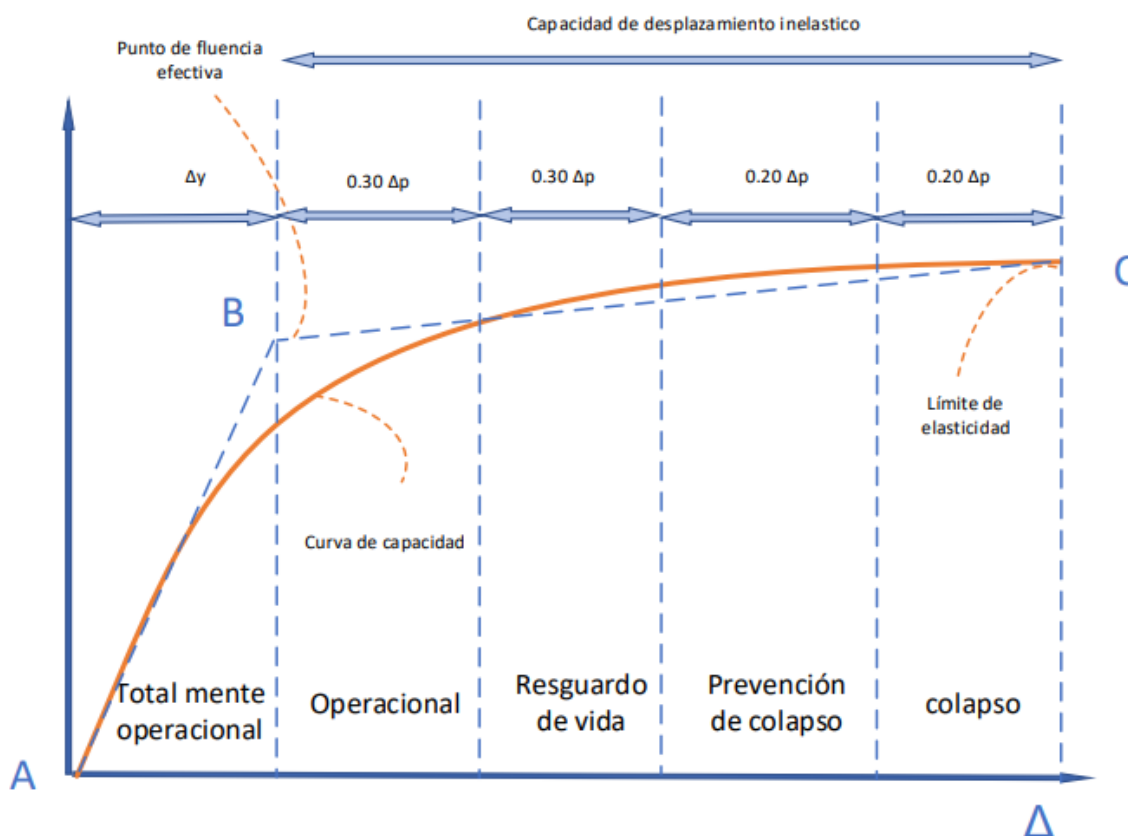
Estado de daño según SEAOC

estado de daño	nivel de desempeño	características
despreciable	totalmente operacional	daño estructural y no estructural despreciable o nulo las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo
ligero	operacional	daños ligeros las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de reparación inmediata
moderado	seguridad estructural	daños moderados la estructura sufre daños, pero permanece estable. seguridad de ocupantes. algunos elementos no estructurales pueden dañarse
severo	pre-colapso	daño estructural severo, próximo a colapsar falla de elementos no estructurales edificación insegura para sus ocupantes
completo	colapso	la estructura ha colapsado

El SEAO – VISION 2000 Propone un método para dividir la curva de capacidad en sectores utilizando la bilinearización, que se ajusta al principio energético, luego sectoriza los desplazamientos plásticos (Δ_p) que secciones que van definidas por espacios proporcionales a " $0.3\Delta_p$, $0.3\Delta_p$, $0.2\Delta_p$, $0.2\Delta_p$ " que representan a estados de la estructura definidos dentro de; operacional, seguridad de vida, prevención de colapso y colapso. El primer tramo que se encuentra dentro de la zona con desplazamiento elástico (E) y definido como totalmente operacional.

Figura 33

Sectorización de la curva de capacidad según SEAO



SEAO clasifica los edificios en función de su importancia en 3 categorías distintas:

Tabla 20

Matriz de objetivo para edificaciones según SEAO

Amenaza sísmica	Objetivo de nivel de desempeño			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de vida	Pre-colapso
Frecuente	Edificación común	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable
Ocasional	Edificación esencial	Edificación común	Inaceptable	Inaceptable
Sismo raro	Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común	Inaceptable
Muy raro	Edificación de seguridad crítica	Edificación de seguridad crítica	Edificación esencial	Edificación común

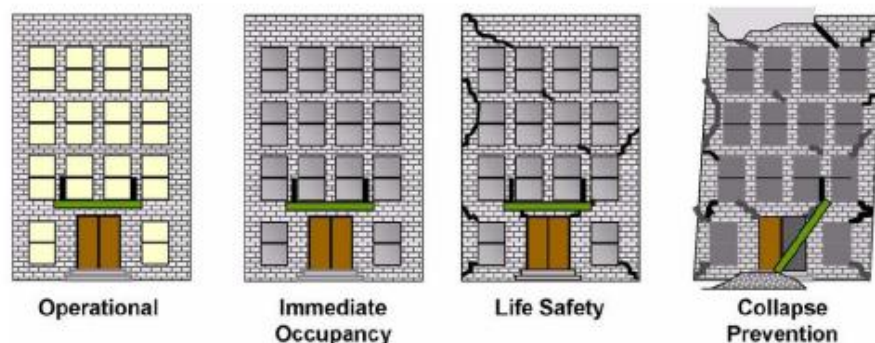
Nivel de desempeño

Un estado límite que se establece en términos de los daños que pueden producirse en el edificio como consecuencia de un evento sísmico se denomina nivel de rendimiento. Este nivel describe un estado que se considera razonable o aceptable. Este nivel viene determinado por el grado de los posibles daños físicos que puede sufrir la estructura durante el seísmo, así como por la influencia que dichos daños pueden tener en la seguridad de las personas que ocupan el edificio. Además, este nivel tiene en cuenta la capacidad del edificio para seguir funcionando con normalidad después de que se haya producido el seísmo. En otras palabras, se trata de un criterio que tiene en cuenta no sólo la integridad estructural de la estructura, sino también la seguridad de las personas que la ocupan, así como la posibilidad de que el edificio siga funcionando con normalidad una vez pasado el terremoto (ATC-40, 1996). Este concepto representa el mayor daño que puede sufrir una estructura en su conjunto. Este concepto tiene en cuenta no sólo el estado de los elementos estructurales que componen el esqueleto del edificio, sino también el estado de los elementos no estructurales, que incluyen cosas como tabiques, acabados y sistemas auxiliares. También es importante tener en cuenta el contenido del edificio, que incluye las cosas, equipos y materiales que se encuentran en su interior. Todo esto se evalúa en referencia a la capacidad de la estructura para llevar a cabo la función principal

para la que fue diseñada. Es decir, el objetivo es conocer en qué medida los daños afectan a la operatividad e integridad de la estructura, teniendo en cuenta todos los componentes implicados, tanto en sus características estructurales como funcionales. Este concepto representa el mayor daño que puede sufrir una estructura en su conjunto. Este concepto tiene en cuenta no sólo el estado de los elementos estructurales que componen el esqueleto del edificio, sino también el estado de los elementos no estructurales, que incluyen cosas como tabiques, acabados y sistemas auxiliares. También es importante tener en cuenta el contenido del edificio, que incluye las cosas, equipos y materiales que se encuentran en su interior. Todo esto se evalúa en referencia a la capacidad de la estructura para llevar a cabo la función principal para la que fue diseñada. Es decir, el objetivo es conocer en qué medida los daños afectan a la operatividad e integridad de la estructura, teniendo en cuenta todos los componentes implicados, tanto en sus características estructurales como funcionales. (SEAO, 1995).

Figura 34

Niveles de desempeño



2.2.27.1 Propuesta del comité VISION 2000

En el concepto presentado por el Comité VISION 2000 (SEAO, 1995), se establece un sistema de clasificación que distingue entre cuatro grados distintos de rendimiento organizativo. Con el fin de garantizar que los edificios sean capaces de responder adecuadamente a una variedad de escenarios de carga y riesgo, estos niveles se reconocen y clasifican mediante un conjunto de calificadores precisos. Estos

calificadores permiten evaluar y clasificar el comportamiento estructural de los edificios en diversas situaciones sísmicas:

A - Se dice que un estado en el que no hay daños en la estructura ni en ninguno de sus componentes es plenamente operativo. Este grado de funcionamiento se correlaciona con haber alcanzado este nivel. Tras un evento sísmico, el edificio sigue funcionando de la misma manera que antes, sin modificaciones, lo que permite utilizarlo sin limitaciones.

B – Cuando el nivel de rendimiento es operativo, se producen daños moderados tanto en el contenido como en los elementos no estructurales del edificio. También existe la posibilidad de que algunos de los componentes estructurales hayan sufrido daños menores. La estructura, por otro lado, sigue funcionando con normalidad y no afecta negativamente a su capacidad operativa global.

C - En este nivel de rendimiento, se observa una cantidad moderada de daños en los componentes estructurales y no estructurales de la estructura, así como en el contenido del edificio. Los daños podrían afectar tanto a la funcionalidad como a la belleza de la estructura, por lo que sería necesario realizar reparaciones para restablecer su integridad. Sin embargo, la estructura sigue siendo segura para su uso.

D – Este nivel de rendimiento denota una circunstancia crítica en la que la estructura experimenta una degradación significativa de su rigidez lateral y su capacidad de resistencia. Precolapso es el nivel de rendimiento que señala esta situación crítica. Debido al hecho de que la pérdida de estas características pone en peligro la estabilidad general del sistema estructural y lo acerca al colapso, es imperativo que se tomen medidas inmediatas para evitar que el sistema se colapse por completo.

2.2.27.2 Propuesta del Eurocódigo 8

Una forma de pensar en el nivel próximo al colapso (NC) es de la misma manera que se puede pensar en el concepto de «prevención del colapso». Cuando se realizan evaluaciones estructurales en este contexto, es posible que un componente de la

estructura supere su carga máxima permitida o su límite de deformación admisible. Este umbral muestra que la capacidad del miembro para soportar más tensiones se ha visto mermada, y se está acercando a una situación en la que el sistema estructural podría perder su integridad. Sin embargo, todavía se encuentra en una fase en la que puede evitarse el colapso adoptando medidas correctoras o añadiendo refuerzos adicionales.

El concepto de «seguridad de la vida» está relacionado con el concepto de «daño significativo» (DS). En este contexto, las verificaciones estructurales son necesarias para garantizar que existe un margen de seguridad adecuado en la capacidad última de los elementos estructurales. Esto debe hacerse de tal manera que los componentes de la estructura sean capaces de soportar las cargas adicionales sin comprometer la seguridad de los ocupantes, incluso en presencia de daños significativos. Este margen ofrece cierto grado de protección frente a sucesos extremos, garantizando que la estructura no se derrumbe y reduciendo la probabilidad de que se produzcan lesiones o víctimas mortales como consecuencia del suceso.

El concepto de «ocupación inmediata» está relacionado con la condición conocida como «daños limitados» (DL). En este nivel, se requiere que los miembros de la estructura se evalúen dentro del rango elástico. Esto significa que los elementos estructurales no deben sufrir deformaciones permanentes o irreversibles. Durante las verificaciones, se comprueba que la estructura mantiene su integridad funcional.

2.2.27.3 Propuesta del ASCE 41-17

El término «niveles objetivo de rendimiento del edificio» se refiere a los numerosos estados de daños que la estructura es capaz de experimentar. Estos estados se caracterizan por cuatro estados límite que se han establecido explícitamente. Estos niveles incluyen el Nivel Operativo (1-A), en el que la estructura no presenta daños significativos y sigue funcionando de forma óptima; el Nivel de Ocupación Inmediata (1-B), en el que el edificio puede seguir utilizándose de forma segura pero con algunos daños menores en



elementos no estructurales; el Nivel de Seguridad Vital (3-C), que se refiere a una condición en la que se producen daños moderados tanto en elementos estructurales como no estructurales, pero sin comprometer la seguridad de los ocupantes; y, por último, el Nivel de Prevención de Colapsos (5-RE), que indica un estado crítico en el que la estructura está próxima a experimentar un colapso, requiriendo medidas para evitar el desastre total. En el contexto de la evaluación de la reacción sísmica del edificio y la garantía de su seguridad, estos estados límite contribuyen al establecimiento de criterios claros y definidos.

Nivel de desempeño operacional(1-A)

De acuerdo con las normas que se establecieron en ASCE 41-17, el nivel operativo (1-A) se define como una condición en la que se prevé que los daños a la estructura serán bajos o esencialmente inexistentes. En este nivel, el edificio sigue siendo totalmente funcional y no hay necesidad de reparaciones ni intervenciones. Esto se debe a que tanto los componentes estructurales como los no estructurales de la estructura permanecen intactos, lo que garantiza que el edificio pueda seguir funcionando sin necesidad de ajustes ni refuerzos. Incluso tras un evento sísmico, esta categorización garantiza que la estructura seguirá funcionando de forma segura y eficaz, sin afectar a su capacidad para cumplir la función prevista. Se presta mucha atención a garantizar que la capacidad de carga de los componentes estructurales no sufra una reducción importante. Esto se hace para garantizar que los componentes mantienen sus atributos fundamentales de resistencia y rigidez que poseen. Como resultado, esto garantiza que la estructura en su conjunto seguirá funcionando como se esperaba, sin mostrar ninguna disminución perceptible en su capacidad para soportar las cargas a las que está sometida. Además, todos los sistemas esenciales para el funcionamiento normal del edificio deben seguir funcionando sin interrupciones. Esto incluye las estructuras e instalaciones básicas. Las particiones internas y los rellenos son ejemplos de elementos no estructurales que no deben causar daños considerables para garantizar que la integridad estética y funcional de los espacios



no se vea comprometida. En resumen, el objetivo es garantizar que el edificio siga siendo plenamente operativo y seguro tras un evento sísmico, sin comprometer sus sistemas principales y sin sufrir daños visibles o significativos desde el punto de vista operativo.

Nivel de desempeño de ocupación inmediata(1-B)

De acuerdo con los requisitos de ASCE 41-17, el término «ocupación inmediata después de un evento sísmico» (1-B) se refiere a un escenario en el que se anticipa que no habrá interrupción en las operaciones o actividades que tienen lugar dentro del edificio, ni durante el evento sísmico ni en el período de tiempo que le sigue. En otras palabras, se prevé que la estructura podrá resistir el terremoto para el que fue diseñada sin experimentar una perturbación grave de su funcionamiento normal. En estas circunstancias, las consecuencias del seísmo no deberían amenazar la capacidad del edificio para seguir funcionando con normalidad, tanto en lo que se refiere a las actividades que tienen lugar dentro de la estructura como a los servicios que se prestan a los ocupantes de la instalación. El objetivo principal es garantizar que todos los sistemas esenciales para el funcionamiento del edificio, como los sistemas eléctricos, hidráulicos y de comunicación, sigan funcionando sin interrupción. Esto indica que la estructura ha resistido adecuadamente el impacto sísmico, lo que garantiza que el edificio seguirá siendo utilizable inmediatamente después del suceso. Se prevé que el edificio pueda seguir funcionando sin experimentar impedimentos importantes, con la posible excepción de aquellas funciones o actividades que no sean de importancia fundamental. Para garantizar que no se produzcan cambios significativos en el rendimiento estructural de los componentes, es imprescindible que se conserven íntegramente las cualidades fundamentales de resistencia y rigidez de los componentes estructurales. En algunos casos pueden formarse pequeñas grietas o fisuras sólo superficiales en la estructura; sin embargo, estas grietas no amenazan la integridad general del sistema ni su funcionalidad fundamental. Dicho de otro modo, cualquier daño que se produjera a este nivel sería de

una magnitud insignificante y no tendría repercusiones significativas para la estructura o la seguridad del edificio.

Nivel de desempeño de seguridad de vida (3-C)

Según los requisitos de la norma ASCE 41-17, el nivel denominado «seguridad vital» (3-C) describe un escenario en el que se prevé que la estructura sufrirá daños de tamaño moderado durante el evento sísmico de diseño. La seguridad vital de los residentes no debería verse comprometida por este tipo de daños, a pesar de que es importante; sin embargo, se reconoce que hay situaciones en las que las reparaciones necesarias podrían no ser viables monetariamente. A pesar de los daños sufridos, los elementos estructurales del edificio han conservado un nivel residual de resistencia y rigidez. Esto garantiza que la estructura sigue siendo lo suficientemente segura como para evitar el derrumbe o cualquier otro fallo catastrófico. A pesar de que los componentes puedan no estar tan intactos como en niveles de rendimiento superiores, la estructura debe seguir funcionando dentro de los parámetros de seguridad que se han establecido para garantizar la seguridad de las personas que se encuentran en su interior. Los componentes no estructurales del edificio sufrieron daños como resultado del evento sísmico; sin embargo, es esencial señalar que los tabiques internos y los rellenos de la estructura no han sido sometidos a fallas sustanciales que hayan causado su desplazamiento de su posición o alineación inicial. La estabilidad general de la estructura no está comprometida en modo alguno, a pesar de los daños observados en estas características no estructurales. Ciertas zonas del edificio presentan derivas permanentes moderadas, lo que indica que las deformaciones no son muy severas; sin embargo, son lo suficientemente evidentes como para alterar significativamente la geometría de la estructura. Esto es así aunque las deformaciones no sean excepcionalmente graves. Estas derivas, por otra parte, no perjudican la capacidad del edificio para desarrollar sus actividades fundamentales; sin embargo, es posible que requieran algún tipo de reparación para restablecer el confort y el funcionamiento del espacio.



Nivel de desempeño de prevención del colapso (5-D)

De acuerdo con las directrices esbozadas en ASCE 41-17, la condición de Prevención de Colapso (5-D) describe un escenario en el que la estructura sufre daños extensos y extensos, que, en la mayoría de los casos, no pueden ser reparados adecuadamente después del sismo de diseño. En el contexto de este escenario, la capacidad estructural se ha visto significativamente comprometida, y la integridad del sistema en su conjunto está en peligro. Este nivel de rendimiento indica que, a pesar de que la estructura puede haber sido capaz de soportar el evento sísmico original, las deformaciones y daños que ha experimentado son tan extensos que no es posible asegurar que será capaz de soportar otro terremoto en un futuro próximo. Existe una gran probabilidad de que la estructura no sea capaz de soportar otro evento sísmico. Esto pone en peligro la seguridad de las personas que ocupan el edificio y puede dar lugar a la necesaria demolición o reconstrucción del edificio debido a los elevados costes y problemas asociados a la reparación. Aunque las secciones verticales del edificio aún pueden soportar cargas axiales, su rendimiento se ha visto considerablemente afectado por los enormes daños sufridos por la estructura. Estos daños han provocado una notable pérdida de resistencia y rigidez lateral. A pesar de que el mantenimiento del equilibrio frente a las cargas laterales requiere resistencia y estabilidad laterales, ambas características han disminuido significativamente. Además, la mayoría de los componentes no estructurales, como los tabiques y los acabados, se han derrumbado o han sufrido daños importantes. El grado de los daños y las dificultades para devolver el edificio a su estado anterior sin reparaciones importantes y costosas se reflejan en el hecho de que existe un importante desplazamiento permanente de la estructura como consecuencia de este deterioro. Este desplazamiento no puede repararse.

2.2.28 Niveles de amenaza sísmica

Cuando se trata del diseño sísmico de estructuras, la comprensión de cómo reacciona el suelo a los movimientos sísmicos es el factor más importante. Dadas las circunstancias, es de suma importancia evaluar y estar familiarizado con las características del movimiento sísmico que se comunica al suelo, ya que esto tiene un impacto directo en la respuesta de la estructura. Se puede considerar que un terremoto, también conocido como seísmo, es un fenómeno aleatorio o estocástico. Esto se debe a que la magnitud y la intensidad de un terremoto no siguen un patrón predeterminado, sino que se dispersan de forma impredecible tanto en el espacio como en el tiempo. Esto sugiere que, a pesar de que se han realizado esfuerzos para analizar y anticipar estos eventos, la ocurrencia de los mismos y las características únicas que poseen proporcionan una variabilidad inherente que debe tenerse en cuenta durante el proceso de diseño sísmico. (Penelis & Penelis, 2014).

Según Dowrick (2009) El proceso de evaluación del riesgo sísmico es complicado e implica una amplia gama de temas y muchos tipos diferentes de campos especializados. Para llevar a cabo una evaluación precisa, es necesario realizar estudios exhaustivos de la peligrosidad sísmica. Estos estudios son de suma importancia en el proceso de formulación de las cargas sísmicas, que posteriormente se incorporan a las normas y reglamentos de diseño. Estos estudios de peligrosidad sísmica se centran en tres aspectos clave que deben tenerse en cuenta de manera exhaustiva: la actividad sísmica, que se refiere a la frecuencia y magnitud de los terremotos en una región determinada; la atenuación, que describe cómo las ondas sísmicas pierden intensidad a medida que se propagan por el suelo; y la respuesta del emplazamiento, que evalúa cómo el suelo y las características geológicas locales pueden amplificar o mitigar los efectos de las ondas sísmicas. El examen conjunto de estos componentes permite establecer un método más preciso para determinar las cargas sísmicas, que puede utilizarse en el proceso de diseño y construcción de infraestructuras sólidas.



La forma en que se establecen los niveles de peligrosidad sísmica, que pueden representarse de dos maneras distintas -probabilística o determinísticamente-, está íntimamente relacionada con el comportamiento previsto de una estructura o sistema en un entorno de actividad sísmica. En el caso de las técnicas probabilísticas, el peligro sísmico se especifica proporcionando un nivel de movimiento sísmico que se relaciona con una probabilidad de ocurrencia en un periodo de tiempo determinado. Esto se hace para evitar la posibilidad de que se produzca el peligro. Dicho de otro modo, se ha establecido la probabilidad de que se produzca un evento sísmico de una magnitud determinada en un periodo de tiempo específico. Por otro lado, los enfoques deterministas adoptan un planteamiento diferente de la peligrosidad sísmica. Estos enfoques hacen hincapié en el cálculo del movimiento sísmico máximo esperado para un evento sísmico concreto, basado en una magnitud determinada y vinculado a una fuente sísmica específica, como una falla geológica o una zona de gran actividad sísmica. En otras palabras, se centran en el cálculo del movimiento sísmico máximo esperado para un evento sísmico específico. Dependiendo de los objetivos del diseño sísmico, ambos enfoques tienen sus aplicaciones y ventajas. Esto se debe a que cada enfoque ofrece un marco distinto para anticipar las consecuencias de un terremoto en las estructuras con respecto a las propias estructuras. El proceso de definición de los movimientos sísmicos ha implicado tradicionalmente la utilización de una amplia gama de características técnicas y de ingeniería que son cruciales para el proceso de diseño estructural. La intensidad macrosísmica, las aceleraciones máximas que se alcanzaron durante el evento sísmico y los espectros de respuesta que indican cómo responden las estructuras a diferentes frecuencias de vibración son algunas de las métricas que se incluyen al hablar de estas características. El periodo medio de retorno, que puede definirse como el intervalo de tiempo medio entre eventos sísmicos de una magnitud determinada en una región concreta, y la probabilidad de superación, que puede estimarse como la probabilidad de que un evento sísmico supere una determinada magnitud o nivel de intensidad en un periodo determinado, son dos ejemplos de conceptos estrechamente relacionados con estos parámetros. Con el fin de garantizar que el diseño

estructural sea adecuado y seguro ante posibles terremotos, estos elementos sirven de base para el diseño. El periodo medio de retorno es un concepto que se utiliza para definir el intervalo medio, medido en años, que transcurre entre la ocurrencia de terremotos que crean efectos de magnitud o gravedad similares. Otros términos para esta idea incluyen el periodo medio de retorno. Este plazo pretende reflejar la cantidad de tiempo prevista que podría transcurrir entre dos eventos sísmicos equivalentes entre sí en cuanto a su fuerza y las repercusiones que provocan. Basada en datos históricos o modelos sísmicos, es una medida estadística que permite determinar la frecuencia con la que cabe esperar terremotos de una magnitud determinada en un lugar concreto. En otras palabras, es una medida que permite calcular la frecuencia de los terremotos. Un concepto estadístico conocido como probabilidad de superación se utiliza para describir la posibilidad de que los efectos de un terremoto superen un umbral de gravedad preestablecido en un plazo de tiempo específico, que suele expresarse en años (SEAOC, 1995). Dicho de otro modo, es la posibilidad de que se produzca un acontecimiento sísmico de una magnitud o un impacto determinados en un lapso de tiempo específico, más allá de los niveles especificados de daños o repercusiones que se han establecido en el pasado. Tanto el periodo medio de retorno como esta idea ofrecen un método para evaluar y comparar la recurrencia de los eventos sísmicos y la influencia que tienen en una región o estructura concreta. En consecuencia, este concepto está fuertemente ligado al periodo medio de retorno. De hecho, el tiempo medio de retorno y la probabilidad de rebasamiento pueden relacionarse directamente mediante una fórmula matemática que forma una relación inversa. Esto significa que a medida que aumenta la probabilidad de rebasamiento, disminuye el periodo medio de retorno, y viceversa:

$$T = -\frac{t}{\ln(1-p)}$$

T = Periodo medio de retorno, en años.

p = Probabilidad de excedencia.

t = Tiempo de exposición, en años

2.2.28.1 Propuesta VISION 2000

La sugerencia presentada por el Comité VISION 2000 establece una clasificación de cuatro grados distintos de peligro sísmico. Esta clasificación figura en el informe publicado por la SEAOC en 1995. El objetivo de esta categorización es clasificar la magnitud del movimiento sísmico y el impacto potencial que puede tener sobre las estructuras. En la siguiente tabla se presentan los cuatro niveles de movimiento sísmico que se han descrito. Estos niveles se reconocen mediante la utilización de un conjunto de calificadores específicos que indican las características y la intensidad de los eventos sísmicos que se prevén. Hay una variedad de requisitos de intensidad y daños estructurales potenciales que están vinculados con cada uno de estos niveles, y cada uno de estos niveles tiene su propia nomenclatura:

Tabla 21

Niveles de movimiento sísmico

Nivel de movimiento sísmico	Periodo medio de retorno T(años)	Probabilidad de excedencia
	T(años)	(p,t)
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy Raro	970 años	10% en 100 años

2.2.28.2 Propuesta Eurocódigo 8

Los niveles de amenaza sísmica que corresponden a cada uno de los tres estados límite necesarios deben ser determinados y establecidos por los países miembros, de acuerdo con lo que se conoce como Parámetro Determinado Nacionalmente (PND). En el caso de que el anexo nacional no contenga niveles específicos de estas amenazas sísmicas, la responsabilidad de definirlos recae en el particular propietario del edificio o

infraestructura que se esté considerando. Esta decisión debe tomarse teniendo en cuenta los requisitos normativos y las condiciones específicas de cada país, con el objetivo de garantizar que las estructuras se diseñen y evalúen adecuadamente en relación con los riesgos sísmicos que se prevén en la región (Fardis M. N., 2004). En el marco del Eurocódigo 8, no se establece ninguna directriz precisa; no obstante, se menciona que los objetivos de comportamiento sísmico deben tener en cuenta diversos fenómenos sísmicos con tiempos de retorno variables. Estos fenómenos se analizan en función de la probabilidad de que se produzcan en un periodo de cincuenta años. Teniendo esto en cuenta, se mencionan tres eventos sísmicos potenciales: uno con un periodo de retorno de 225 años, que equivale a una probabilidad del 20% de que se produzca en un periodo de cincuenta años; otro con un periodo de retorno de 475 años, que se traduce en una probabilidad del 10% de que se produzca en cincuenta años; y, por último, un evento sísmico con un periodo de retorno de 2475 años, que tiene una probabilidad del 2% de que se produzca en cincuenta años. De acuerdo con las directrices generales del código, estos eventos se asignan a los distintos «estados límite» que se definieron en el diseño sísmico. Algunos ejemplos de estos «estados límite» son daños limitados (DL), seguridad vital (SD) y prevención de derrumbes (SD).

2.2.29 Objetivos de desempeño

De acuerdo con las directrices proporcionadas en el ATC-40 (1996), un objetivo de comportamiento sísmico se desarrolla seleccionando un nivel particular de comportamiento esperado en comparación con un grado especificado de movimiento sísmico. Es posible que estos objetivos impliquen tanto componentes estructurales como no estructurales, y se caracterizan en términos de estados límite. En algunos casos, el uso de una estructura puede estar restringido o incluso prohibido debido a problemas asociados a componentes no estructurales. Esto es algo que debe tenerse en cuenta, aunque los elementos estructurales sigan estando en condiciones satisfactorias. (Elnashai & Di Sarno, 2015).

2.2.29.1 Propuesta VISION 2000**Tabla 22***Objetivos recomendados de desempeño*

1.Instalaciones básicas 2.Instalaciones esenciales 3.Instalaciones de seguridad crítica 0.Desempeño inaceptable	Nivel de desempeño sísmico			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad	Colapso
Frecuente (T-43 años)	1	0	0	0
Ocasional (T-72 años)	2	1	0	0
Raro (T-475 años)	3	2	1	0
Muy raro (T-970 años)	-	3	2	1

2.2.29.2 Propuesta ASCE 41-17

Los objetivos que se han desarrollado para la evaluación o el rediseño se basan en ciertas combinaciones entre un nivel de comportamiento y una acción sísmica, tal y como se indica en la sección 2.2 de ASCE 41-17. Estos objetivos se muestran en la tabla C2-2. Estos objetivos tienen en cuenta una «probabilidad aceptable de superar ciertos límites durante el ciclo de vida del edificio», sirviendo el terremoto de diseño como punto de referencia. Además, la tabla correspondiente proporciona más información sobre este tema.

Tabla 23*Objetivos de desempeño de acuerdo a ASCE 41-17*

Nivel de amenaza sísmica	Nivel de desempeño sísmico			
	Nivel de desempeño operacional (1-A)	Nivel de desempeño de ocupación inmediata (1-B)	Nivel de desempeño de seguridad de vida(3-C)	Nivel de desempeño de prevención del colapso(5-D)

50%/50 años BSE-1E (20% / 50 años)	a	b	c	d
BSE-2E (5% / 50 años)	e	f	g	b
BSE-2N (2% / 50 años)	i	j	k	l
	m	n	o	p
Objetivos de desempeño básicos para edificaciones existentes (BPOE)				
Objetivos mejorados		g y l g y ya sea i, j, m, n, o, ó p l y ya sea e ó f g y l más a ó b solo k, m, n, u o		
Objetivos limitados		Solo g Solo l c, d, e, ó f		

2.2.30 Límites de aceptabilidad

Tabla 24

Valores límites de derivas de entrepiso (SEAOC)

	NIVEL DE DESEMPEÑO			
	Totalmente operacional	Operacional	Seguridad de Vida	Cerca del colapso
Deriva de entrepiso	< 0.2%	< 0.5%	< 1.5%	< 2.5%

Tabla 25

Valores límites de derivas de entrepiso (Elnashai & Di Sarno, 2015)

Nivel de desempeño	Tipo de daño	Amenaza sísmica		Deriva de entrepiso (d/h)
Estado Limite	nivel	tipo	Probabilidad del evento	valor (en %)
Serviciabilidad	No estructural	Frecuente	50% en 50 años	0.2 < d/h < 0.5
Control de daño	Moderado estructural	Ocasional	10% en 50 años	0.5 < d/h < 1.5
Prevención del colapso	Severo estructural	Raro	2% en 50 años	1.5 < d/h < 3.0

Se describen los niveles de rendimiento estructural que se correlacionan con los pórticos que utilizan muros de mampostería como elementos de relleno. Los daños que se detectan están directamente relacionados con las deformaciones relativas que se producen entre forjados, que se denominan derivas de entrepiso (Sipos et al., 2018).

Tabla 26

Descripción de estados de daño y derivas de entrepiso (%) en pórticos con muros de relleno

(Sipos et al)

Nivel de desempeño estructural	Descripción	Deriva de entrepiso IDR (%)	Deriva de entrepiso (%) (FEMA 273)
Daño leve 	Grietas finas (diagonal u horizontal) en los muros de relleno	IDR<0.10	IDR<0.10
Daño moderado 	Grietas en las interfaces de los muros de relleno, grietas diagonales	$0.10 \leq \text{IDR} < 0.30$	$0.10 \leq \text{IDR} < 0.30$
Daño extensivo 	Daños mayores del relleno, fallo en las esquinas del relleno	$0.30 \leq \text{IDR}$	$0.30 \leq \text{IDR} < 0.60$
Cercano al colapso 	Aplastamiento excesivo de los rellenos o falla fuera del plano	$\text{IDR} \geq 0.75$	$\text{IDR} \geq 0.60$

2.2.31 Análisis estático no lineal (AENL)

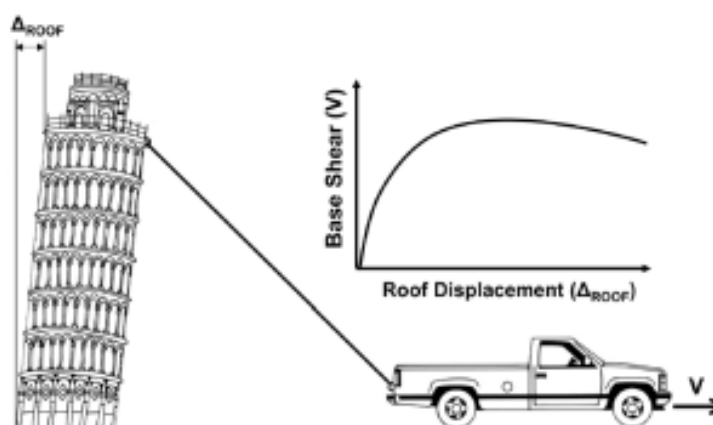
Aunque los métodos de análisis no lineal basados en la respuesta temporal se consideran las estrategias más precisas para determinar con exactitud la demanda sísmica no lineal en los edificios, existen otros métodos que también pueden ser extremadamente exactos (Naiaam, 2018), Debido a la necesidad de tratar con modelos estructurales extremadamente detallados, estos procedimientos, que se denominan análisis dinámicos no lineales del tiempo-historia, necesitan mucho tiempo para completarse. Además, es muy importante elegir con mucho cuidado los registros sísmicos que se van a utilizar. Se necesita mucho tiempo y recursos informáticos para completar el proceso de análisis, así como un alto grado de experiencia y conocimientos especializados para procesar e interpretar correctamente los datos obtenidos. Debido a todos estos problemas, su utilidad

en el entorno cotidiano real es restringida. Se utiliza sobre todo en proyectos extremadamente complicados o en situaciones en las que su precisión debe compararse con la de métodos más sencillos, como el análisis estático no lineal.

A la luz de la información presentada en el párrafo anterior, los métodos de análisis estático no lineal se consideran una de las herramientas más prometedoras para el análisis estructural. Esto se debe al hecho de que estos métodos son, en esencia, una extensión del enfoque de «fuerzas laterales» que se utiliza en el análisis estático, pero están adaptados al contexto no lineal (Fardis, 2009).

Figura 35

Concepto básico del análisis pushover

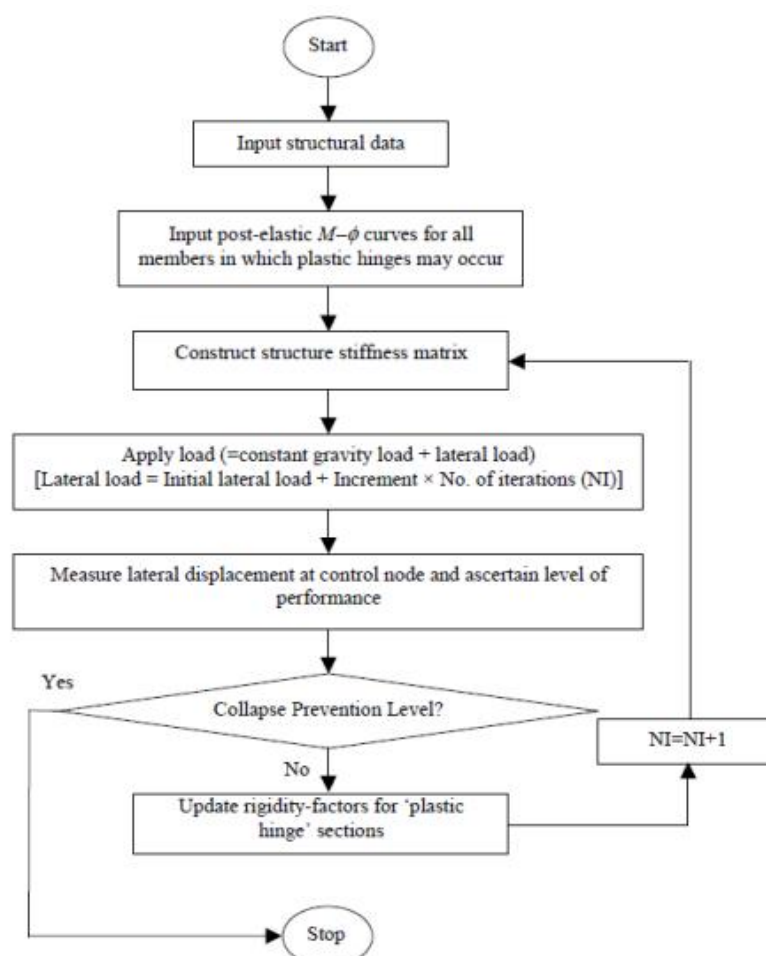


Existe una técnica conocida como análisis estático no lineal, que suele denominarse pushover. Esta técnica consiste en someter el modelo estructural a cargas gravitatorias continuas, además de a un patrón de carga lateral que se ha calculado de antemano. Este patrón puede ser fijo o adaptativo. Lo que se intenta conseguir con este patrón es una aproximación de las fuerzas de inercia producidas por los componentes horizontales de las cargas sísmicas. Se produce un aumento gradual de la carga lateral, lo que hace que la estructura se vea empujada a través de un proceso lento. Esto conduce al desarrollo de una serie de grietas y bisagras plásticas. Este proceso continuará hasta que la estructura alcance su desplazamiento máximo o experimente un fallo-

Mediante el uso de un análisis estático no lineal, el propósito del análisis pushover es analizar el comportamiento de la estructura calculando primero sus capacidades de resistencia y deformación. Posteriormente, estas capacidades se comparan con las demandas que corresponden al nivel de rendimiento concreto. Para crear la base de la evaluación se utilizan estimaciones de parámetros estructurales importantes, como la deriva global entre plantas, así como deformaciones y fuerzas en los elementos. Además, en este análisis se tiene en cuenta la redistribución de las fuerzas internas, además de las inelasticidades geométricas y de los materiales que se toman en consideración. En consecuencia, ofrece información esencial sobre los parámetros de respuesta que no puede obtenerse mediante el uso de métodos elásticos convencionales, ya sean estáticos o dinámicos (Antoniou S. , 2002).

Figura 36

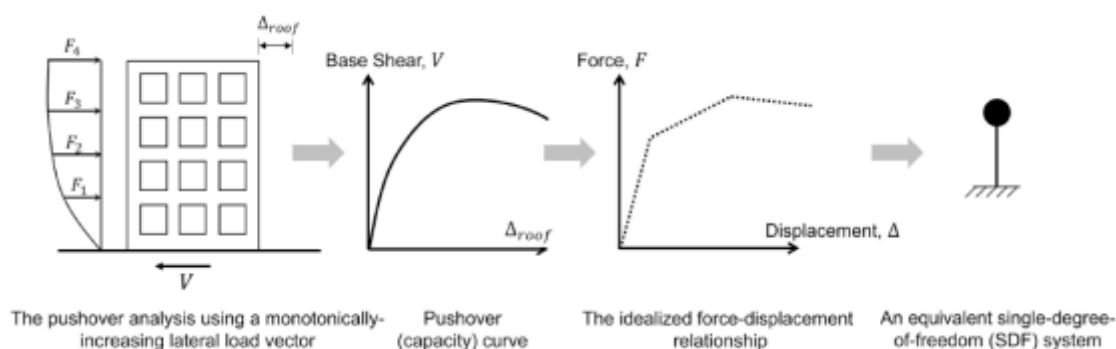
Diagrama de flujo del análisis pushover



Según Lawson et al. (1994), Antoniou (2002), López-Menjivar (2004) y Themelis (2008), el análisis estático no lineal o pushover no tiene una base firmemente establecida en la teoría. El fundamento de esta teoría es la presunción de que la respuesta de una estructura que posee múltiples grados de libertad (MDOF) está directamente conectada a la respuesta de un sistema equivalente de un solo grado de libertad (SDOF) que posee suficientes propiedades histeréticas. Esto indica que la respuesta dinámica del sistema MDOF sólo está impulsada por un único modo de vibración, y que la forma ϕ de este modo permanece invariable a lo largo del tiempo, independientemente del grado de deformación que se produzca. La ocurrencia de este fenómeno puede mostrarse en la Figura.

Figura 37

La conversión básica de un modelo estructural detallado (MDOF) es un sistema equivalente SDOF



2.2.31.1 Influencia del patrón lateral de cargas

En sus primeras etapas, el análisis pushover se desarrolló y, en su mayor parte, se utilizó para el análisis bidimensional. Las fuerzas de inercia creadas por una componente horizontal de la actividad sísmica son las únicas que se representan mediante cargas laterales, incluso cuando se utilizan en modelos estructurales tridimensionales (Fardis, 2004).

$$F_i = \alpha m_i \phi_i \dots \dots \dots (2.2)$$

Como si toda la reacción tuviera lugar bajo la influencia de un único modo invariante que presentara desplazamientos modales horizontales. De acuerdo con el Eurocódigo 8,

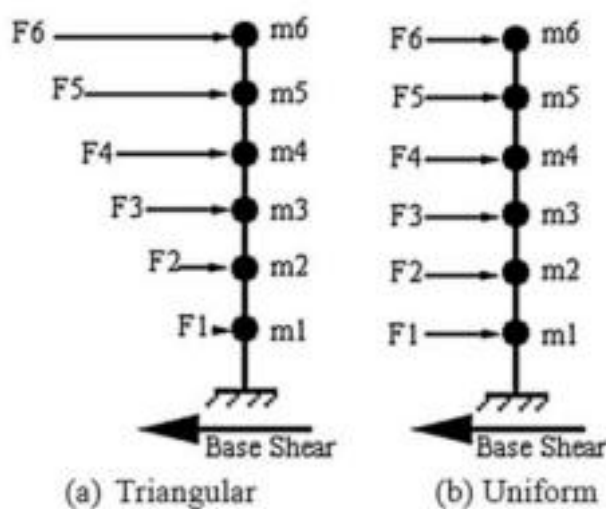
deben aplicarse los siguientes patrones de carga lateral para realizar análisis pushover en edificios:

1. El término «patrón modal» se refiere a un patrón que reproduce las fuerzas de inercia que corresponden al primer modo en la dirección horizontal en la que se realiza el análisis. Dependiendo del tipo de análisis lineal que se aplique, el patrón específico puede parecer muy diferente

- Tras determinar si la estructura cumple o no los criterios del análisis estático lineal, se utiliza un patrón de carga unidireccional en forma de «triángulo invertido». Este patrón es comparable al que se utiliza en el análisis estático lineal.

Figura 38

Dos patrones típicos de patrones laterales de carga usados en análisis pushover tradicionales



Se sugiere que los siguientes patrones de carga sean utilizados por FEMA 356 (FEMA, 2000).

1. Un patrón modal es seleccionado de cualquiera de los siguientes:

- Una distribución proporcional a la forma en que se distribuyen las fuerzas sísmicas en altura, tal como se indica en los códigos de diseño de estructuras sismorresistentes. A excepción de las situaciones en las que más del 75% de la masa total está implicada

en el modo fundamental en la dirección que se está investigando, sólo se puede utilizar esta distribución. Además, puede utilizarse una distribución uniforme.

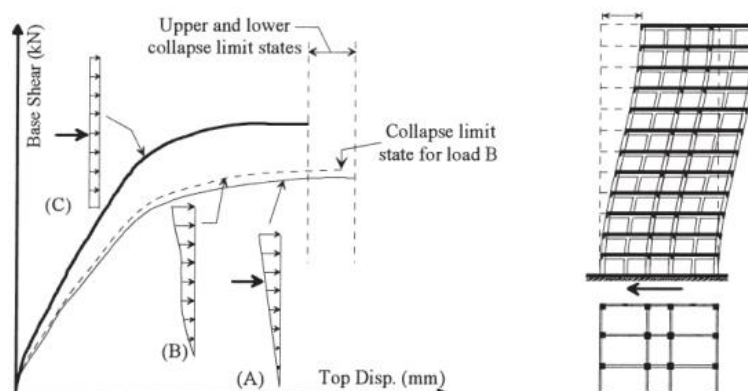
- Existe una distribución vertical que es proporcional a la forma del modo fundamental en la dirección que se está examinando. Sólo es posible tener esta distribución cuando más del setenta y cinco por ciento de la masa total participa en un modo determinado.
- El examen de la estructura utilizando una combinación modal de respuesta espectral se utiliza para calcular una distribución vertical que sea proporcional a la distribución del esfuerzo cortante en las plantas. Esta distribución cubre los modos necesarios para capturar al menos el 90% de la masa total del edificio. Se recomienda utilizar este método de distribución particular en situaciones en las que el periodo fundamental de la construcción sea superior a un segundo.

2. Un segundo patrón es seleccionado a partir de los siguientes:

- Una distribución de fuerzas laterales uniforme en todos los pisos, con el resultado de que estas fuerzas son proporcionales a la masa total presente en cada uno de esos niveles.
- Una distribución de la carga que es capaz de modificarse a sí misma a medida que la estructura se mueve. Para modificar esta carga adaptativa a partir de la distribución de carga inicial, es necesario utilizar un proceso que tenga en cuenta las capacidades de plastificación de la estructura.

Figura 39

Diferencias de curvas de capacidad para 3 diferentes patrones de carga



El patrón de carga lateral es un factor fundamental que determina los resultados de los estudios estáticos no lineales. Las magnitudes de los esfuerzos cortantes, los momentos y las deformaciones se ven afectadas por la forma concreta en que se distribuyen las cargas laterales. (Jia, 2017)

2.2.31.2 Ventajas del análisis estático no lineal

1. El control de las deformaciones estructurales es la base de la evaluación y el diseño sísmicos, que se llevan a cabo mediante el uso de análisis estáticos no lineales.

2. A diferencia del análisis lineal, que aplica factores de comportamiento a los resultados del análisis lineal, el análisis estático no lineal tiene en cuenta directamente el comportamiento no lineal de la estructura. De hecho, la existencia de tales elementos no está definitivamente confirmada para todo tipo de estructuras.

3. Utilizando el análisis estático no lineal, es posible desarrollar más fácilmente la curva de capacidad de la estructura, lo que a su vez permite identificar gradualmente los elementos estructurales propensos a la plastificación y el colapso. Este tipo de análisis permite determinar cómo se distribuyen los daños estructurales por toda la estructura durante el proceso de carga. Este tipo de análisis también proporciona información significativa sobre los elementos estructurales que están sometidos inicialmente a un

comportamiento inelástico. A la hora de planificar el refuerzo sísmico de la estructura, esta información es extremadamente útil porque proporciona información precisa.

4. En el marco del método de diseño y evaluación basado en el rendimiento, el análisis estático no lineal es un instrumento inestimable. Ello se debe a que facilita la consideración de los distintos estados límite y la verificación del comportamiento de la estructura en relación con los desplazamientos objetivo adecuados.

2.2.31.3 Limitaciones del análisis estático no lineal

El análisis Pushover ofrecerá estimaciones precisas de las demandas globales y locales de inelasticidad y deformación en estructuras en las que el modo fundamental es el modo en el que se produce la vibración primaria. Además, este tipo de análisis sería útil para identificar vulnerabilidades que podrían no ser obvias en el contexto de un análisis elástico.

1. La justificación del método se ve dificultada por el hecho de que sus fundamentos teóricos no son especialmente sólidos. Como se ha dicho antes, uno de los supuestos más importantes del análisis pushover es que la respuesta de una estructura que posee varios grados de libertad puede relacionarse directamente con la de un sistema idéntico que sólo posee un grado de libertad. A pesar de que el modo fundamental es el responsable de controlar la reacción en un número significativo de casos, esto no es generalmente aplicable a todas las circunstancias. Además, en los análisis dinámicos de respuesta temporal, la forma del modo fundamental puede cambiar significativamente en función del grado de inelasticidad y de la localización del daño. Esto se debe a que el modo fundamental es un modo fundamental.

2. Las estimaciones de las deformaciones producidas utilizando el análisis pushover pueden ser muy erróneas para estructuras en las que los impactos de los modos superiores tienen una influencia significativa. Esto se debe a la razón descrita



anteriormente. Está claro que la estrategia no tiene en cuenta el impacto que tienen los modos superiores en la respuesta total. Es posible que las estimaciones generadas a partir del análisis pushover sean totalmente inexactas en circunstancias en las que esta influencia sea significativamente importante.

3. En lo que respecta al modelo, resulta difícil describir con precisión los efectos tridimensionales y de torsión, respectivamente.

4. La técnica no tiene en cuenta la degradación gradual y acumulativa de la rigidez de la estructura que puede tener lugar durante los ciclos de carga sísmica no lineal de la estructura. Debido a esta pérdida de rigidez, el periodo y las propiedades modales de la estructura se alteran, lo que a su vez afecta a la carga a la que está sometida la estructura como resultado de los movimientos del terreno que se producen durante un terremoto.

5. Al tratarse de un método estático, el análisis pushover se centra en la energía de deformación de la estructura. No tiene en cuenta otros tipos de disipación de energía relacionados con la respuesta dinámica, como la amortiguación viscosa y la energía cinética.

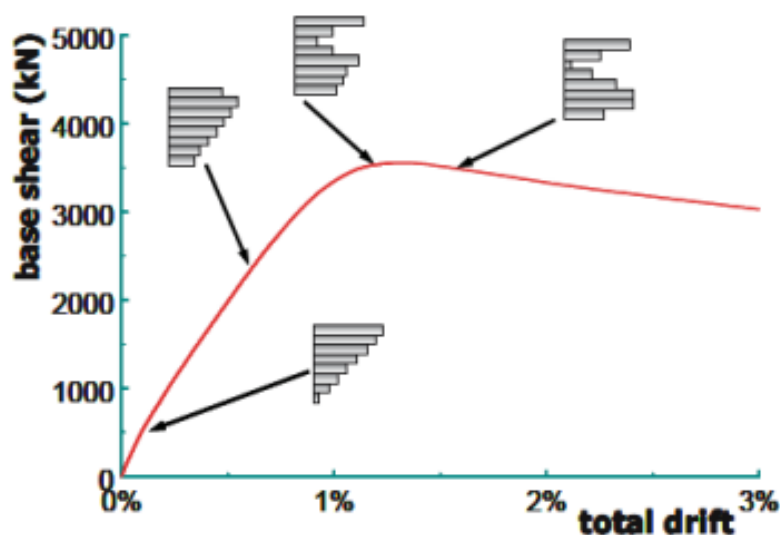
6. Al realizar el estudio, sólo se tienen en cuenta las cargas sísmicas horizontales. La componente vertical de la carga sísmica, que puede tener una importancia significativa en algunas circunstancias, no se tiene en cuenta. Como resultado de los retos anteriormente expuestos, recientemente se han presentado ciertas mejoras al método de análisis no lineal o pushover. Estas mejoras se detallarán brevemente en la parte que sigue.

2.2.31.4 Procedimientos mejorados del análisis no lineal

El concepto de análisis pushover modal, a menudo conocido como MPA, fue introducido por primera vez por Chopra y Goel en 2002. Se trata de una forma más avanzada del análisis pushover multimodal, en la que se emplean los principios de la combinación modal. La obtención de múltiples curvas pushover utilizando patrones de carga proporcionales a cada modo de vibración es la base de este método. La respuesta final se obtiene combinando los resultados de cada curva pushover mediante una regla de combinación adecuada, como SRSS (suma de raíces de cuadrados) o CQC (combinación cuadrática completa). Esto permite obtener la respuesta final. En términos de métodos pushover multimodo con cargas invariantes, este es el método más conocido.

Figura 40

Pushover adaptado: la forma de vector de carga es actualizado



De acuerdo con Bhatt (2012), las técnicas adaptativas son capaces de maximizar la respuesta que se consigue con el pushover tradicional, produciendo así resultados

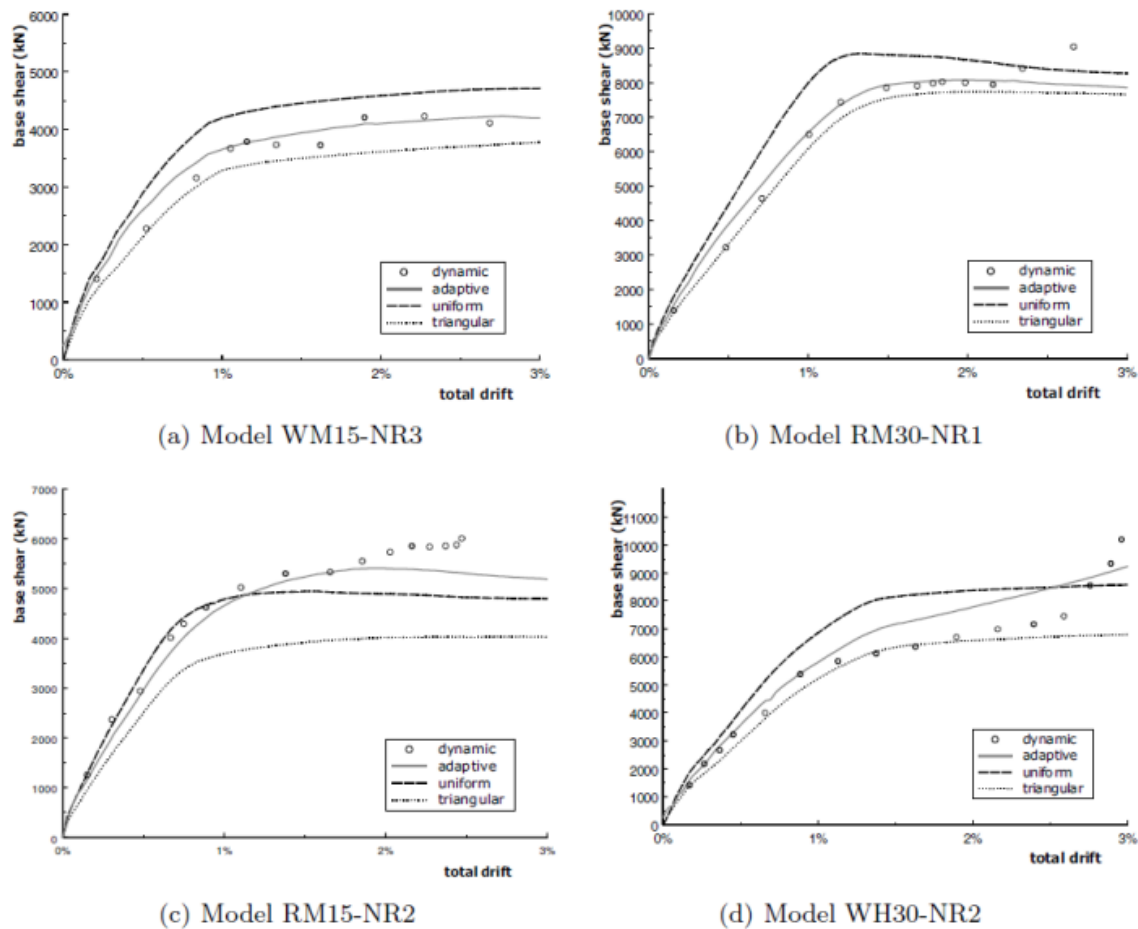
comparables a los de los estudios no lineales de historia temporal. Esto se debe principalmente a las razones que se enumeran a continuación:

- Aplicación de un espectro escalado
- El efecto de los modos superiores se incorpora al análisis.
- Como resultado de la acumulación de daños, la resistencia local y las propiedades modales experimentan una modificación.
- En cada iteración, los algoritmos actualizan el vector de carga haciendo uso de la solución de valores propios obtenida a partir de la matriz no lineal de rigidez y masa.

Antoniou y Pinho (2004) propusieron un método que denominaron Adaptive Pushover, que se basa en los desplazamientos. En este método, el vector de carga se actualiza en cada etapa del estudio, teniendo en cuenta las propiedades dinámicas de la estructura en ese momento. El cálculo de este vector de carga consiste en combinar las contribuciones de los distintos modos de vibración para que se expresen en función del desplazamiento. El equilibrio estructural es la fuente de las fuerzas de compresión que se aplican en respuesta a los desplazamientos que se están aplicando. Este enfoque particular tiene la capacidad de reproducir la inversión de las fuerzas que se transfieren entre pisos, incluso cuando se utiliza una combinación de fuerzas cuadráticas. Como resultado de la utilización de desplazamientos en lugar de fuerzas, el método es capaz de ajustarse a las tendencias más contemporáneas determinadas por los desplazamientos.

Figura 41

Curvas Pushover de procedimientos convencionales y adaptativos



2.2.32 Métodos de reforzamiento estructural

El reforzamiento de una estructura tiene como objeto incrementar la resistencia y rigidez, se realiza según el estado de la estructura y sus necesidades, por ejemplo: para edificaciones con problemas de piso blando será necesario rigidizar mediante la adición de muros o la colocación de arriostres. (Caceres Perez & Pichihua Alata, 2020).

- Incrementar la resistencia
- Incrementar la ductilidad
- Una combinación adecuada de las dos anteriores

2.2.32.1 Reforzamiento a nivel de estructura

Este reforzamiento tiene como objetivo mejorar toda la estructura de la edificación, por lo general se realiza mediante la adición de muros estructurales y contravientos de acero. En este tipo de reforzamiento se busca aumentar la ductilidad del sistema estructural para satisfacer sus estados de limite específicos.

Figura 42

Reforzamiento a nivel de estructura

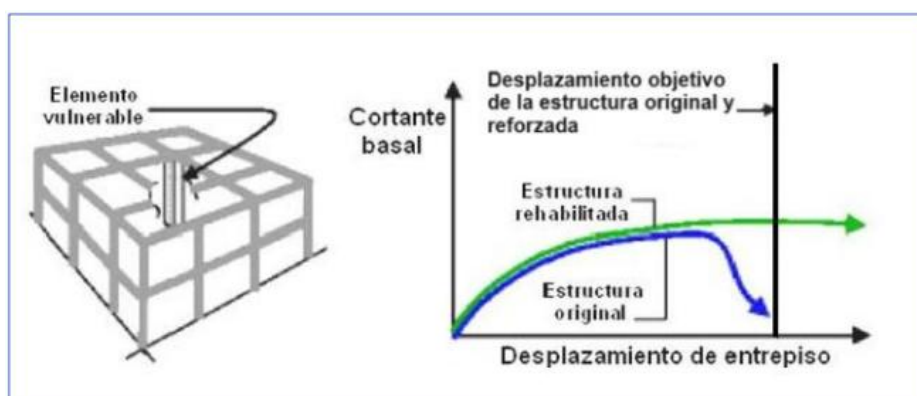


2.2.32.2 Reforzamiento a nivel de elemento

Es una modificación a nivel de elemento estructural, con el fin de aumentar la resistencia del elemento mediante cizallamiento, compresión, flexión y otros medios. Se incluye métodos como encamisados de concreto, refuerzo con fibras.

Figura 43

Reforzamiento a nivel de elemento estructural



2.2.32.3 Contraventeo de marcos o pórticos

Componente estructural empleado principalmente para mitigar los desplazamientos laterales resultantes de la actividad sísmica o de las fuerzas del viento. Los edificios de gran altura suelen emplear esta forma de refuerzo para garantizar su estabilidad.

Estos proporcionan rigidez a los marcos por medio de elementos diagonales que se suman a intersecciones de viga y columna o a secciones intermedias de los pórticos, se clasifican por su configuración en diagonal simple, doble y concéntrica ("X", "V", "K", "V" invertida) y por la manera en la que interactúan con la estructura de la edificación; discreta, relativa, continua y dependiente

Figura 44

Tipos de configuración de contravientos

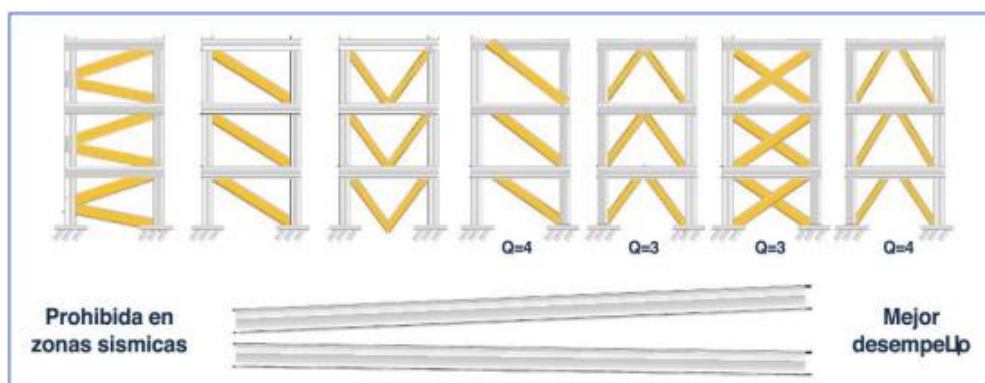


Figura 45

Refuerzo estructural de edificio mediante adición de contravientos



2.2.32.4 Encamisado en elementos de concreto armado

El método de refuerzo en cuestión es considerado como una solución más sostenible en comparación con la demolición debido a que conserva recursos como el tiempo, costo, componentes, reduciendo así la huella de carbono que deja el sector de la edificación y la construcción (Raza et al., 2019). Esta técnica puede ser utilizada para reforzar elementos que han sufrido deterioro y daños de diversas formas como, ataques de cloruro en zonas de marea, sismos, deterioro del hormigón y estructura, que requieran satisfacer la capacidad de servicio y resistencia máxima según las normas actuales (Sudha et al., 2022). El objetivo de realizar el encamisado de elementos estructurales es incrementar su resistencia y rigidez. Según a la accesibilidad de la ejecución se puede realizar mediante el vaciado de concreto in situ o mediante concreto lanzado.

Figura 46

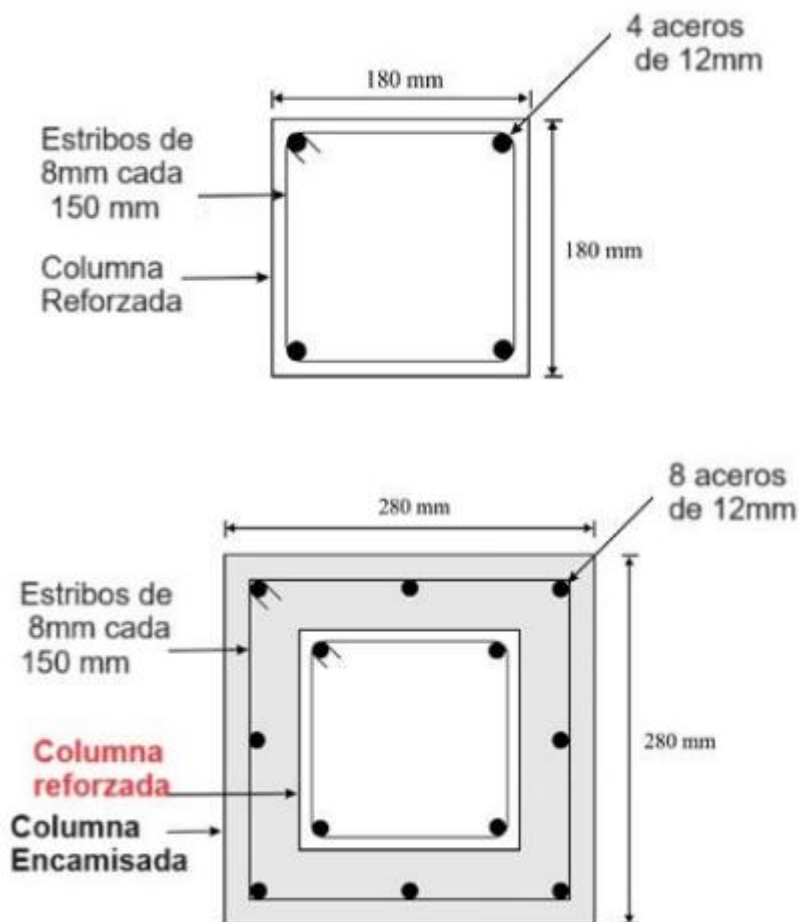
Columna reforzada mediante encamisado



Como resultado de este tipo de reforzamiento se tiene un acabado arquitectónico favorable ya que este reforzamiento no es visible, sino que aumenta la sección del elemento. Este método ayuda al núcleo de concreto en la absorción y distribución para las cargas que se están aplicando. (Ospina Molina & Castrillón Arenas, 2021)

Figura 47

Detalle de reforzamiento de columna



- A medida de los posible encamisar los cuatro lados.
- Diseñar considerando un comportamiento monolítico.
- Para concreto premezclado el espesor a encamisar debe ser de 10 cm y para concreto preparada in situ un espesor de 4cm.
- La resistencia del nuevo concreto debe ser mayor por 50 kg/cm².

En el caso de encamisado de vigas estas se refuerzan con el objetivo de aumentar su capacidad a flexión y cortante.

Según el ACI 369.1-22 (2023), si se desea solamente aumentar la resistencia del elemento para una flexión positiva se debe encamisar la cara inferior de la viga, cuando se encamisán tres o cuatro caras de la viga esto proporciona un incremento tanto en los momentos positivos como negativos del elemento, también se incrementa la resistencia al esfuerzo cortante, este refuerzo adicional con encamisado debe ser continuo en toda la extensión del elemento que considere un nudo fuerte en el punto de unión viga-columna

Figura 48

Reforzamiento de viga con concreto



2.2.32.5 Adición de muros laterales a columnas existentes

Esta técnica se utiliza para lograr un mayor nivel de la resistencia lateral de las columnas, mediante la adición de muros laterales o alas mediante procesos constructivos similares al encamisado de elementos estructurales.

Figura 49

Adición de muros laterales o alas a columnas existentes

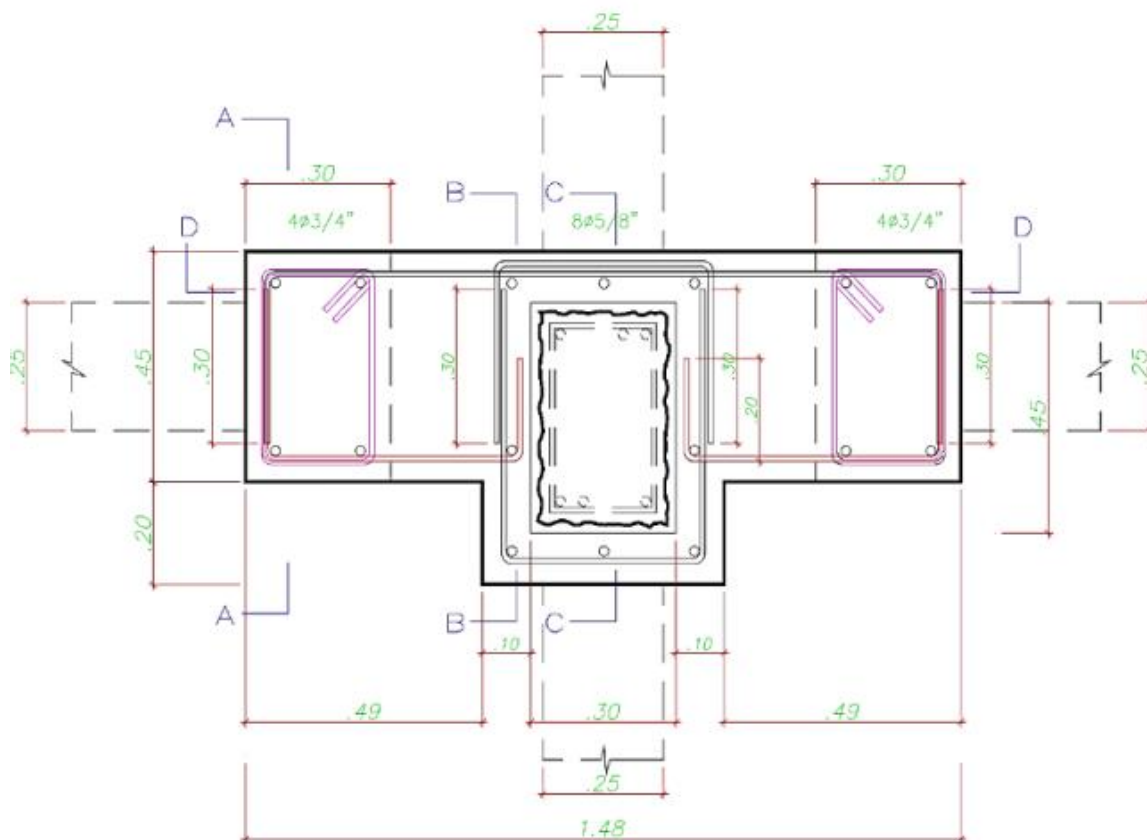


Figura 50

Adición de muro lateral a columna existente



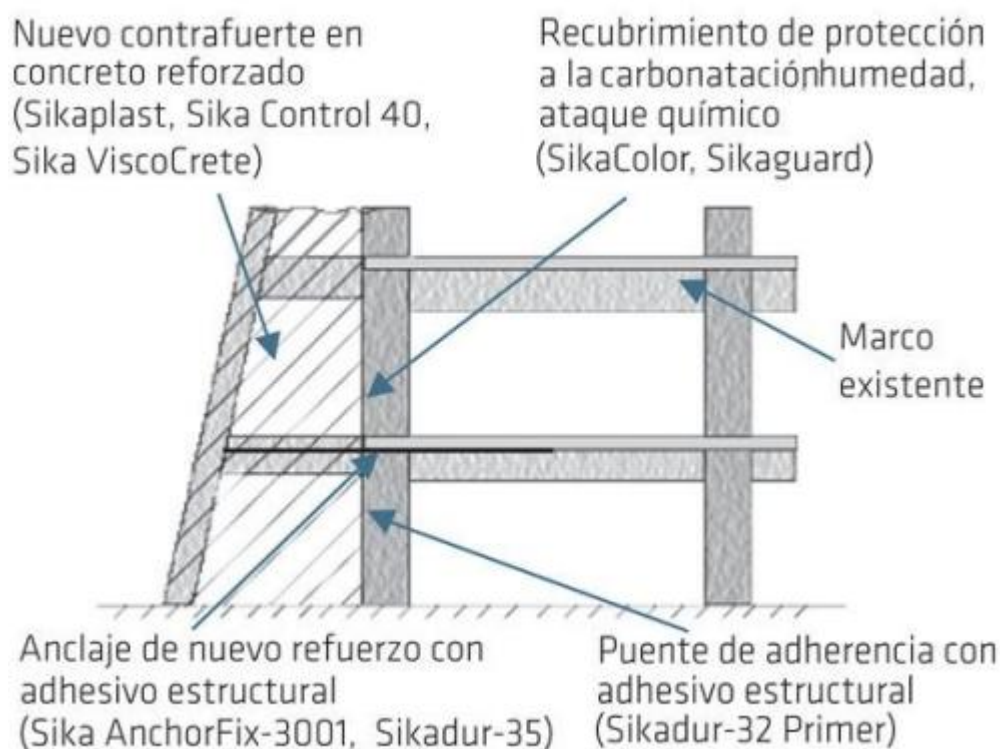
2.2.32.6 Contrafuertes

El contrafuerte llamado también estribo o botarel son elementos que, si bien en la antigüedad fueron considerados como elemento arquitectónico prismáticos ornamentales para crear un efecto visual de altura en las edificaciones, si bien este tipo de reforzamiento no afecta el espacio interior de la edificación se requiere utilizar el espacio libre que se encuentra fuera de esta.

La adición de estos elementos como reforzamiento tiene como finalidad incrementar la resistencia lateral ya que están diseñados para transmitir las cargas transversales directamente a los cimientos lo que garantiza que la estructura se comporte como un solo bloque.

Figura 51

Contrafuerte de concreto en estructura existente



2.2.32.7 Adición de placas

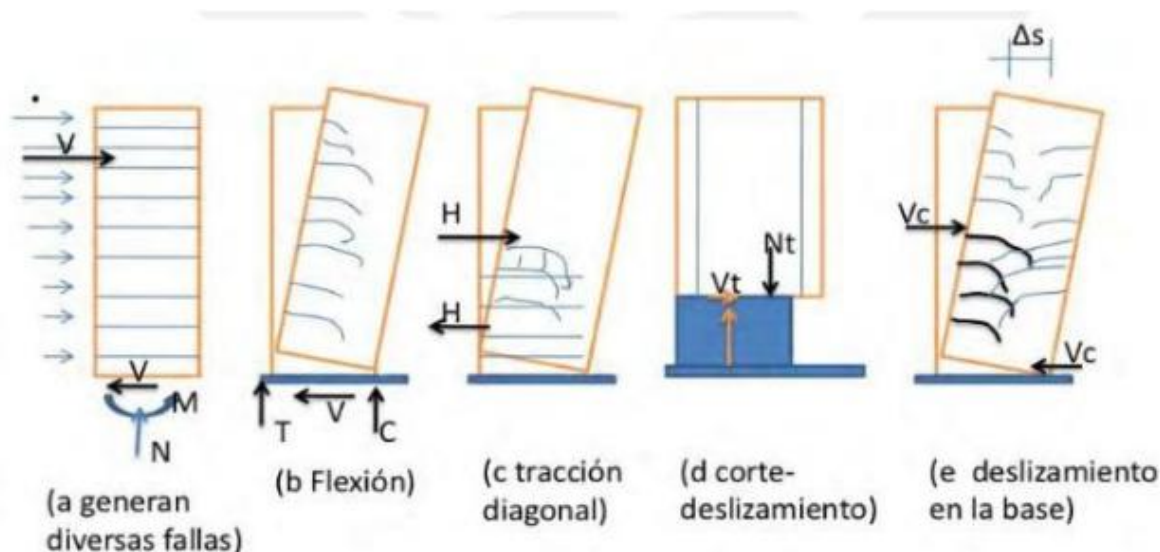
Los refuerzos de este tipo se diseñan para que la estructura se comporte de forma dúctil cuando se somete a tensiones sísmicas. Esto se hace para garantizar que la estructura no se rompa de manera quebradiza cuando se somete a presiones de cizallamiento. Según el ACI 318 (2014) el muro cortante debe construirse de forma que pueda soportar las fuerzas cortantes, los momentos flectores y las fuerzas axiales que provocan los sismos.

Es posible que los muros presenten respuestas tanto dúctiles como frágiles. Por otro lado, se supone que la flexión es algo que puede regular el fallo. Como consecuencia de que la rótula plástica se produce en la base, los flujos de acero longitudinales disipan la energía que provoca la deformación plástica de los aceros longitudinales. Debido a esto, el confinamiento de los bordes es un componente esencial en la generación de ductilidad (Park & Paulay, 1983).

Frente a un sismo estos muros presentan un comportamiento que está directamente relacionado a la ubicación, diseño y esbeltez presentando diferentes tipos de fallas

Figura 52

Tipos de fallas en muros o placas

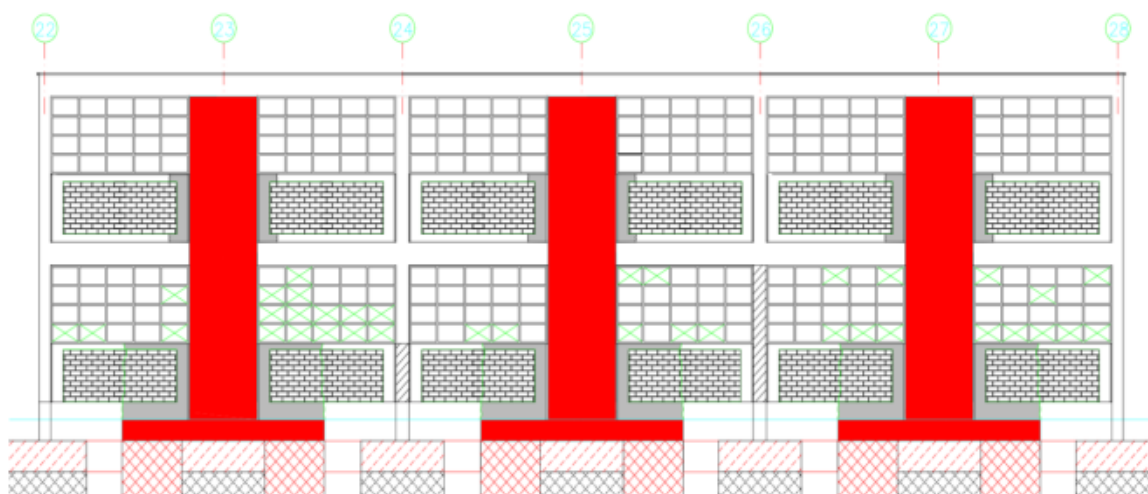


Estos muros se clasifican por su geometría:

- **Muros Cortos o bajos:** Los efectos de cizallamiento predominantes en este tipo de muros hacen que presenten un comportamiento de rotura frágil y una elevada rigidez a las cargas laterales. Estas características son el resultado de la composición del muro. La relación entre la altura y la longitud es $h_w/l_v \leq 2$.
- **Muros Esbeltos:** se distinguen por fallar a flexión por tratarse de muros dúctiles y, al ser delgados, cumplen la función de una viga en voladizo. La relación de la altura y longitud es superior a dos metros. Se recomienda confinar la armadura longitudinal mediante pilares en los extremos para evitar que el hormigón se pandee o aplaste en los extremos.

Figura 53

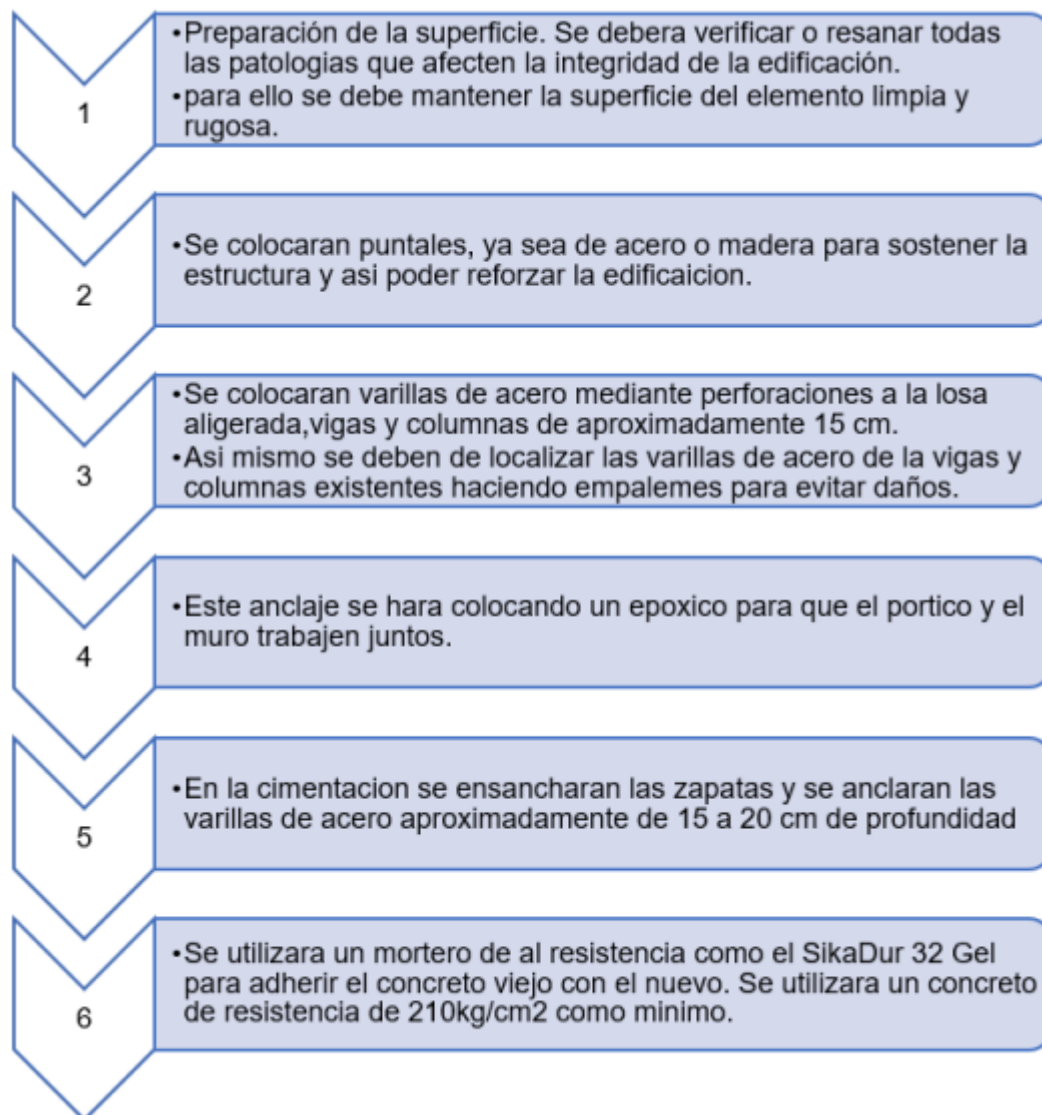
Reforzamiento mediante adición de placas



Proceso constructivo

A continuación, presentamos el proceso constructivo para la adición de placas o muros de corte.

Figura 54

Proceso constructivo de adición de placas

2.2.33 Sistemas de protección sísmica moderna

En los últimos años se realizaron investigaciones que lograron desarrollar sistemas de protección sísmica útiles y novedosos para proteger edificaciones frente a la ocurrencia de sismos.

El sismo es el responsable de la transmisión de energía a la estructura, durante la cual la energía se transforma en "energía de deformación elástica y energía que se disipa". La energía cinética y la energía no disipada o recuperable son los componentes que forman

la energía elástica. En cambio, la energía de amortiguación y la energía histórica son los componentes de la energía disipada.

La utilización de una estructura suplementaria para absorber la energía que no se ha conseguido disipar incrementa la respuesta estructural durante los eventos sísmicos.

Existen dos clases de disipadores: los aisladores de base, diseñados para nuevas construcciones como "sistema de protección sísmica y los disipadores de energía" que se utilizan en construcciones nuevas como en edificaciones ya existentes como sistema de protección sísmica.

Tenemos tres tipos de dispositivos pasivos de disipación de energía: dependientes del desplazamiento, de la velocidad y de ambos.

2.2.33.1 Disipadores activados por desplazamientos

Son aquellos dispositivos que se activan por desplazamientos en los extremos del dispositivo durante un sismo. Mediante el proceso de deformación plástica de sus partes constituyentes, estos dispositivos son capaces de liberar energía. En esta categoría se encuentran los disipadores metálicos, disipadores friccionales y disipadores auto entrantes

Figura 55

Ciclo fuerza – deformación disipadores

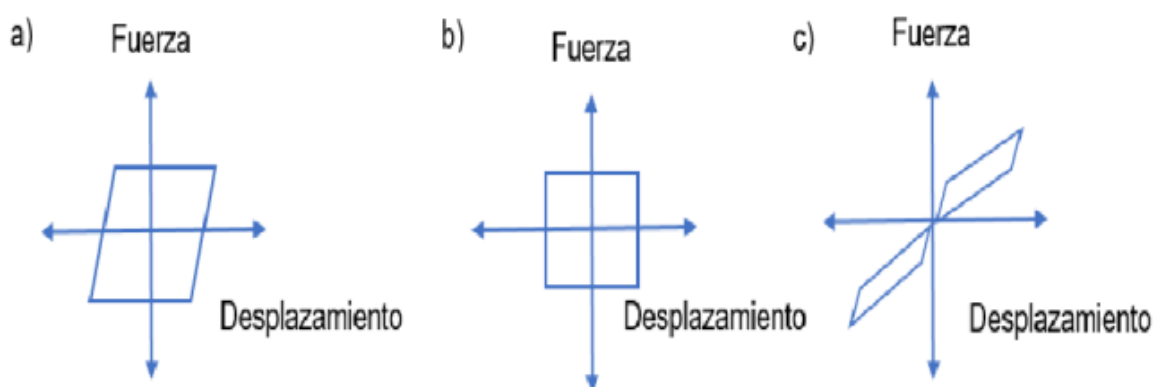
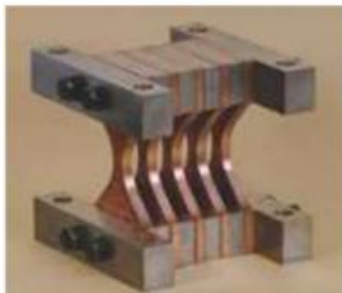
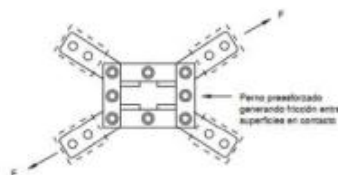
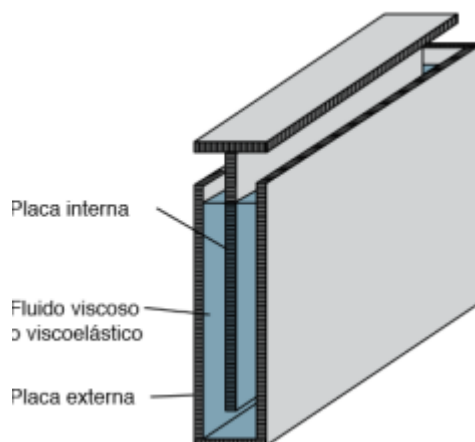


Figura 56*Disipadores activados por desplazamientos***DISIPADORES ACTIVADOS POR DESPLAZAMIENTOS****Disipadores Metálicos****Disipadores Friccionales****Disipadores Autocentrantes****2.2.33.2 Disipadores activados por velocidad**

Los dispositivos actúan en caso de sismo debido a su velocidad en relación con los extremos. Para mantener el mismo periodo de la estructura, estos dispositivos proporcionan amortiguación sin provocar cambios en una estructura rígida.

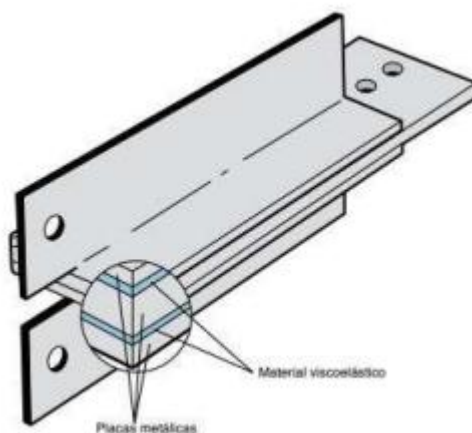
En esta categoría están los disipadores fluido viscosos y muros viscosos.

Figura 57*Disipador fluido viscosa*

Figura 58*Disipador muro viscosa*

2.2.33.3 Disipadores dependientes de la velocidad y desplazamiento

Disipadores que se activan por la combinación de la velocidad en los extremos del dispositivo y los desplazamientos que ocurren durante un sismo. Estos dispositivos añaden amortiguamiento y rigidez a la estructura.

Figura 59*Disipador solido visco elástico*

2.3 Marco conceptual

➤ Evaluación

La evaluación sísmica estructural realizada a una edificación tiene como finalidad principal determinar el grado de rendimiento potencial de una construcción, el tipo de materiales que lo componen, la presencia de daños si los tuviera y tipo de sistema estructural del mismo. (Llorach, 2020)

➤ Estructura

Son elementos estructurales interconectados que trabajan juntos para soportar cargas y resistir fuerzas con el objetivo de mantener la forma y estabilidad del edificio. Entre los elementos estructurales que componen una edificación tenemos: losas, vigas, columnas, muros de carga, etc. (Llorach, 2020).

➤ Rehabilitación

La rehabilitación estructural es un proceso por medio del cual se encarga de mitigar afecciones en la estructura de la edificación tales como fisuras, grietas, deformaciones, desprendimientos, erosiones, madera seca, etc. (Sotil, 2019).

➤ Reparación

Se denomina reparación al proceso de reemplazar o corregir los elementos que componen la edificación, elementos estructurales como no estructurales con la finalidad de restablecer las condiciones iniciales de la edificación (Sotil, 2019).

➤ Reforzamiento

En términos estructurales se refiere a un conjunto de actividades para mejorar, modificar o remodelar el sistema de estructura de una edificación para incrementar la resistencia y rigidez de una edificación, todos estos trabajos se llevan a cabo en estructuras que sufrieron daños estructurales, error de diseño, error en mano de obra, remodelaciones

o ampliaciones que modifiquen la geometría, también si los materiales han sufrido degradación o disminuido su resistencia con el tiempo. (Llorach, 2020).

➤ **Factor de zona sísmica**

El factor Z es la aceleración horizontal máxima en un suelo rígido que tiene una probabilidad (%) de ser superada. Se utiliza para indicar la aceleración horizontal máxima en función del tiempo (años) (Reglamento Nacional de Edificaciones - NTP E -030, 2018). (Llorach, 2020)

➤ **Índice de configuración estructural**

Es el factor que mide los efectos de las deformaciones estructurales, así como la asignación de masa y rigidez en respuesta a la sismicidad (O.P.S, 2004) (Llorach, 2020).

➤ **Índice de deterioro**

Es un factor que mide las consecuencias del envejecimiento de una edificación según a los eventos sísmicos ocurridos y demás incidentes a lo largo del tiempo de vida del edificio. Para calcular este índice se requieren datos de la inspección visual in situ y otros datos que deberán ser brindados por el propietario (Cedeño, 2019).

➤ **Índice de vulnerabilidad sísmica (I_s)**

Conocido también como índice de resistencia sísmica, este índice brinda la resistencia de la estructura tomando en cuenta el índice sísmico básico. La disposición estructural del edificio y el ritmo de deterioro (Cedeño, 2019).

➤ **Índice de juicio estructural (I_{so})**

Llamado también índice de resistencia de demanda, hace referencia a los índices de resistencia C y ductilidad (F); que condicionan el comportamiento estructural de una edificación ante un sismo (Cedeño, 2019).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

Según Hernández Sampieri (2014), las investigaciones pueden tener enfoques cuantitativo, cualitativo o mixto.

La presente investigación tiene un enfoque mixto, debido a que se analizaron los datos obtenidos en la zona de estudio de forma presencial como son la inspección visual, para luego ser evaluadas mediante mediciones numéricas establecidas que nos permitirán conocer el estado actual de la edificación para así probar las hipótesis de la investigación

3.2 Método de investigación

Este estudio se ciñe al enfoque científico, que es esencial porque facilita el establecimiento de conexiones transparentes y fiables entre los hechos, los hallazgos y la nueva información. Es necesario hacerlo para cumplir este objetivo.

Este método garantiza que las soluciones propuestas en ingeniería civil se basen en principios científicos rigurosos y sean aplicables de manera eficiente y segura a problemas del mundo real. (Ccanto, 2018).

3.3 Tipo de investigación

Hernández Sampieri (2014) destaca la necesidad de que el estudio cumpla dos objetivos principales: el primero es generar información y teorías (investigación básica), mientras que el segundo es encontrar soluciones a los problemas (investigación aplicada) en ambos casos una buena investigación implica la búsqueda de conocimiento o soluciones manteniendo la objetividad.

Así mismo, se considera de tipo aplicada porque el objetivo es optimizar el desempeño estructural de la edificación, mediante propuestas ingenieriles como son la adición de placas de concreto.

3.4 Nivel de Investigación

Según Vara Horna (2018), El nivel de desarrollo de un estudio puede ser Exploratorio (Cualitativo), Descriptivo (Cuantitativo) o explicativo (cuantitativo).

La presente investigación es de nivel explicativo debido a que analiza la edificación en su estado real mediante la toma de muestras en campo y se hacen simulaciones para medir su comportamiento frente a solicitaciones sísmicas. Se evalúan los orígenes que llevan a determinar la falla de la estructura y se proponen soluciones para mejorar su desempeño. Cabe indicar que existe bibliografía e investigaciones como información previa que nos ayudaran a analizar el desempeño de la estructura.

3.5 Diseño de investigación

Según Hernández Sampieri (2014) en el estudio mixto pueden utilizarse tanto métodos experimentales como no experimentales.

Es no experimental porque está basada en la observación e inspección de la edificación, toma de muestras in situ, para posteriormente procesar dichos datos mediante cálculos numéricos que nos permitirán el estado actual de la edificación. Tomando en

consideración dichos resultados se propone un reforzamiento que mejora el desempeño de la edificación.

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La población de estudio estará constituida por todas las instituciones educativas estatales de nivel secundario ubicadas en la ciudad de Juliaca, que son susceptibles de ser evaluadas en términos de su desempeño sísmico estructural. Estas instituciones se caracterizan por el cumplimiento de los siguientes criterios y características estructurales:

1. **Instituciones Públicas de Nivel Secundario:** La población está delimitada a instituciones educativas públicas, es decir, aquellas gestionadas y financiadas por el Estado, que brindan educación secundaria. Este grupo es fundamental ya que las edificaciones en este nivel suelen ser masivas y albergar un gran número de estudiantes, lo que implica una alta demanda de seguridad estructural frente a eventos sísmicos.
2. **Número de Instituciones:** La ciudad de Juliaca cuenta con un número determinado de instituciones estatales de nivel secundario, distribuidas en diferentes zonas urbanas y periféricas. Para este estudio, se tomará en cuenta el universo total de dichas instituciones. Según datos proporcionados por el Ministerio de Educación y la Dirección Regional de Educación de Puno, se estima que existen aproximadamente **35 a 50 instituciones** de este tipo dentro del ámbito urbano de la ciudad de Juliaca. La cifra exacta será determinada durante la fase preliminar del estudio.
3. **Antigüedad de las Construcciones:** Dentro de esta población, se incluirán tanto edificaciones que fueron construidas antes de la implementación de la normativa

sismorresistente vigente (como la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones), así como aquellas construidas después. Esto es relevante ya que las edificaciones más antiguas suelen tener mayor vulnerabilidad sísmica debido a la falta de medidas adecuadas de diseño estructural, mientras que las construcciones más recientes pueden haber incorporado, en mayor o menor medida, criterios modernos de diseño sísmico.

4. Tipos de Estructura: Las edificaciones incluidas en el estudio pueden variar en cuanto a su sistema constructivo y tipo de materiales utilizados. Se prevé que la población estará compuesta principalmente por edificios construidos con:

- **Concreto armado:** Común en edificaciones educativas públicas, con sistemas de columnas y vigas.
- **Mampostería confinada o reforzada:** Especialmente en edificaciones más antiguas o en zonas periféricas
- **Sistemas mixtos:** Combinaciones de materiales como concreto y acero o madera, que podrían requerir refuerzos específicos.

5. Condiciones Geotécnicas y Geográficas: Las instituciones de la población se encuentran distribuidas en diversas zonas dentro de la ciudad de Juliaca, lo cual implica la consideración de distintas características geotécnicas. Algunas de las instituciones pueden estar localizadas en áreas con suelos de baja capacidad portante o en zonas con niveles de riesgo sísmico más elevados, lo que añade complejidad a la evaluación estructural. Se incluirán tanto edificaciones localizadas en el centro urbano como en la periferia, lo que permitirá un análisis representativo de las diferentes condiciones geotécnicas que afectan el comportamiento sísmico.

6. Grado de Uso y Exposición al Riesgo: Todas las instituciones incluidas en la población se caracterizan por albergar a una gran cantidad de personas, en su mayoría estudiantes y personal docente. Por lo tanto, el riesgo asociado a fallas estructurales en caso de un evento sísmico es considerable. Las edificaciones que muestran signos de deterioro, falta de mantenimiento o sobrecarga de ocupación serán priorizadas en la evaluación.

7. Condiciones Socioeconómicas: La población también abarca instituciones ubicadas en sectores con diferentes niveles socioeconómicos, lo cual puede influir en el estado actual de las edificaciones debido a la disponibilidad o falta de recursos para el mantenimiento y la mejora estructural a lo largo de los años. Estas variaciones permitirán entender cómo las condiciones socioeconómicas influyen en el desempeño sísmico de las instituciones evaluadas.

8. Instituciones Relevantes para la Comunidad: Debido a su importancia en la comunidad, estas instituciones representan un alto valor social, ya que no solo funcionan como centros educativos, sino que, en muchos casos, sirven como refugios o centros de evacuación en casos de emergencia, como desastres naturales, lo que refuerza la necesidad de una adecuada evaluación y propuesta de reforzamiento estructural.

3.6.2 Muestra

La muestra seleccionada para este estudio consiste en un subconjunto representativo de instituciones educativas estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca. Estas instituciones serán evaluadas en cuanto a su desempeño sísmico y las posibles propuestas de reforzamiento estructural, con base en criterios previamente

definidos, considerando la heterogeneidad de las edificaciones en términos de antigüedad, tipo de construcción, estado actual y ubicación geográfica.

1. **Criterios de Selección de la Muestra:** La selección de la muestra se basa en criterios técnicos, geográficos y estructurales, que permiten garantizar la representatividad del conjunto de instituciones dentro del marco de la investigación. Los criterios incluyen:

- **Antigüedad de las edificaciones:** Se incluirán edificaciones construidas antes y después de la promulgación de las normativas sismorresistentes vigentes en Perú, como la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente. Este criterio es fundamental para analizar diferencias en el comportamiento estructural entre edificaciones más antiguas y aquellas con diseño más reciente.
- **Tipo de material estructural:** Se seleccionarán instituciones con diversos tipos de sistemas constructivos, como concreto armado, mampostería confinada y reforzada, así como estructuras mixtas. Esto permitirá evaluar el desempeño sísmico de distintas soluciones constructivas presentes en la ciudad.
- **Estado de conservación:** Se priorizarán aquellas instituciones que presenten signos de deterioro estructural o fisuras visibles en sus componentes principales (columnas, vigas, muros), para identificar los factores que contribuyen a su vulnerabilidad sísmica.
- **Distribución geográfica:** La muestra abarcará instituciones ubicadas en diferentes zonas de Juliaca, incluyendo áreas urbanas densamente pobladas y zonas periféricas. Este criterio permite evaluar cómo las condiciones del suelo y la

proximidad a zonas de riesgo sísmico afectan el comportamiento estructural de las edificaciones.

- **Número de estudiantes y ocupación:** Se incluirán instituciones con altos niveles de ocupación estudiantil y administrativa, ya que las edificaciones con mayor densidad de uso presentan un riesgo mayor en caso de colapso durante un evento sísmico.

2. Tamaño de la Muestra: La muestra estará compuesta por una institución seleccionada de un universo aproximado de 35 a 50 instituciones educativas estatales de nivel secundario en Juliaca. Este tamaño de muestra es adecuado para proporcionar un análisis detallado y exhaustivo, considerando tanto limitaciones logísticas como la necesidad de un análisis técnico profundo en cada institución seleccionada.

La selección de esta muestra específica permitirá realizar una evaluación integral del desempeño sísmico de las edificaciones, lo cual podrá ser extrapolado al resto de las instituciones no evaluadas directamente. Además, se incluirán edificaciones de diferentes dimensiones y con distintos grados de complejidad estructural, lo que enriquecerá los resultados obtenidos.

3. Caracterización de la Muestra:

- **Instituciones con diferentes sistemas constructivos:** La muestra incluirá edificaciones con diversos sistemas estructurales, como concreto armado (el tipo más común), mampostería confinada, y estructuras mixtas, que permiten una evaluación comparativa del desempeño sísmico.

4. Método de Selección de la Muestra:

Se empleará un método de **muestreo no probabilístico por conveniencia**, basado en la accesibilidad y la relevancia de las instituciones seleccionadas. Dado que se busca

evaluar aquellas instituciones con mayor vulnerabilidad o importancia estratégica dentro del sistema educativo de Juliaca, se seleccionarán las edificaciones que cumplan con los criterios previamente mencionados. Esto permitirá un enfoque eficiente y representativo del comportamiento sísmico de las edificaciones.

Adicionalmente, se priorizarán las instituciones que presenten documentación completa y accesible sobre su diseño estructural y que cuenten con facilidades logísticas para realizar ensayos no destructivos o inspecciones técnicas.

5. Justificación del Tamaño y Composición de la Muestra:

La selección de **02 instituciones** es adecuada para asegurar un análisis técnico detallado sin comprometer la profundidad del estudio. Este tamaño permite una inspección exhaustiva de cada edificación, incluyendo ensayos y modelado estructural detallado. Además, asegura que las características estructurales y geotécnicas de las instituciones seleccionadas sean lo suficientemente diversas como para representar la población total de instituciones educativas de Juliaca.

6. Distribución de la Muestra por Ubicación Geográfica:

Se seleccionarán instituciones de diferentes zonas geográficas dentro de la ciudad de Juliaca, cubriendo tanto el área urbana como las zonas periféricas. Esta distribución geográfica permitirá evaluar el impacto de factores externos, como las características del suelo y la proximidad a fallas geológicas, en el comportamiento sísmico de las edificaciones.

3.6.3 Muestreo

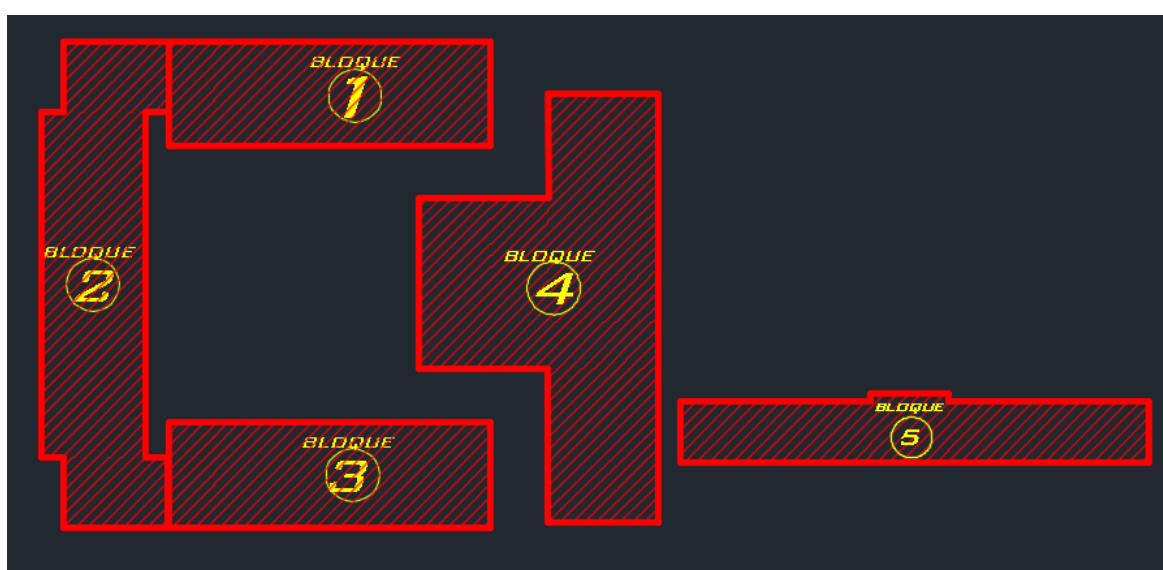
Se considera como muestra los bloques 1,2,3,4 y 5 considerando su año de construcción y uso en la actualidad.

Los bloques que componen la muestra tienen la siguiente área:

- Bloque 1: 253.82 m²
- Bloque 2: 446.48 m²
- Bloque 3: 254.30 m²
- Bloque 4: 608.19 m²
- Bloque 5: 249.18 m²

Figura 60

Bloques en estudio de la Institución Educativa Secundaria



3.6.4 Procedimiento

1. Evaluación visual de la institución educativa
2. Adquisición de información.
3. Examen de la fiabilidad de los datos.
4. Determinación de los parámetros
5. Identificación de áreas con características similares.
6. Evaluación de discrepancias y uniformidad.
7. Confirma la uniformidad y discrepancia de los datos.
8. Creación de representaciones gráficas

3.6.5 Técnicas e instrumentos de investigación

- **Inspecciones visuales estructurales:** Métodos cualitativos para la evaluación preliminar de las condiciones estructurales de las edificaciones.
- **Ensayos no destructivos (END):** Pruebas técnicas para evaluar la calidad de los materiales y el estado estructural de las edificaciones, como pruebas de esclerometría, ultrasonido y termografía infrarroja.
- **Modelos de simulación sísmica:** Uso de software especializado para el análisis de desempeño sísmico, tales como ETABS, SAP2000 o SeismoStruct.
- **Normativas y códigos técnicos:** Instrumentos de referencia basados en normativas peruanas e internacionales para la evaluación sísmica estructural, como la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y guías del FEMA (Federal Emergency Management Agency).
- **Encuestas y entrevistas estructuradas:** Aplicadas a personal técnico y a las autoridades educativas, para obtener información complementaria sobre el estado y mantenimiento de las estructuras.

3.7 Procesamiento y análisis de datos

Para el ensayo de esclerometría se consultó la norma ASTM C805, de donde se siguió los pasos para realizar dicho ensayo y posterior interpretación de resultados. Se realizó los ensayos de mecánica de suelos según las indicaciones contempladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.8.1 Validación de instrumentos

La validación de los instrumentos se refiere al proceso mediante el cual se asegura que estos miden adecuadamente los aspectos estructurales y sísmicos en evaluación, es decir, que se alinean con los objetivos del estudio y proporcionan resultados válidos y pertinentes. Dado que la investigación incluye tanto análisis cualitativos como cuantitativos, los instrumentos deben pasar por un riguroso proceso de verificación, que incluye tantas validaciones basadas en normativa técnica como pruebas piloto.

3.8.1.1 Validación de inspecciones visuales estructurales

Las inspecciones visuales son un instrumento clave para identificar defectos estructurales superficiales, como fisuras, grietas o deformaciones. Para asegurar que las inspecciones visuales sean válidas en el contexto de la evaluación sísmica, se aplican los siguientes procedimientos de validación:

- **Criterios normativos:** Las inspecciones visuales se realizan bajo los lineamientos de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente y el Manual para la Evaluación Sísmica de Edificios de la FEMA (Federal Emergency Management Agency). Estos documentos proporcionan criterios estandarizados y aceptados internacionalmente para la identificación de daños estructurales y fallas típicas asociadas a eventos sísmicos. La adherencia a estos criterios garantiza que las inspecciones midan los aspectos relevantes de la condición estructural de los edificios.
- **Pruebas piloto:** Antes de aplicar las inspecciones en todas las instituciones, se realiza una prueba piloto en un subconjunto de edificios representativos de la muestra. Esto permite ajustar los procedimientos y garantizar que las inspecciones estén enfocadas en los aspectos más críticos para la evaluación sísmica. Durante estas pruebas, se revisan las listas de verificación y se ajustan según la experiencia de campo.

- **Pruebas piloto:** Antes de la inspección final en todas las instituciones, se realizará una prueba piloto en un subconjunto de edificaciones para ajustar y corregir posibles deficiencias en la metodología de inspección.

3.8.1.2 Validación de ensayos no destructivos (END)

Los ensayos no destructivos, como las pruebas de esclerometría, ultrasonido y termografía infrarroja, permiten evaluar la calidad de los materiales sin alterar las estructuras. La validación de estos instrumentos sigue los siguientes pasos:

- **Normativas técnicas:** Los ensayos no destructivos se realizan bajo las normas internacionales ASTM (American Society for Testing and Materials) e ISO. Estas normativas aseguran que los procedimientos sean adecuados para evaluar la resistencia de los materiales y la presencia de defectos estructurales sin comprometer la integridad de las edificaciones.
- **Calibración de equipos:** Antes de su uso en campo, los equipos empleados en los ensayos no destructivos son calibrados en laboratorios certificados. Esto garantiza que las mediciones sean precisas y consistentes con los valores reales. La calibración periódica es un proceso esencial en la validación de instrumentos de medición técnica.

3.8.1.3 Validación de modelos computacionales

Los modelos computacionales para simular el comportamiento estructural ante eventos sísmicos, realizados en software como ETABS, SAP2000 y SeismoStruct, requieren validación para asegurar que las simulaciones reflejen correctamente la realidad.

- **Verificación mediante casos reales:** Los resultados de las simulaciones se comparan con datos históricos de edificaciones que han experimentado sismos en la región. Esta validación cruzada permite verificar que el modelo reproduce adecuadamente el comportamiento de las estructuras frente a las condiciones sísmicas simuladas.

- **Análisis de escenarios:** Se realizan simulaciones en diversos escenarios para verificar la sensibilidad del modelo ante cambios en los parámetros de entrada (propiedades de los materiales, cargas y geometría). La coherencia en los resultados ante estos cambios garantiza la validez del modelo utilizado.

3.8.1.4 Validación de encuestas y entrevistas estructurales

Para evaluar el estado de mantenimiento de las edificaciones y recabar opiniones de personal técnico y autoridades educativas, se emplean encuestas y entrevistas estructuradas. La validación de estos instrumentos cualitativos incluye:

- **Revisión de expertos:** Las preguntas de las encuestas y entrevistas son revisadas por un comité de expertos en ingeniería estructural y gestión educativa para asegurar que sean relevantes y adecuadas a los objetivos del estudio. Los expertos verifican que las preguntas estén alineadas con los aspectos estructurales y de desempeño sísmico que se desean evaluar.
- **Prueba piloto:** Se realiza una prueba piloto de las encuestas y entrevistas en un pequeño grupo de participantes para verificar la claridad, comprensión y relevancia de las preguntas. A partir de los resultados de esta prueba, se ajustan los instrumentos para garantizar su validez en la recolección de información.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos se refiere a su capacidad para generar resultados consistentes a lo largo del tiempo y en condiciones similares. Para esta investigación, se emplean múltiples procedimientos para garantizar que los instrumentos proporcionen datos confiables.

3.8.2.1 Confiabilidad en inspecciones visuales

- **Capacitación del personal:** Todos los inspectores reciben capacitación estandarizada para garantizar que apliquen los mismos criterios al identificar daños estructurales. Esto reduce la subjetividad y asegura que las observaciones sean consistentes entre diferentes inspectores.
- **Inspecciones por pares:** Cada edificio es inspeccionado por dos ingenieros de manera independiente. Los resultados se comparan y, en caso de discrepancias, se discuten para llegar a un consenso. Este enfoque aumenta la confiabilidad de las observaciones.

3.8.2.2 Confiabilidad en ensayos no destructivos

- **Repetición de mediciones:** Para asegurar la confiabilidad de los ensayos no destructivos, se realizan múltiples mediciones en cada estructura. Los resultados de las diferentes mediciones se comparan y se calculan indicadores estadísticos, como el coeficiente de variación, para verificar la consistencia de los datos obtenidos.
- **Calibración periódica:** Los equipos utilizados en los ensayos son calibrados regularmente, lo que garantiza que las mediciones se mantengan consistentes y precisas a lo largo del tiempo.

3.8.2.3 Confiabilidad en modelos computacionales

- **Análisis de sensibilidad:** Se realizan análisis de sensibilidad para verificar cómo variaciones pequeñas en los parámetros de entrada afectan los resultados del modelo. Si el modelo muestra consistencia en sus resultados ante cambios menores, se confirma su confiabilidad.
- **Comparación de resultados:** Los resultados de las simulaciones se comparan con otros estudios y modelos previos para verificar su consistencia. Además, se realizan simulaciones repetidas para asegurar que el modelo genere resultados confiables.

3.8.2.1 Confiabilidad en encuestas y entrevistas

- **Análisis de consistencia interna:** Se aplicará el coeficiente alfa de Cronbach para medir la consistencia interna de las encuestas. Este indicador estadístico permite verificar que las preguntas de la encuesta midan consistentemente los aspectos que se desean analizar.
- **Aplicación uniforme:** Las encuestas y entrevistas se aplican bajo condiciones controladas y estandarizadas, asegurando que todos los participantes respondan bajo las mismas circunstancias, lo que minimiza la variabilidad en las respuestas y aumenta la confiabilidad de los resultados.

La validación y confiabilidad de los instrumentos utilizados en la investigación "Evaluación del Desempeño Sísmico Estructural y Propuesta de Diseño de Reforzamiento en Instituciones Estatales de Nivel Secundario de la Ciudad de Juliaca 2024" son elementos clave para asegurar la precisión y calidad de los datos recolectados. A través de procedimientos rigurosos de calibración, verificación normativa, pruebas piloto y análisis estadísticos, se garantiza que los instrumentos proporcionen resultados válidos y consistentes, permitiendo una evaluación técnica sólida y una propuesta efectiva de reforzamiento estructural para mejorar la seguridad sísmica en las instituciones educativas.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

4.1.1 El estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario

Cuantificación de daños de estructura actual

Tabla 27

Levantamiento de daños, bloque 1

Daños - Bloque 1	Porcentaje de daños
Fisuras en muros	25%
Fisuras en vigas	25%
Pandeo de marcos de ventana	10%
Fisura de tarrajeo en la unión con ventana	15%
Fisuras en columnas	25%
Aceros expuestos.	20%
Muros sin confinamiento	5%

La tabla muestra un análisis de los daños estructurales en el "Bloque 1", categorizados por tipo de daño y el porcentaje que representan dentro del conjunto de afectaciones observadas.



1. Fisuras en muros (25%): Una cuarta parte de los daños en este bloque corresponden a grietas o fisuras que han aparecido en los muros estructurales, lo cual indica un problema significativo de integridad en estos elementos.

2. Fisuras en vigas (25%): Otro 25% de los daños está relacionado con fisuras en las vigas, lo que también es grave, ya que las vigas son elementos clave que soportan la estructura del edificio.

3. Pandeo de marcos de ventana (10%): Un 10% de los daños son debidos a deformaciones o "pandeo" en los marcos de las ventanas. Esto sugiere que los marcos han perdido su forma original, lo que podría afectar la estabilidad o el sellado de las ventanas.

4. Fisura de tarrajeo en la unión con ventana (15%): El 15% de los daños corresponde a fisuras en el acabado de tarrajeo (revestimiento) en las zonas donde las ventanas se unen con la estructura, lo que podría provocar filtraciones de agua o comprometer la protección térmica o acústica.

5. Fisuras en columnas (25%): Similar a las vigas, un 25% de los daños son fisuras en las columnas, lo que es preocupante, ya que las columnas son también elementos estructurales fundamentales para la estabilidad del edificio.

6. Aceros expuestos (20%): En un 20% de los casos, el daño ha dejado expuestos los elementos de acero (generalmente las varillas de refuerzo) utilizados en la estructura, lo cual puede acelerar el deterioro debido a la corrosión.

7. Muros sin confinamiento (5%): Finalmente, un 5% de los daños corresponde a muros que carecen de refuerzo adecuado (confinamiento), lo que indica una debilidad estructural en esos sectores que puede aumentar el riesgo de colapso en caso de un sismo.

Los daños más recurrentes en el bloque 1 son las fisuras en muros, vigas y columnas, con un porcentaje alto (25% cada uno), lo que representa una gran preocupación para la estabilidad de la estructura. Además, se han identificado problemas en los marcos de

ventanas, tarrajeo, y la exposición de aceros que, aunque no son tan frecuentes, también representan riesgos importantes para la durabilidad y seguridad del bloque.

Tabla 28

Levantamiento de daños, bloque 2

Daños - Bloque 2	Porcentaje de daños
Fisuras en muros	30%
Cambio de sección de viga	10%
Fisuras en unión de columna con ventana	15%
Desgaste de pisos	20%
Humedad en losas	30%
Fisuras en losa y filtraciones	25%
Fisuras en columnas	35%

La tabla proporciona un desglose de los daños estructurales observados en el "Bloque 2", con los porcentajes correspondientes a cada tipo de daño:

- 1. Fisuras en muros (30%):** Un 30% de los daños corresponde a fisuras en los muros del bloque, lo que indica un problema considerable en estos elementos verticales que actúan como soporte y pueden comprometer la estabilidad estructural.
- 2. Cambio de sección de viga (10%):** Un 10% de los daños está relacionado con alteraciones o cambios en la sección de las vigas. Esto puede ser debido a una reducción o debilitamiento del material, lo que afecta su capacidad para soportar cargas de manera efectiva.
- 3. Fisuras en unión de columna con ventana (15%):** El 15% de los daños está relacionado con fisuras en la unión entre las columnas y las ventanas. Estas fisuras pueden provocar problemas de sellado, comprometiendo tanto la integridad estructural como la protección contra factores ambientales.
- 4. Desgaste de pisos (20%):** El 20% de los daños se debe al desgaste de los pisos, lo cual es común en estructuras antiguas o en aquellas con uso intensivo. Este desgaste podría afectar la funcionalidad del espacio y ser indicativo de posibles fallas en el diseño o en el mantenimiento.

5. Humedad en losas (30%): Otro 30% de los daños está relacionado con problemas de humedad en las losas. Esto es un indicador de filtraciones o fallas en la impermeabilización, lo cual podría causar un deterioro acelerado del material estructural y generar problemas como moho o debilitamiento de la losa.

6. Fisuras en losas y filtraciones (25%): Un 25% de los daños son fisuras en las losas que están acompañadas de filtraciones de agua. Las fisuras pueden haberse agravado por la exposición continua a la humedad, lo que no solo compromete la integridad estructural de las losas, sino que también aumenta el riesgo de colapsos locales o deformaciones.

7. Fisuras en columnas (35%): Las fisuras en columnas representan el 35% de los daños, lo cual es altamente preocupante, ya que las columnas son elementos estructurales primarios que soportan gran parte de la carga del edificio. Este tipo de daño puede comprometer gravemente la estabilidad del bloque si no se corrige adecuadamente.

En el Bloque 2, los daños más preocupantes son las fisuras en columnas (35%) y en muros (30%), además de los problemas de humedad en las losas (30%). Estos son daños significativos que afectan la capacidad de carga y la integridad estructural. Las fisuras en losas y filtraciones, junto con el desgaste de los pisos y los cambios en la sección de vigas, son también daños importantes que requieren intervención para evitar un deterioro mayor. Es necesario atender estos problemas con urgencia, ya que afectan tanto la seguridad como la durabilidad del bloque.

Tabla 29

Levantamiento de daños, bloque 3

Daños - Bloque 3	Porcentaje de daños
Fisuras en muros	20%
Desgaste de pisos	20%
Humedad en muros	10%
Aceros expuestos.	15%
Fisuras en losa y filtraciones	30%
Fisuras en columnas	45%

Interpretación

La tabla muestra los daños estructurales identificados en el "Bloque 3" con los porcentajes correspondientes a cada tipo de daño.

1. Fisuras en muros (20%): Un 20% de los daños corresponde a fisuras en los muros, lo que representa un problema que puede comprometer la integridad estructural de las paredes, afectando su capacidad de carga y generando posibles riesgos de fallos estructurales.

2. Desgaste de pisos (20%): El desgaste de los pisos constituye otro 20% de los daños. Este tipo de desgaste puede estar relacionado con el uso prolongado o un mantenimiento insuficiente y podría generar problemas funcionales y estéticos, además de indicar la posibilidad de daños en capas subyacentes.

3. Humedad en muros (10%): Un 10% de los daños están relacionados con problemas de humedad en los muros, lo que puede ser indicativo de fallos en la impermeabilización o de filtraciones de agua. La humedad puede acelerar el deterioro de los materiales y provocar la aparición de moho o corrosión en componentes metálicos.

4. Aceros expuestos (15%): El 15% de los daños corresponden a la exposición de aceros. Este tipo de daño es preocupante, ya que los elementos de refuerzo metálicos, al quedar expuestos, están más vulnerables a la corrosión, lo que debilita la estructura y puede aumentar el riesgo de colapso.

5. Fisuras en losa y filtraciones (30%): Un 30% de los daños se debe a fisuras en las losas, acompañadas de filtraciones. Estos problemas pueden comprometer la resistencia de las losas y generar deformaciones o hundimientos si no se reparan. Las filtraciones también pueden acelerar el deterioro de la estructura.

6. Fisuras en columnas (45%): El daño más significativo, con un 45%, es la presencia de fisuras en las columnas, lo cual es muy grave, ya que las columnas son los elementos principales que soportan las cargas de la estructura. Fisuras en estas áreas aumentan el riesgo de fallos estructurales mayores y pueden comprometer la estabilidad general del edificio.

En el Bloque 3, los daños más graves están relacionados con las fisuras en las columnas (45%), seguidas por las fisuras en las losas y las filtraciones (30%). Estos problemas requieren atención urgente debido a su impacto en la estabilidad estructural. Los aceros expuestos y la humedad en los muros también son problemas importantes que deben ser corregidos para prevenir un deterioro acelerado. El desgaste de los pisos y las fisuras en los muros, aunque no tan graves como los otros problemas, también son signos de desgaste que no deben ser ignorados.

Tabla 30

Levantamiento de daños, bloque 4

Daños - Bloque 4	Porcentaje de daños
Pandeo de marcos de ventana	15%
Fisuras en losa y filtraciones	20%
Humedad en muros	30%
Fisuras en losa y filtraciones	25%
Fisura de tarrajeo en la ventana	25%
Desgaste de pisos	15%
Aceros expuestos.	10%

Interpretación

La tabla muestra los daños estructurales identificados en el "Bloque 4" con los porcentajes asignados a cada tipo de daño.

1. Pandeo de marcos de ventana (15%): Un 15% de los daños corresponde a la deformación o pandeo de los marcos de las ventanas, lo cual sugiere que los marcos han perdido su alineación o integridad estructural. Esto puede comprometer la estabilidad de las ventanas, afectando tanto la seguridad como la eficiencia energética del edificio.

2. Fisuras en losa y filtraciones (20%): Un 20% de los daños se debe a fisuras en las losas, que están acompañadas de filtraciones de agua. Este tipo de daño puede ser grave, ya que las filtraciones aceleran el deterioro del concreto, reduciendo la capacidad de carga de las losas y aumentando el riesgo de deformaciones o fallos.

3. Humedad en muros (30%): El 30% de los daños está relacionado con la presencia de humedad en los muros. La humedad es un factor preocupante, ya que puede comprometer



la durabilidad del material, generar moho, y debilitar la estructura con el tiempo si no se controla adecuadamente.

4. Fisuras en losa y filtraciones (25%): Reiterado en la tabla, otro 25% de los daños también corresponden a fisuras en las losas con filtraciones. Esto sugiere que este problema está extendido en todo el bloque, indicando un fallo significativo en la impermeabilización o en la calidad del material.

5. Fisura de tarrajeo en la ventana (25%): El 25% de los daños corresponde a fisuras en el tarrajeo (revestimiento) en la zona donde las ventanas se unen con la estructura. Esto puede resultar en filtraciones de agua o problemas de aislamiento térmico y acústico.

6. Desgaste de pisos (15%): Un 15% de los daños corresponde al desgaste de los pisos, lo cual indica una pérdida de la calidad de la superficie. Esto puede deberse al uso prolongado o a una falta de mantenimiento adecuado, afectando tanto la estética como la seguridad de los usuarios.

7. Aceros expuestos (10%): Un 10% de los daños involucra aceros expuestos. Este es un problema crítico, ya que el acero expuesto es propenso a la corrosión, lo cual puede debilitar la estructura general y reducir la capacidad de los elementos reforzados para soportar cargas.

En el Bloque 4, los problemas más relevantes son la humedad en los muros (30%) y las fisuras en losa acompañadas de filtraciones (20% y 25%), que indican una deficiencia significativa en la impermeabilización y en el control de humedad, lo que puede comprometer gravemente la estructura. Además, los problemas de fisuras en el tarrajeo (25%) y aceros expuestos (10%) también representan riesgos importantes si no se corrigen, ya que aceleran el deterioro estructural. El pandeo de marcos de ventana (15%) y el desgaste de pisos (15%) sugieren un desgaste general del bloque, lo que requiere medidas de mantenimiento para evitar mayores daños a largo plazo.

Tabla 31

Levantamiento de daños, bloque 5

Daños - Bloque 5	Porcentaje de daños
Fisuras en muros	25%
Aceros expuestos.	15%
Desgaste de pisos	25%
Humedad en muros	30%
Muros sin confinamiento	10%
Fisura en tarrajeo	15%
Filtración unión columna - losa	20%

La tabla muestra los daños identificados en el "Bloque 5", con sus porcentajes correspondientes.

1. Fisuras en muros (25%): Un 25% de los daños corresponde a fisuras en los muros, lo que representa una afectación importante de los elementos verticales. Las fisuras en muros pueden comprometer la estabilidad de la estructura, y es necesario evaluarlas para determinar su gravedad.

2. Aceros expuestos (15%): El 15% de los daños están relacionados con la exposición de los aceros estructurales. Los aceros expuestos son vulnerables a la corrosión, lo que puede disminuir la resistencia estructural de los elementos de refuerzo, afectando la durabilidad de la estructura.

3. Desgaste de pisos (25%): El 25% de los daños se debe al desgaste de los pisos, lo que sugiere un uso prolongado o falta de mantenimiento. Este desgaste puede afectar tanto la estética como la seguridad de los usuarios, y podría ser una señal de problemas estructurales en las capas inferiores.

4. Humedad en muros (30%): Un 30% de los daños corresponde a problemas de humedad en los muros, lo que indica filtraciones o falta de impermeabilización adecuada. La humedad puede degradar los materiales de construcción y favorecer la aparición de moho, acelerando el deterioro del edificio.

5. Muros sin confinamiento (10%): El 10% de los daños está relacionado con muros que no tienen confinamiento adecuado, lo que significa que carecen de refuerzos (como vigas

o columnas). Esto debilita considerablemente la resistencia estructural de los muros, haciéndolos más vulnerables a fallos bajo cargas extremas como sismos.

6. Fisura en tarrajeo (15%): El 15% de los daños corresponde a fisuras en el tarrajeo (revestimiento). Aunque estas fisuras suelen ser superficiales, si no se reparan pueden permitir la entrada de humedad, lo que puede dañar tanto el revestimiento como las estructuras internas del muro.

6. Filtración en la unión columna-losa (20%): El 20% de los daños se debe a filtraciones en la unión entre columnas y losas. Este es un punto crítico, ya que las filtraciones pueden debilitar tanto las columnas como las losas, lo que puede afectar su capacidad de carga y comprometer la estabilidad general del edificio.

En el Bloque 5, los problemas más destacados son la humedad en los muros (30%), seguida de fisuras en muros (25%) y desgaste de pisos (25%). Estos son signos de deterioro que deben abordarse con urgencia para prevenir un daño mayor a la estructura. El confinamiento insuficiente en los muros (10%) y las filtraciones en la unión entre columnas y losas (20%) son también aspectos críticos que podrían comprometer la seguridad estructural si no se corrigen. Los aceros expuestos (15%) y las fisuras en el tarrajeo (15%) son daños que, aunque más superficiales, pueden acelerar el deterioro si no se tratan de manera oportuna.

SITUACIÓN ACTUAL DE SUELOS

Tabla 32

Resumen del estudio de mecánica de suelos

Resumen del estudio de mecánica de suelos	
Características físicas del estrato representativo	
Clasificación SUCS	Arena limosa (SM)
Densidad Unitaria	1.60 gr/cm ³
Angulo de fricción interna	26°



Cohesión		0.08 kg/cm2	
Factor de seguridad al corte			
Para cargas estáticas		FS = 3.0	
Tipo de cimentación			
Cementación superficial			
Presión admisible			
Df(m)	Tipo de cimentación	B*L(m*m)	qa(kg/cm2)
1.30*	corrida	0.60xL	0.93
1.50*	cuadrada	1.50x1.50	1.24
Asentamiento total			
S =	1.128 cm cimiento corrido		
S =	1.128 cm cimiento cuadrado		
Características sísmicas			
Tipos suelo =		intermedios	
Clasificación =		S2	

ESPECIFICACIONES GENERALES B1, B2, B3, B4, B5

Tabla 33

Especificaciones de infraestructura actual, bloque 1, 2,3,4,5

Especificaciones generales	
1. Concreto	
- Concreto armado en:	
- Zapata corrida	f _c =280kg/cm ²
- Vigas de cimentación	f _c =280kg/cm ³
- Columnas	f _c =210kg/cm ⁴
- Columnetas (elementos de arriostre)	f _c =175kg/cm ⁵
- Vigas	f _c =210kg/cm ⁶
- Losa aligerada, losa maciza	f _c =210kg/cm ⁷
- Escaleras, cisterna caja de ascensor	f _c =210kg/cm ⁸
- Acero	f _y =4200kg/cm ²
- Cemento	
Portland tipo iP - en cimentación	
Portland tipo I - el resto	
- Recubrimientos	

- Columnas, vigas de cimentación y vigas peraltadas
- Losa aligerada, cisterna, vigas chatas
- Zapatas (acero superior)
- Zapatas (acero interior)

2. Albañilería

- | | |
|-------------------|--|
| - Muros portantes | Ladrillo de arcilla - $f'm=45\text{kg/cm}^2$ |
| - Tabiques | Ladrillo de arcilla - $f'm=45\text{kg/cm}^2$ |
| - Mortero | Cemento: Arena, 1:4 |

3 sobrecargas

- | | | |
|--------------|--------------------------|------------------------|
| - Aulas | - 250 kg/cm ² | = 250kg/m ² |
| - Talleres | - 350 kg/cm ² | = 350kg/m ² |
| - Corredores | - 400 kg/cm ² | = 400kg/m ² |

4. Consideraciones sismorresistentes

- | | |
|--|-----------------------|
| - Número de pisos de diseño | 1 nivel |
| - Sistema estructural predominante | XX y YY- sistema dual |
| - Parámetros de fuerza sísmica | |
| Z=0.35, U=1.5, S=1.05, Tp=0.6seg, La=1.00, Lp=1.00, Rx=7, Ry=7 | |
| - Máximo desplazamiento relativo de entrepiso | |
| XX : 0.42% | YY : 0.47% |

BLOQUE 1

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación: En el bloque 1:

Figura 61

Bloque 1 – Cimentación

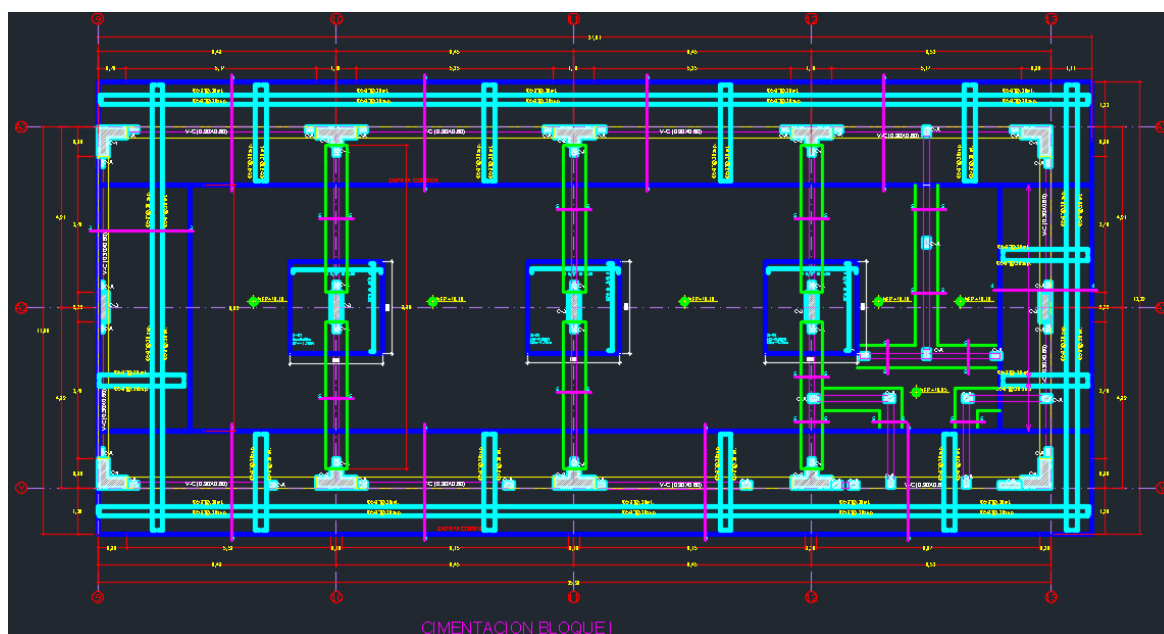


Figura 62

Bloque 1 – Detalle de columnas



Tabla 34

Cuantía de acero en columnas, bloque 1

Edificación	Elemento	Acero de refuerzo		
		Φ	Cantidad	Area cm2
BLOQUE 1	C-1	3/4"	20	56.8
	C-2	3/4"	20	56.8
	C-3	3/4"	12	34.08
	C-A	3/8"	4	2.84
	C-B	3/8"	8	5.68

Este detalle técnico sugiere una variación en el tamaño y cantidad de barras de refuerzo, dependiendo de las necesidades estructurales de cada elemento. Los elementos más críticos, como C-1, C-2 y C-3, emplean un mayor refuerzo en comparación con C-A y C-B, lo cual refleja su mayor demanda estructural.

BLOQUE 2

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación: En el bloque 2:

Figura 63

Bloque 2 – Cimentación

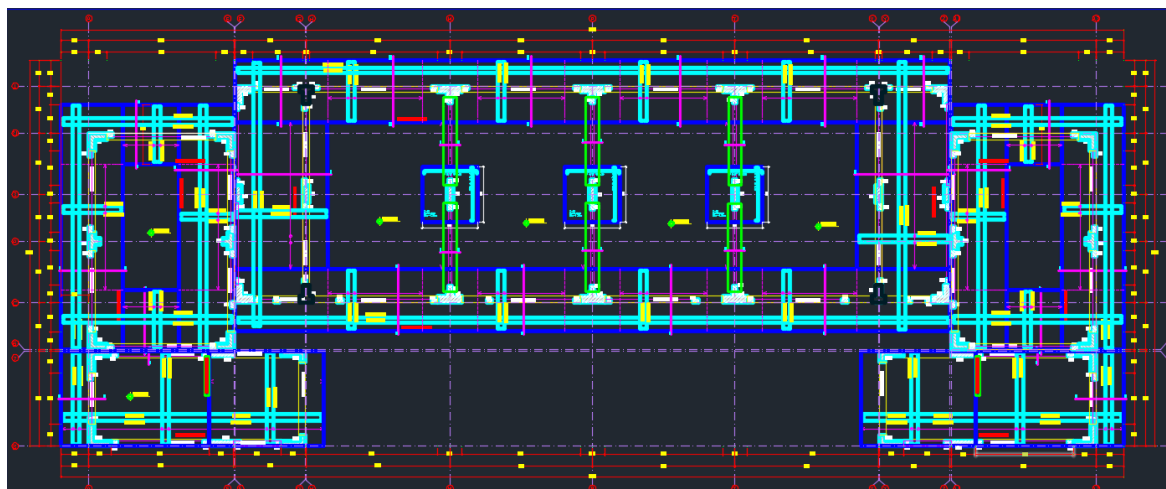


Figura 64

Bloque 2 – Detalle de columnas

CUADRO DE COLUMNAS			
	COLUMNA	TIPO	COLUMNA
C-1	0.80 0.80 0.30 0.30 0.50 20 Ø 3/4" 5 Ø 3/8" 1@0.05, 10@0.10, Rto@0.20 C/E	C-4	0.25 0.30 0.25 0.20 0.30 0.80 16 Ø 3/4" 2 Ø 3/8" 1@0.05, 16@0.10, Rto@0.20 C/E
C-2	0.40 0.30 0.40 0.20 0.30 1.10 20 Ø 3/4" 4 Ø 3/8" 1@0.05, 10@0.10, Rto@0.20 C/E	C-A	0.13 0.25 4 Ø 3/8" Ø 14" 1@0.05, 5@0.10, Rto@0.20 C/E
C-3	0.15 0.30 0.15 0.30 0.50 6 Ø 3/4" 6 Ø 3/8" 1@0.05, 10@0.10, Rto@0.20 C/E		

Tabla 35

Cuántía de acero en columnas, bloque 2

Edificación	Elemento	Acero de refuerzo		
		Φ	Cantidad	Area cm2
BLOQUE 2	C-1	3/4"	20	56.8
	C-2	3/4"	20	56.8
	C-3	3/4"	12	34.08
	C-4	3/4"	4	11.36
	C-A	3/8"	8	5.68

El Bloque 2 presenta una distribución de refuerzos más uniforme en los elementos principales (C-1, C-2, C-3), mientras que los elementos C-4 y C-A utilizan menor cantidad y diámetro de refuerzo, reflejando una menor demanda estructural en esos elementos. Los valores de área total de refuerzo permiten comparar la capacidad de carga y resistencia requerida para cada componente del bloque.

BLOQUE 3

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación: En el bloque 3

Figura 65

Bloque 3 – Cimentación

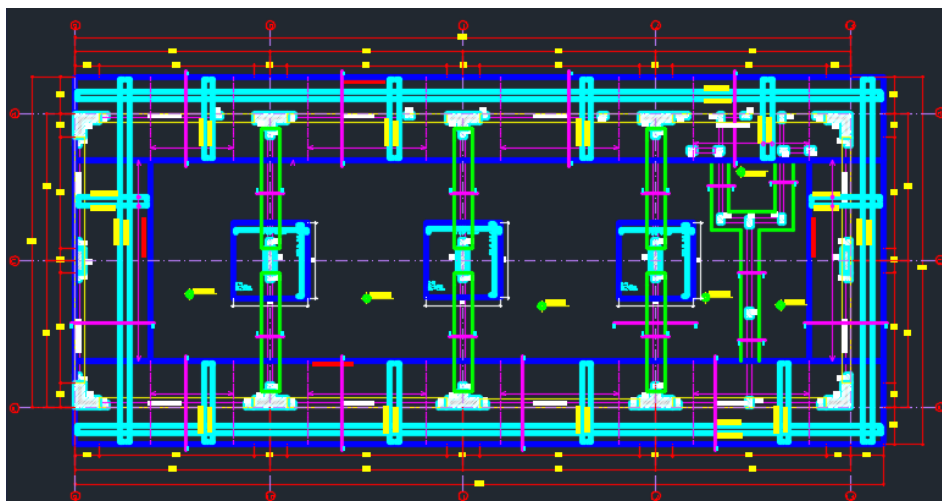


Figura 66

Bloque 3 – Detalle de columnas

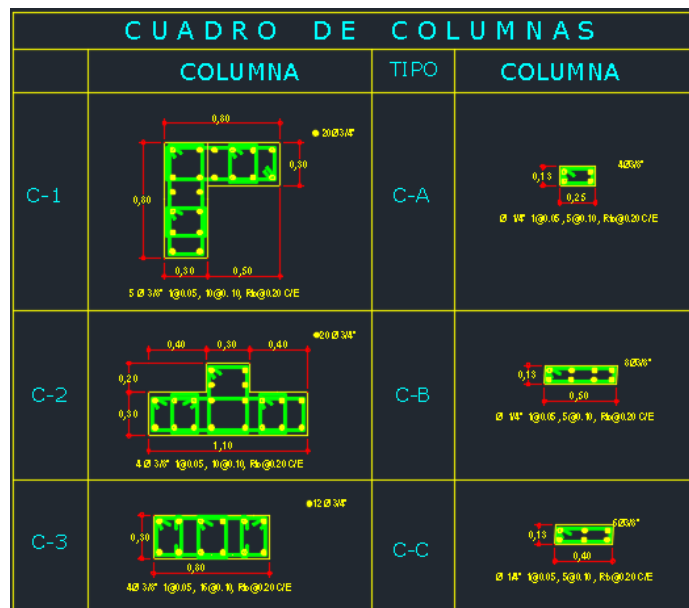


Tabla 36

Cuantía de acero en columnas, bloque 3

Edificación	Elemento	Acero de refuerzo		
		Φ	Cantidad	Area cm2
BLOQUE 3	C-1	3/4"	20	56.8
	C-2	3/4"	20	56.8
	C-3	3/4"	12	34.08
	C-A	3/8"	4	2.84
	C-B	3/8"	8	5.68
	C-B	3/8"	6	4.26

Esta tabla indica que los elementos principales (C-1, C-2 y C-3) del Bloque 3 requieren refuerzos significativos, mientras que los elementos secundarios (C-A y C-B) necesitan menos refuerzo, utilizando barras de menor diámetro y cantidad.

BLOQUE 4

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación: En el bloque 4:

Figura 67

Bloque 4 – Cimentación

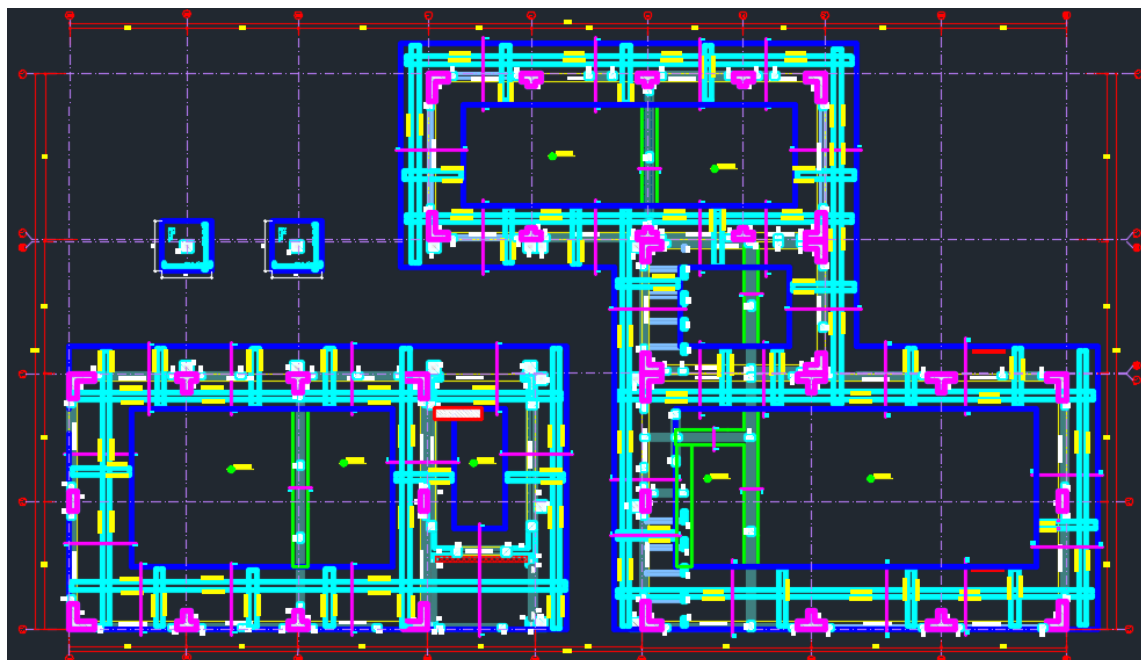


Figura 68

Bloque 4 – Detalle de columnas

CUADRO DE COLUMNAS				CUADRO DE COLUMNAS			
TIPO	COLUMNA	TIPO	COLUMNA	TIPO	COLUMNA	TIPO	COLUMNA
C-1		C-A		C-5		C-E	
C-2		C-B		C-6		C-F	
C-3		C-C		C-7		C-G	
C-3		C-D		C-8			

Tabla 37*Cuantía de acero en columnas, bloque 4*

Edificación	Elemento	Acero de refuerzo		
		Φ	Cantidad	Area cm2
BLOQUE 4	C-1	3/4"	28	79.52
	C-2	3/4"	24	68.16
	C-3	3/4"	12	34.08
	C-4	3/4"	20	56.8
	C-5	3/4"	24	68.16
	C-6	3/4"	20	56.8
	C-7	1/2"	10	12.9
	C-8	3/4"	12	34.08
	C-A	3/8"	4	2.84
	C-B	3/8"	4	2.84
	C-C	3/8"	4	2.84
	C-D	3/8"	6	4.26
	C-E	3/8"	6	4.26
	C-F	3/8"	4	2.84
	C-G	3/8"	4	2.84

El refuerzo de acero en el Bloque 4 varía según las demandas estructurales de cada elemento. Los elementos principales como C-1, C-2, C-5 y C-6 requieren un refuerzo significativo, mientras que los elementos secundarios (C-A a C-G) tienen refuerzos más ligeros, lo cual es coherente con su menor necesidad de soporte estructural. El uso de diferentes diámetros de barras y cantidades refleja un diseño optimizado para cada componente.

BLOQUE 5

El acero identificado en cada uno de los bloques se detalla a continuación: En el bloque 5:

Figura 69

Bloque 5 – Cimentación

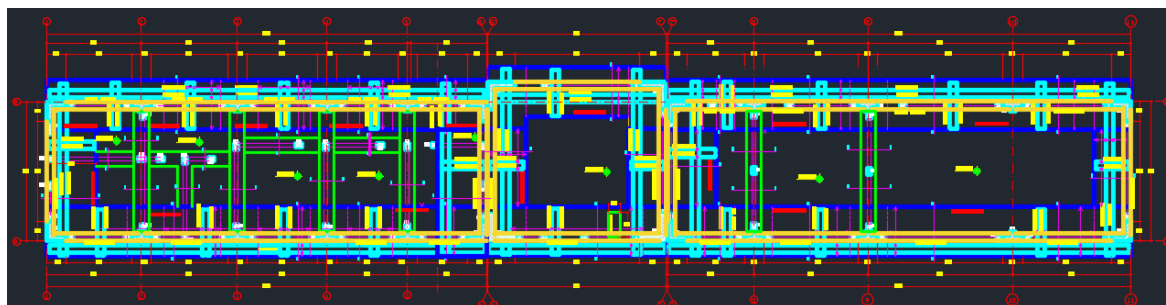


Figura 70

Bloque 5 – Detalle de columnas

CUADRO DE COLUMNAS			
	COLUMNA	TIPO	COLUMNA
C-1		C-A	
C-2		C-B	
PL1			

Tabla 38

Cuantía de acero en columnas, bloque 5

Edificación	Elemento	Acero de refuerzo		
		Φ	Cantidad	Area cm2
BLOQUE 5	C-1	3/4"	20	56.8
	C-2	3/4"	20	14.2
	PL1	3/4"	24	17.04
	C-A	3/8"	4	2.84
	C-B	3/8"	8	5.68

El Bloque 5 tiene variaciones en el refuerzo de sus elementos según las demandas estructurales específicas. Los elementos principales (C-1, C-2 y PL1) utilizan barras de mayor diámetro (3/4"), mientras que los elementos secundarios (C-A y C-B) emplean barras más delgadas (3/8"). La diferencia en el área total de refuerzo entre C-1 y C-2 a pesar de tener la misma cantidad de barras sugiere diferencias en las especificaciones.

4.1.2 Desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario

Tabla 39

Puntuación final del nivel 1 (bloque 1)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 (BLOQUE 1)	
tipo de edificio fema	S5 (URM)
puntaje básico	4.5
irregularidades	
irregularidad vertical grave (vl1)	-1.3
irregularidad vertical moderada (vl1)	-
irregularidad en planta (pl1)	-
código de la construcción	
pre-código moderno (antes de 2001)	NA
construido en transición (desde 2001 pero antes de 2015)	-
post-código (a partir del 2015)	-
suelo	
suelo tipo a o b	-
suelo tipo d	-
suelo tipo e (1-3 pisos)	-2
tipo de suelo e (>3 pisos)	-
puntaje mínimo (smin)	0.9
puntaje final nivel, sl1 > smin	
SL1	1.2
	SI CUMPLE



Tabla 40

Puntuación final del nivel 2 (bloque 1)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2 - OPCIONAL (BLOQUE 1)			
TEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	LIMITE
Vertical irregularidad	VL2	-1.3	-1.5
Irregularidad en planta	PL2	0	-1.6
	M	0	-
PUNTAJE FINAL NIVEL, SL2 > SMIN			
SL2			1.2
			SI CUMPLE

Figura 71

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 1 – Nivel 1 – FEMA 154

[illegible]

Figura 72

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 1 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154

[illegible]

Tabla 41

Puntuación final del nivel 1 (bloque 2)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 (BLOQUE 2)	
tipo de edificio fema	S5 (URM)
puntaje básico	4.5
irregularidades	
irregularidad vertical grave (vl1)	-
irregularidad vertical moderada (vl1)	-
irregularidad en planta (pl1)	-1.1
código de la construcción	
pre-código moderno (antes de 2001)	NA
construido en transición (desde 2001 pero antes de 2015)	-
post-código (a partir del 2015)	-
suelo	
suelo tipo a o b	-
suelo tipo d	-
suelo tipo e (1-3 pisos)	-2
tipo de suelo e (>3 pisos)	-
puntaje mínimo (smin)	0.9
puntaje final nivel, sl1 > smin	
sl1	1.4
	SI
	CUMPLE

Tabla 42

Puntuación final del nivel 2 (bloque 2)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2 - OPCIONAL (BLOQUE 2)			
TEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	LÍMITE
Vertical irregularidad	VL2	-0.6	-1.5
Irregularidad en planta	PL2	0	-1.1
	M	0.4	-
PUNTAJE FINAL NIVEL, SL2 > SMIN			
SL2			1.8
			SI CUMPLE

Figura 73

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 2 – Nivel 1 – FEMA 154

[illegible]

Figura 74

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 2 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154

[illegible]



Tabla 43

Puntuación final del nivel 1 (bloque 3)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 (BLOQUE 3)	
tipo de edificio fema	S5 (URM)
puntaje básico	4.5
irregularidades	
irregularidad vertical grave (vl1)	-
irregularidad vertical moderada (vl1)	-
irregularidad en planta (pl1)	-1.1
código de la construcción	
pre-código moderno (antes de 2001)	NA
construido en transición (desde 2001 pero antes de 2015)	-
post-código (a partir del 2015)	-
suelo	
suelo tipo a o b	-
suelo tipo d	-
suelo tipo e (1-3 pisos)	-2
tipo de suelo e (>3 pisos)	-
puntaje mínimo (smin)	0.9
puntaje final nivel, sl1 > smin	
sl1	1.4
	SI
	CUMPLE

Tabla 44

Puntuación final del nivel 2 (bloque 3)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2 - OPCIONAL (BLOQUE 3)			
TEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	LIMITE
Vertical irregularidad	VL2	-0.6	-1.5
Irregularidad en planta	PL2	-1.1	-1.6
	M	0.4	-
PUNTAJE FINAL NIVEL, SL2 > SMIN			
SL2			1.2
			SI CUMPLE

Figura 75

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 3 – Nivel 1 – FEMA 154

[illegible]

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 3 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>



Tabla 45

Puntuación final del nivel 1 (bloque 4)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 (BLOQUE 4)	
tipo de edificio fema	S5 (URM)
puntaje básico	4.5
irregularidades	
irregularidad vertical grave (vl1)	-1.3
irregularidad vertical moderada (vl1)	-
irregularidad en planta (pl1)	-1.1
código de la construcción	
pre-código moderno (antes de 2001)	NA
construido en transición (desde 2001 pero antes de 2015)	-
post-código (a partir del 2015)	-
suelo	
suelo tipo a o b	-
suelo tipo d	-
suelo tipo e (1-3 pisos)	-2
tipo de suelo e (>3 pisos)	-
puntaje mínimo (smin)	0.9
puntaje final nivel, sl1 > smin	
sl1	0.1 NO CUMPLE

Tabla 46

Puntuación final del nivel 2 (bloque 4)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2 - OPCIONAL (BLOQUE 4)			
TEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	LÍMITE
Vertical irregularidad	VL2	-1.2	-1.5
Irregularidad en planta	PL2	-1.1	-1.6
	M	1.4	-
PUNTAJE FINAL NIVEL, SL2 > SMIN			
SL2			1.6
			SI CUMPLE

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 4 – Nivel 1 – FEMA 154

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>

Figura 78

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 4 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154

[illegible]

Tabla 47

Puntuación final del nivel 1 (bloque 5)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 1 (BLOQUE 5)	
tipo de edificio fema	S5 (URM)
puntaje básico	4.5
irregularidades	
irregularidad vertical grave (vl1)	-1.3
irregularidad vertical moderada (vl1)	-
irregularidad en planta (pl1)	-
código de la construcción	
pre-código moderno (antes de 2001)	NA
construido en transición (desde 2001 pero antes de 2015)	-
post-código (a partir del 2015)	-
suelo	
suelo tipo a o b	-
suelo tipo d	-
suelo tipo e (1-3 pisos)	-2
tipo de suelo e (>3 pisos)	-
puntaje mínimo (smin)	0.9
puntaje final nivel, sl1 > smin	
sl1	1.2
	SI
	CUMPLE

Tabla 48

Puntuación final del nivel 2 (bloque 5)

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2 - OPCIONAL (BLOQUE 5)			
TEMA	DESCRIPCIÓN	VALOR	LÍMITE
Vertical irregularidad	VL2	-1.2	-1.5
Irregularidad en planta	PL2	-1.1	-1.6
	M	-0.2	-
PUNTAJE FINAL NIVEL, SL2 > SMIN			
SL2			0
			NO CUMPLE

Figura 79

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 5 – Nivel 1 – FEMA 154

[illegible]

Figura 80

Vulnerabilidad sísmica para edificaciones – Bloque 5 – Nivel 2 (opcional) – FEMA 154

[illegible]

Tabla 49

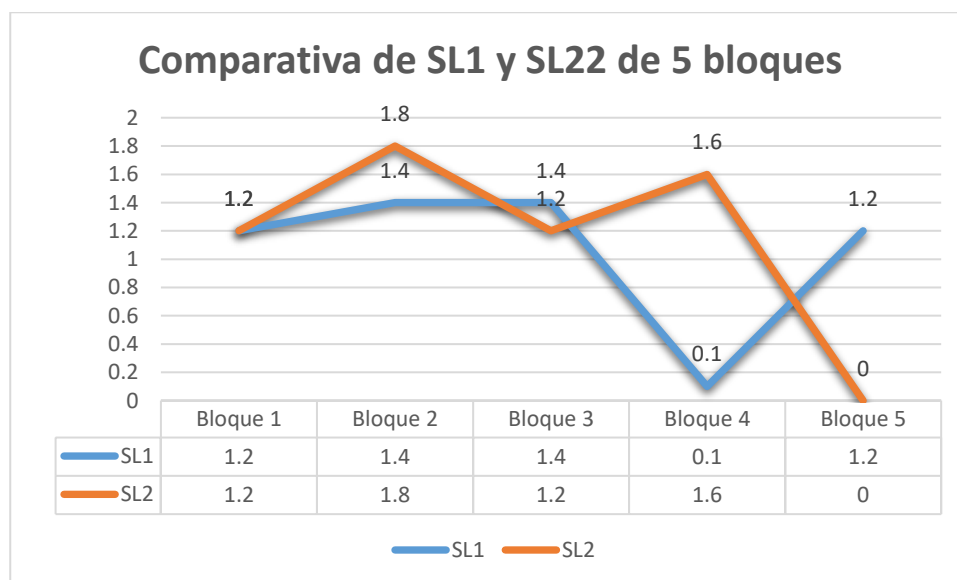
Desempeño sísmico estructural de 5 bloques

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
SL1	1.2	1.4	1.4	0.1	1.2
SL2	1.2	1.8	1.2	1.6	0

La tabla muestra el desempeño sísmico estructural de cinco bloques bajo dos niveles de carga sísmica (SL1 y SL2). Para SL1, los valores varían entre 0.1 (Bloque 4) y 1.4 (Bloques 2 y 3), indicando que Bloque 4 presenta el menor rendimiento sísmico, mientras que Bloques 2 y 3 tienen el mejor desempeño. En SL2, las cifras oscilan entre 0 (Bloque 5) y 1.8 (Bloque 2), lo que evidencia que Bloque 5 no tiene resistencia en esta condición, mientras que Bloque 2 mantiene el mejor rendimiento. En general, los bloques muestran variabilidad en su desempeño estructural, con Bloque 2 destacando como el más robusto en ambas cargas sísmicas y Bloque 5 como el menos eficiente bajo SL2.

Figura 81

Comparación de resultados de desempeño sísmico estructural de 5 bloques



4.1.3 La propuesta de diseño de reforzamiento más viables para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario

Propuesta de reforzamiento

Una vez revisado la estructura el bloque 1 y bloque 2 mediante el análisis estático no lineal (AENL), se propone un encamisado a los elementos estructurales - columnas tomando las recomendaciones en cuenta las siguientes consideraciones.

- Se debe encamisar los lados de las columnas
- Considerar 10 cm como espesor mínimo del encamisado
- La cuantía de refuerzo del encamisado deberá ser como mínimo el 0.01 del área total de la nueva columna y menor al 0.06 del área total como indica la NTP E-0.60 (2009).
- La resistencia a la compresión del concreto debe ser mayor en 50 kg/cm² que el concreto de la columna existente

4.1.3.1 Sistema de reforzamiento - propuesta 1

Con los resultados obtenidos del AENL realizado en el software Etabs vs 21.1 se observó que en los ejes X-X y Y-Y es necesario reforzar la estructura, esto se comprueba según a la curva de capacidad obtenida a las consideraciones del SEOAC, que, tras un cuidadoso examen, se ha llegado a la conclusión de que el nivel de endimiento para la ocurrencia de un terremoto poco frecuente es la prevención del colapso y el derrumbe. Como resultado de ello, se ha sugerido que las columnas sean encamisadas y que se añadan losas de hormigón, para aumentar la resistencia y rigidez de la construcción en ambas direcciones, como se ve en la figura.

Figura 82

Propuesta de reforzamiento "A" (propuesta 1)

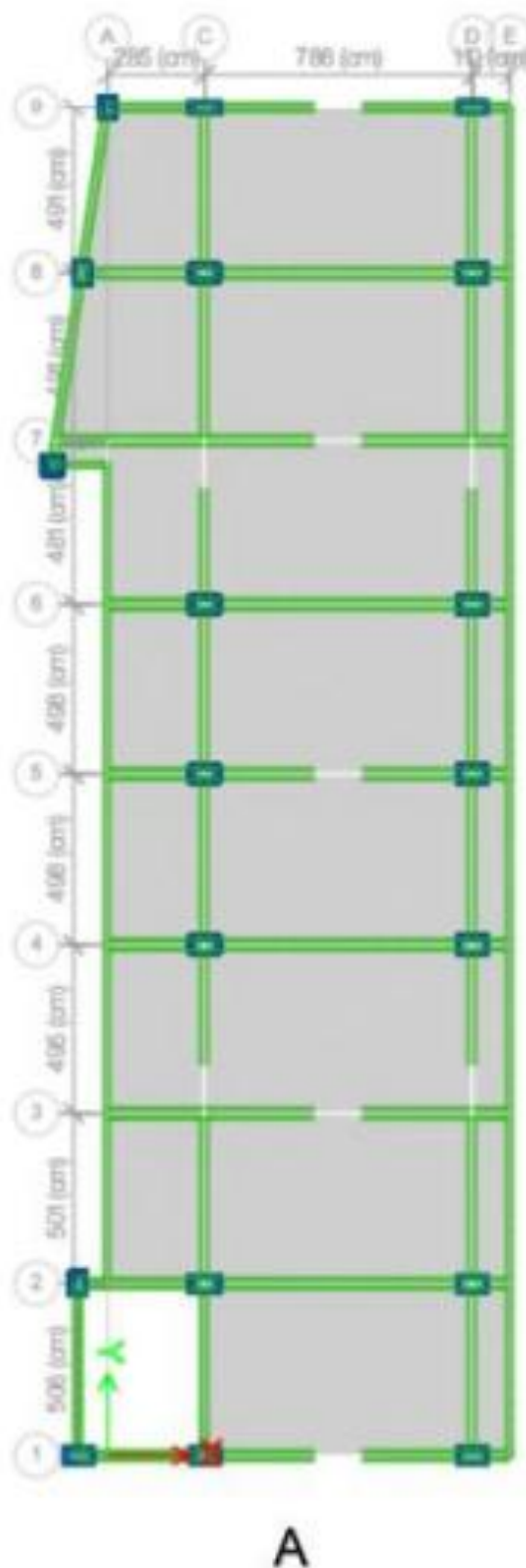
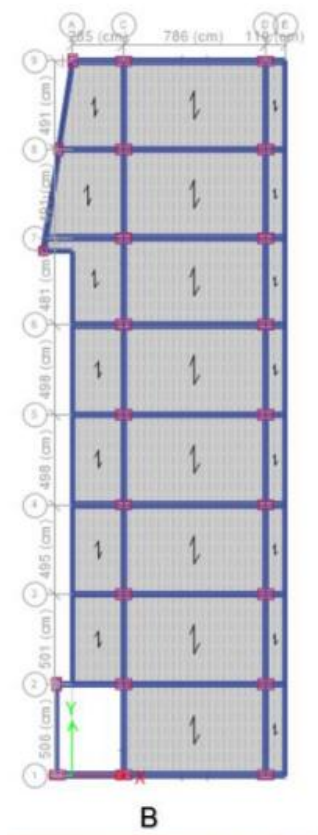


Figura 83

Propuesta de reforzamiento "B" (propuesta 1)



"A" propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. "B" Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas

Figura 84

Modelamiento de propuesta de reforzamiento A (propuesta 1)

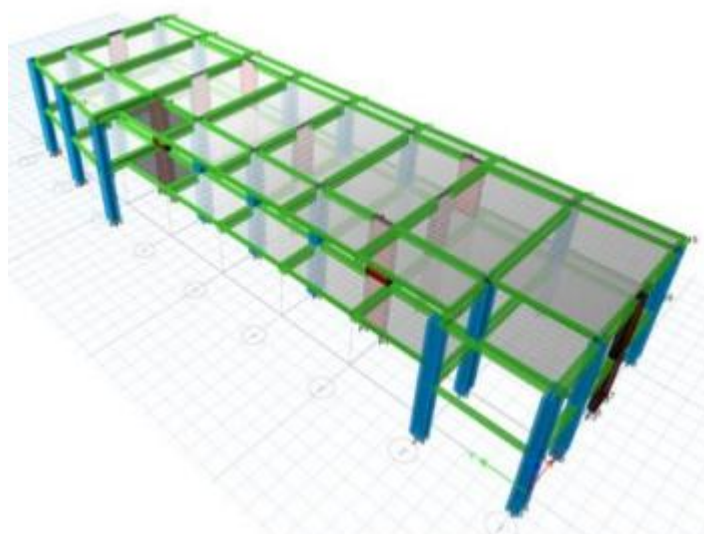


Figura 85

Modelamiento de propuesta de reforzamiento B (propuesta 1)

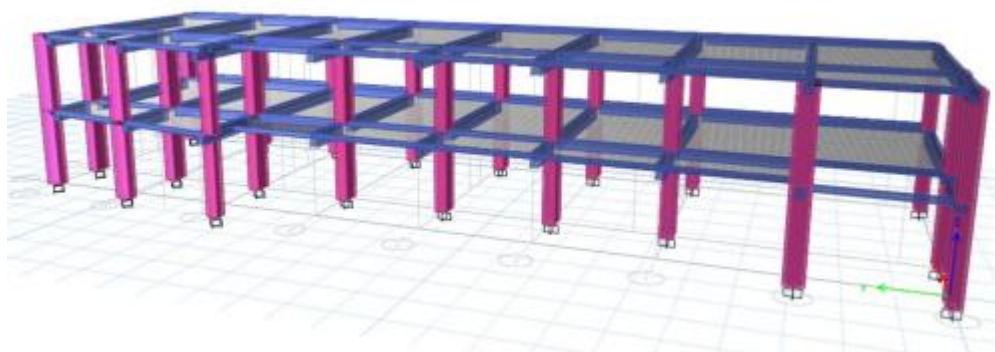


Figura 86

Características del concreto para reforzamiento (propuesta 1)

Material Property Data

General Data

Material Name: C310

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection Box] Change...

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000002 tonf/cm³

Mass per Unit Volume: 0 tonf-s³/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 264.102 tonf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 114.827 tonf/cm²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default: (Based on Concrete Slab Design Code)

☐ User Specified: [Text Box]

OK Cancel

La resistencia del concreto para las propuestas de reforzamiento A y B es de 310kg/cm²

Figura 87

*Características del acero (propuesta 1)***Diseño para cada sección de refuerzo****Reforzamiento columna tipo 1**

Para el reforzamiento de las columnas tipo 1 (0.35 x 0.70) que cuenta con 4 varillas de 5/8 de pulgada y 6 varillas de 1/2 pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 18 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C1(0.55x0.90). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 50

Características para una columna tipo 1 reforzada (propuesta 1)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-1	C-1	90	55	4950	49.5	Ø 3/4	18	51.12
Total								51.12

Figura 88

Diseño de reforzamiento de columna tipo 1 (propuesta 1)

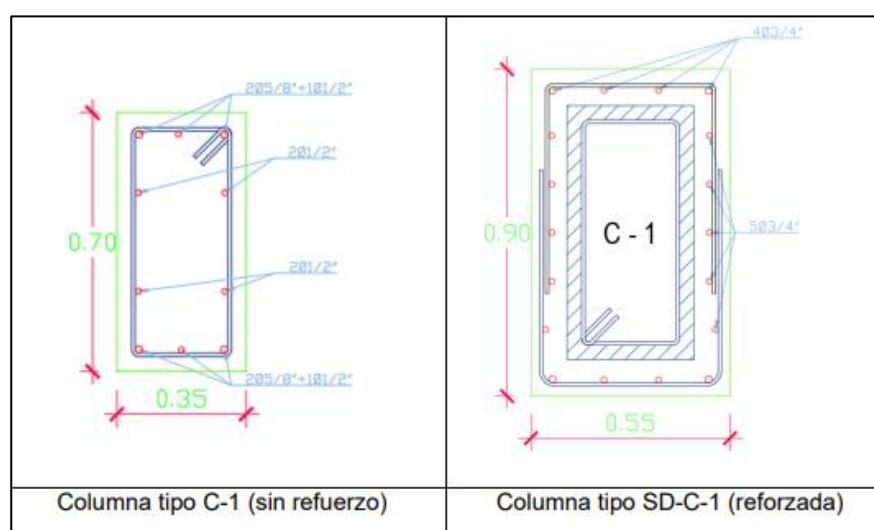
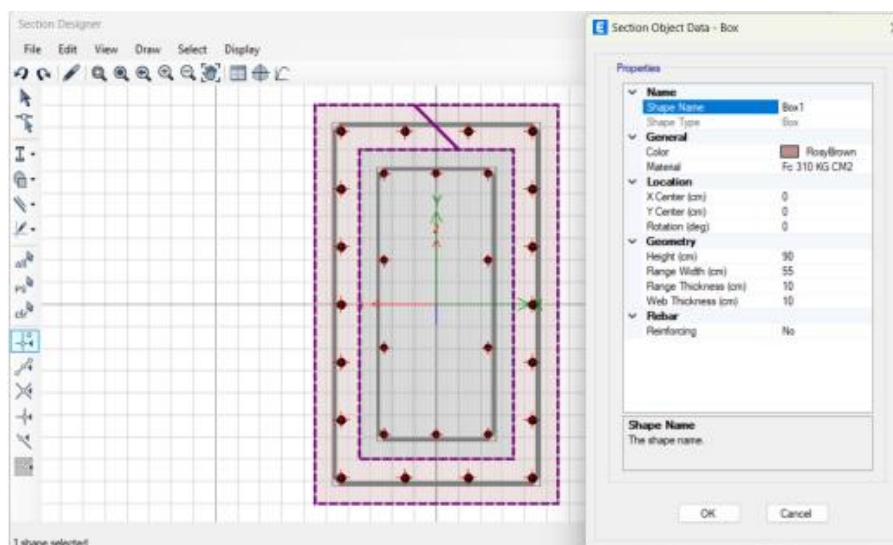


Figura 89

Diseño de sección de columna tipo 1 (propuesta 1)



Reforzamiento columna tipo 2

Para el reforzamiento de las columnas tipo 2 (0.30 x 0.70) que cuenta con 4 varillas de 5/8 de pulgada y 6 varillas de 1/2 pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 18 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C2(0.50x0.90). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 51

Características para una columna tipo 2 reforzada (propuesta 1)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-2	C-2	90	50	4500	45.0	Ø 3/4	18	51.12
							Total	51.12

Figura 90

Diseño de reforzamiento de columna tipo 2 (propuesta 1)

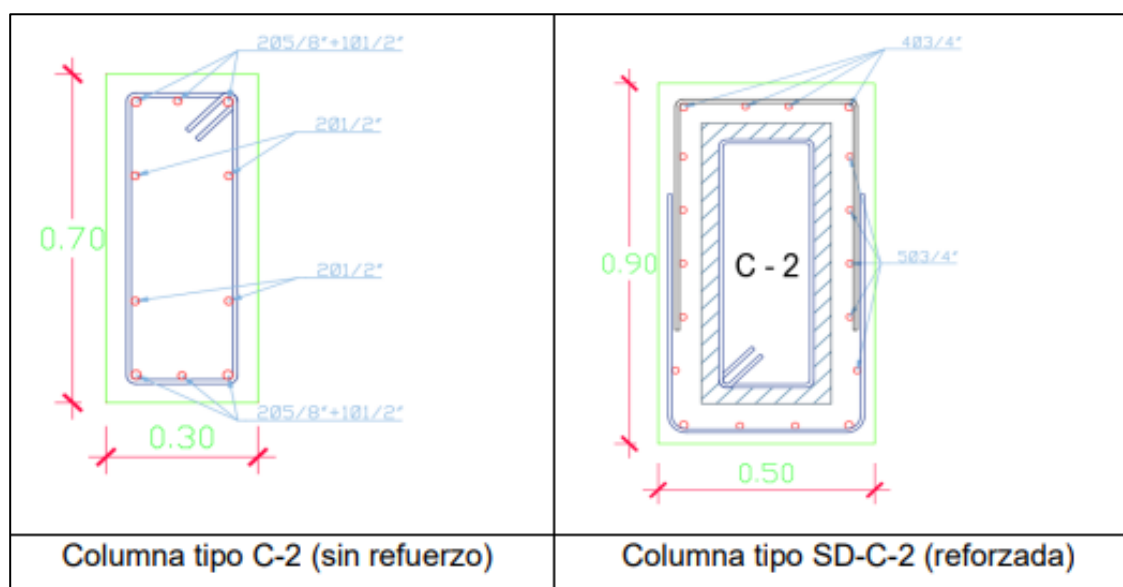
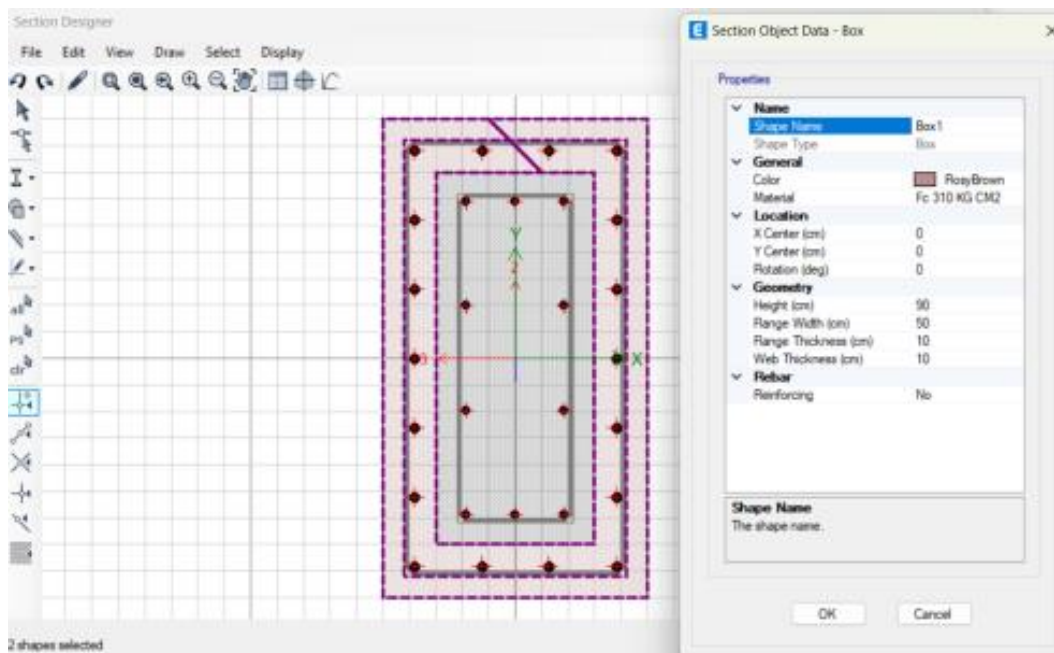


Figura 91

Diseño de sección de columna tipo 2 (propuesta 1)



Reforzamiento columna tipo 3

Para el reforzamiento de las columnas tipo 3 (0.30 x 0.55) que cuenta con 8 varillas de 1/2 de pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 14 varillas de 3/4 de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-3 (0.50x75). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna.

Tabla 52

Características para una columna tipo 3 reforzada (propuesta 1)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-3	C-3	75	50	3750	37.5	Ø 3/4	14	39.76
Total								39.76

Figura 92

Diseño de reforzamiento de columna tipo 3 (propuesta 1)

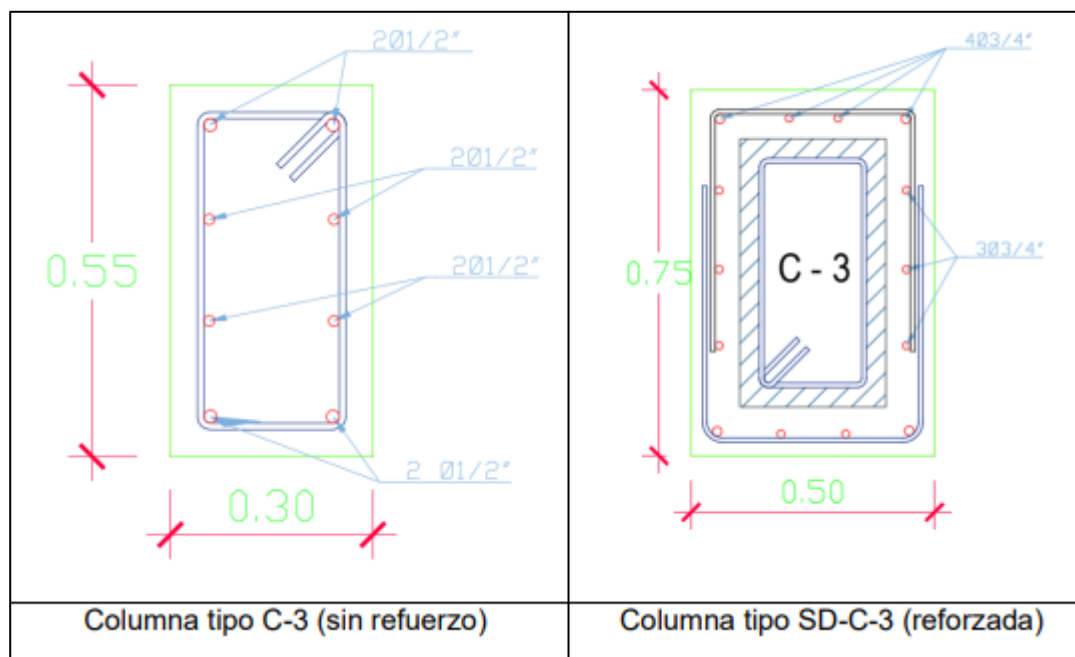
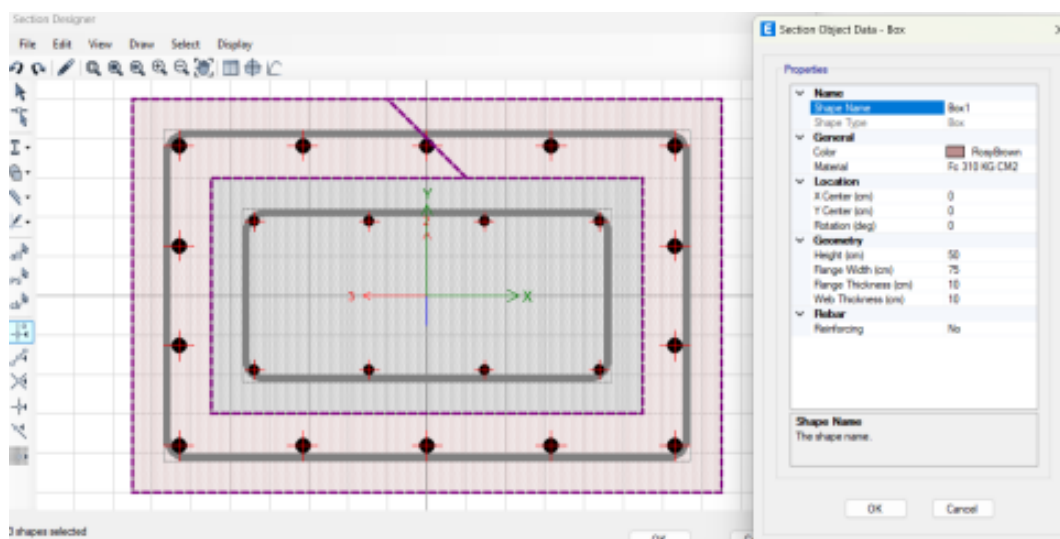


Figura 93

Diseño de sección de columna tipo 3 (propuesta 1)



Reforzamiento columna tipo 4

Para el reforzamiento de las columnas tipo 4 (0.30 x 0.35) que cuenta con 6 varillas de $\frac{1}{2}$ de pulgada distribuidos en la sección rectangular de la columna. Se adicionó un encamisado con 12 varillas de $\frac{3}{4}$ de pulgada alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-4 (0.50x55). Se verifica que este reforzamiento cumpla con la cuantía mínima exigida por la norma E-060 y se verificó el diagrama de iteración de la columna

Tabla 53

Características para una columna tipo 4 reforzada (propuesta 1)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-4	C-4	50	55	2750	27.5	Ø 3/4	12	34.08
Total								34.08

Figura 94

Diseño de reforzamiento de columna tipo 4 (propuesta 1)

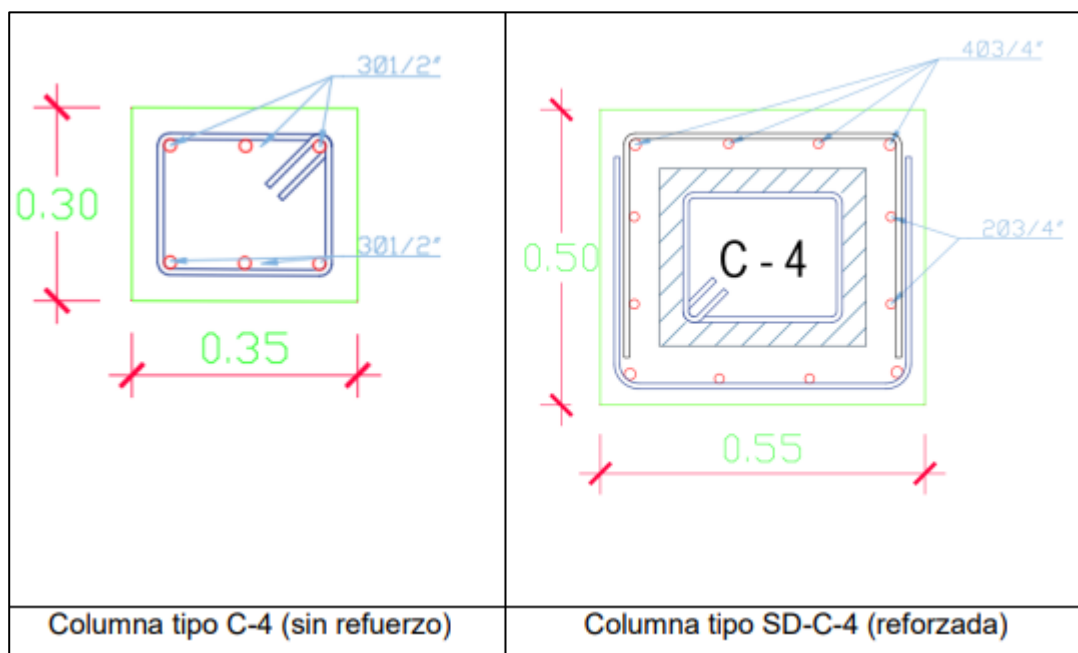
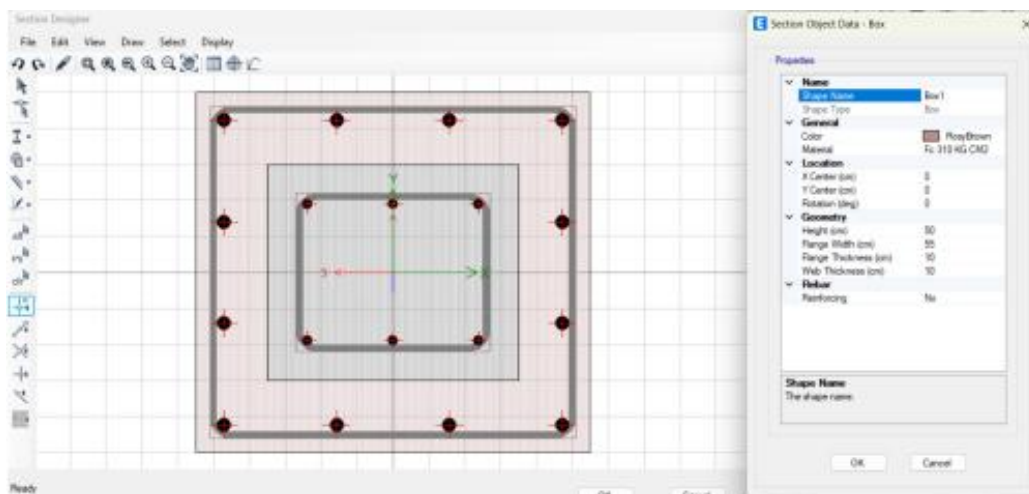


Figura 95

Diseño de sección de columna tipo 4 (propuesta 1)



Placas de concreto para reforzamiento

Como propuesta de reforzamiento se propone adicionar placas de concreto de 1.40m x 0.35m en muros principales donde existe ausencia de rigidez, el diseño de las placas se detalla en el siguiente ítem.

Placas de concreto tipo P-1

Las placas tipo P-1 son de 1.40m x 0.35m con el detalle de acero y elementos de borde que se detalla en la siguiente figura. Estas placas se diseñaron para incrementar la rigidez de la edificación y con el objetivo que el sistema estructural sea del tipo dual.

Figura 96

Diseño de placa tipo P-1 (propuesta 1)

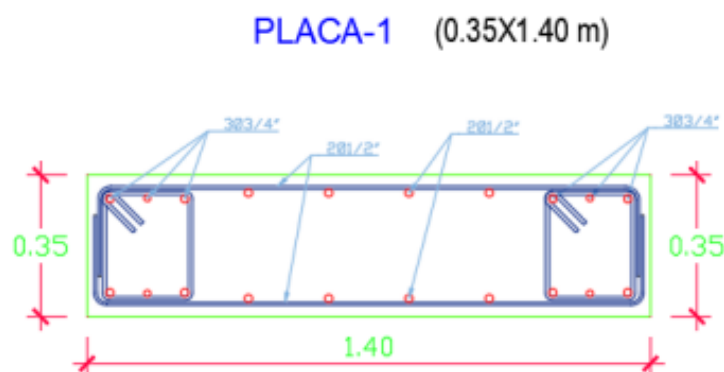


Figura 97

Diseño de sección de placa (1.40m x 0.30m) (propuesta 1)

The software interface for 'Wall Hinge Reinforcement' displays the following details:

- Wall Design Type:** Pier (selected), Spandrel.
- Rebar Material and Clear Cover:**
 - Material Rebar: FY 4200
 - Material Shear: FY 4200
 - Bar Clear Cover: 4 cm
- Rebar Layout:** A visual diagram showing the reinforcement layout for the wall section.
- Geometry:**

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
205	1007	285	1147	140	35	30	30
- Reinforcement:**
 - Reinforcement Detail - Each Face:**

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	3/4"		3
Center	1/2"	20	4
End	3/4"		3
 - Shear/Confinement Detail:**

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	1/2"	15	Yes
Center	1/2"	15	No
End	1/2"	15	Yes
 - Reinforcement Detail (Additional Individual Bars):** A table for additional bars with columns for Material, Distance (cm), and Area (cm²).

Tras el encamisado de los pilares y la adición de placas, se evalúa el nivel de rendimiento de la estructura reforzada mediante la utilización de análisis estáticos no lineales con el fin de validar el rendimiento objetivo para un edificio importante.

Figura 98

Pushover estructura reforzada según propuesta A, en eje X-X (propuesta 1)

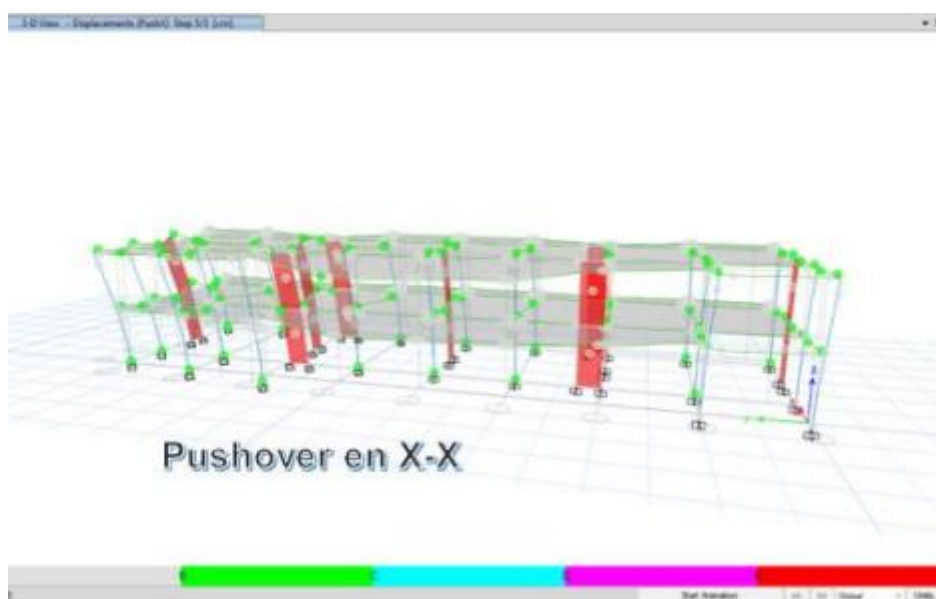
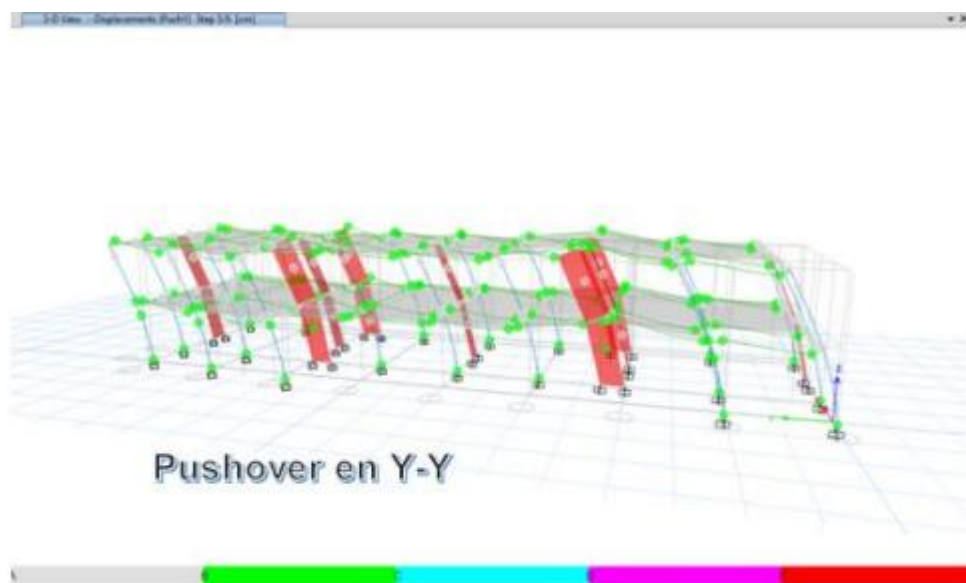


Figura 99

Pushover estructura reforzada según propuesta A, en eje Y-Y (propuesta 1)



Reforzamiento mediante encamisado de columnas y placas de concreto.

Figura 100

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje X-X (propuesta 1)

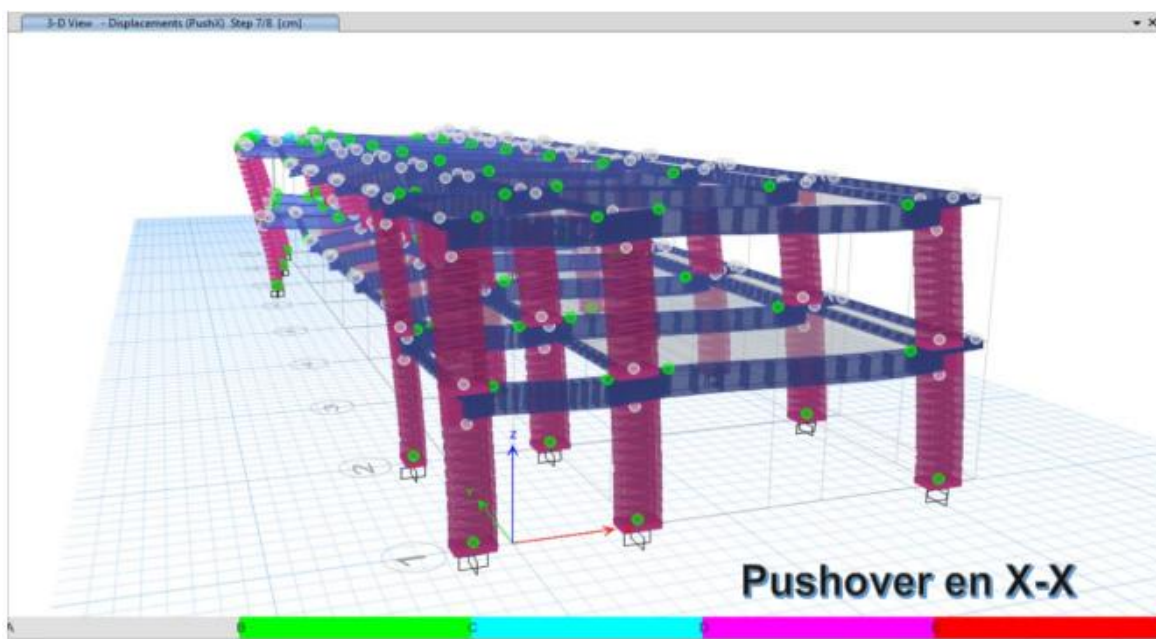
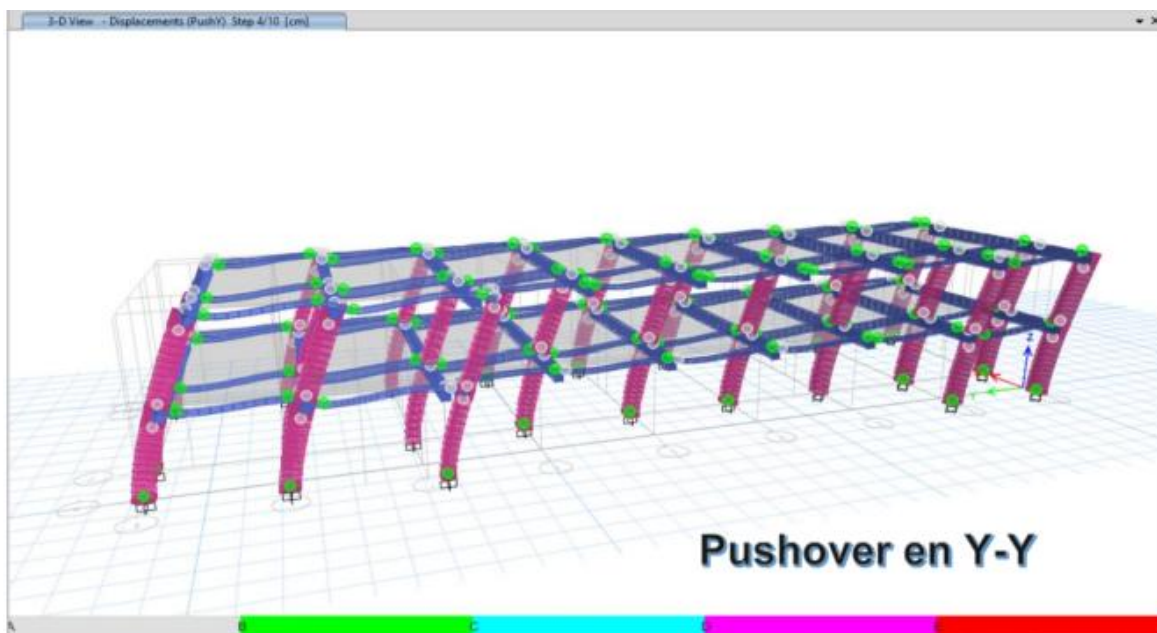


Figura 101

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje Y-Y (propuesta 1)



Reforzamiento mediante encamisado de columnas

4.1.3.1 Sistema de reforzamiento - propuesta 2

Con los resultados obtenidos del AENL realizado con el software Etabs vs 21.1 Se determinó que los ejes X-X y Y-Y se requiere un reforzamiento para cumplir el desempeño objetivo de una institución educativa. Por tal motivo se proponen dos tipos de reforzamiento; el primero mediante un encamisado de las columnas y adición de placas de concreto; el segundo solamente mediante un encamisado de columnas. Como puede verse en la imagen, ambos procedimientos se llevan a cabo con la intención de mejorar la resistencia y rigidez del edificio a lo largo de ambos ejes. Con ambas formas de refuerzo se alcanzará una resistencia del hormigón de 280 kg/cm².

Figura 102

Propuesta de reforzamiento "A" (propuesta 2)

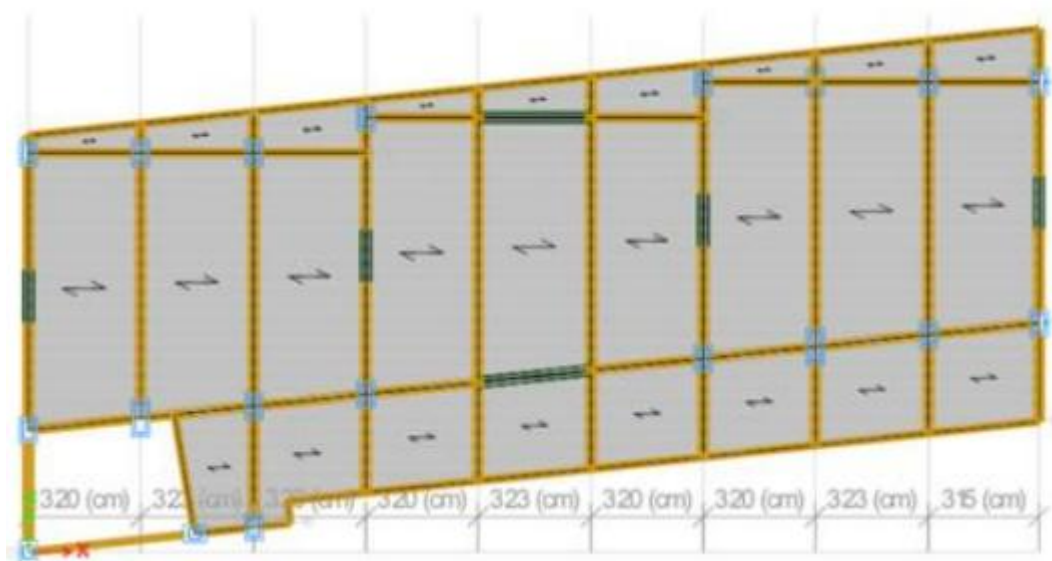
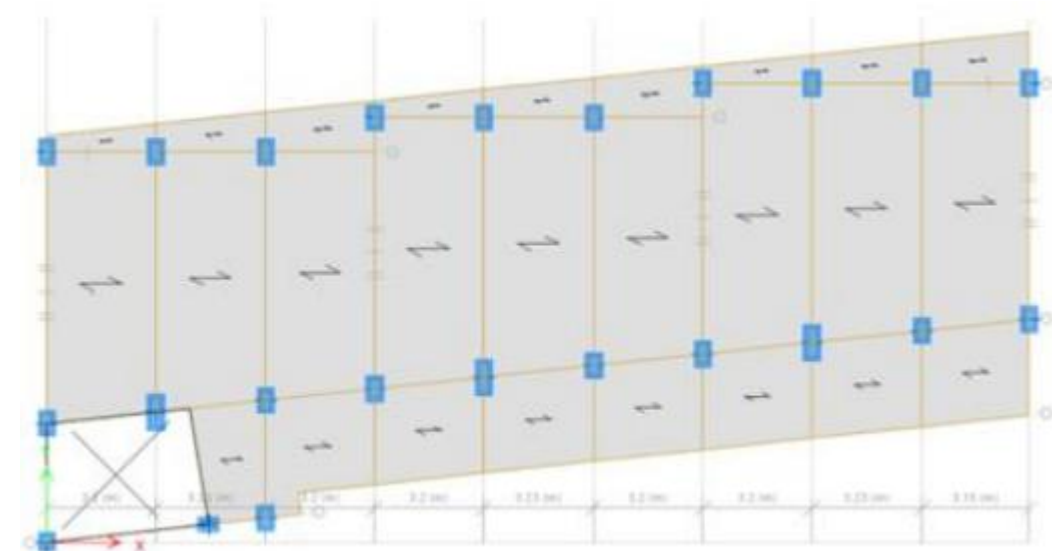


Figura 103

Propuesta de reforzamiento "B" (propuesta 2)



"A". propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. "B" Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas

Figura 104

Modelamiento de propuesta de reforzamiento "A" (propuesta 2)

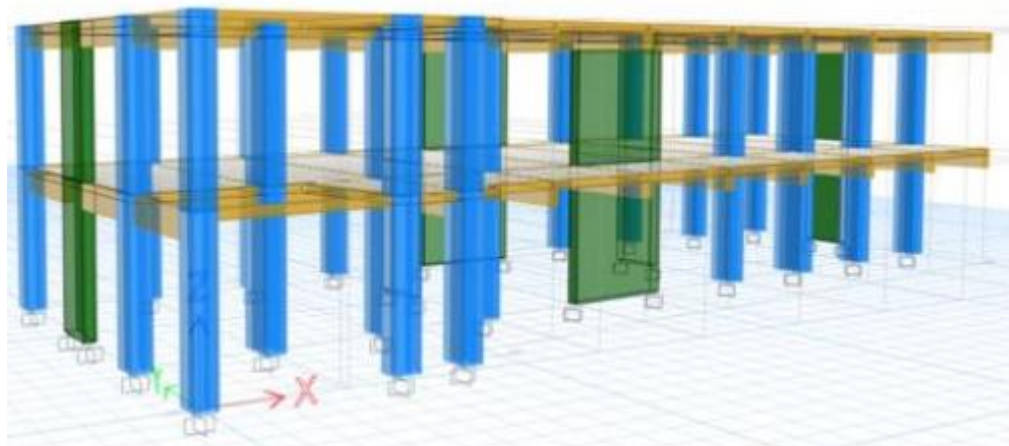
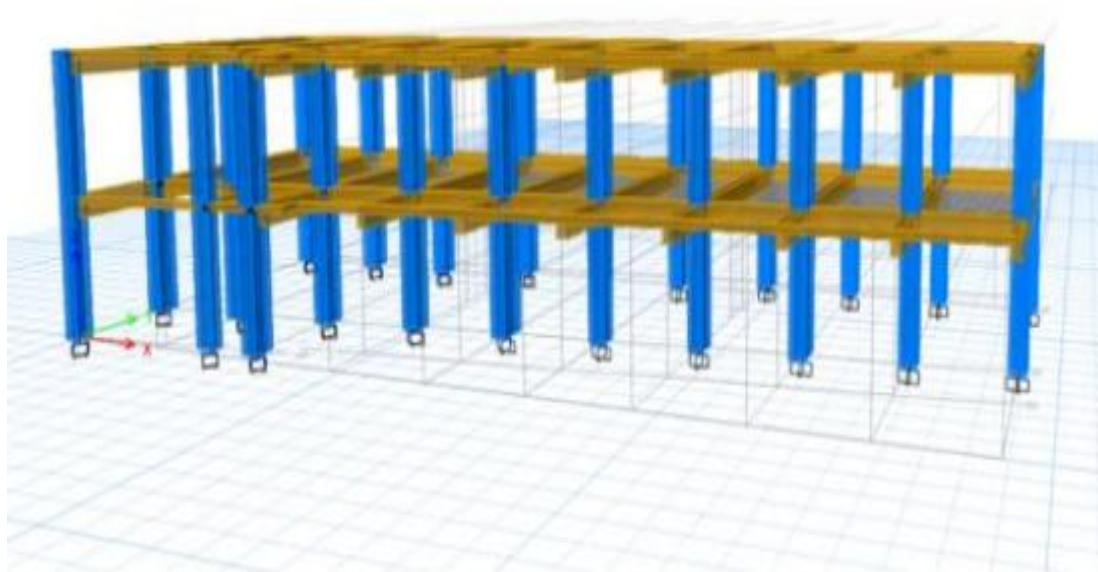


Figura 105

Modelamiento de propuesta de reforzamiento "B" (propuesta 2)



"A". Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. "B". Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas

Figura 106

Características del concreto para reforzamiento (propuesta 2)

E Material Property Data

General Data

Material Name: C280

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2400 kgf/m³

Mass per Unit Volume: 244.732 kgf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2509980079.60223 kgf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1086956522 kgf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) ☐ User Specified

OK Cancel

La resistencia del concreto para las propuestas de reforzamiento 2 es de 280 kg/cm²

Figura 107

*Características del acero (propuesta 2)***Diseño para cada sección de refuerzo**

“A”. Propuesta de reforzamiento con encamisado de columnas y adición de placas de concreto. “B”. Propuesta de reforzamiento solamente mediante encamisado de columnas

Reforzamiento columna tipo 1

Se cuentan con 4 varillas de 5/8 “y 4 varillas de 1/2 “, para el reforzamiento de las columnas tipo C-1 (0.30 x 0.55), distribuidos en la sección rectangular de la columna. Un encamisado con 14 varillas de 3/4”, se adicionó alrededor de la sección rectangular dando

como resultado una columna de SD-C-1(0.50x0.75) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida. Así mismo se verifica el diagrama de iteración de la columna

Tabla 54

Características para una columna tipo 1 reforzada (propuesta 2)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-1	C-1	75	50	3750	37.5	Ø 3/4	14	39.76
Total								39.76

Figura 108

Diseño de reforzamiento de columna tipo 1 (propuesta 2)

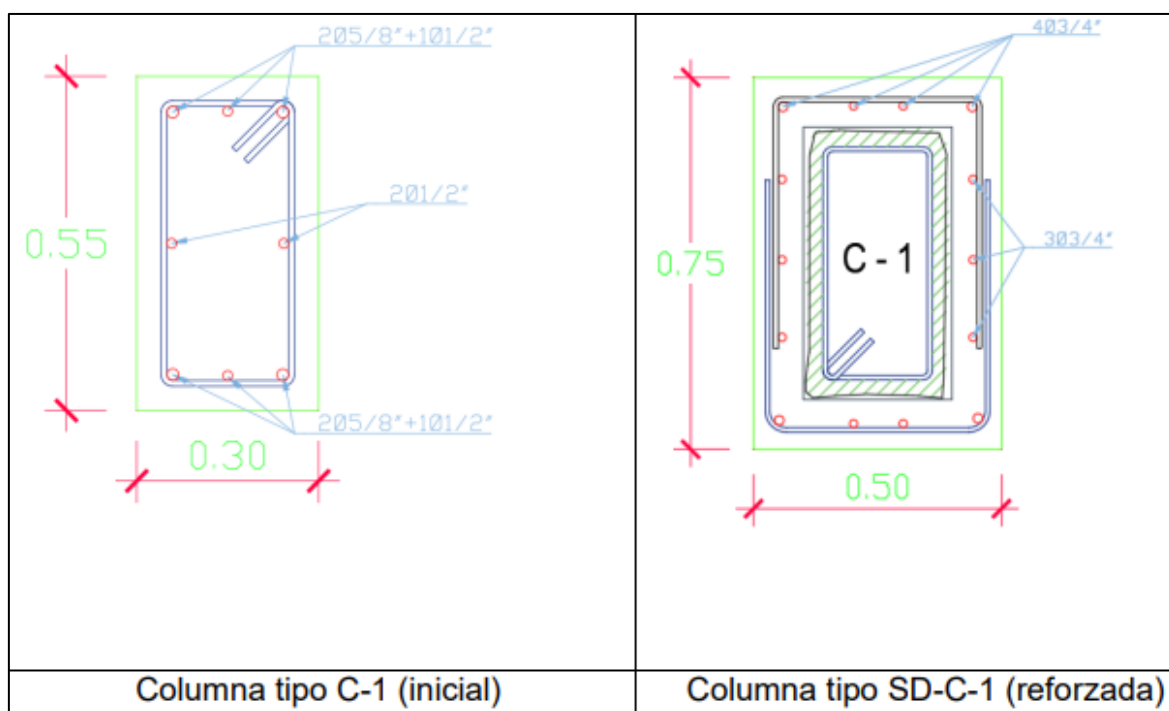
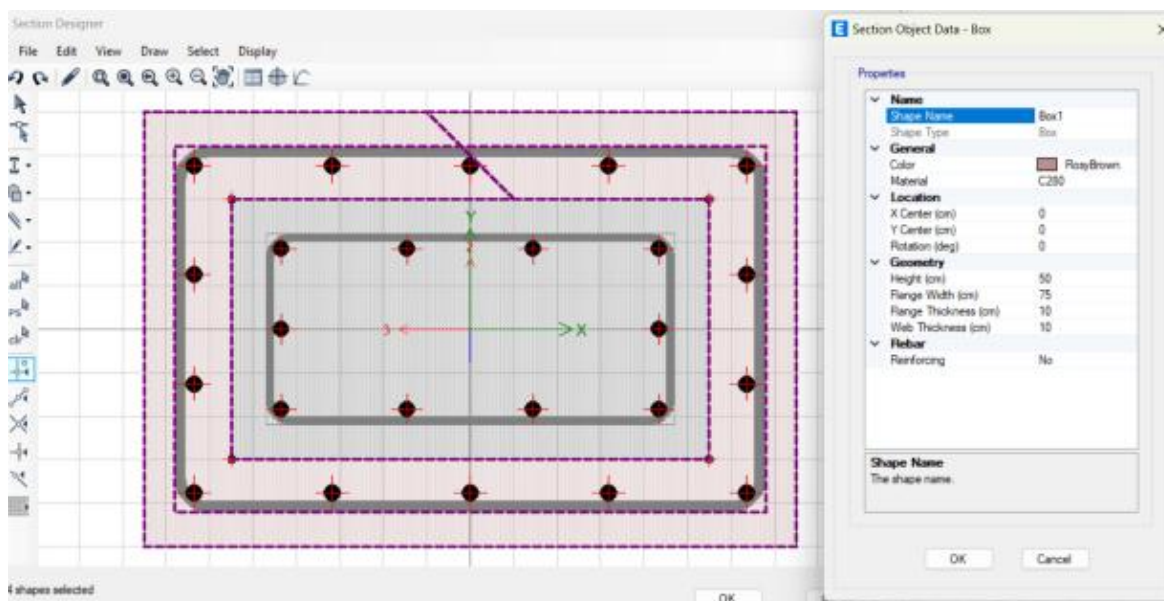


Figura 109

Diseño de sección de columna tipo 1 (propuesta 2)



Reforzamiento columna tipo 2

Se cuenta con 10 varillas de 5/8", para el reforzamiento de las columnas tipo 2 (0.30 x 0.85), distribuidos en su sección rectangular. Un encamisado con 20 varillas de 3/4" se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-2(0.50x1.05) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida.

Tabla 55

Características para una columna tipo 2 reforzada (propuesta 2)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-2	C-2	105	50	5250	52.50	Ø 3/4	20	56.80
Total								56.80

Figura 110

Diseño de reforzamiento de columna tipo 2 (propuesta 2)

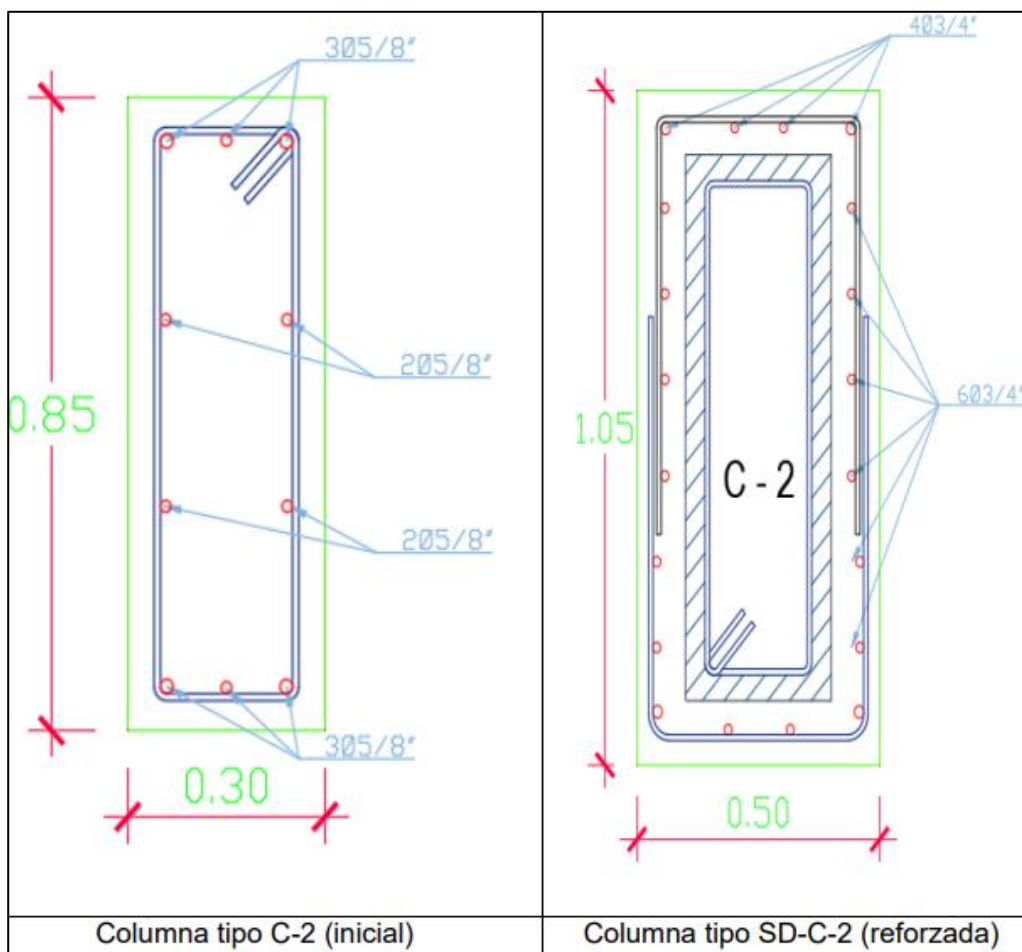
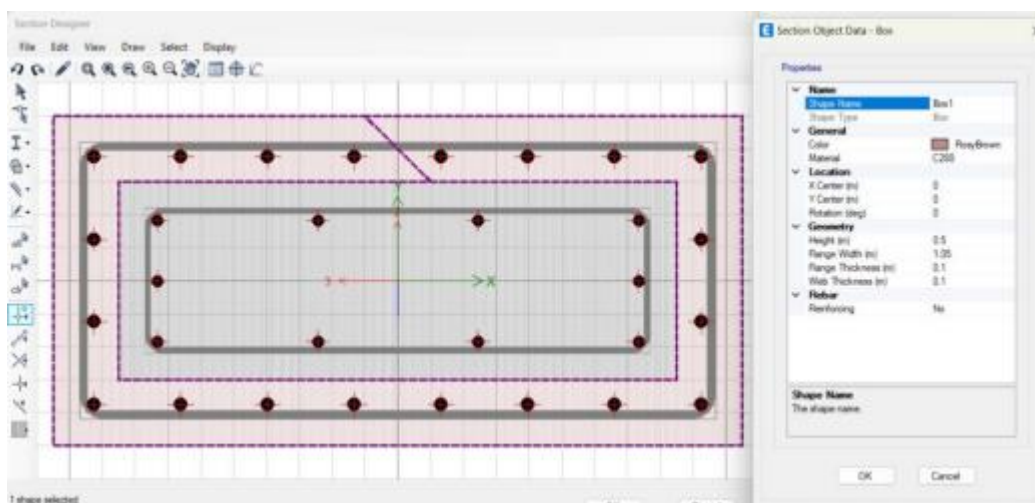


Figura 111

Diseño de sección de columna tipo 2 (propuesta 2)



Reforzamiento columna tipo 3

Se cuenta con 6 varillas de $\frac{1}{2}$ ", para el reforzamiento de las columnas tipo 3 (0.30 x 0.35), distribuidos en su sección rectangular. Un encamisado con 12 varillas de $\frac{5}{8}$ ", se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-3 (0.50x0.55). Esta condición ultima se verifica que cumpla con la cuantía mínima.

Tabla 56

Características para una columna tipo 3 reforzada (propuesta 2)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-3	C-3	50	55	2750	27.5	Ø 3/4	12	34.08
Total								34.08

Figura 112

Diseño de reforzamiento de columna tipo 3 (propuesta 2)

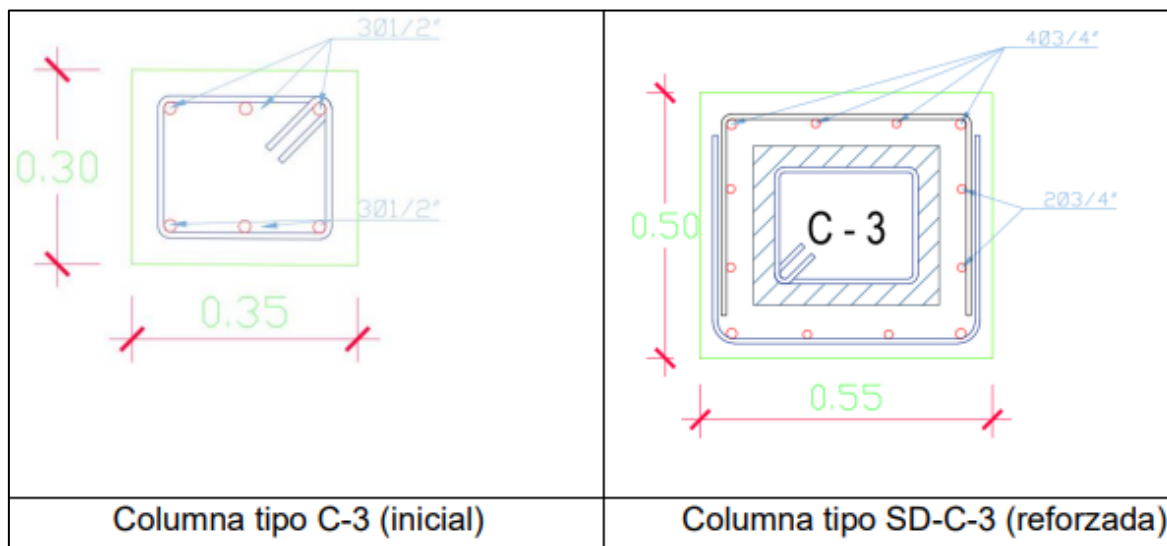
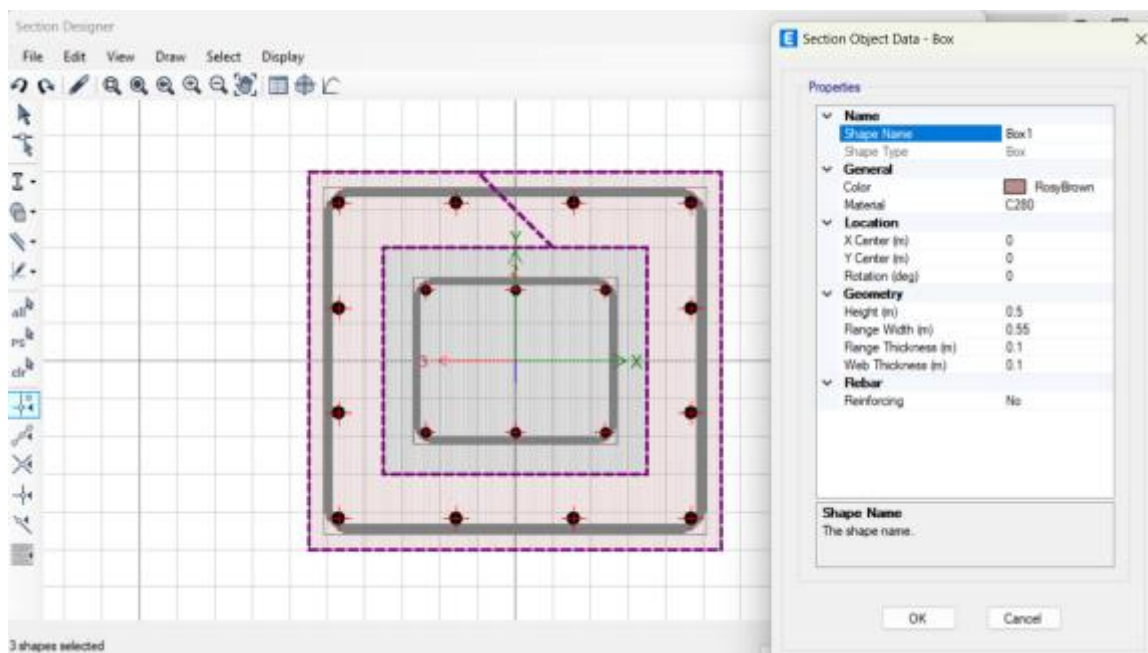


Figura 113

Diseño de sección de columna tipo 3 (propuesta 2)



Reforzamiento columna tipo 4

Se cuenta con 6 varillas de $\frac{1}{2}$ ", para el reforzamiento de las columnas tipo 4 (0.20 x 0.40), distribuidos de forma adecuada en la sección rectangular de la columna. Un encamisado con 12 varillas de $\frac{3}{4}$ ", se adicionó alrededor de la sección rectangular dando como resultado una columna de SD-C-7 (0.40x0.60) cumpliendo de esta forma con la cuantía mínima requerida.

Tabla 57

Características para una columna tipo 4 reforzada (propuesta 2)

Estructura	Elemento encamisado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área (cm ²)	As min (0.01)	Acero de refuerzo C-1		
						Ø	Cantidad	Área (cm ²)
E-4	C-4	60	40	2400	24.0	Ø 3/4	12	34.08
Total								34.08

Figura 114

Diseño de reforzamiento de columna tipo 4 (propuesta 2)

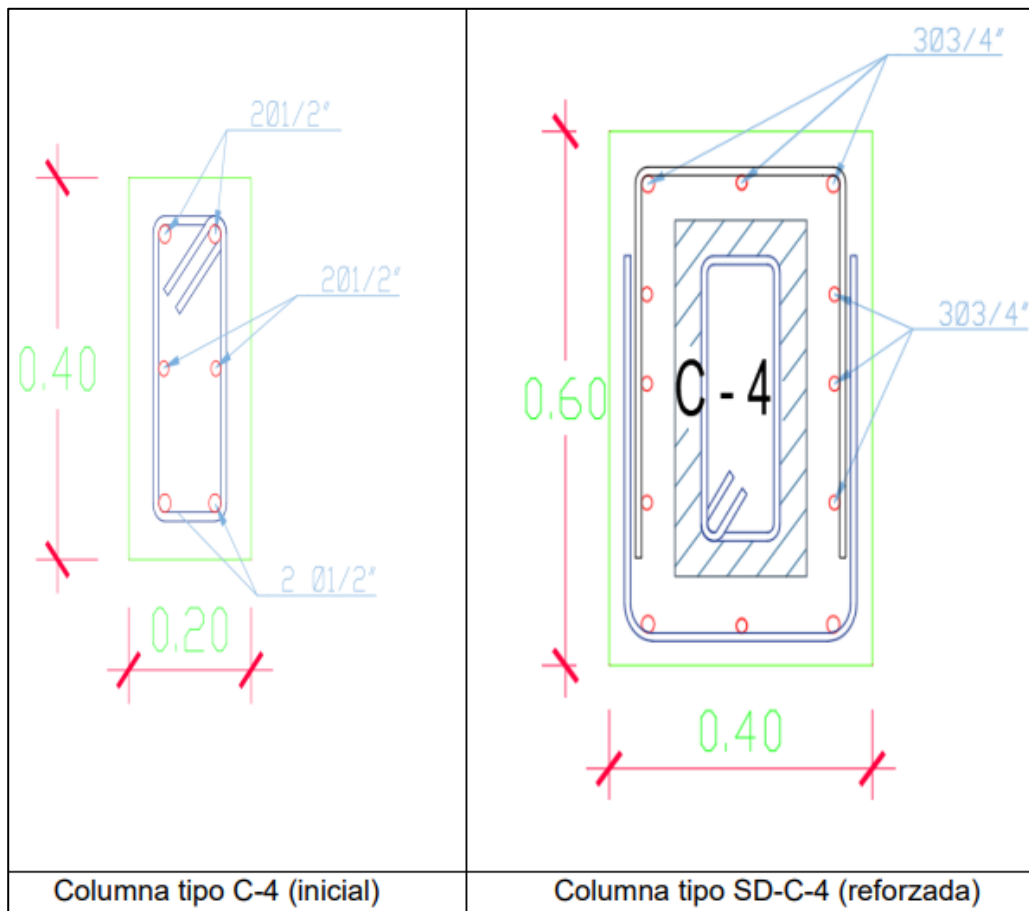
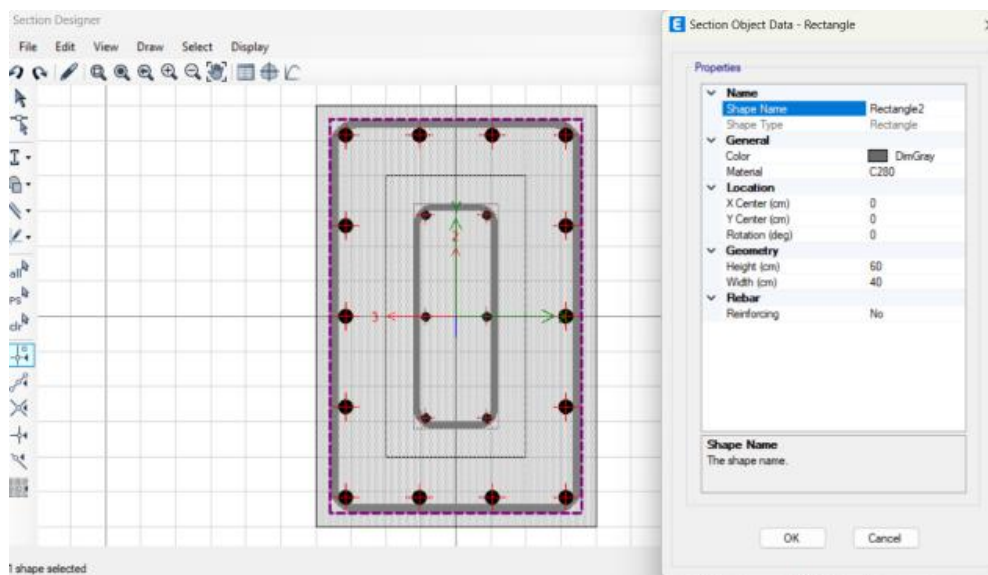


Figura 115

Diseño de sección de columna tipo 4 (propuesta 2)



Placas de concreto para reforzamiento

Con la finalidad de incrementar la rigidez si propone adicionar placas de 3.25x0.30 y 1.5x0.30 ambas con acero longitudinal que se detalla en lo posterior, para la adición de estas placas de concreto reforzado se respetó la arquitectura de la edificación.

Placas de concreto tipo P-1

Las placas de tipo P-1 del bloque 2 tienen una dimensión 3.25 m x 0.30 m.

Figura 116

Diseño de placa tipo P-1 (propuesta 2)

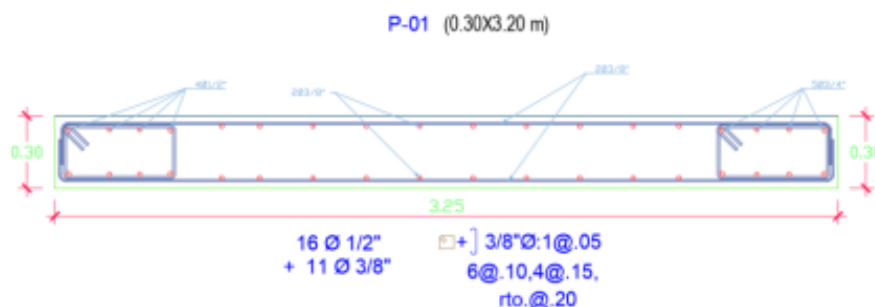


Figura 117

Diseño de sección de placa (3.25m x 0.30m) (propuesta 2)

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	1/2"	20	4
Center	3/8"	20	11
End	1/2"	20	4

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	15	Yes
Center	3/8"	15	No
End	3/8"	15	Yes

Material	Distance (cm)	Area (cm2)
FY 4200 KG/CM2	0	0.01

Placas de concreto tipo P-2

Las placas de tipo P-2 tienen una dimensión de 1.50 m x 0.30 m con el siguiente detalle.

Figura 118

Diseño de placa tipo P-2 (propuesta 2)

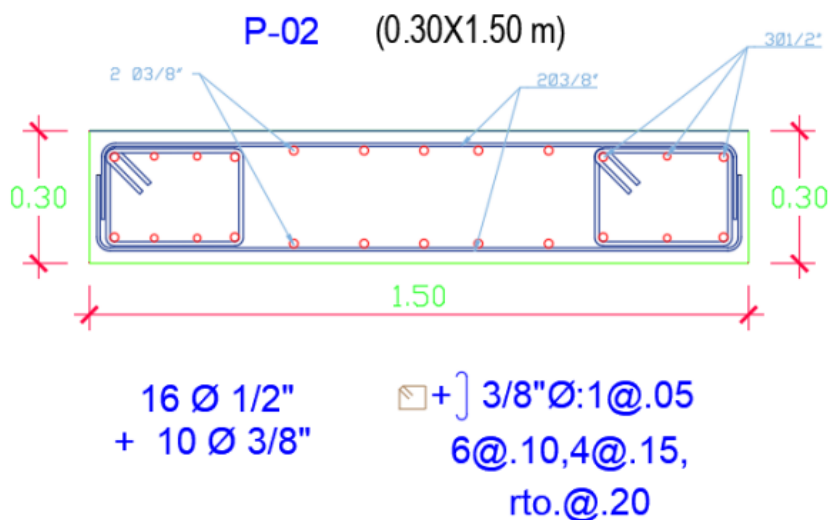


Figura 119

Diseño de sección de placa (1.50m x 0.30m) (propuesta 2)

Wall Hinge Reinforcement

Wall Design Type: ☒ Pier ☐ Spandrel

Rebar Material and Clear Cover:
 Material Flexure: FY 4200 KG/CM2
 Material Shear: FY 4200 KG/CM2
 Bar Clear Cover: 4 cm

Rebar Layout:

Geometry:

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
0	652.5	0	802.5	150	30	35	35

Reinforcement:

Flexural Detail - Each Face:

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	1/2"		3
Center	3/8"	15	5
End	1/2"		3

Shear/Confinement Detail:

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	15	Yes
Center	3/8"	15	No
End	3/8"	15	Yes

Flexural Detail (Additional Individual Bars):

Material	Distance (cm)	Area (cm ²)
FY 4200 KG/CM2	0	0.01

OK Cancel

Tras la modelización de los dos métodos diferentes de refuerzo, a saber, el encamisado de los pilares y la adición de losas de hormigón a la estructura, se valida el comportamiento de ambos tipos de refuerzo mediante la utilización del AENL para Pushover.

Figura 120

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento “A” en eje X-X (propuesta 2)

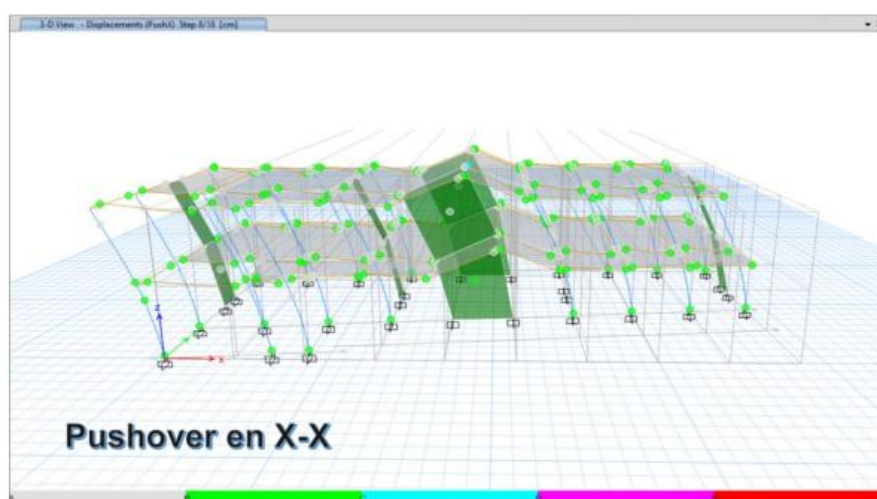
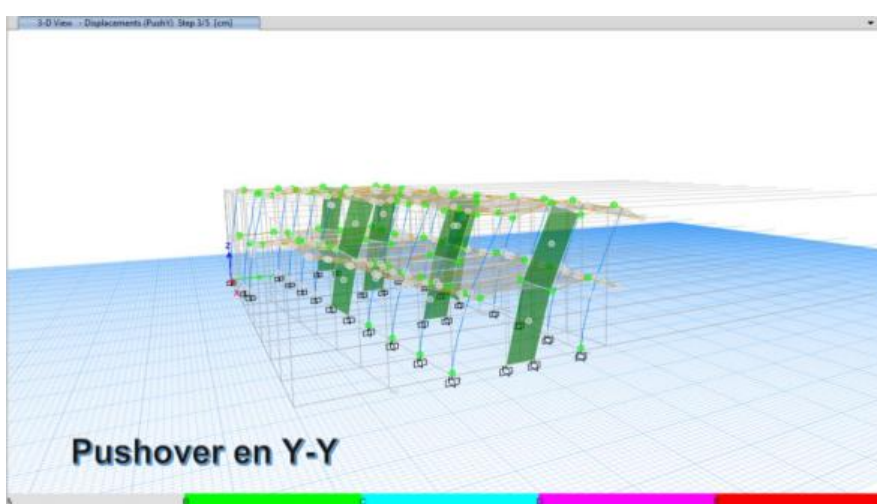


Figura 121

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento “A” en eje Y-Y (propuesta 2)



AENL a la propuesta de reforzamiento A, mediante encamisado de columnas y adición de placas de concreto

Figura 122

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje X-X (propuesta 2)

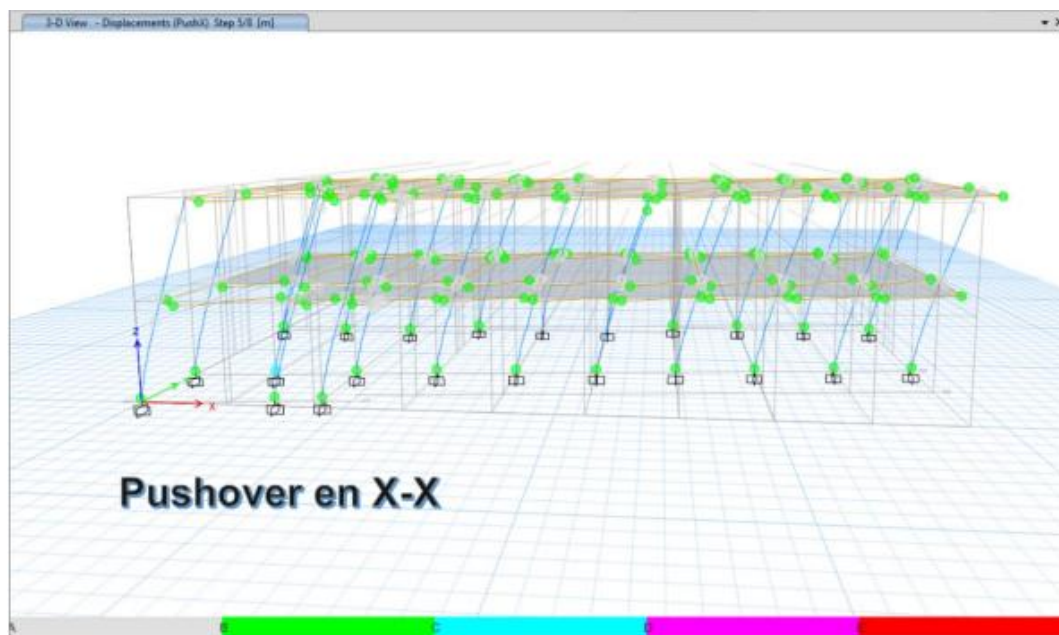
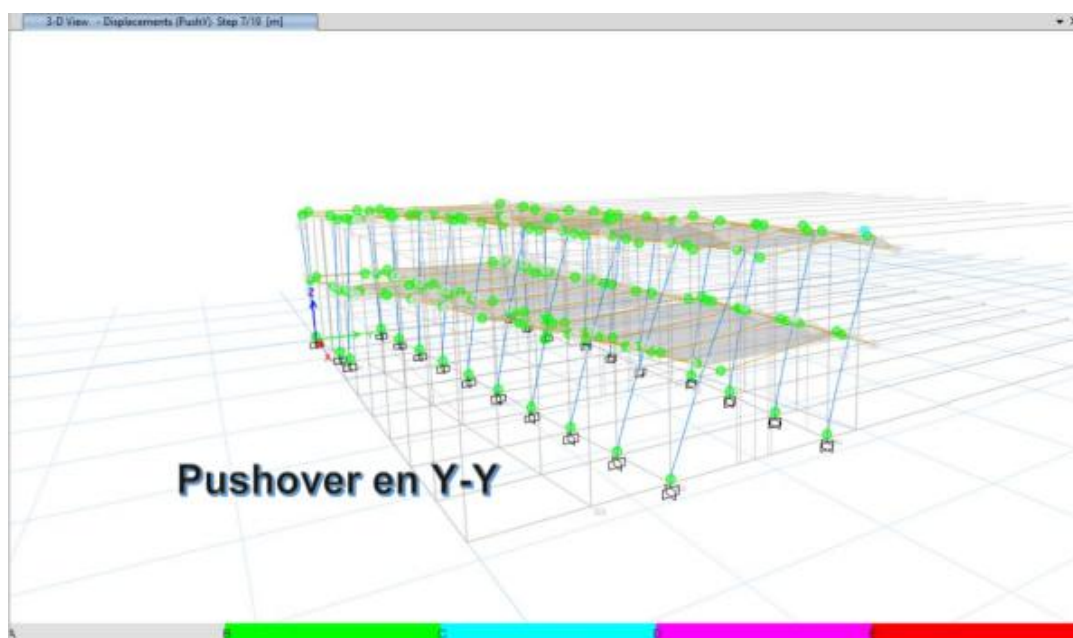


Figura 123

Pushover estructura reforzada – propuesta de reforzamiento B en eje Y-Y (propuesta 2)



AENL a la propuesta de reforzamiento B, solamente con encamisado de columnas



CONCLUSIONES

Primera, el estado actual de los elementos estructurales evaluadas en 5 instituciones estatales de nivel secundario, tienen daños como fisuramiento, humedad, pandeo, en los muros y losas, de igual manera los aceros expuestos tanto en las columnas, vigas; se visualizó el desgaste en los pisos y por ultimo las filtraciones en todos los elementos estructurales.

Segundo, el desempeño sísmico estructural de 5 instituciones estatales de nivel secundario, se realizó con el FEMA 156, recopilando es estado estructural de casa institución, considerando bloque 1,2,3,4,5; se considera que el bloque 4 y 5 sus valores sísmicos son más propensos a un derrumbe por no cumple los parámetros, mientras que los bloques 1,2,3, no son propensos a derrumbe en presencia de cargas sísmicas cumplen los parámetros recomendados.

Tercero, la propuesta de diseño para el reforzamiento más viable e incrementar la vida útil de instituciones estatales de nivel secundario, se realizó 2 propuestas, en la propuesta 1 se sugiere hacer el encamisado de columnas y que se incorporen losas de concreto, para su aumento de la resistencia y rigidez; en la propuesta 2 se sugiere de igual manera el encamisado de columnas y adición de placas de concreto, o en su defecto solo el encamisado de columnas.



RECOMENDACIONES

Primera, hacer consideraciones del estado actual en más de 5 instituciones estatales, de igual manera considerar realizar esta evaluación en por lo menos 3 instituciones privadas de nivel secundario, hacer las comparaciones y verificaciones de los elementos estructurales de todas las instituciones evaluadas.

Segunda, desarrollar el sistema FEMA 156, en instituciones educativas privadas considerando que dichas instituciones tienen mejor proceso constructivo, por ende, sus elementos estructurales no tendrán la gravedad de daños como en las instituciones educativas estatales.

Tercera, considerar realizar el encamisado, adición de placas y mejora del concreto, pero realizando un mejor diseño tanto en la cuantía de aceros, así como en la resistencia de concreto que supere los ya considerados que llego a 280kg/cm² y 310kg/cm², por lo menos hacer una propuesta pero que lleguen a los 350 kg/cm², para tener una mejor resistencia y rigidez.



REFERENCIAS

- Abu Abdo, A. (2016). Utilizing Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Materials in New Pavements—A Review. *The International Journal of Thermal & Environmental Engineering (IJTEE)*, 12, 61-66. <https://doi.org/10.5383/ijtee.12.01.008>
- Abushanab, A., & Alnahhal, W. (2023). Life cycle cost analysis of sustainable reinforced concrete buildings with treated wastewater, recycled concrete aggregates, and fly ash. *Results in Engineering*, 20, 101565. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101565>
- Aranguri Linares, J. J. S., & Valverde Villacorta, H. A. (2018). Análisis comparativo del comportamiento estructural de mezclas asfálticas en caliente y mezclas asfálticas emulsionadas en los pavimentos. Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4185>
- Aravind, K., & Das, A. (2007). Pavement design with central plant hot-mix recycled asphalt mixes. *Construction and Building Materials*, 21(5), 928-936. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.004>
- Bernedo Muñoz, Y. K., & Diaz Cruz, Y. E. (2024). Deterioro de la carpeta asfáltica y el uso de granos de caucho reutilizable para el mejoramiento del pavimento flexible en la avenida Panamericana, Kennedy del distrito de Ilo en la región de Moquegua, 2022. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14704>
- Gonzales Gonzales, M. V. (2014). Determinacion de un Plan de Mantenimiento para Pavimentos, mediante la Comparacion de Diseños Utilizando las Guías Aashto 93 y Aashto 2008 en la Av. Aviacion desde el Km 2+100 hasta Km 6+300 Carril Derecho, Cerro Colorado – Arequipa. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/4672>



- Lee, H. J., Lee, J. H., & Park, H. M. (2007). Performance evaluation of high modulus asphalt mixtures for long life asphalt pavements. *Construction and Building Materials*, 21(5), 1079-1087. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.01.003>
- Perez Anahua, E. (2022). Diseño estructural de la cimentación superficial más adecuado en la IEP. Miguel Grau de la ciudad de Puno 2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91031>
- Robles Romero, A. N. (2018). Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39507>
- Yuhong Wang, P. E., Wen, Y., Zhao, K., Chong, D., & Wong, A. S. T. (2014). Evolution and locational variation of asphalt binder aging in long-life hot-mix asphalt pavements. *Construction and Building Materials*, 68, 172-182. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.091>



ANEXOS



TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SISMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es el desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?	Objetivo General: Evaluar el desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.	Hipótesis General: El desempeño sísmico estructural y propuesta de diseño de reforzamiento en instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, es de seguridad de vida y reforzamiento con fibra de carbono respectivamente.	Variable Independiente Desempeño sísmico estructural Dimensiones: Condicion estructural preexistente Desempeño sísmico Seguridad estructural Normatividad sísmica Variable Dependiente Propuesta de diseño de reforzamiento Dimensiones: Propuesta de reforzamiento Vulnerabilidad sísmica Impacto social y seguridad de ocupantes Factibilidad económica de reforzamiento Sostenibilidad y criterios ambientales	Fichas de control Fichas de evaluación Fichas FEMA Software AutoCAD . Etabs
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es el estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024? ¿Cuál es el desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024? ¿Cuál es la propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024?	Determinar el estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024. Determinar el desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024. Definir la propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024.	El estado actual de los elementos estructurales y la estructura en general de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, presentarán resistencias por debajo del diseño requerido. El desempeño sísmico estructural según el FEMA 156 de las estructuras en las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, resultará de seguridad de vida La propuesta de diseño de reforzamiento más viable para incrementar la vida útil de las instituciones estatales de nivel secundario de la ciudad de Juliaca 2024, será el reforzamiento con fibra de carbono en los elementos estructurales.		



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



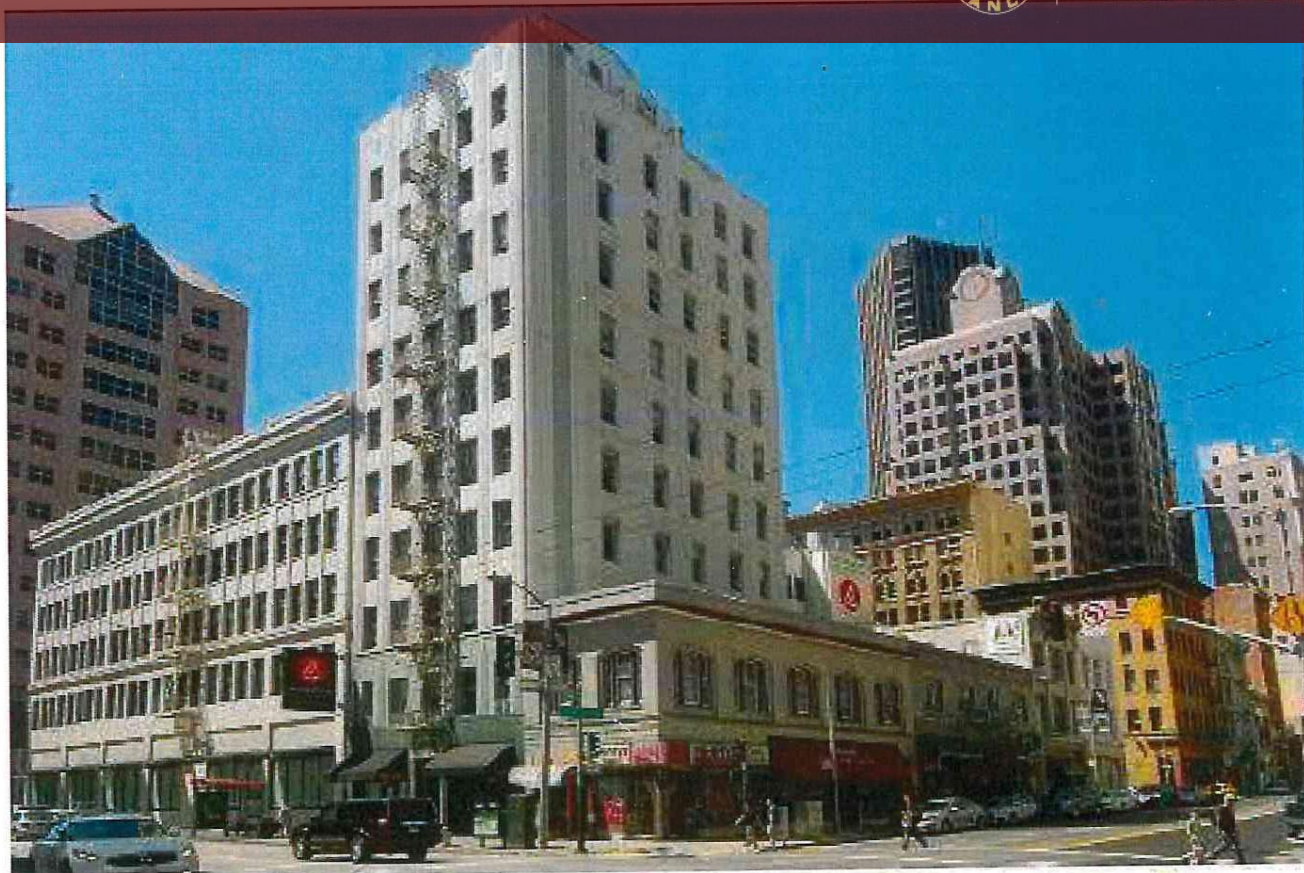
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook

Third Edition

FEMA P-154 / January 2015



FEMA



Evaluación visual rápida de edificios en busca de posibles peligros sísmicos.

Planillas de inspección, formularios 1 y 2, para los diferentes niveles de peligro sísmico, como, baja sismicidad, moderada sismicidad, moderadamente alta sismicidad, alta y muy alta.



TESIS UANCV

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

BAJA Sismicidad

FOTOGRAFIA	Dirección: _____
	Código Postal: _____
	Otra Identificación: _____
	Nombre del Edificio: _____
	Uso: _____
	Latitud: _____ Longitud: _____
	Ss: _____ S1: _____
	Inspector(s): _____ Fecha/Hora: _____
	No. Pisos: _____ Niveles superiores: _____ Niveles inferiores: _____ Año de Construcción: _____
	Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ Código año: _____
Adiciones: ☐ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción: _____	
Ocupación:	
Asamblea ☐ Comercial ☐ Ser. Emergencia ☐ Histórico ☐ Albergue Industrial ☐ Oficina ☐ Escuela ☐ Gobierno Utilidad ☐ Almacén ☐ Residencial, # Unid: <u>1</u>	
Tipo de Suelo:	
A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F ☐ No sé Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D. Dura Débil Denso Duro Blando pobre	
Riesgos Geológicos: Liquefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé	
Adyacencia: ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente	
Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad) _____	
☐ Planta (tipo) _____	
y una abertura en la losa en el área de la escalera.	
Peligros ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada	
Calda de Exterior ☐ Parapetos ☐ Apéndices	
☐ Otros: _____	
COMENTARIOS:	
☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.	

BOSQUEJO

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		6,2	5,9	5,7	3,8	3,9	4,4	4,1	4,5	3,3	4,2	3,5	3,8	3,3	3,7	3,7	3,2	4,6
Irregularidad Vertical Grave, VL1		-1,5	-1,5	-1,5	-1,4	-1,3	-1,6	-1,2	-1,3	-1,2	-1,2	-1,1	-1,3	-1,1	-1,1	-1,1	-1,2	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-1,0	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	NA
Irregularidad de planta, PL1		-1,6	-1,4	-1,3	-1,2	-1,1	-1,4	-1,0	-1,1	-1,0	-1,0	-0,9	-1,2	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	NA
Pre-Código		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Posterior-año de Referencia		2,2	2,4	2,5	2,0	1,6	1,4	2,1	NA	2,3	2,2	NA	1,9	2,6	2,3	2,3	NA	1,8
Suelo Tipo A o B		0,9	1,1	1,3	1,0	1,2	0,8	1,3	1,4	0,9	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	0,9
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)		-1,2	-1,7	-2,3	-1,2	-1,4	-1,0	-1,7	-2,0	-1,4	-2,0	-1,6	-1,7	-1,6	-1,7	-1,7	-1,5	-2,1
Suelo Tipo E (>3 Pisos)		-1,7	-2,0	-2,2	-1,2	-1,4	NA	-1,7	-1,9	-1,3	-1,9	-1,6	NA	-1,6	-1,6	-1,7	-1,4	NA
Puntaje Mínimo S _{MIN}		2,7	2,1	1,5	0,9	0,8	1,2	0,8	0,9	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	2,5

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1≥ S_{MIN}

Alcance de Control Exterior: ☐ Parcial ☐ Todos los ☐ Aereo Interior: ☐ Ninguna ☐ Visible Dibujo comentado: ☐ Si ☐ No Tipo de fuente de Suelo: _____ Tipo de fuente peligro Geológico: _____ Persona de Contacto: _____	OTROS RIESGOS ¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural? ☐ Golpeado potencial (a menos SL2> línea de cortesí se conoce) ☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes ☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo ☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.	ACCION REQUERIDA Evaluación detallada estructural requerida? ☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio. ☐ Si, el resultado da menos que el de corte ☐ Si, si presentan otros peligros. ☐ No Evaluación detallada no estructural recomendada? ☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados ☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria ☐ No, no hay peligros no estructurales identificados ☐ No sé
--	---	--

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Legenda MRF= Momento resistente marco BR= Marco arriostrado MH= Casas Manufacturadas LM= Metal Ligero	RC= Concreto Reforzado SW= Muro de Corte FD= Diafragma Flexible RD= Diafragma rígido	URM INF= Mamposteria de relleno no reforzada. TU= Levantarse
--	---	---



Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.

La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmicos.

Baja sismicidad

Nombre edificio:	Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$	(no se considera S_{MIN})
Inspector:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Irregularidad planta, $P_{L1} =$
Fecha/Hora:	PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA					Si	Subtotales
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)					
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-1,5	$V_{L2} =$ (Cap at -1,2)
		No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-0,4	
	Piso debil Y/o blando (maximo encierre en un círculo)	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo			-0,7	
		W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma linea(para multiples pisos ocupados anteriormente ,utilizar 40 cm mínimo de pared).			-1,5	
		W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos(como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.			-1,5	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de dos veces la altura del piso superior.			-1,3	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.			-0,6	
	Caidas	Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.			-1,3	
		Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores estan por dentro de los que estan en pisos inferiores.			-0,6	
		Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.			-0,4	
	Columna/Pilar Corta	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/ancho de menos de 50% de la relacion altura/ancho nominal a ese nivel.			-0,6	
		C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la enjuta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.			-0,6	
		Dividido			-0,6	
	Otras	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio			-1,3	
	Irregularidad	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.			-0,6	
Irregularidad Planta, P_{L2}	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).			-1,1	$P_{L2} =$ (Cap at -1,1)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0,6		
	Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.			-0,6		
	Abertura de diafragma. Hay una abertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.			-0,4		
	Edificio C1,C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.			-0,5		
	Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.			-1,1		
	Exceso			0,4		
Golpeando	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.			-1,3	$M =$	
	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm		(Cap total golpeo)		
		Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.		-1,3		
El edificio se encuentra al final del bloque.		-0,6				
Edificio S2	"K" geometria de arriostamiento es visible			-1,3		
Edificio C1	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.			-0,6		
Edificio PC1/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post - benchmark or retrofit modifier)			0,4		
PC1/RM1 Bldg	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores(en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacen)			0,4		
URM	Gabletes de paredes estan presentes.			-0,6		
MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.			1,8		
				1,6		

PUNTUACIÓN FINAL NIVEL 2, $SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{MIN}$:

(Trasladado al formulario del n

Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio:

☐ Si ☐ No

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				Si	No	Comentario
Exterior	Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")				
		Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado				
		Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.				
		Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.				
		Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.				
		Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.				
		Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea				
Interior	Otros riesgos de caída exterior no estructural observado:	Otros riesgos de caída exterior no estructural observado:				
		Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.				
		Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.				

Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslado al Nivel 1 del formulario conclusiones)

- ☐ Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada
- ☐ Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.
- ☐ Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante- Detallado no estructural No se requiere evaluación

Comentarios:

FOTOGRAFIA		Dirección: _____ Código Postal: _____																																						
		Otra Identificación: _____																																						
		Nombre del Edificio: _____																																						
		Uso: _____																																						
		Latitud: _____ Longitud: _____																																						
		Ss: _____ S1: _____																																						
		Inspector(s): _____ Fecha/Hora: _____																																						
		No. Pisos: _____ Niveles superiores: _____ Niveles inferior: _____ Año de Construcción: _____																																						
		Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ Código año: _____																																						
		Adiciones: ☐ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción: _____																																						
		Ocupación: <table border="0"> <tr> <td>Asamblea</td> <td>Comercial</td> <td>Ser. Emergencia</td> <td>☐ Historico</td> <td>☐ Albergue</td> </tr> <tr> <td>Industrial</td> <td>Oficina</td> <td>Escuela</td> <td>☐ Gobierno</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Utilidad</td> <td>Almacén</td> <td>Residencial, # Unid:</td> <td colspan="2">1</td> </tr> </table>		Asamblea	Comercial	Ser. Emergencia	☐ Historico	☐ Albergue	Industrial	Oficina	Escuela	☐ Gobierno		Utilidad	Almacén	Residencial, # Unid:	1																							
Asamblea	Comercial	Ser. Emergencia	☐ Historico	☐ Albergue																																				
Industrial	Oficina	Escuela	☐ Gobierno																																					
Utilidad	Almacén	Residencial, # Unid:	1																																					
Tipo de Suelo: <table border="0"> <tr> <td>A</td><td>☐</td> <td>B</td><td>☐</td> <td>C</td><td>☐</td> <td>D</td><td>☐</td> <td>E</td><td>☐</td> <td>F</td><td>☐</td> <td>No sé</td> </tr> <tr> <td>Roca</td><td></td> <td>Roca</td><td></td> <td>Suelo</td><td></td> <td>Suelo</td><td></td> <td>Suelo</td><td></td> <td>Suelo</td><td></td> <td>Si No sabe, asumir Tipo D.</td> </tr> <tr> <td>Dura</td><td></td> <td>Debil</td><td></td> <td>Denso</td><td></td> <td>Duro</td><td></td> <td>Blando</td><td></td> <td>pobre</td><td></td> <td></td> </tr> </table>		A	☐	B	☐	C	☐	D	☐	E	☐	F	☐	No sé	Roca		Roca		Suelo		Suelo		Suelo		Suelo		Si No sabe, asumir Tipo D.	Dura		Debil		Denso		Duro		Blando		pobre		
A	☐	B	☐	C	☐	D	☐	E	☐	F	☐	No sé																												
Roca		Roca		Suelo		Suelo		Suelo		Suelo		Si No sabe, asumir Tipo D.																												
Dura		Debil		Denso		Duro		Blando		pobre																														
Riesgos Geologicos: Liquefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé Adyacencia: ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad) _____ ☐ Planta (tipo) _____ y una abertura en la losa en el area de la escalera.																																								
Peligros ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada Caída de Exterior ☐ Parapetos ☐ Apéndices ☐ Otros: _____																																								
COMENTARIOS: ☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.																																								

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		5,1	4,5	3,8	2,7	2,6	3,5	2,5	2,7	2,1	2,5	2	2,1	1,9	2,1	2,1	1,7	2,9
Irregularidad Vertical Grave, VI 1		-1,4	-1,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,4	-1,1	-1,2	-1,1	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-1,1	-1,1	-1,0	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VI 1		-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	NA
Irregularidad de planta, PL1		-1,4	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-1,2	-0,9	-0,9	-0,8	-1,0	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	NA
Pre-Codigo		-0,3	-0,5	-0,6	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,5
Posterior-año de Referencia		1,4	2,0	2,5	1,5	1,5	0,8	2,1	NA	2,0	2,3	NA	2,1	2,5	2,3	2,3	NA	1,2
Suelo Tipo A o B		0,7	1,2	1,8	1,1	1,4	0,6	1,5	1,6	1,1	1,5	1,3	1,6	1,3	1,4	1,4	1,3	1,6
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)		-1,2	-1,3	-1,4	-0,9	-0,9	-1,0	-0,9	-0,9	-0,7	-1,0	-0,7	-0,8	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	-0,9
Suelo Tipo E(>3 Pisos)		-1,8	-1,6	-1,3	-0,9	-0,9	NA	-0,9	-1,0	-0,8	-1,0	-0,8	NA	-0,7	-0,7	-0,8	-0,6	NA
Puntaje Mínimo S_{MIN}		1,6	1,2	0,9	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,5

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, $SL1 \geq S_{MIN}$

Alcance de Control Exterior: ☐ Parcial ☒ Todos los lados ☐ Aereo Interior: ☐ Ninguna ☐ Visible Dibujo comentado: ☐ Si ☐ No Tipo de fuente de Suelo: _____ Tipo de fuente peligro Geologico: _____ Persona de Contacto _____	OTROS RIESGOS ¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural? ☐ Golpeado potencial (a menos SL2>línea de cortesi se conoce) ☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes ☐ Riesgos Geologicos o Tipo de Suelo ☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.	ACCION REQUERIDA Evaluación detallada estructural requerida? ☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio. ☐ Si, el resultado da menos que el de corte ☐ Si, si presentan otros peligros. ☐ No Evaluación detallada no estructural recomendada? ☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados ☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria ☐ No, no hay peligros no estructurales identificados ☒ No sé
INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ? ☐ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 _____ ☐ No Peligros No estructurales: ☐ Yes ☐ No		

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Leyenda

MRF= Momento resistente marco

BR= Marco arriostrado

MH= Casas Manufacturadas

LM= Metal Ligero

RC= Concreto Reforzado

SW= Muro de Corte

FD= Diafragma Flexible

RD= Diafragma rigido

URM INF= Mamposteria de relleno no reforzada.

TU= Levantarse



Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.

Nivel 2 (Opcional)

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.

Moderada sismicidad

La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmicos.

Nombre edificio:	Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$	(no se considera SMN)
Inspector:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Irregularidad planta, $P_{L1} =$
Fecha/Hora:	PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA				Si	Subtotales
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)				
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.		-1,4	
		No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.		-0,4	
	Piso debil	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo		-0,7	
	Y/o blando (maximo encierre en un círculo)	W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea (para multiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mínimo de pared).		-1,4	
		W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.		-1,4	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de dos veces la altura del piso superior.		-1,1	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.		-0,6	
	Caidas	Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.		-1,2	
		Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores estan por dentro de los que estan en pisos inferiores.		-0,6	
		Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.		-0,4	
	Columna/Pilar Corta	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/anchura de menos de 50% de la relacion altura/anchura nominal a ese nivel.		-0,5	
		C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la enjuta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.		-0,5	
Irregularidad Planta, P_{L2}	Dividido	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo		-0,6	
	Otras	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico del edificio		-1,2	
	Irregularidad	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.		-0,6	
	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).			-1	
		Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.		-0,5	
		Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.		-0,5	
		Abertura de diafragma. Hay una apertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.		-0,3	
		Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.		-0,4	
	Otra irregularidad.	Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.		-1	
	Exceso	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.		0,4	
	Golpeando	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm (Cap total	-1,2	
			Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro. golpeteo	-1,2	
			El edificio se encuentra al final del bloque. modificadores de -1,2	-0,6	
	Edificio S2	"K" geometría de arriostamiento es visible		-1,2	
	Edificio C1	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.		-0,5	
	Edificio PC1/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post - benchmark or retrofit modifier)		0,4	
	PC1/RM1 Bldg	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacen)		0,4	
	URM	Gabletes de paredes estan presentes.		-0,5	
	MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.		1,2	
	Reequipamiento	Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos		1,4	

$V_{L2} =$
(Cap at -1,2)

$P_{L2} =$
(Cap at -1,1)

$M =$

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, $SL2 = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq SMIN$: (Trasladado al formulario del n

Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio: ☐ Si ☐ No

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				Si	No	Comentario
Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")					
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostado					
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.					
	Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.					
	Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.					
	Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.					
	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostado o chimenea					
Interior	Otros riesgo de caída exterior no estructural observado:					
	Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.					
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.					

Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslado al Nivel 1 del formulario conclusiones)

- ☐ Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada
- ☐ Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.
- ☐ Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante- Detallado no estructural No se requiere evaluación

Comentarios:



TESIS UANCV

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

MODERADAMENTE ALTA Sismicidad

FOTOGRAFIA

Dirección: _____ **Código Postal** _____

Otra Identificación: _____

Nombre del Edificio: _____

Uso: _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Ss: _____ **S1:** _____

Inspector(s): _____ **Fecha/Hora:** _____

No. Pisos: _____ **Niveles superiores:** _____ **Niveles inferiores:** _____ **Año de Construcción:** _____

Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ **Código año:** _____

Adiciones: ☐ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción: _____

Ocupación:

Asamblea Comercial Ser. Emergencia ☐ Histórico ☐ Albergue
Industrial Oficina Escuela ☐ Gobierno
Utilidad Almacén Residencial, # Unid: 1

Tipo de Suelo:

A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F No sé
Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D.
Dura Débil Denso Duro Blando pobre

Riesgos Geológicos: Licuefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé

Adyacencia: ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente

Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad) _____

☐ Planta (tipo) _____
y una abertura en la losa en el área de la escalera.

Peligros: ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada

Caída de Exterior: ☐ Parapetos ☐ Apéndices

☐ Otros: _____

COMENTARIOS:

☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

BOSQUEJO

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMIN F)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		4,1	3,7	3,2	2,3	2,2	2,9	2,2	2,0	1,7	2,1	1,4	1,8	1,5	1,8	1,8	1,2	2,2
Irregularidad Vertical Grave, VL 1		-1,3	-1,3	-1,3	-1,1	-1,0	-1,2	-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-0,8	-1,0	-0,9	-1,0	-1,0	-0,8	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,8	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	NA
Irregularidad de planta, PL1		-1,3	-1,2	-1,1	-0,9	-0,8	-1,0	-0,8	-0,7	-0,7	-0,9	-0,6	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,5	NA
Pre-Código		-0,8	-0,9	-0,9	-0,5	-0,5	-0,7	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,4	-0,3	-0,5	-0,5	-0,1	-0,3
Posterior-año de Referencia		1,5	1,9	2,3	1,4	1,4	1,0	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,1	2,4	2,1	2,1	NA	1,2
Suelo Tipo A o B		0,3	0,6	0,9	0,6	0,9	0,3	0,9	0,9	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)		0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	0,0	-0,4	-0,5	-0,2	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,5
Suelo Tipo E(>3 Pisos)		-0,5	-0,8	-1,2	-0,7	-0,7	NA	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,4	NA	-0,5	-0,6	-0,7	-0,3	NA
Puntaje Mínimo SMIN		1,1	1,2	0,8	0,5	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	1,4

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1 ≥ SMIN

Alcance de Control

Exterior: ☐ Parcial ☒ Todos los lados ☐ Aereo

Interior: ☐ Ninguna ☐ Visible

Dibujo comentado: ☐ Si ☐ No

Tipo de fuente de Suelo: _____

Tipo de fuente peligro Geológico: _____

Persona de Contacto: _____

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ?

☐ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 _____ ☐ No

Peligros No estructurales: ☐ Yes ☐ No

OTROS RIESGOS

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

☐ Golpeado potencial (a menos SL2 > línea de corte si se conoce)

☐ Riesgo de caída de mas edificios adyacentes

☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo

☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA

Evaluación detallada estructural requerida?

☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio.

☐ Si, el resultado da menos que el de corte

☐ Si, si presentan otros peligros.

☐ No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria

☐ No, no hay peligros no estructurales identificados ☒ No sé

Quando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Legenda

MRF= Momento resistente marco RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería de relleno no reforzada.
BR= Marco arriostrado SW= Muro de Corte TU= Levantarse



Nivel 2 (Opcional)

Moderadamente alta sismicidad

Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.

La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la Ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmicos.

Nombre edificio:	Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$	(no se considera S _{MIN})
Inspector:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Irregularidad planta, $P_{L1} =$
Fecha/Hora:	PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA

Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)	Si	Subtotales
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.	-1,3
		No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.	-0,3
	Piso débil	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastro	-0,6
	Y/o blando (máximo encierre en un círculo)	W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mínimo de pared).	-1,3
		W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.	-1,3
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es más de dos veces la altura del piso superior.	-1
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.	-0,5
	Caidas	Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.	-1,0
		Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores están por dentro de los que están en pisos inferiores.	-0,5
		Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.	-0,3
Columna/Pilar Corta	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/ancho de menos de 50% de la relación altura/ancho nominal a ese nivel.	-0,5	
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la junta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.	-0,5	
	Dividido	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo	-0,5
	Otras	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio	-1,0
	Irregularidad	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.	-0,5
Irregularidad Planta, P_{L2}	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).	-0,8	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0,4	
	Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.	-0,4	
	Abertura de diafragma. Hay una apertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.	-0,3	
	Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0,4	
	Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.	-0,8	
Exceso	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0,3	
Golpeando	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm (Cap total)	-1,0
		Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro. (golpeteo)	-1,0
		El edificio se encuentra al final del bloque. (modificadores de -1,2)	-0,5
Edificio S2	"K" geometría de arriostramiento es visible		-1,0
Edificio C1	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.		-0,5
Edificio PC1/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post - benchmark or retrofit modifier)		0,3
PC1/RM1 Bldg	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacén)		0,3
URM	Gabletes de paredes están presentes.		-0,4
MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.		1,2
Reequipamiento	Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos		1,4

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, $SL2 = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$ (Trasladado al formulario del N

Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio: ☐ Si ☐ No

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado			
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.			
	Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.			
	Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.			
	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea			
Interior	Otros riesgo de caída exterior no estructural observado:			
	Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.			
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.			

Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslade al Nivel 1 del formulario conclusiones)

- ☐ Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada
- ☐ Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.
- ☐ Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante- Detallado no estructural No se requiere evaluación

Comentarios:



FOTOGRAFIA	Dirección: _____
	Código Postal: _____
	Otra Identificación: _____
	Nombre del Edificio: _____
	Uso: _____
	Latitud: _____ Longitud: _____
	Ss: _____ S1: _____
	Inspector(s): _____ Fecha/Hora: _____
	No. Pisos: _____ Niveles superiores: _____ Niveles inferior: _____ Año de Construcción: _____
	Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ Código año: _____
Adiciones: ☐ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción: _____	
Ocupación:	
☐ Asamblea ☐ Comercial ☐ Ser. Emergencia ☐ Histórico ☐ Albergue ☐ Industrial ☐ Oficina ☐ Escuela ☐ Gobierno ☐ Utilidad ☐ Almacén ☐ Residencial, # Unid: <u>1</u>	
Tipo de Suelo:	
A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F No sé Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D. Dura Debil Denso Duro Blando pobre	
Riesgos Geológicos: Liquefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé	
Adyacencia: ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente	
Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad) _____	
☐ Planta (tipo) _____ y una abertura en la losa en el área de la escalera.	
Peligros ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada	
Caída de Exterior ☐ Parapetos ☐ Apéndices	
☐ Otros: _____	
COMENTARIOS:	
☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.	

BOSQUEJO

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		3,6	3,2	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1	1,5
Irregularidad Vertical Grave, VL 1		-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	NA
Irregularidad de planta, PL1		-1,1	-1,0	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	NA
Pre-Código		-1,1	-1,0	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	-0,1
Posterior-año de Referencia		1,6	1,9	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,0	2,4	2,1	2,1	NA	1,2
Suelo Tipo A o B		0,1	0,3	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)		0,2	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4
Suelo Tipo E(>3 Pisos)		0,3	-0,6	-0,9	-0,6	-0,6	NA	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	NA	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	NA
Puntaje Mínimo S _{MIN}		1,1	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	1,0

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1 ≥ S_{MIN}

Alcance de Control Exterior: ☐ Parcial ☐ Todos los lados ☐ Aéreo Interior: ☐ Ninguna ☐ Visible Dibujo comentado: ☐ Si ☐ No Tipo de fuente de Suelo: _____ Tipo de fuente peligro Geológico: _____ Persona de Contacto: _____ INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ? ☐ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 ☐ No Peligros No estructurales: ☐ Yes ☐ No	OTROS RIESGOS ¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural? ☐ Golpeado potencial(a menos SL2>línea de corte si se conoce) ☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes ☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo ☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.	ACCION REQUERIDA Evaluación detallada estructural requerida? ☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio. ☐ Si, el resultado da menos que el de corte ☐ Si, si presentan otros peligros. ☐ No Evaluación detallada no estructural recomendada? ☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados ☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria ☐ No, no hay peligros no estructurales identificados ☐ No sé
---	---	--

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Legenda MRF= Momento resistente marco RC= Concreto Reforzado URM INF= Mampostería de relleno no reforzada.
BR= Marco arriostrado SW= Muro de Corte TU= Levantarse



Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.

La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la Ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmica.

Nivel 2 (Opcional)

Alta sismicidad

Nombre edificio:	Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$	(no se considera S_{MIN})
Inspector:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Irregularidad planta, $P_{L1} =$
Fecha/Hora:	PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA				Si	Subtotales
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)				
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Pendiente	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-1,2
	en sitio	No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-0,3
	Piso	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo			-0,6
	debil	W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea (para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mínimo de pared).			-1,2
	Y/o blando (máximo encierre en un círculo)	W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.			-1,2
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de dos veces la altura del piso superior.			-0,9
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.			-0,5
	Caidas	Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.			-1,0
		Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores estan por dentro de los que estan en pisos inferiores.			-0,5
		Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.			-0,3
	Columna/Pilar Corta	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/ancho de menos de 50% de la relación altura/ancho nominal a ese nivel.			-0,5
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la enjuta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.			-0,5
Irregularidad Planta, P_{L2}	Dividido	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo			-0,5
	Otras	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio			-1,0
	Irregularidad	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.			-0,5
		Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).			-0,7
		Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0,4
		Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.			-0,4
		Abertura de diafragma. Hay una abertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.			-0,2
		Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.			-0,4
		Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.			-0,7
	Exceso	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.			0,3
	Golpeando	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:			-1,0
		Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm			-1,0
		Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.			-0,5
		El edificio se encuentra al final del bloque.			-1,0
Reequipamiento	Edificio S2	"K" geometría de arriostramiento es visible			-0,4
	Edificio C1	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.			0,3
	Edificio PC1/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post - benchmark or retrofit modifier)			0,3
	PC1/RM1 Bldg en un almacén	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como)			-0,4
	URM	Gabletes de paredes estan presentes.			1,2
	MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.			1,4
	Reequipamiento	Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos			
		PUNTAJE FINAL NIVEL 2, $SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{MIN}$			
		Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio:			
		En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios			
		(Trasladado al formulario del n°)			

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES

Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado			
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.			
	Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.			
	Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.			
	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea			
Interior	Otros riesgo de caída exterior no estructural observado:			
	Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.			
Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.				

Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslada al Nivel 1 del formulario conclusiones)

- ☐ Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendada
- ☐ Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.
- ☐ Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante- Detallado no estructural No se requiere evaluación

Comentarios:



FOTOGRAFIA

BOSQUEJO

Dirección: _____ **Código Postal:** _____

Otra Identificación: _____

Nombre del Edificio: _____

Uso: _____

Latitud: _____ **Longitud:** _____

Ss: _____ **S1:** _____

Inspector(s): _____ **Fecha/Hora:** _____

No. Pisos: Niveles superiores: _____ Niveles inferior: _____ **Año de Construcción:** _____

Superficie total del Suelo (sq. Ft.): _____ **Código año:** _____

Adiciones: ☐ Ninguna ☐ Sí, Años Construcción: _____

Ocupación:

Asamblea Comercial Ser. Emergencia ☐ Historico ☐ Albergue
Industrial Oficina Escuela ☐ Gobierno
Utilidad Almacén Residencial, # Unid: 1

Tipo de Suelo:

A ☐ B ☐ C ☐ D ☐ E ☐ F No sé
Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo
Dura Debil Denso Duro Blando pobre

Riesgos Geológicos: Licuefacción: Si/No/No sé Deslizamientos: Si/No/No sé Rup. Superf.: Yes/No/No sé

Adyacencia: ☐ Golpes ☐ Peligro de Caída del Edificio Adyacente

Irregularidad: ☐ Vertical (tipo/severidad)

☐ Planta (tipo) _____
y una abertura en la losa en el area de la escalera.

Peligros ☐ Chimeneas sin soporte lateral ☐ Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada

Caída de Exterior ☐ Parapetos ☐ Apéndices

☐ Otros: _____

COMENTARIOS:

☐ Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1

FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMIN F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico		2,1	1,9	1,8	1,5	1,4	1,6	1,4	1,2	1,0	1,2	0,9	1,1	1,0	1,1	1,1	0,9	1,1
Irregularidad Vertical Grave, VL1		-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VL1		-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	NA
Irregularidad de planta, PL1		-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	NA
Pre-Codigo		-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	0,0
Posterior-año de Referencia		1,9	1,9	2,0	1,0	1,1	1,1	1,5	NA	1,4	1,7	NA	1,5	1,7	1,6	1,6	NA	0,5
Suelo Tipo A o B		0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
Suelo Tipo E (1-3 Pisos)		0,0	-0,2	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	-0,1
Suelo Tipo E (>3 Pisos)		-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	NA	-0,3	-0,1	-0,1	-0,3	-0,1	NA	-0,1	-0,2	-0,2	0,0	NA
Puntaje Mínimo S _{MIN}		0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	1,0

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1 ≥ S_{MIN}

Alcance de Control

Exterior: ☐ Parcial ☐ Todos los lados ☐ Aereo

Interior: ☐ Ninguna ☐ Visible

Dibujo comentado: ☐ Si ☐ No

Tipo de fuente de Suelo: _____

Tipo de fuente peligro Geológico: _____

Persona de Contacto: _____

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA?

☐ Si, Final puntuación Nivel 2, SL2 _____ ☐ No

Peligros No estructurales: ☐ Yes ☐ No

OTROS RIESGOS

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

☐ Golpeado potencial (a menos SL2 > línea de corte si se conoce)

☐ Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes

☐ Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo

☐ daños significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA

Evaluación detallada estructural requerida?

☐ Si, tipo de edificio desconoce Fema u otro edificio.

☐ Si, el resultado da menos que el de corte

☐ Si, si presentan otros peligros.

☐ No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

☐ Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

☐ No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria

☐ No, no hay peligros no estructurales identificados No sé

Cuando la información no puede ser verificada, se criba en cuenta lo siguiente: EST = estimado o datos fiables o DNK un = No lo sé

Leyenda	MRF= Momento resistente marco	RC= Concreto Reforzado	URM INF= Mamposteria de relleno no reforzada.
	BR= Marco arriostrado	SW= Muro de Corte	TU= Levantarse
	MH= Casas Manufacturadas	FD= Diafragma Flexible	
	LM= Metal Ligero	RD= Diafragma rigido	



Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.

FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.

La recopilación de datos de nivel 2 opcional al ser realizado por un profesional de la ingeniería civil o estructurales, un arquitecto o un estudiante graduado con experiencia en la evaluación y el diseño de edificios sísmicos.

Nivel 2 (Opcional)

Muy alta sismicidad

Nombre edificio:	Puntaje Final Nivel 1: $S_{L1} =$	(no se considera S_{WN})
Inspector:	Modificadores de Irregularidad Nivel 1: Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Irregularidad planta, $P_{L1} =$
Fecha/Hora:	PUNTAJE BASE AJUSTADO: $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTUACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA					Si	Subtotales
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo el "Si", sino tachar el modificador)					
Irregularidad Vertical, V_{L2}	Pendiente en sitio	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-0,9	$V_{L2} =$ (Cap at -1,2)
		No Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.			-0,2	
	Piso debil Y/o blando (maximo encierre en un círculo)	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo			-0,5	
		W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una apertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma linea(para multiples pisos ocupados anteriormente ,utilizar 40 cm minimo de pared).			-0,9	
		W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos(como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.			-0,9	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es mas de dos veces la altura del piso superior.			-0,7	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de los del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1,3 y 2,0 veces la altura del piso superior.			-0,4	
	Caídas	Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.			-0,7	
		Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores estan por dentro de los que estan en pisos inferiores.			-0,4	
		Hay un desplazamiento de los elementos laterales que es mayor que la longitud de los elementos en el plano.			-0,2	
	Columna/Pilar Corta	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen realciones altura/ancho de menos de 50% de la relacion altura/ancho nominal a ese nivel.			-0,4	
		C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la enjuta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que acortan la columna.			-0,4	
Irregularidad Planta, P_{L2}	Dividido	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo			-0,4	$P_{L2} =$ (Cap at -1,1)
	Otras	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio			-0,7	
	Irregularidade	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que puede afectar al comportamiento sísmico del edificio.			-0,4	
	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuida en planta en cualquiera o ambas direcciones. (No incluya la irregularidad frente abierto W1A enumerados anteriormente).			-0,5		
Exceso Golpeando	Sistema no paralelo: Hay uno o más principales elementos verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0,2	$M =$	
	Esquina reentrante. Ambas proyecciones, desde la esquina interior superen el 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.			-0,2		
	Abertura de diafragma. Hay una apertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.			-0,2		
	Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.			-0,2		
	Otra irregularidad. Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta al comportamiento sísmico de los edificios.			-0,5		
	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.			0,2		
	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la mas corta del edificio y estructura adyacente y:			-0,7		
	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm (Cap total)			-0,7		
	Un edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro. golpeteo			-0,4		
	El edificio se encuentra al final del bloque. modificadores de -1.2			-0,7		
Edificio S2	"K" geometria de arriostramiento es visible			-0,3		
Edificio C1	Placa plana sirve como la viga en el marco de momento.					
Edificio PC1/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post - benchmark or retrofit modifier)			0,2		
PC1/RM1 Bldg	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores(en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un almacen)			0,2		
URM	Gabletes de paredes estan presentes.			-0,3		
MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.			0,5		
Reequipamien	Reforzamiento sísmico integral es visible o conocido a partir de dibujos			1,2		

(Trasladado al formulario del n

PUNTAJE FINAL NIVEL 2, $SL2 = (S' + VL2 + PL2 + M) \geq S_{MIN}$:

Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio:

☐ Si ☐ No

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada se requiere anotar independiente de los edificios

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES

Ubicación	Declaración (Marque "Si" o "No")	Si	No	Comentario
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado			
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.			
	Hay un accesorio de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.			
	Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.			
	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea			
	Otros riesgo de caída exterior no estructural observado:			
Interior	Hay teja de barro o ladrillo hueco particiones en cualquier escalera o salida pasillo.			
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.			

Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslado al Nivel 1 del formulario conclusiones)

- ☐ Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino. - Detallado no estructural evaluación recomendada
- ☐ Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.
- ☐ Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante- Detallado no estructural No se requiere evaluación

Comentarios:

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓNAUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCVFormato digital ☒Fecha de entrega: 09-10-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ARNALDO YANA TORRESDirección: Jr. FRANCISCO PIZARRO 658 Urb. CERRO COLORADODNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 41414676Teléfono: 951 955 364 email: arnaldo644@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADOEscuela Profesional o Mención: DISEÑO Y CONSTRUCCIONESTítulo o Grado Académico a optar: MAGISTER EN INGENIERÍA CIVILAsesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐Título: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE DISEÑO DE
REFORZAMIENTO EN INSTITUCIONES ESTATALES DE NIVEL SECUNDARIO DE LA CIUDAD
DE JULIACA 2024Palabras claves, (3 a 5 términos): DESEMPEÑO SÍSMICO ESTRUCTURAL, PROPUESTA DE REFORZAMIENTO,
FEMA 156¿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, entré 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 ☐ Titulo ☐ 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 LA CONSTRUCCIÓN - P49

Firma de Autor



huella digital

09-10-2025

Fecha